

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Інформаційна система моніторингу мікроклімату квартири на базі
бездротової сенсорної мережі

Виконав: студент VI курсу, групи СТм-61

спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології»

(шифр і назва спеціальності)

Перун С.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Небесний Р.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Дуда О.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Боднарчук І.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент Загородна Н.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

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

Кафедра комп'ютерних наук
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Боднарчук І.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

«__17__» листопада 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня Магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 126 «Інформаційні системи та технології»
(шифр і назва спеціальності)

Студенту Перуну Сергія Ігоровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Інформаційна система моніторингу мікроклімату квартири на базі бездротової сенсорної мережі

Керівник роботи Небесний Руслан Михайлович, PhD, доцент кафедри КН
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «27» листопада 2025 року № 4/7-1140

2. Термін подання студентом завершеної роботи 22 грудня 2025р.

3. Вихідні дані до роботи Наукові публікації та документація про ESP8266, OneWire, Arduino

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)
Вступ, 1 Розробка та життєвий цикл апаратно-програмної системи моніторингу екосистеми житлового. 2 Проектування «апаратно-програмної реалізації системи моніторингу на прикладі трикімнатної квартири». 3 Перевірка та налаштування системи моніторингу. 4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки, Перелік джерел

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

1 Титульна сторінка. 2 Тема, Мета, Об'єкт, Предмет дослідження. 3 Завдання дослідження.

4 Актуальність дослідження. 5 Схема функціональна. 6 Таблиця порівняння esp8266.

7 Перелік давачів. 8 Схема електрична принципова. 9. Діаграма прецедентів

10. Алгоритм роботи модулю моніторингу. 11. Основні сторінки системи моніторингу

12 Висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці			
Безпека в надзвичайних ситуаціях	Теслюк В.М., проректор з адміністративно-господарської роботи та будівництва		

7. Дата видачі завдання 17 листопада 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Ознайомлення з завданням до кваліфікаційної роботи	17.11.2025	Виконано
2.	Підбір наукових джерел про розробку апаратно-програмної системи моніторингу екосистеми житлового приміщення	22.11.2025-04.12.2025	Виконано
3.	Опрацювання наукових публікацій та збір даних по темі роботи	29.11.2025-04.12.2025	Виконано
4.	Виконання дослідження згідно мети кваліфікаційної роботи	05.12.2025-09.12.2025	Виконано
5.	Оформлення розділу «Розроблення та життєвий цикл апаратно-програмного комплексу моніторингу екосистеми»	05.12.2025-09.12.2025	Виконано
6.	Оформлення розділу «Проектування «апаратно-програмної реалізації системи моніторингу на прикладі трикімнатної квартири»	05.12.2025-09.12.2025	Виконано
7.	Оформлення розділу «Перевірка працездатності та налаштування системи моніторингу	05.12.2025-09.12.2025	Виконано
8.	Виконання завдання до підрозділу «Охорона праці»	02.12.2025-09.12.2025	Виконано
9.	Виконання завдання до підрозділу «Безпека в надзвичайних ситуаціях»	02.12.2025-09.12.2025	Виконано
10.	Оформлення кваліфікаційної роботи	10.12.2025-11.12.2025	Виконано
11.	Нормоконтроль	12.12.2025-13.12.2025	Виконано
12.	Перевірка на плагіат	16.12.2025	Виконано
13.	Попередній захист кваліфікаційної роботи	17.12.2025	Виконано
14.	Захист кваліфікаційної роботи	23.12.2025	

Студент

(підпис)

Перун С.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Небесний Р.М.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Інформаційна система моніторингу мікроклімату квартири на базі бездротової сенсорної мережі // Кваліфікаційна робота освітнього рівня «Магістр» // Перун Сергій Ігорович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних наук, група СТм-61 // Тернопіль, 2025 // С. 86, рис. – 37, табл. – 0, кресл. – 12, додат. – 2, бібліогр. – 66.

Ключові слова: інтернет речей, система, модуль, моніторинг, екосистема

Кваліфікаційна робота присвячена створенню інформаційної системи контролю параметрів мікроклімату в квартирі, реалізованої на основі бездротової сенсорної мережі.

У першому розділі виконано огляд і аналіз предметної області, визначено ключові вимоги до системи моніторингу та окреслено можливі сценарії її застосування. Також наведено обґрунтування вибраних технічних і програмних рішень, що забезпечують працездатність системи. Окрему увагу приділено середовищу розробки: описано його можливості, аргументовано доцільність вибору та оцінено відповідність поставленим завданням.

У другому розділі детально подано етапи проектування апаратно-програмного комплексу моніторингу. Розглянуто архітектуру системи, розроблено принципову електричну схему та описано функціонування основних модулів. Представлено проєкт користувацького інтерфейсу, який забезпечує зручний доступ до даних і керування системою, а також висвітлено аспекти впровадження, експлуатації та супроводу розробленого рішення.

У третьому розділі описано організацію та результати тестування системи моніторингу. Проведено оцінювання її функціональних можливостей і перевірено відповідність визначеним вимогам. Виконано тестування інтерфейсу, перевірку безпекових характеристик і стабільності роботи, що підтвердило коректність функціонування та надійність системи.

ANNOTATION

Information System for Monitoring the Microclimate of an Apartment Based on a Wireless Sensor Network // The educational level "Master" qualification work // Perun Serhiy Ihorovych // Ternopil Ivan Pulyuy National Technical University, Faculty of Computer Information Systems and Software Engineering, Department of Computer Science, STm-61 group // Ternopil, 2028 // P. 86, fig. – 37, tables – 0, posters – 12, annexes – 2, ref. – 66.

Key words: internet of things, system, module, monitoring, ecosystem.

The qualification work is devoted to the creation of an information system for monitoring microclimate parameters in an apartment, implemented on the basis of a wireless sensor network.

The first section provides a review and analysis of the subject area, identifies key requirements for the monitoring system and outlines possible scenarios for its application. It also provides a justification for the selected technical and software solutions that ensure the system's operability. Special attention is paid to the development environment: its capabilities are described, the feasibility of the choice is argued and compliance with the tasks is assessed.

The second section presents in detail the stages of designing the hardware and software monitoring complex. The system architecture is considered, a schematic electrical diagram is developed and the functioning of the main modules is described. A user interface design is presented, which provides convenient access to data and system management, and aspects of implementation, operation and support of the developed solution are highlighted.

The third section describes the organization and results of testing the monitoring system. Its functionality is evaluated and compliance with the specified requirements is checked. Interface testing, security features, and stability testing were performed, which confirmed the correct functioning and reliability of the system.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ESP8266 – мікроконтролер китайського виробника Espressif, який підтримує Wi-Fi-з'єднання для інтеграції у мережеві рішення.

Flash пам'ять – тип енергонезалежної пам'яті, яка дозволяє електрично видаляти або перепрограмувати збережену інформацію.

SPI (Serial Peripheral Interface) – послідовний синхронний повнодуплексний інтерфейс для передачі даних між мікроконтролерами та периферійними пристроями.

I²C – послідовна шина для обміну даними між інтегральними схемами з використанням мінімальної кількості проводів.

IP (Internet Protocol) – протокол, що забезпечує передачу пакетів даних між пристроями у мережах.

UART (universal asynchronous receiver/transmitter) – універсальний асинхронний приймач-передавач для конвертації даних між послідовним та паралельним форматами.

OneWire – двонаправлена низькошвидкісна шина зв'язку для підключення пристроїв із мінімальною кількістю з'єднань.

WiFi (Wireless Fidelity) – загальноприйнята назва стандарту IEEE 802.11 для бездротової передачі цифрових даних.

HTML (HyperText Markup Language) – мова розмітки для створення структурованих веб-документів та відображення гіпертексту.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1 РОЗРОБЛЕННЯ ТА ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ АПАРАТНО-ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ МОНІТОРИНГУ ЕКОСИСТЕМИ	11
ЖИТЛОВОГО ПРИМІЩЕННЯ.....	11
1.1 Огляд і аналіз предметної сфер.....	11
1.2 Вимоги до апаратно-програмного рішення моніторингу екосистеми на прикладі трикімнатної квартири	13
1.3 Сценарії та напрями застосування.....	16
1.4 Порівняльний аналіз підходів до розв’язання поставленої задачі	17
1.5 Обґрунтування вибору середовища розробки.....	26
1.6 Висновок до першого розділу	31
2 ПРОЄКТУВАННЯ АПАРАТНО-ПРОГРАМНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ НА ПРИКЛАДІ ТРИКІМНАТНОЇ КВАРТИРИ	33
2.1 Вибір компонентів та елементної бази	33
2.2 Формування структури системи моніторингу.....	42
2.3 Розроблення принципової електричної схеми модуля моніторингу .	45
2.4 Проєктування логіки роботи та поведінки системи	47
2.5 Конструювання структурних модулів.....	49
2.6 Розроблення інтерфейсу модуля моніторингу	50
2.7 Особливості експлуатації та технічного супроводу	58
2.8 Висновок до другого розділу	60
3 ПЕРЕВІРКА ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ТА НАЛАШТУВАННЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ	62
3.1 Перевірка функціональності системи	62
3.2 Тестування коректності верстки та відображення інтерфейсу.....	69
3.3 Перевірка параметрів безпеки.....	71
3.4 Висновок до третього розділу	73
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	75

4.1 Вплив ергономіки та безпеки на продуктивність та здоров'я при роботі з ПК	75
4.2 Захист від шуму та випромінювань при роботі з ПК	76
4.3 Висновок до третього розділу	79
ВИСНОВКИ.....	80
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ	83
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Актуальність теми. Екологічний моніторинг (екомоніторинг) розглядають як комплекс організаційних і технічних заходів, що охоплює спостереження, збирання, опрацювання, аналіз та інтерпретацію інформації про стан довкілля. Його призначення полягає у своєчасному виявленні змін у природних екосистемах, визначенні ролі природних чинників і діяльності людини у цих змінах, а також у формуванні обґрунтованих рекомендацій для зниження негативного впливу на навколишнє середовище.

Предметом моніторингу навколишнього середовища становлять природні об'єкти, процеси та явища, за якими здійснюється систематичне спостереження з подальшою оцінкою та прогнозуванням, щоб контролювати їхній стан і фіксувати відхилення або тенденції змін.

Об'єктами моніторингу навколишнього середовища визначаються рівнем і метою дослідження та можуть охоплювати окремі компоненти природного середовища, екологічні системи, а також джерела забруднення чи фактори впливу. Їх вибір залежить від масштабу моніторингу — від глобальних природних процесів до конкретних локальних екологічних ситуацій..

Мета і задачі дослідження. Метою цієї кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Магістр» є створення апаратно-програмного модуля для моніторингу екосистеми житлового приміщення, який забезпечить автоматизований контроль параметрів середовища, сприятиме раціональному використанню ресурсів та підвищенню комфорту проживання в межах концепції «розумного будинку». Для реалізації поставленої мети необхідно розв'язати такі завдання:

- виконати огляд і порівняльний аналіз наявних рішень моніторингу параметрів житлових приміщень у системах smart home;
- визначити перелік основних параметрів екосистеми приміщення, що підлягають контролю (температура, вологість, показники якості повітря, рівень освітленості тощо);
- спроектувати архітектуру апаратно-програмного модуля для моніторингу екосистеми житла;

- реалізувати прототип із використанням сенсорів і мікроконтролера;
- розробити програмне забезпечення для збирання, обробки, аналізу та візуалізації даних;
- провести експериментальне тестування прототипу в умовах трикімнатної квартири та оцінити результативність запропонованого рішення.

Об’єкт дослідження екосистема житлового приміщення в межах системи «розумного будинку».

Предмет дослідження. апаратні та програмні засоби, призначені для контролю параметрів екосистеми житлового приміщення.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в розробленні інтегрованої архітектури апаратно-програмного модуля, що поєднує функції моніторингу параметрів екосистеми житла з елементами автоматизації процесів їх оптимізації в складі системи smart home.

Практичне значення одержаних результатів. Запропонований апаратно-програмний модуль може застосовуватися під час впровадження рішень «розумного будинку», забезпечуючи підвищення комфорту, безпеки та керованості умов у житлових приміщеннях.

Апробація результатів магістерської роботи. Основні результати проведених досліджень обговорювались на: XIV Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів Актуальні задачі сучасних технологій. (м.Тернопіль).

Публікації. Основні результати кваліфікаційної роботи опубліковано у двох працях конференції (Див. додатки А).

Структура й обсяг кваліфікаційної роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури з 65 найменувань та 2 додатків. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи складає 94 сторінок, з них 87 сторінки основного тексту, який містить 37 рисунків та 0 таблиць.

1 РОЗРОБЛЕННЯ ТА ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ АПАРАТНО-ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ МОНІТОРИНГУ ЕКОСИСТЕМИ ЖИТЛОВОГО ПРИМІЩЕННЯ

1.1 Огляд і аналіз предметної сфер

Стрімкий розвиток технологій автоматизації житла зумовлює стабільне зростання інтересу до концепції «розумного будинку». Важливою складовою таких рішень є підсистеми контролю мікроклімату та стану внутрішнього середовища помешкання, які забезпечують вимірювання, обробку та подальшу оптимізацію екологічних показників. Температура, відносна вологість, параметри якості повітря, освітленість та інші фактори безпосередньо впливають на самопочуття мешканців, їхню безпеку й загальний рівень комфорту. У цьому контексті розроблення апаратно-програмного модуля, здатного відстежувати такі показники, є логічним і практично значущим етапом побудови функціональної системи smart home.

Система «розумний будинок» — це комплекс взаємопов'язаних пристроїв і програмних сервісів, який автоматизує керування електронними компонентами житла, підвищує енергоефективність, забезпечує безпеку та підтримує контроль параметрів середовища. Екосистему житлового приміщення доцільно трактувати як сукупність фізичних характеристик внутрішнього середовища (температури, вологості, освітленості, складу повітря тощо), що формують умови проживання. Апаратно-програмний модуль у межах цієї роботи розуміється як поєднання сенсорних елементів, мікроконтролерної платформи та програмного забезпечення, яке забезпечує зчитування показників, їх обробку, збереження і наочне відображення для подальшого керування середовищем.

Для вимірювання параметрів мікроклімату застосовують сенсори температури, вологості, якості повітря та освітленості. Як типові приклади можна навести DS18B20, DHT22, MQ-135 та BH1750. Функції збору, первинної обробки та передавання інформації зазвичай виконує мікроконтролер (наприклад, ESP8266 або ESP32), який надсилає дані до локального сховища або

в хмарну інфраструктуру. Програмний рівень системи реалізує керування модулем і візуалізацію показників через локальний веб-інтерфейс або за допомогою хмарних сервісів (зокрема ThingSpeak чи Blynk). Для взаємодії між вузлами можуть використовуватися різні технології зв'язку, серед яких Wi-Fi, Bluetooth та ZigBee.

До базових функцій моніторингу належать: безперервне або періодичне отримання показників у режимі, наближеному до реального часу; обробка вимірювань із метою виявлення відхилень від встановлених меж; підтримка автоматизованого керування суміжними підсистемами (вентиляцією, освітленням тощо); формування повідомлень для користувача при критичних змінах параметрів, наприклад у разі зростання концентрації CO₂.

На ринку присутні відомі комерційні рішення, зокрема Nest, Xiaomi Smart Home та Ecobee, що пропонують інтегровані пристрої з вбудованими датчиками та підтримкою сценаріїв smart home. Водночас подібні системи нерідко мають обмеження щодо гнучкого налаштування, адаптації під конкретні умови та інтеграції з різномірними пристроями, що обґрунтовує доцільність створення більш модульного та масштабованого підходу.

Проектування систем моніторингу пов'язане з низкою інженерних викликів: необхідністю мінімізувати енергоспоживання, забезпечити конфіденційність і цілісність даних, гарантувати стабільну роботу при перешкодах або слабкому сигналі, а також передбачити можливість розширення функціоналу (додавання нових сенсорів, сценаріїв і сервісів). Сукупність зазначених факторів підтверджує актуальність розроблення апаратно-програмного модуля моніторингу екосистеми житлового приміщення, орієнтованого на ефективність, безпеку та зручність експлуатації.

Актуальність цієї дипломної роботи також визначається практичною потребою у безперервному спостереженні за параметрами середовища, збиранні, опрацюванні, аналізі та оцінюванні даних щодо його стану. Предмет моніторингу докільця охоплює природні об'єкти, процеси та явища, які підлягають спостереженню, оцінці й прогнозуванню для контролю поточного стану та фіксації змін. Конкретні об'єкти моніторингу залежать від рівня

дослідження та поставлених цілей і можуть включати компоненти природного середовища, екосистеми та джерела забруднення чи впливу — від глобальних тенденцій до локальних ситуацій.

Система моніторингу екосистеми являє собою апаратно-програмний комплекс, призначений для тривалого спостереження за параметрами середовища, збирання, обробки, збереження та аналізу даних. Таке рішення дає змогу оперативно виявляти зміни, оцінювати поточний стан і попередньо прогнозувати можливі негативні впливи.

Метою даної кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Магістр» є розроблення апаратно-програмного модуля моніторингу екосистеми житлового приміщення, який забезпечуватиме автоматизований контроль параметрів середовища, сприятиме оптимізації ресурсів та підвищуватиме комфорт проживання в межах системи «розумного будинку». Для досягнення мети необхідно виконати такі завдання:

- проаналізувати наявні підходи та рішення моніторингу параметрів житла в системах smart home;
- визначити ключові параметри, що потребують контролю (температура, вологість, показники якості повітря, освітленість тощо);
- спроектувати архітектуру апаратно-програмного модуля моніторингу;
- реалізувати прототип із застосуванням сенсорів і мікроконтролера;
- розробити програмне забезпечення для збирання, обробки, аналізу та відображення даних;
- провести випробування прототипу в умовах трикімнатної квартири та оцінити отримані результати.

1.2 Вимоги до апаратно-програмного рішення моніторингу екосистеми на прикладі трикімнатної квартири

Вимоги до апаратно-програмної реалізації системи моніторингу для трикімнатної квартири охоплюють функціональні та технічні характеристики,

необхідні для надійної роботи, коректності вимірювань і зручності користування.

Система має забезпечувати контроль основних параметрів середовища — температури, вологості, характеристик якості повітря та освітленості — у кожному приміщенні окремо. Для цього необхідно використовувати точні та стабільні сенсори з підтримкою отримання даних у режимі реального часу або з малою затримкою. Зібрані показники повинні оброблятися та відображатися в інтуїтивному форматі, зокрема у веб-інтерфейсі чи мобільному застосунку.

Апаратна частина доцільно базується на мікроконтролерних платформах рівня ESP32 або ESP8266, які забезпечують достатню продуктивність для попередньої обробки даних і мають вбудовані можливості мережевого підключення (Wi-Fi). Вимогою є також підтримка автономного режиму роботи та зниженого енергоспоживання, що підвищує стійкість системи у випадках тимчасових перебоїв живлення.

Програмне забезпечення має передбачати інтеграцію з хмарними сервісами (наприклад, ThingSpeak або аналогічними платформами) для накопичення даних і подальшої аналітики. Інтерфейс користувача повинен бути логічним і доступним, надаючи можливість переглядати параметри по кожній кімнаті, аналізувати історію вимірювань та виконувати основні налаштування системи.

Обов'язковою функцією є механізм сповіщень про критичні відхилення (наприклад, перевищення допустимих значень CO₂ або вихід температури за встановлені межі). Для забезпечення інформаційної безпеки необхідно реалізувати контроль доступу (парольна автентифікація) та захист даних під час передавання і зберігання (шифрування).

Система повинна бути масштабованою: підтримувати підключення додаткових сенсорів і розширення функцій, а також інтеграцію з іншими компонентами smart home (керування освітленням, вентиляцією тощо). Додатково важливо забезпечити надійність функціонування при проблемах мережевого з'єднання та інших типових збоях.

Оскільки об'єктом реалізації є трикімнатна квартира, у вимогах доцільно враховувати відмінності між приміщеннями та можливі пріоритети контролю (наприклад, підвищена увага до вологості у спальні або до якості повітря у вітальні). Такий підхід дозволяє точніше формувати оптимальні умови проживання.

Авторизований користувач має отримувати актуальні значення параметрів (температура, вологість, якість повітря, освітленість) для кожної кімнати та мати доступ до архіву вимірювань з метою аналізу динаміки у часі через веб-інтерфейс або мобільний застосунок. Користувач також повинен мати можливість змінювати налаштування системи: задавати порогові/граничні значення, керувати станом датчиків (увімкнення/вимкнення), обирати режими роботи (автоматичний, ручний, енергозберігаючий).

Окремо передбачається конфігурування сповіщень (умови, канали, пороги), а також керування параметрами мережевого підключення (зміна назви точки доступу, пароля та параметрів Wi-Fi). Додатково користувач має мати змогу експортувати дані у зовнішні сервіси для довготривалого зберігання та аналітики, а також налаштовувати засоби безпеки (паролі, шифрування).

Персоналізація інтерфейсу може включати вибір теми оформлення та впорядкування віджетів/показників відповідно до уподобань користувача. Також бажаною є підтримка інтеграції з іншими пристроями «розумного будинку» (вентиляційні системи, освітлення), що підвищує прикладну цінність рішення.

Критичною характеристикою для IoT-рішень є можливість передавання даних у сховище (локальне або хмарне) та організація віддаленого доступу до інформації. У розроблюваній системі для конфігурування експорту, мережевих параметрів і перегляду стану передбачається створення бездротової точки доступу, до якої користувач може під'єднатися з будь-якого пристрою, що має Wi-Fi модуль. Доступ до інтерфейсу здійснюється через веб-сторінку з авторизацією; після входу користувач отримує можливість налаштовувати підключення до зовнішньої мережі, керувати датчиками та задавати параметри експорту даних у вибране сховище.

1.3 Сценарії та напрями застосування

Сфери застосування апаратно-програмного модуля моніторингу екосистеми є багатоваріантними. Насамперед його можна вбудовувати у систему «розумного будинку» для підтримання комфортних умов проживання. Модуль забезпечує контроль температури, вологості, освітленості та якості повітря, що дозволяє підтримувати стабільний мікроклімат у приміщенні.

Ще один практичний сценарій — зниження енергоспоживання через взаємодію з кліматичним обладнанням (кондиціонерами, вентиляцією, обігрівачами). Керування цими пристроями на основі вимірюваних параметрів дає змогу економити ресурси без погіршення умов у приміщенні.

Окремий напрямок — використання в кімнатах, де особливо важливі показники повітря, наприклад у спальнях, дитячих або домашніх робочих зонах. Контроль вмісту CO₂, пилу та інших забрудників дає змогу оперативно реагувати на потенційно небезпечні зміни та зменшувати ризики для здоров'я.

У нежитлових приміщеннях модуль може застосовуватися в офісах, лабораторіях, складських зонах — там, де необхідні стабільні умови для персоналу, обладнання або зберігання продукції. Також перспективним є використання в теплицях та оранжереях, де точне регулювання мікроклімату є визначальним для росту рослин.

З огляду на розвиток Інтернету речей, у сучасних об'єктах існують численні спеціалізовані мережі, які виконують окремі функції (керування кліматом, освітленням, безпекою, зв'язком, моніторингом тощо). Подальша інтеграція цих мереж у межах IoT розширює можливості аналітики, безпеки та комплексного керування інфраструктурою, відкриваючи додаткові сценарії застосування.

Відповідно до вимог, система повинна не лише отримувати дані з підключених сенсорів, а й передавати їх у віддалене сховище, забезпечуючи захищений доступ до налаштувань та інформації. Перегляд і конфігурування мають бути доступними лише після успішної автентифікації користувача. Після

завершення налаштувань дані можуть аналізуватися у хмарному середовищі, де доступ надається користувачам відповідно до визначених прав.

Предбачається взаємодія з системою двох категорій користувачів: адміністратора (який має фізичний доступ до пристрою та виконує первинну конфігурацію) і кінцевих користувачів, яким адміністратор надає доступ через віддалене сховище/сервіс. На основі описаних сценаріїв формується діаграма прецедентів, яка подається на рисунку 1.1.

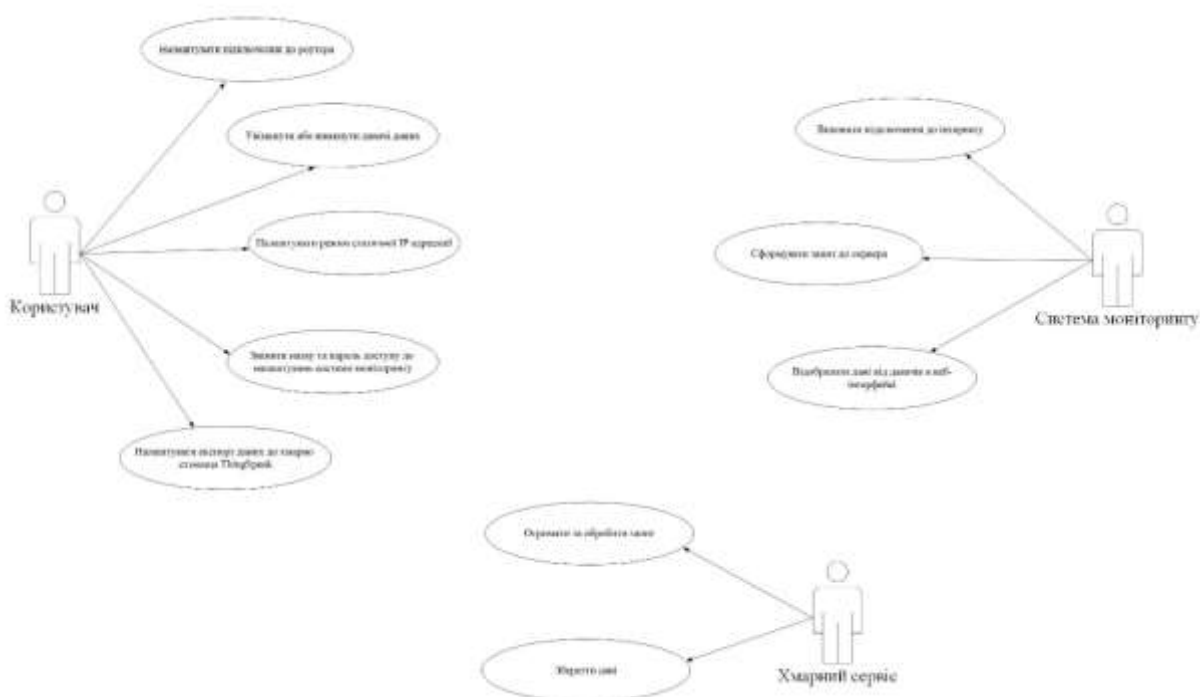


Рисунок 1.1 – Діаграма прецедентів

Усі передбачені можливості системи відображено на веб-сторінці у формі, зручній і зрозумілій для користувача. Реалізація всіх сценаріїв використання, наведених на діаграмі, дає змогу повністю забезпечити потрібний функціонал відповідно до сформульованих вимог та передбачених механізмів конфігурування системи.

1.4 Порівняльний аналіз підходів до розв'язання поставленої задачі

Розв'язання задачі розроблення апаратно-програмного модуля для контролю екосистеми житлового приміщення потребує обґрунтованого вибору

технологій і підходів, які гарантуватимуть надійність, продуктивність та зручність експлуатації. Під час порівняння можливих рішень враховувалися апаратні, програмні й функціональні вимоги до майбутньої системи.

Для керування сенсорами та опрацювання вимірювань було проаналізовано дві поширені платформи — ESP8266 і ESP32. ESP8266 є доступним за вартістю мікроконтролером із вбудованим модулем Wi-Fi, що добре підходить для простих або малоресурсних проєктів, однак має обмеження за обчислювальними можливостями. Натомість ESP32 пропонує ширший функціонал: двоядерну архітектуру, підтримку Wi-Fi та Bluetooth, а також збільшені ресурси пам'яті. З огляду на вимоги до гнучкості та запасу продуктивності, доцільним вибором для даного проєкту є саме ESP32.

Далі було визначено комплект сенсорів для вимірювання основних параметрів внутрішнього середовища. Для контролю температури та вологості можуть застосовуватися DHT22 (AM2302), які характеризуються достатньою точністю для побутових сценаріїв. Оцінювання якості повітря може реалізовуватися за допомогою MQ-135 або CCS811, що дає змогу отримувати індикативні показники щодо CO₂ та інших домішок/забруднювачів. Для вимірювання освітленості доцільно використовувати BH1750 або TSL2561. Підбір елементної бази здійснювався з урахуванням точності, енергоспоживання, доступності та сумісності з обраною мікроконтролерною платформою.

Програмна складова системи має забезпечувати повний цикл роботи з даними: зчитування показників, первинну обробку та фільтрацію, а також надання доступу користувачеві через веб-інтерфейс. Інтерфейс повинен дозволяти перегляд поточних значень у наочному вигляді та зміну налаштувань (порогів, режимів, параметрів підключення тощо). Додатково передбачено вивантаження вимірювань у хмарні сервіси, зокрема на платформу ThingSpeak, що забезпечує довготривале зберігання й подальший аналіз статистики. Для реалізації програмного коду доцільно застосовувати Arduino IDE або PlatformIO, оскільки ці середовища підтримують ESP32 та забезпечують доступ до необхідних бібліотек.

Окремим важливим аспектом є забезпечення інформаційної безпеки. Для захисту бездротового з'єднання використовується протокол WPA2, а конфіденційність і цілісність даних під час передавання можуть підсилюватися застосуванням сучасних механізмів шифрування. Крім того, у веб-інтерфейсі передбачено контроль доступу на основі облікових даних (логін/пароль).

Перевірка працездатності та надійності розробленого рішення передбачає проведення комплексного тестування. Функціональні перевірки підтверджують коректність зчитування показників сенсорів і правильність алгоритмів обробки даних. Стрес-тестування дає змогу оцінити стабільність системи за підвищеного навантаження та тривалої роботи. Інтеграційні тести спрямовані на підтвердження коректної взаємодії апаратної частини, прошивки та веб-інтерфейсу.

Отже, поєднання мікроконтролера ESP32, відповідних сенсорів і програмного забезпечення з інтуїтивним веб-інтерфейсом дозволяє реалізувати необхідний набір функцій системи моніторингу. Рациональна організація процесів збирання, обробки та збереження вимірювань забезпечує стабільність і надійність роботи модуля та відповідає вимогам поставленої задачі.

Наведемо приклади наявних у мережі Інтернет аналогів систем цього напрямку:

– Wireless Sensor Tags наведено на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 – Модулі системи Wireless Sensor Tags

Wireless Sensor Tags (бездротові сенсорні мітки) — це компактні автономні пристрої, призначені для оперативного контролю різних характеристик середовища або стану об'єктів у режимі, близькому до реального часу. Вони дають змогу фіксувати температуру, вологість, освітленість, рух, а в окремих випадках — визначати місцезнаходження предмета. Завдяки малим габаритам і можливості бездротового підключення такі рішення широко використовують у системах автоматизації житла й бізнес-приміщень, у логістиці, системах безпеки та інших прикладних напрямках.

Принцип роботи Wireless Sensor Tags базується на поєднанні вимірювальних сенсорів, мікроконтролера та модуля бездротового зв'язку. Мітка збирає дані з датчиків, виконує первинну обробку та передає інформацію на центральний вузол (хаб) або безпосередньо у хмарний сервіс. Для обміну даними можуть застосовуватися Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee чи інші протоколи, а перегляд і керування зазвичай здійснюються через мобільний застосунок або веб-інтерфейс.

Функціонально такі мітки насамперед орієнтовані на контроль температури, вологості та освітленості. Додатково вони можуть реєструвати переміщення або зміну положення завдяки вбудованим акселерометрам чи подібним сенсорам. Деякі моделі підтримують визначення координат за допомогою GPS або альтернативних технологій позиціонування. Важливою можливістю є формування сповіщень: система повідомляє користувача, якщо задані пороги параметрів перевищено або виявлено нетипову подію (наприклад, рух чи відкриття).

Сфери застосування Wireless Sensor Tags є досить широкими. У smart home їх використовують для контролю мікроклімату, підвищення безпеки та оптимізації енергоспоживання. У складській та транспортній логістиці мітки допомагають відстежувати умови зберігання продукції та контролювати переміщення вантажів. В охоронних системах вони можуть сигналізувати про несанкціонований доступ або переміщення об'єктів. У сільському господарстві такі пристрої застосовують для нагляду за параметрами середовища в теплицях

чи сховищах, а в медичній сфері — для контролю стану пацієнтів або умов зберігання медикаментів і біоматеріалів.

До основних переваг сенсорних міток належать невеликі розміри (що дозволяє встановлювати їх навіть у важкодоступних місцях), відсутність потреби в прокладанні кабелів та порівняно низьке енергоспоживання завдяки живленню від батарей. Крім того, такі пристрої є достатньо універсальними — їх можна адаптувати під різні сценарії та задачі моніторингу.

Разом із тим існують і обмеження: автономне живлення потребує періодичної заміни або заряджання батарей, а стабільність роботи та дальність зв'язку залежать від якості радіоканалу і характеристик обраного протоколу (Bluetooth, Wi-Fi, ZigBee тощо).

Серед відомих виробників і брендів у цьому сегменті часто згадують Cao Gadgets, Tile та TrackR. Рішення Cao Gadgets орієнтовані на задачі моніторингу в «розумному будинку», тоді як Tile і TrackR більшою мірою фокусуються на пошуку та відстеженні персональних речей.

Загалом Wireless Sensor Tags є важливим компонентом екосистем IoT, оскільки забезпечують збір даних, автоматизацію процесів та підвищення зручності й ефективності в різних галузях. Налаштування системи показано на рисунку 1.3, конфігурація виконується через застосунок на мобільному пристрої.



Рисунок 1.3 – Налаштування системи Wireless Sensor Tags

Після виконання конфігурування та успішного запуску всіх вузлів і сервісів система переходить у робочий режим і може використовуватися за призначенням. Nest наведено на рисунку 1.4.



Рисунок 1.4 – Термостат Nest

Nest — відомий виробник рішень для «розумного будинку», який розробляє інтелектуальні термостати, пристрої відеоспостереження, дверні дзвінки та інші елементи IoT-екосистеми. Компанію засновано у 2010 році; завдяки поєднанню якості, зручності та підтримки мережевих технологій її продукти швидко стали популярними. У 2014 році Nest увійшла до складу Google, що надало можливість подальшого розвитку пристроїв у межах екосистеми Google Home.

Одним із найвідоміших рішень є Nest Learning Thermostat — «розумний» термостат, здатний автоматично підтримувати комфортну температуру на основі поведінкових шаблонів користувача. Пристрій аналізує розклад мешканців і самостійно коригує налаштування, що допомагає зменшувати енергоспоживання. Іншим поширеним продуктом виступає Nest Cam — лінійка камер спостереження з можливістю перегляду відео в реальному часі через мобільний застосунок. Камери підтримують виявлення руху, зберігання записів у хмарі та взаємодію з іншими компонентами Nest.

Важливе місце в продуктивній лінійці займає Nest Protect — інтелектуальний датчик диму та чадного газу. Окрім звукового попередження, він надсилає повідомлення на смартфон і може ідентифікувати тип загрози, вказуючи приміщення, де зафіксовано проблему. Також поширеним пристроєм є Nest Doorbell — «розумний» дверний дзвінок із камерою, що дозволяє бачити відвідувачів у режимі реального часу, записувати події та здійснювати двосторонній зв'язок через мікрофон і динамік.

Для централізованого керування пристроями використовується Nest Hub — смарт-дисплей із голосовим управлінням на базі Google Assistant. Він забезпечує єдиний інтерфейс для контролю пристроїв Nest і Google Home, а також надає доступ до мультимедійних можливостей та додаткових сервісів.

До переваг рішень Nest відносять інтеграцію з Google Home, що забезпечує централізоване управління елементами «розумного будинку». Термостати Nest часто відзначають за потенціал економії енергії, а загалом пристрої вирізняються зрозумілим інтерфейсом і зручністю щоденного використання. Додатковою перевагою є сумісність з іншими розумними платформами, що дозволяє будувати комплексну систему автоматизації.

Разом із тим наявні й недоліки: обладнання Nest зазвичай має вищу ціну порівняно з частиною конкурентів, а значна частина функцій залежить від стабільного доступу до Інтернету, що може знижувати зручність у разі перебоїв зв'язку. Крім того, окремі можливості можуть бути обмежені залежно від регіону використання.



Рисунок 1.5 – Пристрої, котрі можуть працювати з системою Nest

Функціональні можливості цієї платформи не обмежуються лише збором і відображенням показників: вона також забезпечує керування під'єднаними пристроями та автоматизацію сценаріїв роботи (рис. 1.5). Зокрема, система здатна розпізнати наближення власника до помешкання, після чого автоматично відчинити гаражні ворота й увімкнути кондиціонер або інше кліматичне обладнання.

Пристрої Nest активно застосовуються для підвищення комфорту та зручності у «розумних будинках». Вони дають змогу централізовано контролювати температуру, освітлення, безпеку та інші параметри через єдиний інтерфейс. Завдяки сумісності з Google Home і підтримці голосових команд через Google Assistant, Nest фактично виконує роль керівного центру сучасної домашньої автоматизації. FooBot наведено на рисунку 1.6.



Рисунок 1.6 – Система моніторингу навколишнього середовища FooBot

FooBot наведений на рисунку 1.6 — це сучасне рішення для контролю параметрів внутрішнього середовища, орієнтоване насамперед на оцінювання якості повітря в закритих приміщеннях. Пристрій відстежує ключові показники забруднення, зокрема дрібнодисперсні частинки (PM2.5), концентрацію вуглекислого газу (CO₂), рівень летких органічних сполук (VOC), а також фіксує температуру й відносну вологість. Мета використання FooBot полягає у

підвищенні комфорту та зниженні ризиків для здоров'я завдяки ранньому виявленню погіршення якості повітря та підказкам щодо можливих дій.

FooBot працює у режимі безперервного моніторингу: система регулярно вимірює параметри середовища й формує актуальну картину стану повітря. Зібрані дані передаються на мобільний застосунок або інший клієнтський пристрій, що забезпечує користувачеві оперативний доступ до показників. Окрім відображення інформації, FooBot виконує базовий аналіз вимірювань і надає рекомендації, наприклад щодо провітрювання, увімкнення очищувача повітря або коригування режиму вентиляції. Додатково пристрій може взаємодіяти з компонентами «розумного будинку» (вентиляційними системами, кондиціонерами тощо), підтримуючи автоматичне регулювання параметрів повітря.

Серед сильних сторін FooBot доцільно виділити зручність експлуатації завдяки зрозумілому інтерфейсу мобільного застосунку та можливості швидкого аналізу стану середовища. Пристрій забезпечує моніторинг широкого набору показників, що підвищує інформативність контролю якості повітря. Важливою перевагою є сумісність із популярними платформами домашньої автоматизації (зокрема Google Home та Amazon Alexa), що спрощує інтеграцію в уже розгорнуту екосистему.

FooBot доцільно використовувати не лише в житлових приміщеннях, а й в офісах, навчальних закладах та інших просторах із тривалим перебуванням людей. Підтримання належних параметрів повітря позитивно впливає на самопочуття, працездатність і загальний рівень комфорту.

Алгоритм вибору оптимального підходу до розробки системи моніторингу

Щоб обрати найбільш доцільний спосіб реалізації системи моніторингу екосистеми житлового приміщення, доцільно дотримуватися послідовності етапів, що охоплює як аналітичну, так і практичну частину робіт.

Спочатку виконується аналіз предметної області: визначаються потреби користувачів, проблеми, які має вирішувати система, і аргументи на користь її створення. Далі проводиться огляд аналогічних рішень, що дозволяє порівняти

їхні можливості, недоліки та встановити, які технічні підходи або елементи можна використати під час власної розробки.

На основі попереднього аналізу формуються вимоги до системи, зокрема функціональні та технічні. Паралельно уточнюється перелік ключових можливостей: моніторинг параметрів середовища, обробка даних, взаємодія з користувачем, оповіщення, інтеграція з іншими компонентами тощо.

Наступний крок — концептуальне проєктування, у межах якого визначається базова структура, архітектура та принципи функціонування системи. Після цього аналізуються доступні інструменти й варіанти реалізації (апаратна платформа, програмне середовище, протоколи, алгоритми обробки), і обирається оптимальне рішення, яке відповідає вимогам проєкту.

Після вибору засобів виконується практична реалізація, а готовий прототип проходить тестування для підтвердження коректної роботи та відповідності визначеним вимогам. У разі успішних результатів система впроваджується та починає використовуватися в реальних умовах. Для стабільної експлуатації протягом життєвого циклу необхідно також передбачити технічний супровід: усунення збоїв, оновлення компонентів і адаптацію до нових потреб.

Дотримання такої послідовності забезпечує створення працездатної, надійної та зручної системи моніторингу, що підвищує комфорт і безпеку в житловому середовищі.

1.5 Обґрунтування вибору середовища розробки

Для реалізації проєкту обрано апаратну платформу Arduino у поєднанні з однокристальною системою на базі мікроконтролера ESP8266. Таке рішення зумовлене широкою поширеністю цих компонентів, доступністю, сумісністю між собою та наявністю значної кількості бібліотек і прикладів, що спрощують розробку.

Інтерфейс системи моніторингу реалізовано як веб-сторінку, що дозволяє отримувати показники та керувати налаштуваннями через будь-який пристрій із

браузером. Такий підхід зручний з погляду доступу й масштабування, оскільки не вимагає встановлення спеціалізованого клієнтського ПЗ.

Під час вибору інструментів програмування для ESP8266 було проаналізовано поширені безкоштовні середовища, зокрема ESPlorer і Arduino IDE. Arduino IDE — відкрите середовище, орієнтоване на розробку для мікроконтролерів із використанням мови, близької до C/C++, із широким набором бібліотек. Воно відоме простотою, зрозумілою структурою проєктів і великою підтримкою спільноти, що зменшує поріг входу та прискорює розробку.

ESPlorer часто застосовують для роботи з ESP8266 у сценаріях, де використовується скриптова мова Lua. Такий підхід зручний для швидкого створення простих рішень, однак для більш комплексних проєктів можливості Lua/скриптового підходу можуть бути менш гнучкими порівняно з розробкою в Arduino IDE.

З урахуванням функціональних вимог, потреби у розширенні та доступності бібліотек, основним середовищем розробки обрано Arduino IDE. Перевагою такого вибору є використання відкритих стандартів, значна кількість документації та прикладів, а також стабільна підтримка ESP8266 через відповідні пакети.

Коротка характеристика Lua

Lua — компактна та продуктивна скриптова мова програмування, яку часто застосовують у вбудованих системах, автоматизації та IoT-проєктах. Вона має простий синтаксис і невисокі вимоги до ресурсів, що робить її придатною для пристроїв з обмеженою продуктивністю, зокрема мікроконтролерів.

Lua підтримує різні підходи до програмування (структурний, елементи ООП, функціональні концепції) і може інтегруватися з іншими мовами як вбудована мова розширення. Висока швидкодія досягається, зокрема, завдяки виконанню байткоду та оптимізованій реалізації інтерпретатора. Для ESP8266 Lua часто використовують разом із прошивкою NodeMCU, яка спрощує написання скриптів для роботи з периферією, читання сенсорів і передавання даних мережею.

Використання Arduino IDE та ESP8266 у проєкті

Апаратно-програмну систему моніторингу екосистеми реалізовано з використанням Arduino IDE та мікроконтролера ESP8266, що забезпечило зручність розробки, узгодженість компонентів і можливість подальшої інтеграції з іншими IoT-пристроями.

Arduino IDE використовується для написання, компіляції та завантаження прошивки на мікроконтролер (типово через USB-інтерфейс). Мова програмування в середовищі базується на C/C++ із додатковими бібліотеками, що спрощують роботу з сенсорами, мережевими функціями та протоколами обміну даними. ESP8266, як система на кристалі з підтримкою Wi-Fi, дає змогу організувати передавання інформації та реалізувати веб-інтерфейс для доступу до даних і керування системою.

Для програмування ESP8266 у середовищі Arduino IDE застосовується пакет підтримки (наприклад, «Arduino IDE for ESP8266»), який додає потрібні драйвери, бібліотеки та інструменти. Завдяки цьому розробник отримує доступ до типових можливостей ESP8266 (Wi-Fi, робота з периферією, мережеві сервіси, створення веб-сторінок/веб-інтерфейсів), що суттєво розширює потенціал платформи для створення IoT-рішень наведено на рисунку 1.7.

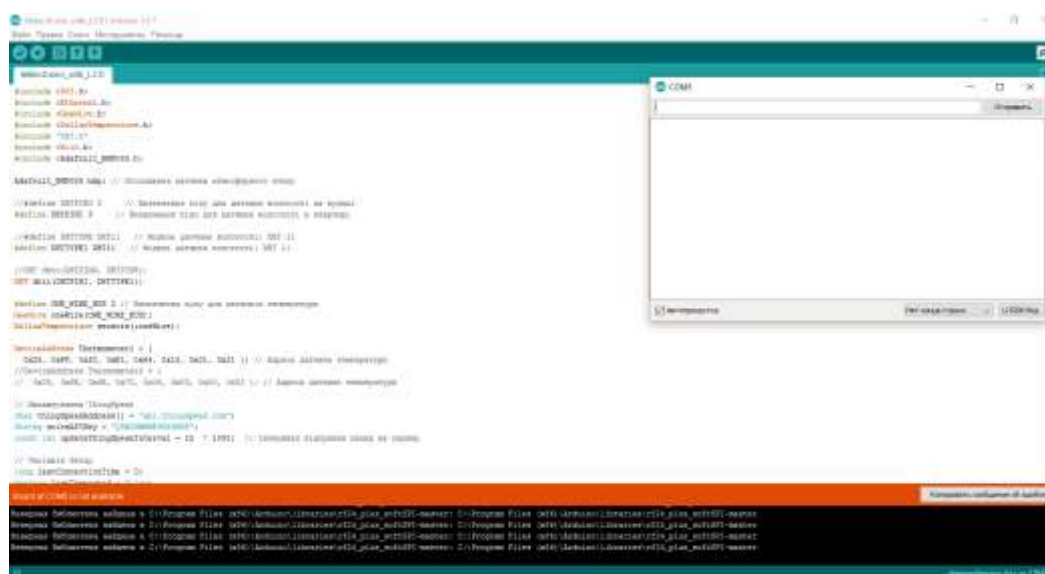


Рисунок 1.7 – Зовнішній вигляд середовища розробки Arduino IDE

На рисунку 1.8 продемонстровано процес прошивки платформи ESP8266 та її подальшого налагодження. Для відстеження та діагностики роботи використовується монітор COM-порту, до якого підключений мікроконтролер. Через цей інтерфейс можна отримувати сервісні повідомлення та за необхідності усувати помилки чи проблеми.

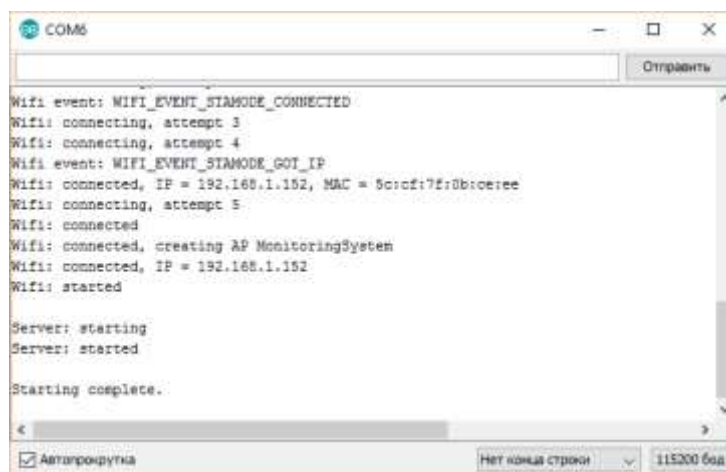


Рисунок 1.8 – Монітор COM порта

Плати, побудовані на мікроконтролері ESP8266, надають можливість підключати значну кількість входів/виходів (I/O) для взаємодії із зовнішніми електронними компонентами та реалізації різних схем.

Життєвий цикл апаратно-програмної реалізації системи моніторингу екосистеми на прикладі трикімнатної квартири охоплює послідовність етапів, які виконуються від прийняття рішення про створення системи до завершення її використання. Для будь-якого програмного продукту або технічної системи життєвий цикл можна визначити як сукупність робіт, що здійснюються у встановленій логіці з метою проєктування, впровадження та подальшої підтримки рішення.

Початковим етапом є формування завдання, на якому уточнюються цілі розробки, перелік функцій і ключові вимоги до продуктивності та надійності. На цьому ж кроці визначаються сценарії застосування системи та умови її експлуатації.

Наступним кроком виступає проєктування, яке передбачає побудову загальної концепції, підбір апаратних і програмних засобів, визначення архітектури та складу основних компонентів, необхідних для реалізації системи.

Далі виконується безпосередня розробка, що включає написання програмного коду, інтеграцію апаратних модулів, конфігурування мікроконтролерів, а також створення користувацького інтерфейсу. Підсумком цього етапу є працездатний прототип, підготовлений до перевірок.

Після завершення розробки проводиться тестування на коректність, під час якого перевіряється правильність роботи окремих складових та узгодженість їхньої взаємодії. У процесі випробувань виявляються дефекти та технічні неточності, які усуваються до отримання стабільного результату.

Наступний етап — перевірка відповідності вимогам, де оцінюється, наскільки система реалізує поставлені цілі та чи відповідає початковим специфікаціям. Виконується апробація в умовах, наближених до реальних: тестується робота сенсорів, передавання даних, формування відображення інформації та виконання базових функцій.

Завершальна стадія — експлуатація та супровід до виведення з використання. У цей період забезпечується технічна підтримка, виконуються оновлення програмного забезпечення, контролюється стабільність функціонування та здійснюється усунення можливих збоїв. Цей етап триває доти, доки система не буде замінена новим рішенням або не втратить актуальність.

Зазначена послідовність етапів забезпечує повний цикл створення та впровадження системи моніторингу екосистеми, що дає змогу отримати ефективне, надійне та зручне рішення для керування параметрами середовища у трикімнатній квартирі. З урахуванням застосування плати на базі ESP8266 і визначених завдань, модель життєвого циклу системи наведено на рисунку 1.9.



Рисунок 1.9 – Модель життєвого циклу системи моніторингу

Забезпечення повного проходження всіх визначених етапів життєвого циклу апаратно-програмної реалізації системи моніторингу екосистеми (на прикладі трикімнатної квартири) дає змогу досягти прогнозованих показників якості, а саме — високої результативності, стабільності роботи та відповідності системи сформульованим вимогам.

1.6 Висновок до першого розділу

Виконаний аналіз предметної області засвідчив, що розвиток технологій автоматизації житла суттєво підсилює поширення концепції «розумного будинку». Однією з базових складових таких рішень є модулі контролю параметрів внутрішнього середовища, які забезпечують спостереження за температурою, вологістю, показниками якості повітря та рівнем освітленості. Створення апаратно-програмного модуля для контролю зазначених характеристик є актуальним, оскільки безпосередньо впливає на підвищення комфорту та безпеки проживання.

Обґрунтовано доцільність реалізації системи моніторингу на основі мікроконтролера ESP8266 із використанням середовища Arduino IDE, що дозволяє реалізувати основні функції: збирання вимірювань, їх первинну

обробку та візуалізацію. Вибір цієї апаратно-програмної зв'язки пояснюється доступністю компонентів, достатніми функціональними можливостями та широкою підтримкою з боку спільноти розробників.

Розглянуто модель життєвого циклу створення системи, яка охоплює повний набір робіт — від формування завдання до супроводу після впровадження. Визначальними стадіями виступають проєктування, реалізація, тестування та введення в експлуатацію. Дотримання такої послідовності забезпечує керованість процесу розробки, підвищує надійність роботи та гарантує відповідність кінцевого результату заданим вимогам.

Передбачено застосування точних сенсорів для отримання екологічних даних із подальшим передаванням інформації до локального або хмарного сховища з метою збереження та аналізу. Завдяки веб-інтерфейсу або мобільному застосунку користувач отримує оперативний доступ до актуальних показників і може виконувати налаштування роботи системи.

Порівняння з існуючими аналогами (зокрема Wireless Sensor Tags, Nest, FooBot) показало, що готові комерційні рішення часто мають обмеження щодо інтеграції та гнучкого налаштування. Це підтверджує доцільність розробки адаптивнішої системи, яку можна точніше підлаштовувати під конкретні умови експлуатації та вимоги користувача.

Окремо враховано питання захисту інформації: безпека досягається завдяки застосуванню механізмів авторизації та сучасних підходів до шифрування. Також враховано вимоги до енергоефективності й можливості масштабування, що дозволяє розширювати функціонал або адаптувати систему до нових умов використання.

Практичне тестування прототипу в реальному середовищі підтвердило його придатність для виконання поставлених завдань: система забезпечує автоматизований контроль параметрів, формує повідомлення у разі відхилень від заданих меж і може інтегруватися з елементами «розумного будинку».

2 ПРОЄКТУВАННЯ АПАРАТНО-ПРОГРАМНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ НА ПРИКЛАДІ ТРИКІМНАТНОЇ КВАРТИРИ

2.1 Вибір компонентів та елементної бази

Для створення пристрою було обрано мікроконтролер ESP8266, який доцільно вважати одним із найбільш придатних варіантів для реалізації функцій системи моніторингу. Дана платформа забезпечує достатній рівень обчислювальної продуктивності, має вбудовану підтримку Wi-Fi та надає необхідну кількість I/O-контактів для підключення сенсорів і допоміжних модулів. Крім того, ESP8266 вирізняється доступною вартістю та низьким енергоспоживанням, що дає змогу розробляти компактні й функціональні пристрої, придатні для інтеграції в екосистеми Інтернету речей (IoT) наведено на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 – Перша версія мікроконтролера ESP8266 ESP – 01

Мікроконтролер ESP8266 нині належить до найбільш функціонально насичених і практичних платформ для задач, де ключовою вимогою є робота через Wi-Fi. Він поєднує достатню обчислювальну потужність, малі габарити та прийнятну вартість, завдяки чому широко застосовується в розробках для Інтернету речей (IoT).

Подальшим популярним розвитком лінійки стала модифікація ESP-07, яка швидко отримала поширення на ринку. Її відмінними рисами є покращені експлуатаційні параметри, зокрема збільшена дальність зв'язку, вища стабільність роботи та ширші можливості інтеграції в різні апаратні рішення.

Сукупність цих переваг зробила ESP-07 одним із затребуваних варіантів для створення Wi-Fi-пристроїв наведено на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2 – Версія ESP – 07

Сьогодні найбільш поширеним варіантом у лінійці ESP8266 вважається модуль ESP-12E. Його популярність зумовлена високим рівнем функціональності, наявністю значної кількості GPIO-контактів, стабільною роботою в мережах Wi-Fi та доброю сумісністю з різними середовищами й платформами розробки. Завдяки універсальності та легкості підключення ESP-12E широко застосовується в проєктах Інтернету речей (IoT) зображено на рисунку 2.3.



Рисунок 2.3 – Версія ESP – 12E

Версія ESP-12E вирізняється збільшеним обсягом доступної пам'яті, що дає змогу розміщувати більш складні прошивки та працювати з більшими

масивами даних під час обробки й передавання вимірювань. Саме тому ESP-12E доцільно застосовувати в проєктах із розширеним функціоналом та підвищеними вимогами до ресурсів. З огляду на ці переваги для реалізації системи моніторингу екосистеми квартири було обрано саме цей модуль.

Модулі ESP-07 і ESP-12E побудовані на 32-бітному процесорі Tensilica L106, який характеризується рядом ключових властивостей:

- Енергоощадність, низьке споживання струму дозволяє пристрою довше працювати автономно.
- Достатня швидкодія, тактова частота до 160 МГц забезпечує оперативне виконання типових задач IoT.
- Підтримка подій у реальному часі, архітектура оптимізована для швидкої реакції на зовнішні сигнали та події.
- Компактність і економічність, мінімізація апаратних ресурсів сприяє зниженню розмірів і вартості кінцевого виробу.
- Інтегровані можливості, реалізовано мережеві функції Wi-Fi, засоби обробки сигналів та підтримку багатозадачності.

Завдяки цим характеристикам Tensilica L106 є універсальною основою для широкого спектра апаратно-програмних рішень.

Процесор Tensilica L106, що використовується в ESP-07 та ESP-12E, має 32-бітну архітектуру Xtensa та працює у діапазоні частот 80–160 МГц. Для виконання обчислень передбачено вбудовану оперативну пам'ять обсягом 64 КБ RAM, а зберігання прошивки й даних забезпечується зовнішньою флеш-пам'яттю (наприклад, у ESP-12E зазвичай доступно 4 МБ). Оптимізація під низьке енергоспоживання підвищує придатність платформи для автономних пристроїв.

Мережеві можливості реалізуються завдяки вбудованому модулю Wi-Fi стандарту 802.11 b/g/n із підтримкою режимів AP, STA та AP+STA у діапазоні 2,4 ГГц, а також механізмів захисту з'єднання на основі WPA/WPA2. Продуктивність доповнюється апаратними механізмами планування та обробки подій, що дає можливість виконувати частину задач у режимі реального часу.

Для підключення периферії доступні GPIO-виводи, а також інтерфейси UART, SPI та I²C, що спрощує інтеграцію сенсорів і модулів зв'язку. Робота в температурному діапазоні від $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$ підвищує надійність платформи в різних умовах експлуатації.

Слід зазначити, що ESP8266 не має окремої користувацької енергонезалежної пам'яті безпосередньо на кристалі для довготривалого зберігання інформації. Тому прошивка та дані розміщуються у зовнішній флеш-пам'яті, яка й формує необхідний ресурс для роботи системи.

Програмні засоби розробки (SDK) для ESP8266 включають набір базових компонентів. По-перше, використовується компілятор, який перетворює код мовами C/C++ у виконуваний файл, сумісний з архітектурою мікроконтролера. По-друге, SDK містить бібліотеки для роботи з периферією, мережевими стеком і протоколами (зокрема TCP/IP, HTTP, MQTT) та функціями Wi-Fi. Окремо надаються утиліти для запису прошивки через UART, що дозволяє завантажувати зкомпільований код у флеш-пам'ять пристрою.

Для налагодження передбачені інструменти, що допомагають відстежувати виконання програми, аналізувати стан мікроконтролера та локалізувати помилки. Також SDK супроводжується документацією: технічними описами, прикладами коду й довідником функцій, необхідних для розробки.

Розробка під ESP8266 може виконуватися у популярних середовищах, таких як Arduino IDE, PlatformIO або Espressif IoT Development Framework (ESP-IDF). Вони забезпечують повний цикл роботи з проєктом: написання коду, компіляцію, завантаження прошивки та тестування, що спрощує впровадження IoT-рішень на базі ESP8266.

Для коректної роботи системи моніторингу екосистеми квартири необхідно підібрати сенсори, які сумісні з мікроконтролером та відповідають поставленим вимогам. Оскільки ESP8266 підтримує поширені інтерфейси SPI та I²C, було обрано датчики з належними технічними параметрами та зручними способами підключення.

До складу системи входять такі давачі:

- DS18B20 (див. рисунок 2.4) — датчик для точного контролю температури у широкому діапазоні.
- DHT11/DHT22 (див. рисунки 2.5 та 2.6) — сенсори для одночасного вимірювання температури та вологості повітря.
- BMP180 (див. рисунок 2.7) — датчик атмосферного тиску з підвищеною точністю.
- MQ2 (див. рисунок 2.8) — сенсор для виявлення концентрації природного газу в повітрі з метою підвищення безпеки мешканців.

Зазначений набір давачів відповідає цілям системи та забезпечує отримання інформативних і точних даних про стан середовища, що є основою для подальшого аналізу й керування.

Датчик DS18B20 є цифровим термометром, який широко використовується в системах автоматизації та контролю мікроклімату. Він вимірює температуру в межах від $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$ і забезпечує точність близько $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ у діапазоні від $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Оскільки датчик формує цифровий вихідний сигнал, потреба в додатковому аналого-цифровому перетворенні відсутня. Підключення до мікроконтролерів (зокрема ESP8266) здійснюється через шину 1-Wire, яка дозволяє передавати дані та організовувати живлення по одному сигнальному провіднику (разом із загальною «землею»).

DS18B20 має унікальний 64-бітний ідентифікатор, завдяки чому на одній шині можна використовувати декілька датчиків без конфлікту адрес. Підтримуються як звичайний режим живлення, так і так званий режим «паразитного живлення», коли енергія подається через сигнальну лінію. Дані можуть передаватися з розрядністю 9–12 біт, що дозволяє налаштовувати співвідношення між швидкістю та точністю вимірювань.

Компактність, надійність і простота інтеграції роблять DS18B20 придатним для застосування в житлових системах моніторингу, клімат-контролі, теплих та інших автоматизованих рішеннях.

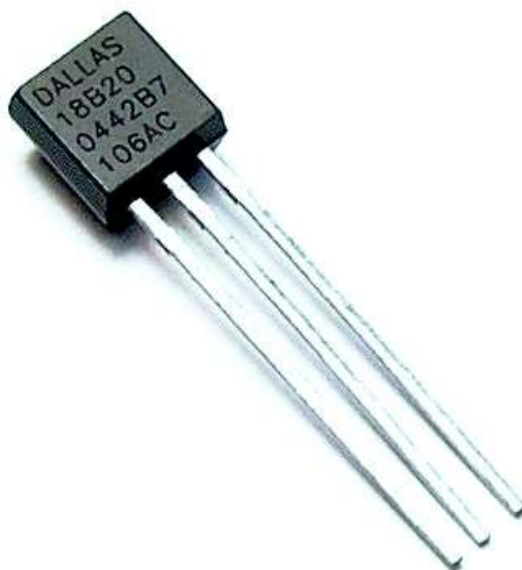


Рисунок 2.4 – Давач температури DS18B20

Датчики DHT11 та DHT22 широко застосовуються для контролю мікроклімату, оскільки дозволяють вимірювати основні параметри повітря — температуру та відносну вологість.

Модель DHT11 орієнтована на прості задачі, де достатньо базової точності. Вона вимірює вологість із похибкою приблизно $\pm 5\%$, а температуру — близько $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ у робочому діапазоні від $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Завдяки невисокій вартості та простоті використання цей датчик часто обирають для бюджетних рішень.

Більш функціональним варіантом є DHT22, який забезпечує кращі метрологічні характеристики та ширший діапазон вимірювань. Він визначає вологість у межах $0\text{--}100\%$ з похибкою до $\pm 2\%$, а температуру — з точністю орієнтовно $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ у діапазоні від $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Завдяки цьому DHT22 доцільно використовувати в системах, де важливі підвищена точність та стабільність показників.

Обидва сенсори формують цифровий вихідний сигнал, що спрощує їх підключення до мікроконтролерів (зокрема ESP8266) і не потребує застосування додаткових перетворювачів. Доступність, простота монтажу та достатня інформативність роблять DHT11 і DHT22 популярними в проєктах моніторингу повітря для житлових приміщень, теплиць і автоматизованих систем клімат-контролю.

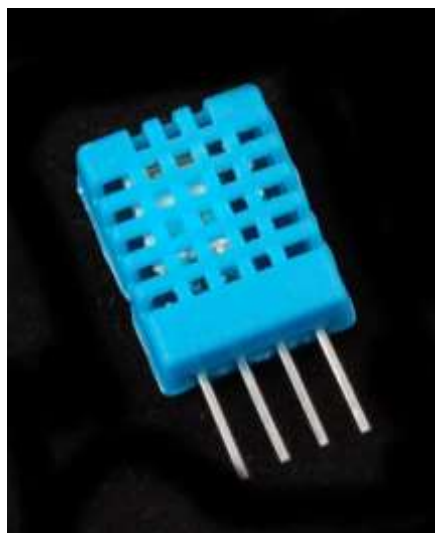


Рисунок 2.5 – Давач температури і вологості DHT11

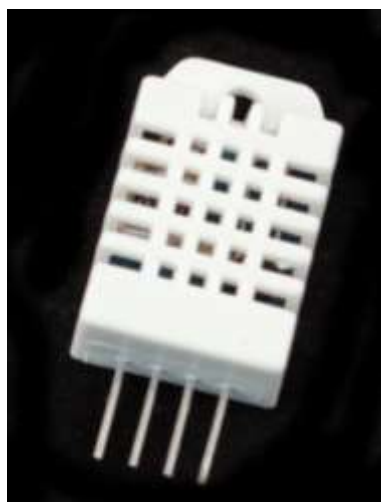


Рисунок 2.6 – Давач температури і вологості DHT22

Таким чином, DHT22 характеризується більшою точністю та охоплює ширший робочий діапазон вимірювань, ніж DHT11, що робить його придатнішим для задач, де важлива деталізація показників і стабільність даних.

Окрім цього, у системі моніторингу застосовується датчик атмосферного тиску BMP180, розроблений компанією Bosch. Він забезпечує коректне вимірювання барометричного тиску, а також може використовуватися для непрямого визначення висоти над рівнем моря, що розширює можливості застосування датчика в проєктах, пов'язаних із контролем параметрів екосистеми..

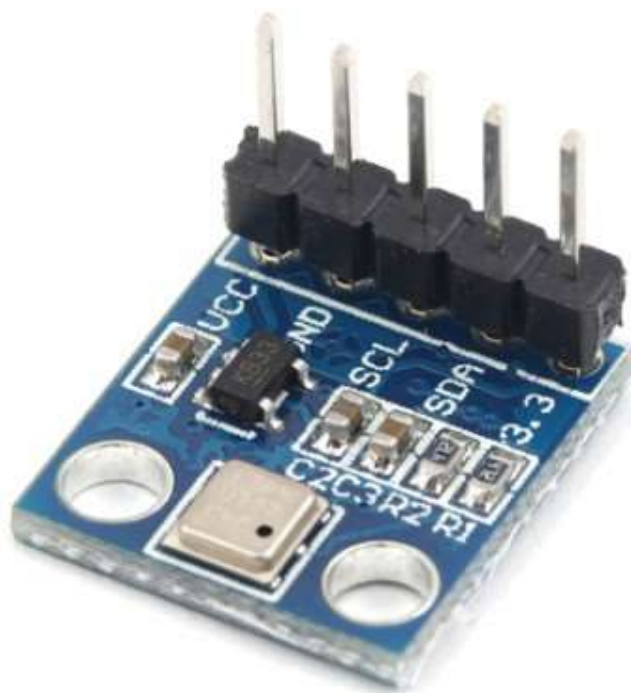


Рисунок 2.7 – Давач атмосферного тиску BMP180

Датчик BMP180 має набір параметрів, завдяки яким його доцільно використовувати в системах моніторингу. Він вимірює атмосферний тиск у межах 300–1100 гПа, що відповідає орієнтовним висотам від –500 м до 9000 м над рівнем моря, із похибкою близько ± 1 гПа. Окрім цього, модуль підтримує вимірювання температури в діапазоні $0 \dots +65$ °C з точністю приблизно ± 2 °C.

Передавання даних у BMP180 реалізовано через інтерфейси I²C або SPI, що спрощує підключення до мікроконтролерів, зокрема ESP8266. Додатковою перевагою є низьке енергоспоживання, завдяки якому сенсор придатний для автономних рішень. Компактні габарити датчика полегшують його інтеграцію у вбудовані та портативні пристрої.

Сенсор забезпечує роздільну здатність вимірювання тиску до 0,03 гПа, що дозволяє отримувати детальні та чутливі до змін показники. Саме тому BMP180 широко використовується в системах контролю параметрів середовища, рішеннях для «розумного будинку» та інших автоматизованих комплексах.

Датчик газу MQ-2 призначений для виявлення в повітрі низки газів і домішок, зокрема пропану, бутану, метану, водню, а також диму. Завдяки достатній чутливості та простому підключенню він часто використовується в рішеннях для контролю якості повітря й підвищення рівня безпеки.

Принцип роботи MQ-2 ґрунтується на зміні електропровідності чутливого елемента під дією певних газів. Датчик зазвичай має аналоговий вихід для отримання значення рівня концентрації, а також цифровий вихід, який спрацьовує при перевищенні встановленого порогового значення.

Робочий діапазон виявлення становить орієнтовно 200–10000 ppm, при цьому датчик демонструє найбільшу чутливість до пропану, бутану, метану, водню та диму. Для взаємодії з мікроконтролерами (зокрема ESP8266) використовуються його аналогові та/або цифрові виходи залежно від схеми підключення й логіки роботи системи.

Живлення MQ-2 можливе від напруги 2,5–5 В, а перед коректною роботою потрібен короткий період прогріву (приблизно 20 с) для стабілізації показників. Невеликі розміри датчика спрощують його монтаж у різні апаратно-програмні рішення. У межах системи моніторингу екосистеми квартири MQ-2 доцільно застосовувати для контролю наявності газів і диму, що підвищує рівень безпеки мешканців.



Рисунок 2.8 – Давач рівня природного газу MQ2

Показники, які формує датчик MQ-2, можуть відчутно залежати від температури та відносної вологості повітря, тому ці фактори слід враховувати під час експлуатації. Щоб підвищити достовірність отриманих даних, доцільно виконувати калібрування сенсора в умовах, максимально наближених до реальних робочих параметрів середовища.

2.2 Формування структури системи моніторингу

Однією з визначальних вимог під час побудови системи моніторингу є організація зручної взаємодії користувача з системою. Зазвичай це реалізується через веб-інтерфейс у вигляді набору пов'язаних між собою сторінок, які змінюються залежно від дій користувача та обраних функцій. Функціонування такого інтерфейсу забезпечується взаємодією кількох складових, зокрема веб-сервера та програмних модулів (інтерпретаторів/обробників), що приймають запити, виконують необхідну логіку та повертають користувачеві сформовані дані й код сторінки.

Мікроконтролер ESP8266 завдяки наявності флеш-пам'яті та мережевих можливостей дає змогу розмістити веб-сервер безпосередньо на пристрої. Це дозволяє реалізувати локальний веб-інтерфейс, доступний для користувача або адміністратора системи. Такий підхід робить керування системою більш простим і оперативним: забезпечується швидкий перегляд показників сенсорів, а також доступ до конфігураційних параметрів і налаштувань роботи системи моніторингу.

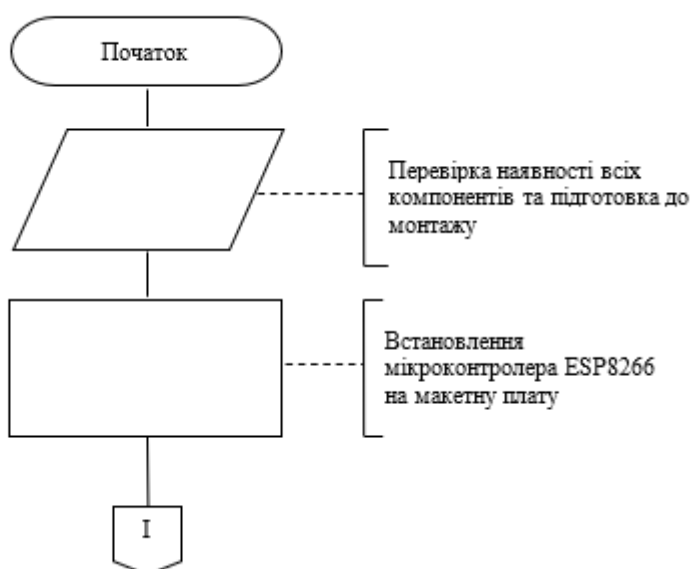


Рисунок 2.9 – Алгоритм складання системи моніторингу

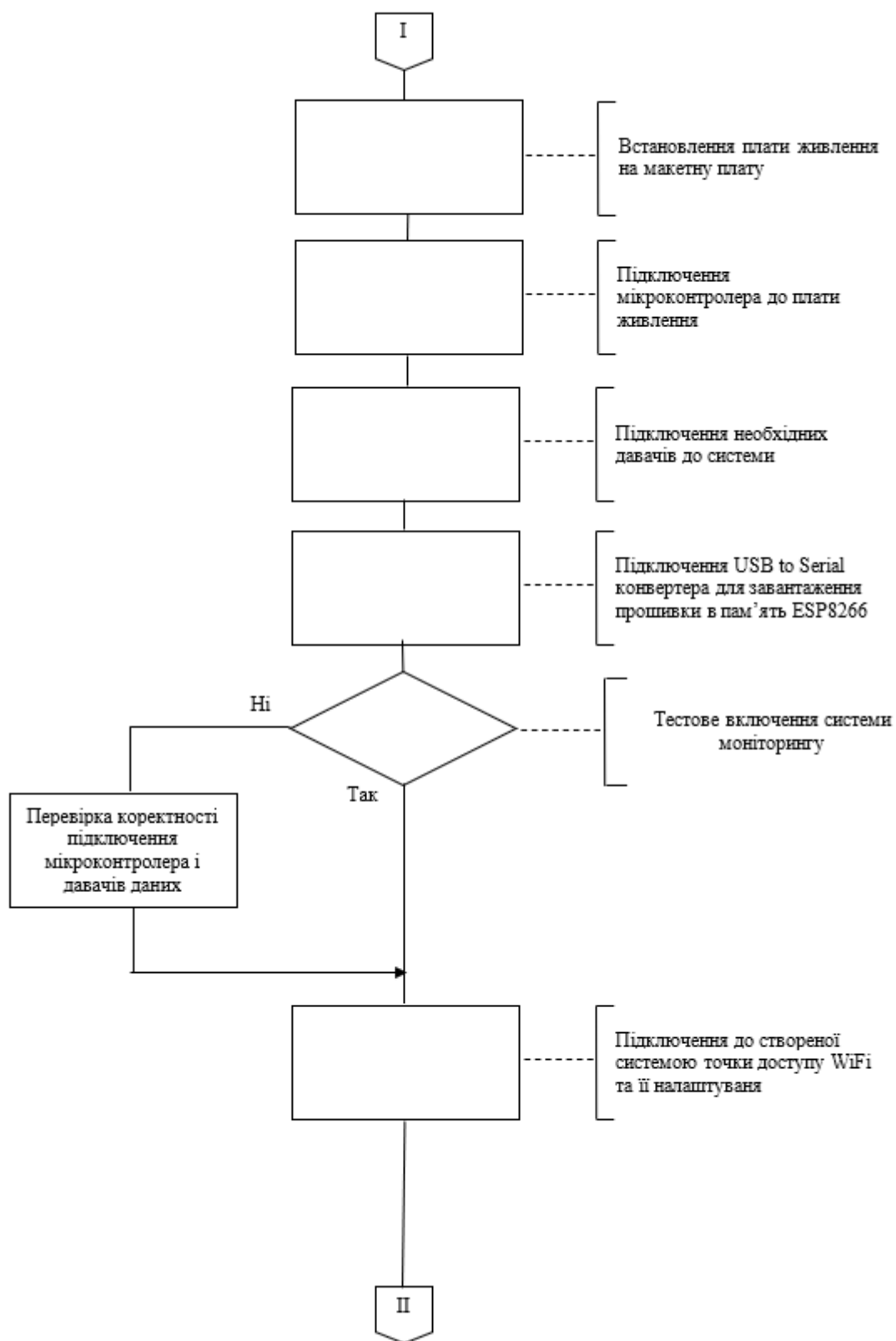


Рисунок 2.9 (продовження)

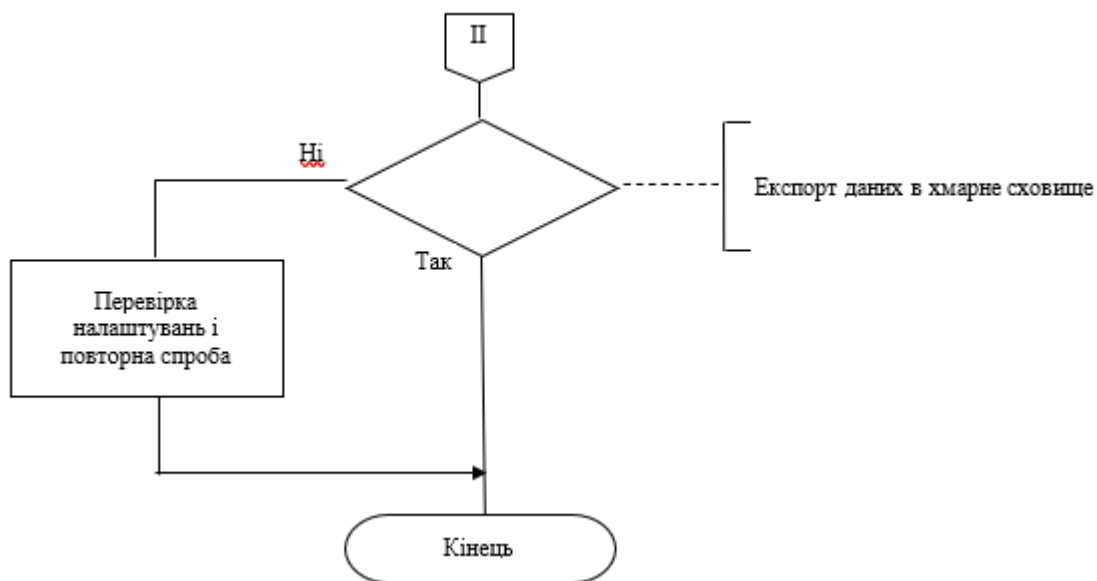


Рисунок 2.9 (продовження)

Отже, застосування ESP8266 як платформи для розміщення веб-сервера дає змогу реалізувати автономний моніторинговий пристрій із вбудованим веб-інтерфейсом, що підвищує зручність керування та забезпечує ефективну взаємодію користувача з системою.

Почати роботу з системою користувач може лише після того, як пристрій буде повністю зібраний і підготовлений до експлуатації. Для цього формується окремий алгоритм, який визначає послідовність дій та необхідні етапи, що мають бути виконані користувачем або адміністратором для коректного запуску системи наведено на рисунку 2.9.

Для складання системи моніторингу екосистеми за умови наявності всіх компонентів рекомендується діяти за такою схемою:

1. Перевірити, чи наявні всі елементи, необхідні для монтажу.
2. За наявності комплектуючих розпочати збирання: встановити модуль ESP8266 на макетну плату.
3. Закріпити на макетній платі плату живлення зі стабілізатором, що дозволяє обрати напругу в межах 3,3–5 В.

4. Під'єднати живлення до відповідних контактів мікроконтролера та перевірити працездатність; у разі правильного підключення має засвітитися індикаторний світлодіод.

5. Після визначення контрольованих параметрів під'єднати до системи відповідні датчики.

6. Для з'єднання з комп'ютером підключити пристрій через USB-to-Serial перетворювач і за допомогою Arduino IDE завантажити прошивку у пам'ять мікроконтролера.

7. Якщо прошивка записалася коректно, пристрій створить власну точку доступу; за відсутності точки доступу процедуру прошивки слід повторити.

8. Підключитися до створеної точки доступу, використавши пароль, заданий у програмному коді, та перейти до сторінки конфігурації.

9. У налаштуваннях вказати параметри підключення до домашньої мережі: SSID і пароль Wi-Fi, а також увімкнути датчики, які підключені до системи.

10. На завершення задати інтервал передавання даних у хмарне сховище та ввести API-ключ доступу до цього сервісу.

Якщо всі етапи виконано без помилок і конфігурування завершено успішно, система перейде в робочий режим і розпочне регулярне передавання даних із підключених сенсорів до хмарного сховища.

2.3 Розроблення принципової електричної схеми модуля моніторингу

Після вибору елементної бази, що відповідає вимогам проєкту, необхідно виконати розробку електричної принципової схеми системи моніторингу. У цьому підрозділі наводиться схема, сформована на основі компонентів, розглянутих у попередніх частинах роботи.

Центральним вузлом схеми є мікроконтролер ESP8266 (ESP-12E), який на схемі позначено як DD1. Саме до нього підключаються сенсори, що

Модуль моніторингу ESP8266 ESP-12E має 10 виводів, які можуть використовуватися для підключення сенсорів та інших зовнішніх елементів. У межах даної реалізації задіяно три цифрові лінії, призначені для підключення датчиків.

Відповідно до принципової схеми, модуль забезпечує паралельну роботу з чотирма сенсорами. Першим є датчик температури DS18B20, який на схемі позначено як U1. Другим виступає датчик температури та вологості повітря DHT11/DHT22 (позначення U2). Третім використовується барометричний датчик BMP180 — U3. Четвертим елементом є газовий сенсор MQ-2, позначений як U4.

Окремо у схемі передбачено кнопку перезавантаження S1, яка застосовується для коректного застосування змін після редагування користувачем конфігураційних параметрів модуля.

Дотримання вказаної схеми підключення сенсорів забезпечує коректну роботу системи, а також знижує ризик пошкодження як модуля, так і периферійних компонентів, що підвищує стабільність і надійність функціонування всієї системи.

2.4 Проєктування логіки роботи та поведінки системи

Система моніторингу, як будь-який програмний продукт, характеризується визначеним набором функцій, які задають її реакції на дії користувача та поведінку в різних режимах роботи. Саме функціонал визначає, як система обробляє запити, керує процесами збору даних і формує результати, що передаються користувачеві. Якість реалізації цих можливостей безпосередньо впливає на ефективність рішення та зручність його використання.

Для наочного представлення принципів роботи доцільно застосовувати функціональну схему, яка графічно відображає взаємодію між компонентами системи та послідовність виконання основних операцій. Така схема є корисною під час проєктування, аналізу й оптимізації, оскільки дозволяє чітко визначити взаємозв'язки між модулями та логіку проходження даних.

Функціональна схема, наведена на рисунку 2.11, демонструє, як система реагує на команди користувача: як приймаються та обробляються запити, яким чином здійснюється зчитування й аналіз показників із сенсорів, а також як отримана інформація передається на подальшу обробку або відображення. Вона охоплює повний цикл роботи — від формування вимірювань датчиками до збереження даних у хмарному сховищі та/або візуалізації результатів через веб-інтерфейс.

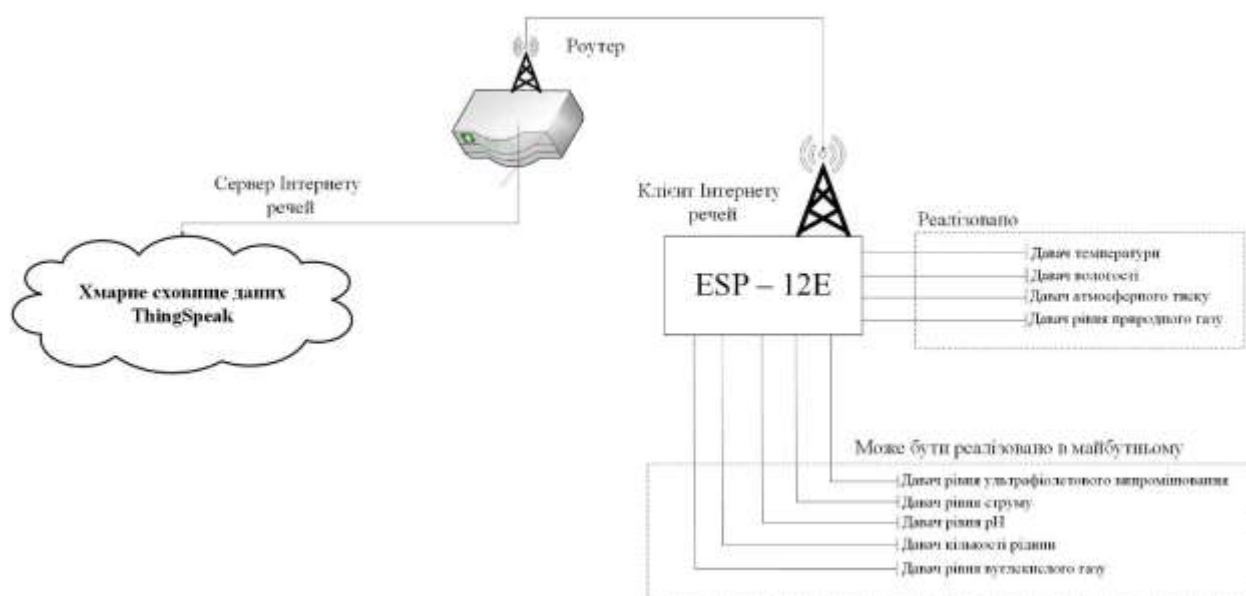


Рисунок 2.11 – Функціональна схема роботи системи моніторингу

Таке подання дає змогу не лише наочно відстежити, як система працює в поточному вигляді, а й визначити потенційні зони для покращення або приховані проблеми. Зокрема, функціональна схема може підкреслити етапи, що займають найбільше часу, містять зайві операції або потребують оптимізації. Для розробників вона виступає практичним інструментом, який спрощує внесення змін у логіку роботи та вдосконалення функціоналу.

Отже, функціональна схема системи моніторингу є важливою складовою процесів проектування й аналізу, оскільки формує цілісне уявлення про взаємодію компонентів і сприяє досягненню стабільної та ефективної роботи рішення.

2.5 Конструювання структурних модулів

Ключовим компонентом, який забезпечує практичну придатність системи моніторингу, є інтерфейс взаємодії, доступний користувачеві після підключення до системи. Саме через нього виконуються основні операції: налаштування параметрів, перегляд показників сенсорів, керування компонентами та контроль поточного стану. Таким чином, інтерфейс виконує роль основного «каналу зв'язку» між користувачем і системою, забезпечуючи зрозумілу та керовану роботу з функціями пристрою.

Архітектура системи реалізована за модульним підходом, що підвищує гнучкість, спрощує конфігурування та створює основу для подальшого масштабування. У структурі виділено п'ять базових модулів.

1. Модуль ініціалізації бездротової мережі.

Цей блок відповідає за запуск і налаштування Wi-Fi: формування точки доступу та/або підключення до зовнішньої мережі. Завдяки йому забезпечується обмін даними із зовнішніми ресурсами (віддалені сервери, хмарне сховище) та підтримується стійкість з'єднання навіть при тимчасових збоях мережі.

2. Модуль формування веб-сервера.

Компонент забезпечує роботу веб-інтерфейсу, який відкривається в браузері на будь-якому пристрої. Через веб-сервер користувач може переглядати показники з сенсорів, змінювати налаштування та отримувати інформацію про зміни параметрів. Це зменшує складність експлуатації та робить систему зрозумілою навіть для користувачів без спеціальної підготовки.

3. Модуль ініціалізації сенсорів і компонентів.

До початку основного циклу роботи сенсори та допоміжні елементи проходять перевірку, початкове налаштування й підготовку. Даний модуль забезпечує стабільність зчитування та коректність старту системи, формуючи надійну базу для подальшого збору даних.

4. Модулі конфігурації конкретних датчиків.

Кожен підключений сенсор налаштовується через окремий підмодуль з урахуванням його специфіки. Наприклад, датчики температури, вологості, тиску або газу мають різні протоколи, режими й особливості обробки сигналу. Такий поділ підвищує точність та стабільність отриманих показників.

5. Модуль передавання даних у хмарне сховище.

Основне призначення цього блока — відправлення даних із сенсорів у віддалене сховище для накопичення та подальшого аналізу. Також модуль забезпечує параметризацію експорту: вибір сервісу (наприклад, ThingSpeak), інтервал відправлення та інші параметри.

Модульна структура надає низку практичних переваг:

- спрощує розширення системи шляхом додавання нових компонентів і можливостей;
- полегшує діагностику та усунення несправностей, оскільки функції розділені за модулями;
- підвищує масштабованість і пристосованість системи до змін у вимогах або конфігурації.

Завдяки такій організації система є не лише функціонально повною, а й зручною в експлуатації та налаштуванні. Водночас вона залишається зручною для розробників, оскільки структуру легко адаптувати під нові задачі та умови використання.

2.6 Розроблення інтерфейсу модуля моніторингу

Для повноцінної роботи будь-якої системи моніторингу необхідний інтерфейс, який є зрозумілим для користувача та не створює бар'єрів у керуванні. Саме інтерфейс забезпечує доступ до даних, дозволяє змінювати налаштування, вмикати/вимикати окремі компоненти та контролювати роботу системи. За відсутності зручного інтерфейсу навіть технічно досконале рішення може бути складним у використанні й втрачати практичну цінність.

Інтерфейс має забезпечувати оперативний доступ до ключових можливостей: перегляду показників, конфігурації сенсорів, налаштування

оповіщень, керування мережевими параметрами. Також важливою вимогою є адаптивність, щоб сторінки коректно відображалися на комп'ютерах, планшетах і смартфонах.

У сучасних рішеннях найчастіше застосовується веб-інтерфейс, доступний через браузер. Його перевага полягає в універсальності: користувачу не потрібно встановлювати додаткові програми, а керування можливе з будь-якого пристрою, що має доступ до мережі. Таким чином, функціональний і зрозумілий інтерфейс є центральним елементом, який забезпечує ефективну взаємодію користувача з системою моніторингу.

Макет головної сторінки системи моніторингу наведено на рисунку 2.12. Саме ця сторінка є основною точкою доступу до ключових функцій: відображення поточних показників із сенсорів і налаштування параметрів роботи системи в зручній структурі інтерфейсу.

Головна	Налаштування	Давачі даних	Перезавантаження
---------	--------------	--------------	------------------

ID системи:	Текстове поле
Назва системи:	Текстове поле
IP адреса	Текстове поле
MAC адреса	Текстове поле
Час роботи	Текстове поле
Температура	Текстове поле
Вологість	Текстове поле
Атм. тиск	Текстове поле
Аналогові дані	Текстове поле
Вільний об'єм пам'яті	Текстове поле

Рисунок 2.12 – Макет головної сторінки

Головна сторінка системи моніторингу відображає узагальнені відомості, за допомогою яких користувач може швидко перевірити коректність конфігурації та отримати актуальні дані з активних датчиків. Вона виступає

основним елементом інтерфейсу, концентруючи ключові показники та базові параметри функціонування системи.

На цій сторінці розміщено кілька важливих компонентів, що спрощують роботу з системою. Передусім це навігаційне меню веб-інтерфейсу, яке забезпечує зручний перехід між розділами та функціями. Також відображається унікальний ідентифікатор системи — код, що використовується для однозначного розпізнавання конкретного пристрою.

Серед службових параметрів, доступних на головній сторінці, наведено IP-адресу (для доступу до системи через мережу) та MAC-адресу (для апаратної ідентифікації пристрою в мережевому середовищі). Додатково виводиться інформація про вільний обсяг пам'яті, що дозволяє оцінити наявний ресурс для виконання операцій і потенційного збереження даних.

Окрім системних відомостей, головна сторінка містить показники з підключених сенсорів. Зокрема, користувач бачить поточну температуру, значення відносної вологості, дані атмосферного тиску, а також показники, що надходять від аналогового датчика. Такий набір даних дає змогу оперативно контролювати стан середовища та працездатність підсистеми збору вимірювань.

Метою створення цієї сторінки є забезпечення максимально швидкого доступу до основної інформації. Вона дозволяє у стислий спосіб оцінити стан системи, перевірити правильність налаштувань і проконтролювати роботу сенсорів. Це підвищує зручність експлуатації та сприяє ефективному використанню можливостей системи.

Після завершення проєктування макету головної сторінки веб-інтерфейсу було розроблено макет сторінки налаштувань, який наведено на рисунку 2.13. Дана сторінка призначена для керування конфігурацією системи та надає користувачеві інструменти для зміни основних параметрів і режимів роботи модуля моніторингу. Під час проєктування макету акцент зроблено на зрозумілій структурі та інтуїтивній логіці взаємодії, що забезпечує комфортну роботу користувача з системою.

Головна	Налаштування	Давачі даних	Перезавантаження
ID системи:	Текстове поле		
Назва системи:	Текстове поле		
Пароль:	Текстове поле		
SSID:	Текстове поле		
Пароль:	Текстове поле		
Режим статичного IP	Текстове поле		
Статичний IP	Текстове поле		
Основний шлюз	Текстове поле		
Маска мережі	Текстове поле		
API ключ хмарного сховища	Текстове поле		
Інтервал експорту	Текстове поле		
Кнопка «Зберегти»			

Рисунок 2.13 – Макет сторінки налаштувань

Сторінка «Налаштування» є одним із центральних компонентів системи моніторингу, оскільки саме тут користувач задає базові параметри, необхідні для її коректного функціонування. Вона забезпечує зручний доступ до конфігураційних опцій, пов'язаних із підключенням, обробкою даних та їх передаванням у хмарну інфраструктуру.

Одним із ключових полів є ідентифікатор системи, який використовується для однозначного розрізнення пристрою серед інших подібних модулів. Додатково передбачено можливість встановити назву системи, що спрощує її ідентифікацію під час використання в мережі або при наявності кількох пристроїв.

З метою захисту доступу реалізовано налаштування пароля точки доступу, яку створює пристрій. Саме цей пароль потрібен для підключення до Wi-Fi мережі, що формується системою моніторингу на етапі конфігурування.

Також на сторінці розміщені поля для підключення до зовнішньої бездротової мережі — SSID (назва мережі) та відповідний пароль. Задані

параметри забезпечують вихід системи в локальну мережу/інтернет, що є необхідним для передавання даних до віддалених сервісів.

Для мережевої конфігурації користувач може керувати режимом статичної IP-адресації, що дозволяє фіксувати IP-адресу замість отримання її автоматично (через DHCP). У разі ввімкнення цього режиму потрібно вказати шлюз та маску підмережі, які визначають правила маршрутизації та межі мережі.

Важливим параметром є API-ключ, який використовується для авторизації під час надсилання даних до хмарного сервісу ThingSpeak. Наявність такого ключа забезпечує коректне розміщення даних у відповідному каналі та підвищує захищеність обміну.

Окремо користувач задає інтервал передавання даних, тобто частоту, з якою вимірювання з сенсорів будуть відправлятися на віддалений сервер для збереження та подальшого аналізу.

Таким чином, сторінка «Налаштування» забезпечує необхідну гнучкість і простоту конфігурування системи, дозволяючи адаптувати її під конкретні умови експлуатації та вимоги користувача. Вона є критично важливою для коректної роботи, адже від точності введених параметрів залежить стабільність підключення, правильність обміну даними та загальна ефективність функціонування системи.

Завершальним кроком конфігурації є керування сенсорами на сторінці «Давачі даних». Тут користувач може активувати або деактивувати підключені датчики, залишаючи в роботі лише ті, які потрібні для поточних задач наведено на рисунку 2.14.

	Головна	Налаштування	Давачі даних	Перезавантаження	
--	---------	--------------	--------------	------------------	--

Давач температури	Текстове поле	Кнопка «Зберегти»
Давач вологості:	Текстове поле	
Давач атмосферного тиску	Текстове поле	
Давач аналогових даних	Текстове поле	

Рисунок 2.14 – Макет сторінки «Давачі даних»

Сторінка «Давачі даних» призначена для керування сенсорами, підключеними до системи моніторингу. На ній користувач може вмикати або вимикати окремі датчики відповідно до поточних потреб, що забезпечує гнучке налаштування та раціональне використання можливостей системи.

Перехід між розділами веб-інтерфейсу реалізовано через меню навігації, яке дозволяє оперативно відкривати потрібні сторінки та функції. Такий підхід підвищує зручність роботи й забезпечує швидкий доступ до основних можливостей системи.

Інтерфейс розроблено з урахуванням того, що ним можуть користуватися люди без спеціальної технічної підготовки. Тому в основі закладено принципи простоти та зрозумілої логіки, що зменшує кількість помилок і полегшує використання без додаткових пояснень.

Візуальне оформлення веб-інтерфейсу виконано в стриманій нейтральній палітрі без надмірно яскравих або відволікаючих елементів, що робить роботу з ним комфортною. Крім того, інтерфейс адаптовано для коректного відображення на різних типах пристроїв — від персональних комп'ютерів до планшетів і смартфонів.

Головну сторінку веб-інтерфейсу системи моніторингу, яка є основною точкою взаємодії користувача з системою, наведено на рисунку 2.15.

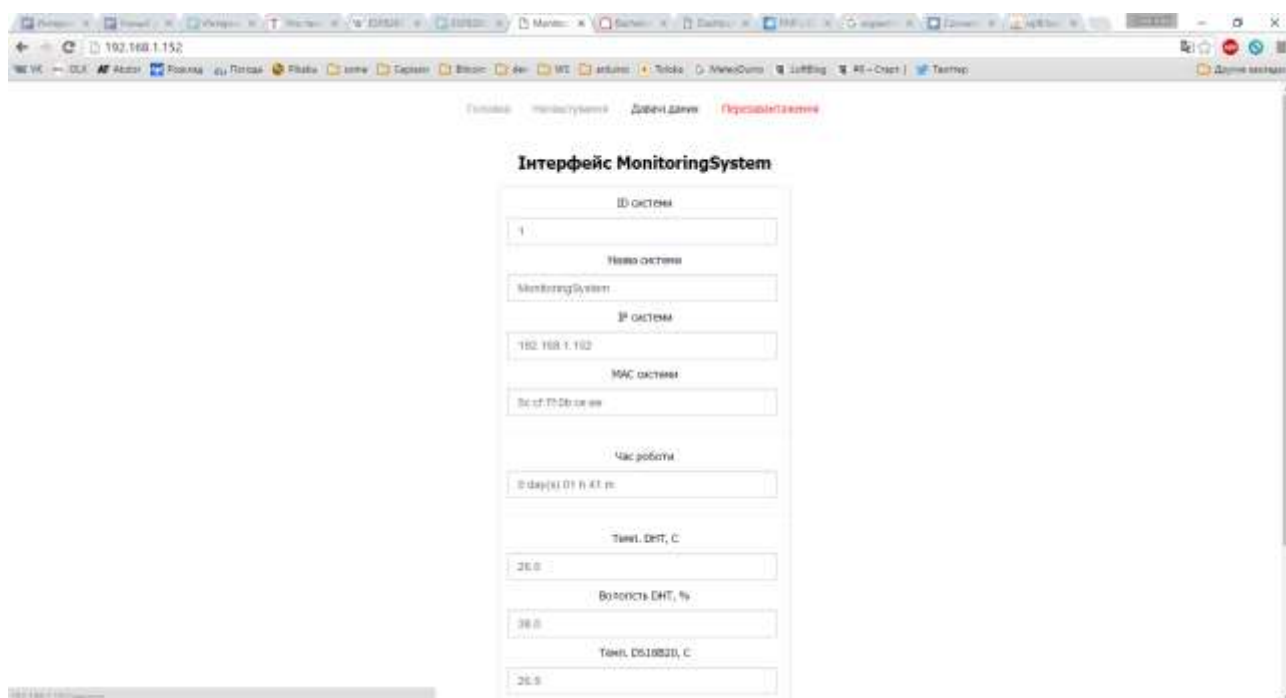


Рисунок 2.15 – Головна сторінка інтерфейсу системи моніторингу

Веб-інтерфейс системи моніторингу спроектовано так, щоб користувач міг у будь-який момент отримати доступ до налаштувань і перегляду показників сенсорів незалежно від типу пристрою. Це означає, що робота з інтерфейсом передбачена не лише з персональних комп'ютерів і ноутбуків, а й зі смартфонів та планшетів.

Оскільки розміри екранів, роздільна здатність і особливості відображення сторінок на різних пристроях суттєво відрізняються, виникла необхідність застосувати адаптивну верстку. Такий підхід забезпечує автоматичне підлаштування структури сторінки: елементи інтерфейсу змінюють розташування та масштаб залежно від ширини й формату екрана. У результаті інформація залишається читабельною, а керування — зручним на будь-якому пристрої.

Використання адаптивного дизайну підвищує комфорт експлуатації системи, дозволяючи користувачам без складнощів взаємодіяти з інтерфейсом незалежно від того, чи використовується телефон, планшет або комп'ютер. Завдяки цьому система стає більш доступною та практичною для широкої аудиторії, не прив'язуючись до конкретних технічних характеристик пристрою.

На рисунку 2.16 показано приклад того, як адаптивний підхід забезпечує коректне відображення веб-інтерфейсу на екранах різних розмірів, що підтверджує зручність і доступність розробленого рішення.

The screenshot displays a mobile web application interface. At the top, there is a status bar with a signal strength icon, a battery level of 52%, and the time 01:07. Below the status bar is a navigation bar with a search icon, a text input field containing '192.168.4.1', and a menu icon. The main content area has a header with four navigation links: 'Головна', 'Налаштування', 'Давачі даних', and 'Перезавантаження'. The title 'Інтерфейс MonitoringSystem' is centered. Below the title is a form with five sections, each with a label and a text input field: 'ID системи' (1), 'Назва системи' (MonitoringSystem), 'IP системи' (192.168.1.152), 'MAC системи' (5c:cf:7f:0b:ce:ee), and 'Час роботи' (0 day(s) 02 h 20 m).

Рисунок 2.16 – Адаптивність дизайну веб – інтерфейсу

З огляду на те, що сьогодні значна частина інтернет-трафіку припадає саме на мобільні пристрої, використання адаптивного дизайну суттєво підсилює привабливість веб-ресурсу та його конкурентні позиції. У результаті користувачі, які переважно виходять в інтернет зі смартфонів, отримують зручний і зрозумілий інтерфейс, що позитивно впливає на досвід взаємодії та підвищує прихильність до системи.

Окрім зручності, адаптивна верстка має й помітний економічний ефект. Вона прибирає потребу розробляти окремий мобільний сайт, що зменшує витрати як на створення, так і на подальше оновлення та технічну підтримку. Такий підхід дозволяє оптимізувати процес розробки, заощадити час і ресурси, водночас забезпечивши повноцінну функціональність для користувачів незалежно від того, з якого пристрою вони працюють.

2.7 Особливості експлуатації та технічного супроводу

У сучасних умовах значного поширення набули системи, інтегровані з концепцією Інтернету речей (IoT). Вони забезпечують автоматизацію багатьох процесів, підвищуючи зручність, ефективність та рівень інтеграції технологій у повсякденні сценарії. Завдяки своїм можливостям IoT-рішення активно застосовуються в різних напрямках — від «розумного дому» до промислових систем, медицини й агросектору. Поступово Інтернет речей стає важливою складовою сучасної технічної інфраструктури, розширюючи можливості розвитку та впливаючи на якість життя.

Розроблена система моніторингу спроектована з урахуванням експлуатації в умовах типової трикімнатної квартири. Один із можливих варіантів розміщення сенсорів у приміщеннях показано на рисунку 2.17.

Система дозволяє контролювати параметри екосистеми житла шляхом встановлення необхідних датчиків у кожній кімнаті та їхнього підключення до центрального модуля. Після налаштування датчики забезпечують регулярний збір показників, що дає змогу ефективно відстежувати стан середовища й адаптувати роботу системи до потреб користувача та умов конкретного помешкання.

На схемі розміщення наведено типовий сценарій застосування системи в трикімнатній квартирі. Позначення U1 відповідає датчику температури, U2 — сенсору температури та вологості, U3 — датчику атмосферного тиску, а U4 — сенсору концентрації природного газу. Газовий датчик доцільно розміщувати на

кухні, оскільки саме в цьому приміщенні є найбільша ймовірність появи підвищеного рівня природного газу.



Рисунок 2.17– Розміщення давачів даних в трикімнатній квартирі

Встановлення системи моніторингу екосистеми в квартирі забезпечує можливість дистанційного спостереження за ключовими параметрами середовища, зокрема температурою, вологістю, атмосферним тиском та іншими показниками. Система надає користувачеві оперативні дані в режимі реального часу, що дозволяє об'єктивно оцінювати поточний стан мікроклімату. На основі отриманої інформації можна виконувати аналіз умов у приміщенні та, у разі виявлення відхилень від заданих значень, своєчасно реагувати — наприклад, провітрити кімнату, увімкнути вентиляцію або змінити режим кліматичної техніки. У підсумку це сприяє не лише підвищенню комфорту, а й зміцненню загального рівня безпеки проживання.

2.8 Висновок до другого розділу

У ході проєктування апаратно-програмної реалізації системи моніторингу було визначено основні принципи побудови ефективного та практичного рішення для контролю екосистеми житлового приміщення. Центральним елементом обрано мікроконтролер ESP8266, зокрема модифікацію ESP-12E, що обґрунтовано достатньою обчислювальною продуктивністю, енергоощадністю, підтримкою Wi-Fi та можливістю підключення різних типів сенсорів.

Для формування необхідного функціоналу до складу системи включено давачі контролю температури (DS18B20), температури та вологості (DHT11/DHT22), атмосферного тиску (BMP180) і концентрації природного газу (MQ-2). Вибір цих компонентів забезпечує отримання інформативних і надійних вимірювань, необхідних для оцінювання стану середовища в квартирі. Також інтеграція сенсорів виконана з урахуванням можливості подальшого розширення системи та додавання нових функцій.

Під час проєктування структури системи особливу увагу приділено створенню веб-інтерфейсу як основного засобу взаємодії користувача з модулем моніторингу. Реалізація інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу з підтримкою адаптивного дизайну забезпечує доступ до системи з різних пристроїв, зокрема зі смартфонів і планшетів, що підвищує зручність експлуатації та дозволяє отримувати дані у будь-який час.

Важливою перевагою обраного підходу є модульна організація системи, яка спрощує внесення змін і розвиток рішення. Розділення функцій на окремі блоки (ініціалізація мережі, запуск веб-сервера, підготовка сенсорів, обробка вимірювань, передавання даних у хмару) підвищує гнучкість архітектури та сприяє масштабованості.

Окремим етапом стало формування принципової схеми модуля, що визначає правильні підключення сенсорів і допоміжних компонентів. Це дозволяє забезпечити стабільну роботу системи та зменшити ризики пошкодження обладнання в процесі експлуатації.

Розроблений веб-інтерфейс надає зручні засоби для конфігурування системних параметрів і перегляду показників сенсорів. Завдяки адаптивному відображенню сторінок користувач може комфортно працювати з системою навіть на пристроях із невеликим екраном.

Застосування системи в умовах трикімнатної квартири демонструє її практичну ефективність: зібрані дані дозволяють своєчасно реагувати на відхилення параметрів, зокрема вологості, температури, тиску або наявності газів. Це підвищує рівень комфорту та безпеки мешканців.

Отже, результати проєктування підтверджують можливість реалізації доступного, результативного та масштабованого рішення для моніторингу екосистеми житлового приміщення з урахуванням потреб користувача та актуальних підходів у сфері Інтернету речей (IoT).

3 ПЕРЕВІРКА ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ТА НАЛАШТУВАННЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ

3.1 Перевірка функціональності системи

Функціональне тестування передбачає перевірку реалізованих можливостей системи, її характеристик та коректності взаємодії з іншими компонентами. Такий вид перевірок може застосовуватися на різних рівнях тестування — модульному, інтеграційному, системному та приймальному.

У межах функціонального тестування основний акцент робиться на тому, як система поводить себе з точки зору користувача, тобто на її зовнішній поведінці. Зазвичай перевірки виконують у двох основних підходах:

- контроль відповідності вимогам;
- перевірка бізнес-процесів (сценаріїв використання).

Підхід, орієнтований на вимоги, ґрунтується на специфікації функціональних вимог: саме вона слугує базою для формування тест-кейсів і сценаріїв. На цьому етапі доцільно визначити, які функції підлягають перевірці, а які тимчасово виключаються, а також встановити пріоритети для вимог з урахуванням ризиків (якщо цього не зроблено раніше). Після цього складається набір тестових сценаріїв, що дозволяє зосередитися на критично важливих можливостях системи.

Підхід, який фокусується на бізнес-процесах, спирається на типові щоденні сценарії роботи користувача з системою. У цьому випадку тестові сценарії формуються на основі use-case та конкретних прикладів застосування.

Головне завдання функціонального тестування — підтвердити працездатність ключових елементів інтерфейсу, зокрема:

- перевірити виконання обов’язкових функцій веб-інтерфейсу;
- протестувати правильність роботи користувацьких форм;
- переконатися у коректному функціонуванні гіперпосилань.

Перевірку базових можливостей системи доцільно розпочинати з контролю того, чи створює пристрій точку доступу після увімкнення наведено

на рисунку 3.1. Це одна з головних функцій, адже саме вона забезпечує користувачеві початковий доступ до інтерфейсу та подальше налаштування системи.

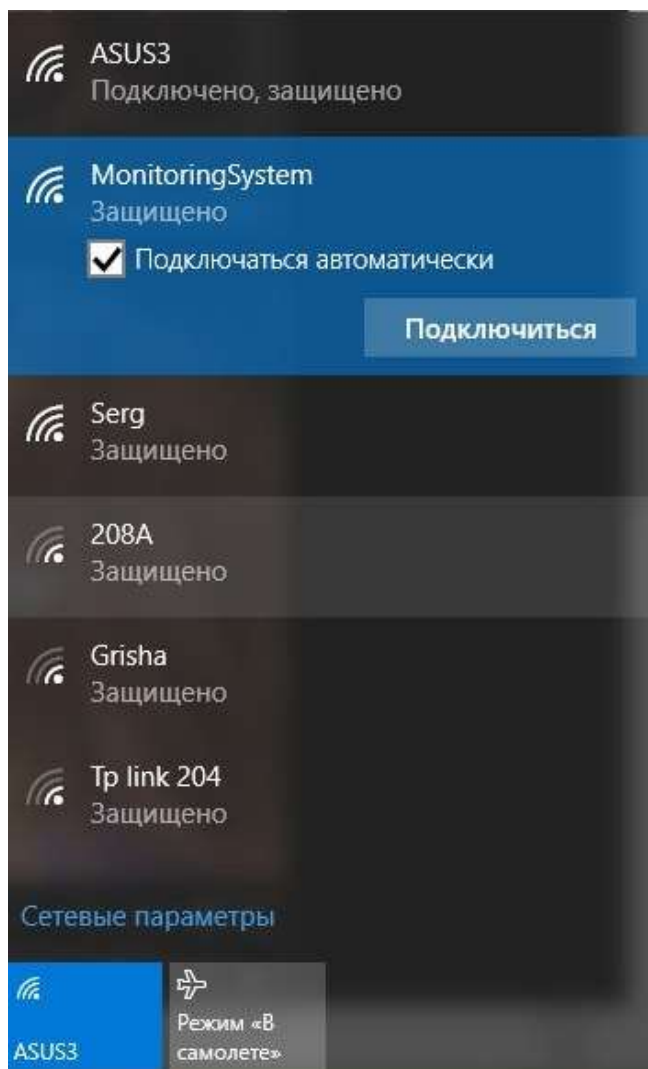


Рисунок 3.1 – Створена системою бездротова точка доступу

На рисунку 3.1 показано бездротову точку доступу, яку формує система під час запуску. Доступ до цієї мережі захищений унікальним паролем, що підвищує рівень безпеки та унеможливорює внесення змін до конфігурації без дозволу. Парольний захист мінімізує ризик стороннього втручання в роботу системи та запобігає несанкціонованим діям. Окрім цього, створена точка доступу забезпечує надійний канал зв'язку, необхідний для коректного функціонування всіх елементів системи.

Наступним кроком тестування є перевірка того, чи здатна система правильно приймати та обробляти показники від підключених і увімкнених датчиків. Для керування сенсорами у текстовому полі інтерфейсу передбачено простий механізм: користувач вводить «1» для активації обраного сенсора або «0» для його вимкнення. Такий підхід робить взаємодію з системою зрозумілою та зменшує ймовірність помилок під час налаштування. Приклад процедури увімкнення сенсорів наведено на рисунку 3.2.

Давачі даних

BMP180 On	0
DHT22 On	0
DS18B20 On	1
Analog (ADC) On	0

Зберегти

Після збереження внесених змін, необхідно перезавантажити систему.

Рисунок 3.2 – Увімкнення давачів даних

На рисунку 3.2 показано, яким чином система реагує на запити користувача щодо увімкнення сенсорів. Оскільки реалізація елементів керування типу checkbox у веб-сервері, що працює на мікроконтролері ESP8266, є технічно більш складною та може негативно впливати на стабільність, було застосовано текстовий спосіб введення. Такий підхід спрощує програмну реалізацію,

зменшує кількість потенційних помилок і підвищує надійність роботи інтерфейсу.

Після ввімкнення необхідних датчиків систему потрібно перезапустити, щоб під час наступного старту виконалась коректна ініціалізація активованих модулів. У разі успішного запуску на головній сторінці моніторингу наведеному на рисунку 3.3 відображаються всі актуальні показники, зокрема температура, вологість, освітленість та інші параметри. Це дає змогу наочно контролювати стан екосистеми в режимі реального часу.

[Головна](#) [Налаштування](#) [Давачі даних](#) [Перезавантаження](#)

Інтерфейс MonitoringSystem

ID системи	1
Назва системи	MonitoringSystem
IP системи	192.168.1.152
MAC системи	5c:cf:7f:0b:ce:ee
Час роботи	0 day(s) 00 h 02 m
Темп. DHT, C	27.0
Вологість DHT, %	35.0
Темп. DS18B20, C	27.7

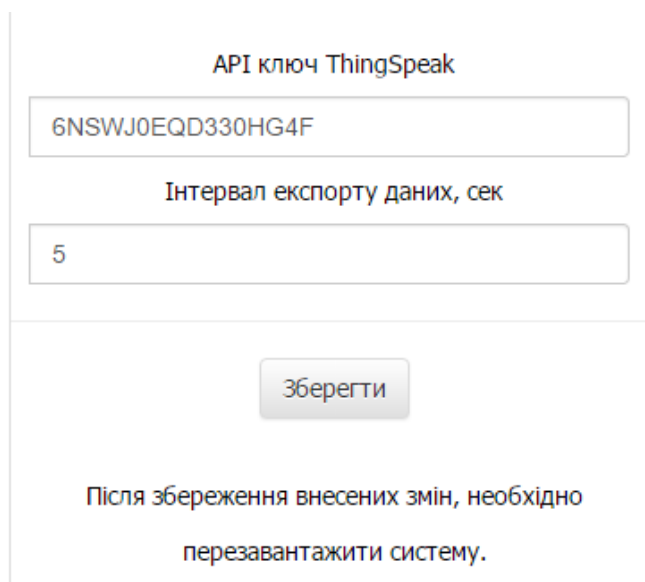
Рисунок 3.3 – Отримані дані від увімкнених датчиків даних

Для цього користувачеві необхідно сформувати авторизаційний ключ на платформі хмарного сервісу та внести його у відповідне поле в налаштуваннях системи наведених на рисунку 3.4.

Окрім цього, передбачено можливість задати інтервал відправлення даних у хмару наведено на рисунку 3.5. Для встановлення мережевого з'єднання потрібно вказати параметри Wi-Fi: назву мережі (SSID) та пароль доступу зображено на рисунку 3.6.

На рисунку 3.6 також продемонстровано увімкнення режиму статичної IP-адресації. У разі використання цього режиму користувач задає IP-адресу пристрою, адресу шлюзу та маску підмережі. Після внесення зазначених параметрів потрібне перезавантаження системи, щоб зміни були застосовані та збережені.

Також через веб-інтерфейс користувач може змінювати назву точки доступу і пароль для підключення до неї (див. рисунок 3.7). Завершальний етап перевірок передбачає тестування експорту даних до ThingSpeak, де результати вимірювань зберігаються в обліковому записі користувача (див. рисунок 3.8).

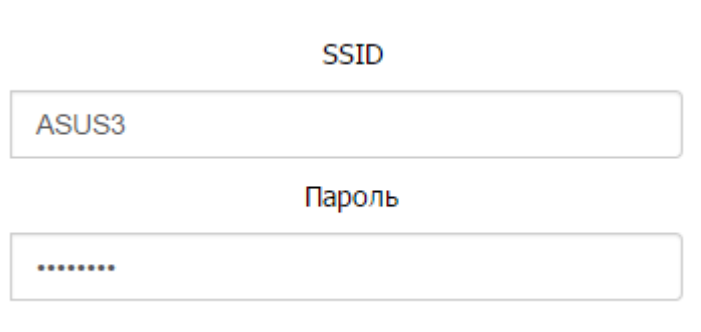


The image shows a web interface for configuring data export to ThingSpeak. It features a title 'API ключ ThingSpeak' above a text input field containing the key '6NSWJ0EQD330HG4F'. Below this is a label 'Інтервал експорту даних, сек' and a text input field with the value '5'. A 'Зберегти' (Save) button is positioned below the fields. At the bottom, a message states: 'Після збереження внесених змін, необхідно перезавантажити систему.'

Рисунок 3.5 – Налаштування експорт даних до хмарного сховища ThingSpeak

Після виконання всіх попередніх кроків конфігурування потрібно задати параметри, необхідні для підключення системи до зовнішньої мережі. З цією

метою у відповідних полях сторінки налаштувань слід вказати назву Wi-Fi мережі (SSID) та пароль доступу до неї наведено на рисунку 3.6.

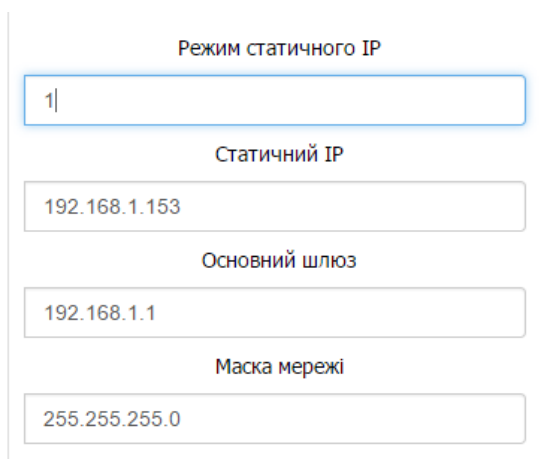


The image shows a configuration window with two input fields. The first field is labeled 'SSID' and contains the text 'ASUS3'. The second field is labeled 'Пароль' (Password) and contains a series of dots, indicating a masked password.

Рисунок 3.5 – Налаштування підключення до глобальної мережі

Система підтримує функціонування в режимі статичної IP-адресації. Щоб увімкнути цей режим, у полі налаштувань «Режим статичного IP» потрібно вказати значення «1» наведено на рисунку 3.6.

Після активації користувач має вручну внести мережеві параметри: фіксовану IP-адресу пристрою, адресу шлюзу та маску підмережі.



The image shows a configuration window for static IP settings. It contains four input fields: 'Режим статичного IP' with the value '1', 'Статичний IP' with the value '192.168.1.153', 'Основний шлюз' (Main gateway) with the value '192.168.1.1', and 'Маска мережі' (Subnet mask) with the value '255.255.255.0'.

Рисунок 3.6 – Використання режиму статичної IP-адресації

Після введення всіх потрібних параметрів систему необхідно перезапустити. Під час наступного увімкнення пристрій підключатиметься до мережі, що забезпечує вихід у глобальну мережу, уже з використанням статичної IP-адресації. Після встановлення з'єднання користувач може через інтерфейс

змінити назву точки доступу, яку формує система, а також задати новий пароль для доступу до неї зображено на рисунку 3.7.

The screenshot shows a configuration form titled "ID системи" (System ID) with a text input field containing the number "1". Below it is a section titled "Назва системи" (System Name) with a text input field containing "MonitoringSystem". At the bottom is a section titled "Пароль доступу до системи" (System Access Password) with a password input field showing ten dots.

Рисунок 3.7 – Налаштування точки доступу створеної системою

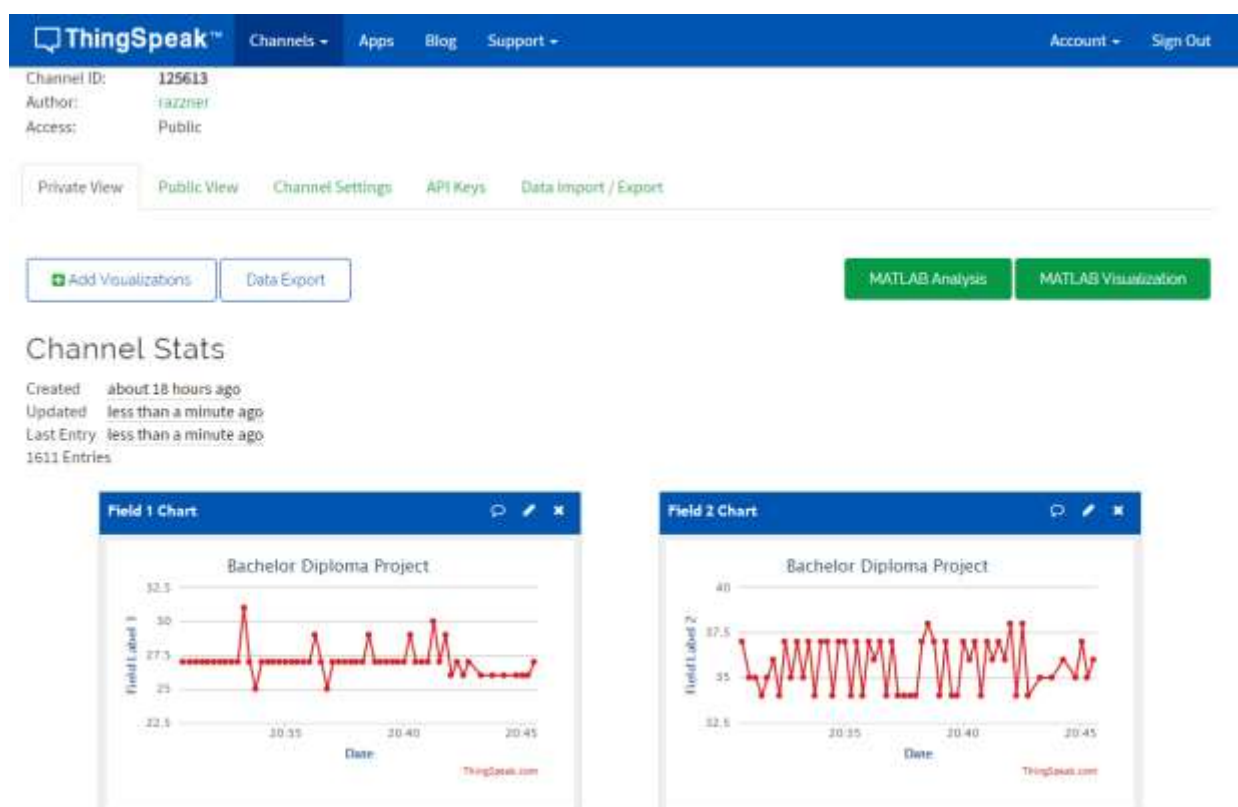


Рисунок 3.7 – Перегляд даних на сайті хмарного сховища ThingSpeak

Остаточний етап тестування передбачає контроль коректності передавання даних до хмарного сервісу ThingSpeak. Для цього користувачеві потрібно авторизуватися у власному обліковому записі та відкрити відповідний канал, у якому відображаються надіслані вимірювання наведено на рисунку 3.8.

3.2 Тестування коректності верстки та відображення інтерфейсу

Веб-інтерфейс системи моніторингу повинен коректно відображатися на пристроях з різними розмірами екрана, тобто підтримувати адаптивну верстку та бути сумісним із поширеними веб-браузерами. До найбільш уживаних браузерів сьогодні належать Google Chrome, Safari, Mozilla Firefox, Internet Explorer і Opera. Попри те, що всі вони орієнтуються на загальні принципи відтворення веб-сторінок, кожен браузер має власні особливості інтерпретації HTML/CSS/JavaScript, які зумовлені використанням різних рушіїв. Завдяки забезпеченню такої сумісності користувач може налаштовувати систему як з комп'ютера, так і з мобільних пристроїв — смартфонів або планшетів.

Перевірку адаптивності шаблону веб-інтерфейсу виконували із застосуванням інструментів розробника (Developer Tools), вбудованих у браузер Google Chrome. На рисунку 3.8 наведено приклад відображення веб-інтерфейсу системи на екрані типового ноутбука.



Рисунок 3.8 – Вигляд веб – інтерфейсу на екрані типового ноутбука

Перевірку адаптивності шаблону здійснювали методом емуляції відображення на смартфоні Apple iPhone 15 з роздільною здатністю 1334 × 750 пікселів зображено на рисунку 3.9. Під час моделювання перегляду на мобільному екрані було зафіксовано, що навігаційне меню автоматично переформатувалося у два рядки відповідно до доступної ширини дисплея.

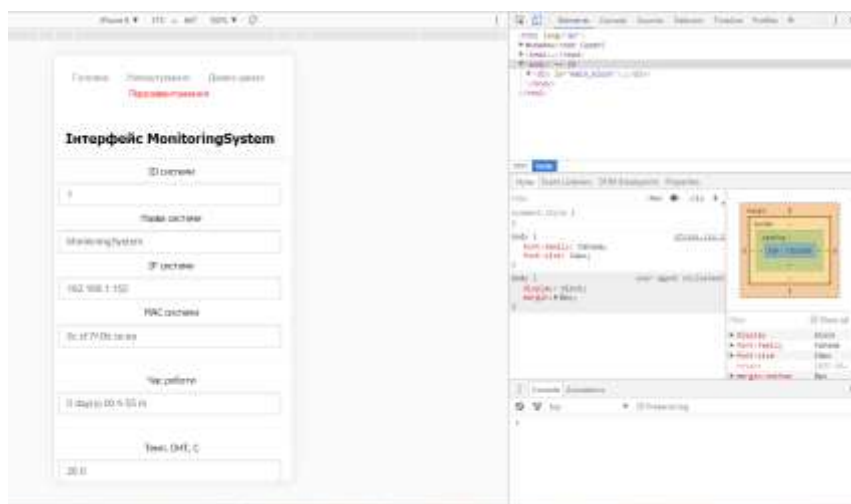


Рисунок 3.9 – Тестування адаптивності шаблону на iPhone 15

Для продовження перевірки адаптивності виконали оцінювання відображення інтерфейсу системи на екрані смартфона Samsung Galaxy S24 з роздільною здатністю 1920×1080 пікселів зображено на рисунок 3.10.

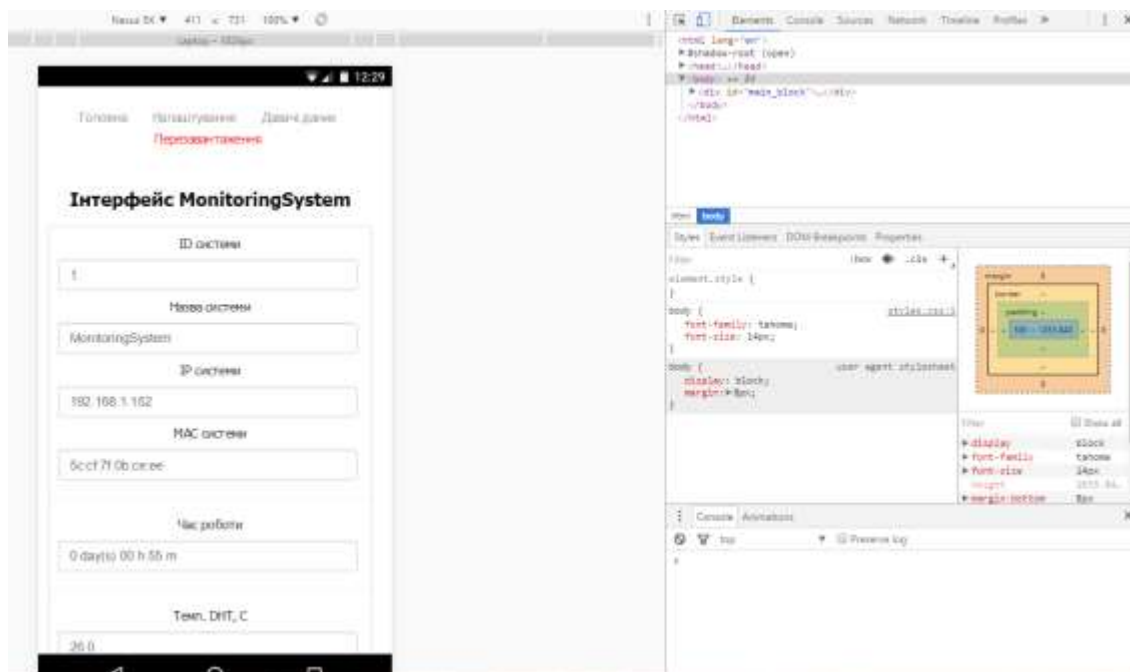


Рисунок 3.10 – Тестування адаптивності шаблону на Samsung Galaxy S24

Підсумовуючи результати проведених перевірок, можна зробити висновок, що використовуваний шаблон веб-інтерфейсу стабільно та коректно відображається на всіх основних значеннях роздільної здатності екрана, які було протестовано. Під час емулявання різних пристроїв не виявлено критичних збоїв

у верстці: елементи інтерфейсу зберігають читабельність, логіку розташування та доступність ключових функцій. Навігація, інформаційні блоки та поля введення коректно масштабуються й перебудовуються відповідно до ширини дисплея, що підтверджує доцільність застосування адаптивного підходу. Таким чином, інтерфейс можна вважати придатним для використання як на ноутбуках і настільних ПК, так і на смартфонах та планшетах, що є важливою умовою зручної експлуатації системи моніторингу.

3.3 Перевірка параметрів безпеки

Перевірка рівня безпеки є однією з базових стратегій тестування, оскільки вона спрямована на оцінювання захищеності системи та виявлення потенційних ризиків, пов'язаних із загрозами на кшталт спроб злому, поширення шкідливого програмного забезпечення або отримання несанкціонованого доступу до конфіденційних даних. У межах такого тестування аналізуються як технічні механізми захисту, так і можливі вектори атак, що можуть вплинути на працездатність системи або компрометувати її налаштування.

Концептуально тестування безпеки спирається на три ключові принципи, відомі як CIA-тріада:

- конфіденційність (захист даних від перегляду сторонніми);
- цілісність (неможливість непомітного внесення змін до даних або конфігурації);
- доступність (забезпечення працездатності системи для легітимних користувачів).

У розробленій системі моніторингу захист конфігураційних параметрів реалізовано через парольну автентифікацію під час підключення до точки доступу, яку пристрій створює після запуску. Саме ця точка доступу використовується як захищений канал для входу у веб-інтерфейс, що унеможливорює доступ до налаштувань без відповідних облікових даних. Таким чином, первинний рівень контролю доступу забезпечує, щоб взаємодія із системою здійснювалась лише авторизованими користувачами.

Для підвищення стійкості бездротового з'єднання до спроб перехоплення трафіку застосовано WPA2 — сучасний протокол шифрування, який використовується як заміна застарілого механізму WEP. Використання WPA2 підсилює захист Wi-Fi-мережі за рахунок більш надійних алгоритмів шифрування та механізмів управління ключами, що зменшує ймовірність компрометації каналу зв'язку.

В основі WPA2 використовується підхід, який вирішує одну з ключових проблем WEP — ризик повторного застосування ключів шифрування. Зокрема, механізм TKIP (Temporary Key Integrity Protocol) забезпечує динамічну роботу з ключами та контроль цілісності передаваних даних, що ускладнює реалізацію типових атак, характерних для застарілих протоколів.

Для отримання доступу до системи користувач повинен ввести коректний пароль наведено на рисунку 3.11. Значення пароля задається під час прошивки мікроконтролера у вихідному коді, що дозволяє забезпечити контроль доступу вже на етапі первинного розгортання системи та запобігти несанкціонованим спробам підключення.

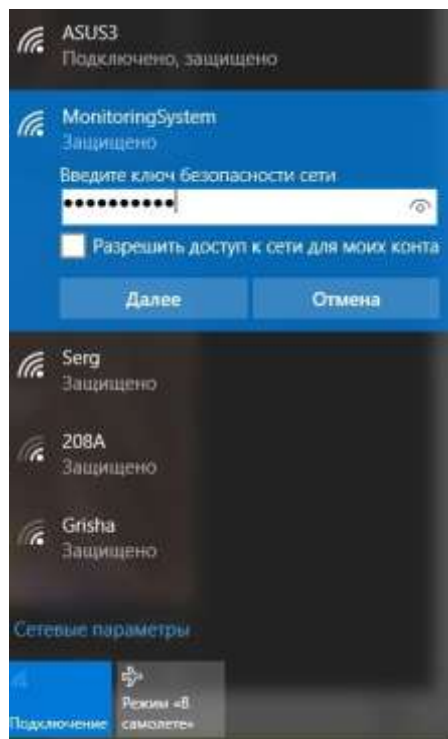
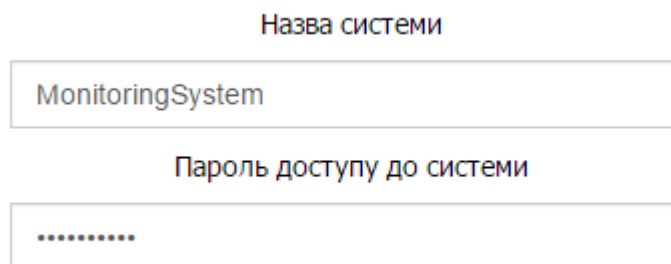


Рисунок 3.11 – Підключення до захищеної точки доступу



The image shows a web form with two input fields. The first field is labeled 'Назва системи' (System Name) and contains the text 'MonitoringSystem'. The second field is labeled 'Пароль доступу до системи' (System Access Password) and contains a series of dots, indicating a masked password.

Рисунок 3.12 – Зміна паролю та назви точки доступу

Після коректного проходження процедури автентифікації користувачеві відкривається доступ до веб-інтерфейсу системи моніторингу. Інтерфейс містить окремі елементи керування, які дозволяють виконувати конфігурацію ключових параметрів, зокрема змінювати назву точки доступу та пароль для підключення. Для цього на сторінці налаштувань передбачені відповідні поля введення наведено на рисунку 3.12, що робить процес адміністрування простим і зрозумілим навіть для користувачів без спеціальної підготовки. Практичні перевірки показали, що розроблена система моніторингу екосистеми впевнено виконує визначений функціонал, стабільно працює у штатних режимах і забезпечує зручний веб-інструментарій для керування та внесення змін до параметрів роботи.

3.4 Висновок до третього розділу

У результаті проведення функціонального тестування встановлено, що система моніторингу відповідає заданим вимогам і коректно реалізує передбачені сценарії використання. Підтверджено працездатність ключових функцій, зокрема автоматичне формування захищеної точки доступу, коректну взаємодію з підключеними сенсорами та обробку отриманих вимірювань. Веб-інтерфейс забезпечує зручне керування системою, надаючи можливість оперативно змінювати критично важливі параметри — пароль, назву точки доступу, а також мережеві налаштування для підключення до зовнішньої Wi-Fi мережі.

Окремо підтверджено адаптивність інтерфейсу: сторінки коректно відображаються на різних типах пристроїв — ноутбуках, смартфонах і планшетах — незалежно від роздільної здатності екрана. Це означає, що користувач може виконувати налаштування та переглядати показники у зручний спосіб як із настільного браузера, так і з мобільного пристрою, не втрачаючи доступу до основного функціоналу.

Під час тестування безпеки встановлено, що застосування протоколу WPA2 забезпечує необхідний рівень захисту бездротового з'єднання. Використання механізмів на основі TKIP знижує ризики, пов'язані з повторним використанням ключів шифрування, що характерно для застарілих підходів. Додатково перевірено працездатність механізму експорту даних у хмарний сервіс ThingSpeak, який дозволяє накопичувати вимірювання та виконувати їх подальший аналіз у довгостроковій перспективі.

Також підтверджено, що система зберігає стабільність після перезапуску, а внесені користувачем зміни до конфігурації застосовуються коректно. Сукупність отриманих результатів свідчить про готовність рішення до практичної експлуатації в реальних умовах, забезпечуючи необхідний рівень безпеки, зручності та ефективності під час моніторингу екосистеми житлового приміщення.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Вплив ергономіки та безпеки на продуктивність та здоров'я при роботі з ПК

В сучасному світі, коли використання персонального комп'ютера стало невіддільною частиною багатьох професій і повсякденного життя, ефективна робота з комп'ютером та збереження здоров'я користувачів стають особливо важливими. Ергономіка та безпека в цьому контексті грають ключову роль у покращенні продуктивності та запобіганні ризикам, пов'язаним з довготривалим використанням комп'ютера [61].

Одним з головних аспектів ергономіки є належне розташування робочого місця та обладнання. Персональний комп'ютер стіл, стілець, клавіатура, мишка та монітор повинні бути розташовані таким чином, щоб забезпечити правильну позу тіла, уникнути напруження та утворення неправильних рухів. Регулювання висоти столу і стільця, використання ергономічних клавіатур та мишей допомагає зменшити навантаження на м'язи і суглоби, запобігати розвитку таких проблем, як тунельний синдром та м'язові напруження.

Очевидно, що продуктивність залежить від здоров'я і комфорту працівника. Правильна організація робочого простору сприяє зниженню втоми і покращує концентрацію, що дозволяє збільшити ефективність та якість виконаної роботи. Добре освітлення робочої зони, відсутність блиску на моніторі, регулювання контрастності та яскравості зображення також впливають на зорову зручність та сприятливо впливають на продуктивність [61].

Безпека також є важливим аспектом при роботі з комп'ютером. Користувачі повинні бути обізнані про основні правила безпеки, такі як регулярні перерви для відпочинку та розтяжок, щоб уникнути перенапруження м'язів і очей. Важливо дотримуватись правил електробезпеки, не залишати підключені неконтрольовані пристрої, а також використовувати фільтри, що захищають від електромагнітних випромінювань.

Здоров'я працівників є безцінним ресурсом, і вплив ергономіки та безпеки на його збереження є надзвичайно важливим. Недоліки у роботі з комп'ютером, такі як синдром карпального каналу, болі у спині, ший та очах, можуть привести до значного зниження продуктивності та появи хронічних захворювань. Слід зазначити, що організації та роботодавці мають велику відповідальність за створення безпечних умов праці та забезпечення належної ергономіки для своїх співробітників.

Вплив ергономіки та безпеки на продуктивність та здоров'я при роботі з комп'ютером є незаперечним. Правильна організація робочого простору, дотримання правил електробезпеки, використання ергономічного обладнання та регулярні перерви для відпочинку сприяють покращенню ефективності та збереженню здоров'я користувачів. Роботодавці та працівники повинні пріоритетно ставити питання ергономіки та безпеки, щоб забезпечити успішну та здорову робочу обставину при використанні ПК.

4.2 Захист від шуму та випромінювань при роботі з ПК

Захист від шуму та електромагнітного випромінювання є важливою складовою безпеки при роботі з ПК. Шум та електромагнітні поля, що випромінюються комп'ютерами та периферійними пристроями, можуть мати негативний вплив на здоров'я та продуктивність працівників. У даній кваліфікаційній роботі було розглянуто питання про важливість захисту від шуму та електромагнітного випромінювання під час роботи з ПК, а також надані рекомендації щодо зниження рівня шуму та захисту від електромагнітного випромінювання[62].

Шум, що виникає від комп'ютера та його компонентів, може бути джерелом відволікання та стресу для працівників. Деякі компоненти електроніки, такі як конденсатори або інші електричні елементи, можуть створювати незначний шум. Однак, цей шум зазвичай не є дуже помітним для більшості користувачів.

Шум може впливати на концентрацію, здатність до аналізу і прийняття рішень, а також спричиняти втому та погіршення якості роботи. Для зменшення рівня шуму варто приділити увагу наступним аспектам[63]:

- Жорсткий диск: Деякі жорсткі диски, особливо традиційні механічні жорсткі диски (HDD), можуть створювати шум під час роботи. Це пов'язано з рухом механічних компонентів усередині диска. Проте, з поширенням твердотільних накопичувачів (SSD), які не мають рухомих частин, шум, пов'язаний з жорсткими дисками, стає менш помітним.

- Шумопоглинаючі матеріали: використання шумопоглинаючих матеріалів на стінах та підлозі в приміщенні, де знаходиться комп'ютер, може допомогти знизити рівень шуму.

- Використання навушників або шумозахисних навушників: це може бути корисним для працівників, які працюють в шумних середовищах або потребують концентрації.

Електромагнітне випромінювання, що виникає від ПК та електронних пристроїв, таких як монітори, може мати вплив на здоров'я працівників. Неконтрольоване випромінювання може спричиняти напруження очей, головні болі, втому та інші проблеми. Для забезпечення захисту від електромагнітного випромінювання слід враховувати такі аспекти:

- Розташування монітора: монітор повинен бути розташований на відстані від працівника, що рекомендується виробником, щоб зменшити вплив електромагнітного випромінювання.

- Використання екранних фільтрів: ці фільтри можуть зменшити кількість електромагнітного випромінювання, яке досягає очей працівника[63].

- Зменшення електромагнітних полів: варто уникати розташування інших пристроїв, таких як мобільні телефони або мікрохвильовки, поряд з робочим місцем, оскільки вони можуть створювати додаткове електромагнітне випромінювання.

Включаючи персональні комп'ютери, не випромінюють шкідливого випромінювання, що може негативно впливати на здоров'я людини.

Електромагнітні поля (ЕМП), що можуть бути присутні навколо комп'ютерів, є незначними і в межах допустимих норм.

Основними джерелами ЕМП, пов'язаними з ПК, є:

- Монітор: Катодно-променеві трубки (КПТ), які використовуються у старіших типах моніторів, можуть створювати слабкі магнітні поля. Однак, більшість сучасних моніторів використовують технології, які мінімізують випромінювання ЕМП, такі як рідкокристалічні дисплеї (LCD) або світлодіодні дисплеї (LED).

- Компоненти ПК: Деякі компоненти, такі як процесори, жорсткі диски та джерела живлення, можуть створювати незначне електромагнітне випромінювання. Однак, рівень цього випромінювання є незначним і зазвичай не має негативного впливу на здоров'я людини.

Регулярні організації, такі як Міжнародна комісія з нормативів радіаційного захисту (ICNIRP) і Федеральна комісія з комунікаційних комісій США (FCC), встановлюють стандарти та допустимі межі електромагнітного випромінювання. ПК, що знаходяться в межах цих стандартів, вважаються безпечними для користувача.

Захист від шуму та електромагнітного випромінювання є важливими аспектами при роботі з комп'ютером. Зменшення рівня шуму та захист від електромагнітного випромінювання можуть покращити здоров'я та продуктивність працівників. Рекомендації, такі як використання ергономічного обладнання, шумопоглинаючих матеріалів, навушників та захисних навушників, а також правильне розташування монітора та використання екранних фільтрів, можуть допомогти створити безпечне та комфортне робоче середовище. Захист від шуму та електромагнітного випромінювання повинен бути важливою складовою охорони праці при роботі з ПК для збереження здоров'я працівників та забезпечення їхньої продуктивності.

4.3 Висновок до третього розділу

У четвертому розділі було наголошено на важливості ергономіки та безпеки при роботі з ПК, а також на заходах захисту від шуму та випромінювань. Впровадження принципів ергономіки, таких як належне розташування робочого місця, комфортне обладнання та правильна постановка тіла, сприяє покращенню продуктивності та зниженню ризику виникнення травм та хвороб, пов'язаних з роботою за комп'ютером.

Захист від шуму та випромінювань є ще одним важливим аспектом безпеки при роботі з комп'ютером. Звукове забруднення та електромагнітне випромінювання можуть негативно впливати на здоров'я працівників, спричиняючи стрес, погіршення концентрації та інші проблеми. Застосування відповідних заходів, таких як використання шумозахисного обладнання та екранів, може допомогти знизити ризик впливу шуму та випромінювань на працівників.

Врахування принципів ергономіки та забезпечення захисту від шуму та випромінювань є важливими елементами безпеки життєдіяльності при роботі з ПК, які сприяють забезпеченню комфортних та безпечних умов праці.

ВИСНОВКИ

У межах цієї кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Магістр» отримано низку ключових результатів, що підтверджують досягнення поставленої мети та виконання основних завдань дослідження.

Виконано поглиблений аналіз предметної області, у результаті якого обґрунтовано актуальність створення системи моніторингу екосистеми житлового приміщення як складової сучасних рішень «розумного будинку». У процесі дослідження визначено перелік параметрів, які доцільно контролювати для забезпечення комфортного та безпечного проживання: температуру, відносну вологість, атмосферний тиск, а також концентрацію газу/димових домішок. Показано, що відхилення цих показників від нормативних значень прямо впливають на самопочуття мешканців, енергоефективність та рівень побутової безпеки.

Сформовано вимоги до системи моніторингу, які охоплюють як технічні характеристики, так і функціональні можливості. Зокрема, визначено потребу у стабільному зборі даних у реальному часі, можливості керування датчиками, безпечному доступі до налаштувань та зручному відображенні вимірювань. Обґрунтовано інтеграцію сенсорів із мікроконтролером ESP8266 як рішення, що поєднує прийнятну вартість, достатню продуктивність і підтримку Wi-Fi. Окремо підкреслено необхідність реалізації адаптивного веб-інтерфейсу, щоб користувач міг працювати із системою з різних типів пристроїв без втрати зручності.

Обрано та аргументовано програмно-апаратну платформу розробки. Як основне середовище створення прошивки та логіки роботи системи використано Arduino IDE, що пояснюється простотою освоєння, широкою підтримкою ESP8266, наявністю бібліотек для роботи з датчиками та мережевими протоколами. Під час проектування архітектури застосовано модульний підхід: функції ініціалізації мережі, роботи з веб-сервером, опитування сенсорів і експорту даних розподілено на окремі компоненти. Така структура підвищує масштабованість, полегшує тестування та спрощує подальшу підтримку.

Розроблено принципову електричну схему апаратної частини з використанням набору сенсорів DS18B20, DHT22, BMP180 та MQ-2. У схемі враховано особливості підключення до входів/виходів мікроконтролера, забезпечено коректні умови живлення та стабілізації сигналів, що позитивно впливає на достовірність вимірювань і загальну надійність роботи системи. Окрему увагу приділено логіці підключення датчиків з різними інтерфейсами, аби гарантувати безпечну інтеграцію елементів у єдиний модуль.

Створено веб-інтерфейс керування та перегляду даних, який забезпечує доступ до основних функцій системи: відображення поточних показників, введення параметрів Wi-Fi, налаштування періодичності передачі даних, керування активністю сенсорів, а також зміни назви й пароля точки доступу. Реалізовано адаптивний дизайн, що забезпечує коректне відображення сторінок на екранах різного розміру. Додатково впроваджено механізм експорту вимірювань до хмарного сховища для довготривалого збереження інформації та подальшого аналізу.

Проведено комплексне тестування розробленого рішення. Функціональні перевірки підтвердили працездатність основних сценаріїв: створення захищеної точки доступу, коректне опитування датчиків, відображення результатів у веб-інтерфейсі та експорт даних до хмарного сервісу. Окремо виконано тестування відображення верстки на різних роздільних здатностях і пристроях, що підтвердило практичну придатність адаптивного дизайну. Перевірка аспектів безпеки показала, що механізми парольного доступу та захисту бездротового з'єднання дозволяють мінімізувати ризики несанкціонованого втручання.

Сформовано алгоритм збирання, первинного налаштування та введення системи в експлуатацію, що забезпечує зрозумілу послідовність дій під час інсталяції. Передбачено можливість подальшого розвитку рішення: додавання нових сенсорів, розширення функціоналу, інтеграції з іншими підсистемами «розумного будинку» та модернізації програмної частини без повної зміни архітектури.

У підсумку розроблена система моніторингу екосистеми трикімнатної квартири відповідає сучасним вимогам точності, ефективності та зручності

використання. Вона забезпечує автоматизований контроль ключових екологічних показників, оперативне інформування про стан середовища та можливість накопичення даних для аналітики. Модульна архітектура робить рішення гнучким і перспективним: систему можна масштабувати та адаптувати під нові задачі без суттєвого ускладнення її структури.

У розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» виконано аналіз факторів, які визначають безпечну та продуктивну роботу користувача за персональним комп'ютером. Розглянуто вплив ергономіки робочого місця на працездатність і стан здоров'я, зокрема важливість раціональної організації простору, правильного розміщення обладнання, а також забезпечення комфортного освітлення. Показано, що дотримання цих вимог зменшує втому, знижує ризик розвитку професійно зумовлених порушень та підвищує якість виконання робіт. Додатково проаналізовано потребу в захисті від надмірного шуму й електромагнітного випромінювання як чинників, що впливають на рівень стресу та загальний комфорт. Також відзначено роль використання сертифікованого обладнання та виконання норм техніки безпеки, що забезпечує тривалу та стабільну роботу без негативних наслідків для здоров'я. Отже, у розділі обґрунтовано комплексний підхід до організації безпечного робочого середовища, який одночасно сприяє підвищенню ефективності праці та збереженню здоров'я користувача.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ

1. Таненбаум, Е. С., Уетеролл, Д. Дж. Комп'ютерні мережі. Pearson Education, 2011.
2. Hamming, R. W. Digital Filters. Dover Publications, 1990.
3. Borg, M. Internet of Things (IoT): A Beginner's Guide. McGraw-Hill, 2018.
4. Kumar, A., Patel, A. IoT Applications and Their Role in Smart Homes. Springer, 2021.
5. Lee, S., Da Xu, L., Zhao, S. Internet of Things: A Survey. Information Systems Frontiers, 2015.
6. Schiller, J. Mobile Communications. Addison-Wesley, 2003.
7. Setzinski, S. Wireless Communication Systems in IoT. Springer, 2019.
8. Gonzalez, R. C., Woods, R. E. Digital Image Processing. Pearson Education, 2008.
9. Leshchyshyn, Y., Scherbak, L., Nazarevych, O., Gotovych, V., Tymkiv, P., & Shymchuk, G. (2019, May). Multicomponent Model of the Heart Rate Variability Change-point. In 2019 IEEE XVth International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH) (pp. 110-113). IEEE.
10. Lytvynenko, I., Lupenko, S., Nazarevych, O., Shymchuk, G., & Hotovych, V. (2021, September). Mathematical model of gas consumption process in the form of cyclic random process. In 2021 IEEE 16th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT) (Vol. 1, pp. 232-235). IEEE.
11. Kozlovskiy, V., Balanyuk, Y., Martyniuk, H., Nazarevych, O., Scherbak, L., & Shymchuk, G. (2025, April). Information Technology for Estimating City Gas Consumption During the Year. In 2025 International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST) (pp. 1-4). IEEE.
12. Lytvynenko, I., Lupenko, S., Kunanets, N., Nazarevych, O., Shymchuk, G., & Hotovych, V. (2021). Simulation of gas consumption process based on the mathematical model in the form of cyclic random process considering the scale factors.

In 1st International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems, ITTAP (Vol. 2021).

13. Lupenko, S., Lytvynenko, I., Nazarevych, O., Shymchuk, G., & Hotovych, V. (2021, December). Approach to gas consumption process forecasting on the basis of a mathematical model in the form of a random cyclic process. In Proceedings of the International Conference „Advanced applied energy and information technologies 2021”, 2021 (pp. 213-219). TNTU, Zhytomyr «Publishing house „Book-Druk “» LLC.

14. Kunanets, N., Pasichnyk, V., Bodnarchuk, I., Martsenko, S., Matsiuk, O., Matsiuk, A., ... & Shymchuk, H. (2019). Information system for visual analyzer disease diagnostics. In CEUR Workshop Proceedings (pp. 43-56).

15. Lytvynenko, I., Lupenko, S., Nazarevych, O., Shymchuk, H., & Hotovych, V. (2025). Additive mathematical model of gas consumption process. Вісник Тернопільського національного технічного університету, 104(4), 87-97.

16. Leschyshyn, Y. Z., Nazarevych, O. B., Shymchuk, G. V., Revutskyi, E. A., & Shcherbak, L. M. (2016, September). The Methods of Change Point Detection and Statistical Estimating of Dynamic of the Noise Stochastic Signals Characteristics. In THE SEVENTH WORLD CONGRESS “AVIATION IN THE XXI-st CENTURY” Safety in Aviation and Space Technologies September 19-21, NATIONAL AVIATION UNIVERSITY. Kyiv: NAU.

17. Nazarevych, O., Leshchyshyn, Y., Lupenko, S., Hotovych, V., Shymchuk, G., & Shablii, N. (2020, September). Method of Gas Consumption Change-point Detection Based on Seasonally Multicomponent Model. In 2020 10th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT) (pp. 152-155). IEEE.

18. Шимчук, Г., Шевченко, Н., Швирло, К., & Гарматюк, Н. (2025). Система відновлення даних у бездротових сенсорних мережах на основі машинного навчання. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences, 353(3.2), 246-250.

19. Shymchuk, G., Lytvynenko, I., Hromyak, R., Lytvynenko, S., & Hotovych, V. (2023). Gas Consumption Forecasting Using Machine Learning Methods and Taking Into Account Climatic Indicators. In CITI (pp. 156-163).
20. Шимчук, Г. В., Маєвський, О. В., & Назаревич, О. Б. (2016). Конспект лекцій з дисципліни «Розподілені системи моніторингу та керування».
21. Шимчук, Г. В., Назаревич, О. Б., Литвиненко, Я. В., Готович, В. А., Никитюк, В. В., & Боднарчук, І. О. (2025). Грід-системи та технології хмарних обчислень. Навчальний посібник для здобувачів освітнього рівня «магістр» спеціальностей: F3 «Комп'ютерні науки», F6 «Інформаційні системи та технології».
22. Kurose, J. F., Ross, K. W. Computer Networking: A Top-Down Approach. Pearson, 2017.
23. Boswartik, D., Elloumi, O., Hersent, O. M2M Communications: A Systems Approach. Wiley, 2012.
24. Minoli, D. Building the Internet of Things with IPv6 and MIPv6. Wiley, 2017.
25. Holler, J., Tsiatsis, V., Mulligan, S., Karnouskos, S. From M2M to the Internet of Things. Elsevier, 2014.
26. Flach, P. Machine Learning: The Art and Science of Algorithms. Cambridge University Press, 2012.
27. McEwen, A., Cassimally, H. Designing the Internet of Things. Wiley, 2013.
28. Welling, L., Thomson, L. PHP and MySQL: Web Application Development. Addison-Wesley, 2016.
29. Castro, P., Munz, R. Managing Context Data for Smart Spaces. Workshop on Managing Context Information in Mobile and Ubiquitous Environments, 2000.
30. Zeng, D., Guo, S., Cheng, Z. The Web of Things: A Survey. IEEE Communications, 2011.
31. Shi, W., Cao, J., Zhang, C. Edge Computing: Vision and Challenges. IEEE Internet of Things Journal, 2016.
32. Reinhardt, A. Smart Home Solutions and Applications. Springer, 2015.

33. Poole, R. Smart Homes in the 21st Century. McGraw-Hill, 2017.
34. O'Driscoll, G., O'Shea, G. Environmental Monitoring Using IoT. Elsevier, 2019.
35. Sommerville, I. Software Engineering. Pearson, 2015.
36. Berman, F. Human Factors in Cyber-Physical Systems. Springer, 2018.
37. Burke, T. Ergonomics and Workplace Safety. Wiley, 2016.
38. Hamid, S. Cyber-Physical Systems and IoT Applications. Elsevier, 2020.
39. Lewis, F. L. Wireless Sensor Networks. Wiley, 2015.
40. Smith, A. Environmental Analysis in IoT Systems. Springer, 2017.
41. Miorandi, D., Sicari, S., De Pellegrini, F. Internet of Things: Vision, Applications and Research Challenges. Elsevier, 2012.
42. Ashton, K. That 'Internet of Things' Thing. RFID Journal, 2009.
43. Uckelmann, D., Harrison, M., Michahelles, F. Architecting the Internet of Things. Springer, 2011.
44. Egbogah, E., Herbert, J. Smart Home Communication Protocols and Technologies. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2016.
45. Cisco Systems. IoT Security: Challenges and Opportunities. Cisco White Paper, 2017.
46. Hwang, D., Kim, S. IoT Security Threats and Countermeasures. Springer, 2018.
47. Komninos, N., Philippou, E., Pitsillides, A. Survey in IoT Security. Elsevier, 2015.
48. Francois, J. Smart Cities and IoT. Wiley, 2018.
49. Roman, R., Zhou, J., Lopez, J. Security and Privacy in IoT. IEEE Communications Surveys, 2011.
50. Tan, L., Wang, N. Future Internet: The Internet of Things. Elsevier, 2010.
51. Xu, L., He, W., Li, S. Internet of Things in Industries: A Survey. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 2014.
52. Royer, J., Tran, D. Building IoT Systems: Design and Application. Springer, 2017.
53. Misra, P., Mandal, D. IoT for Industrial Automation. Springer, 2020.

54. Caraguay, A., Burbano, A., Granda, G. IoT and Big Data. IEEE Latin America Transactions, 2017.
55. Atzori, L., Iera, A., Morabito, G. The Internet of Things: A Survey. Elsevier, 2010.
56. Garcia, J., Martinez, E. IoT Ecosystems and Smart Home Automation. Springer, 2019.
57. Gruman, G. IoT Implementation in Residential Systems. Wiley, 2020.
58. Sezer, S., Aksu, H. Industrial IoT Applications. IEEE Transactions, 2020.
59. Zheng, K., Zhao, Q. IoT and Artificial Intelligence. Elsevier, 2019.
60. Wang, H., Zhang, L. Smart Homes with IoT. Springer, 2018.
61. Adeel, A., Ahmed, R. Real-Time IoT Solutions. IEEE Internet of Things Journal, 2019.
62. Lin, J., Yu, W. IoT Protocols and Standards. Springer, 2017.
63. Gubbi, J., Buyya, R. Internet of Things (IoT): A Vision and Challenges. Elsevier, 2013 Lypak, H., Kunanets, N., Veretennikova, N., Matsiuk, H., Kramar, T., & Duda, O. (2023, October). An Information System Project Using Augmented Reality for a Small Local History Museum. In 2023 IEEE 18th International Conference on Computer Science and Information Technologies (CSIT) (pp. 1-4). IEEE. DOI: 10.1109/CSIT61576.2023.10324194
64. Організація безпеки праці при роботі з комп'ютером. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://cpo.stu.cn.ua/Oksana/posibnik/920.html>.
65. Основні правила дотримання охорони праці при роботі на персональних ЕОМ." Victorija.ua [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.victorija.ua/dovidnik/osnovni-pravyla-dotrymannya-ohorony-pratsi-pry-roboti-na-personalnih-eom.html>.
66. "Шум та його шкідливі наслідки." Управління Державної служби України з надзвичайних ситуацій у Закарпатській області [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uz.dsp.gov.ua/index.php/diialnist/hihiiena-pratsi/749-shum-ta-ioho-shkidlyvi-naslidky>.

ДОДАТКИ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
Маріборський університет (Словенія)
Технічний університет у Кошице (Словаччина)
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)
Краківський економічний університет (Польща)
Вроцлавський економічний університет (Польща)
Університет «Опольська Політехніка» (Польща)
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Вінницький національний аграрний університет
Львівський національний університет ім. І. Франка
Головне управління Пенсійного фонду в Тернопільській області
Наукове товариство ім. Шевченка
Тернопільський обласний комунальний інститут післядипломної педагогічної освіти
Сумський державний педагогічний університет
Запорізький національний університет

АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Збірник

тез доповідей

**XIV Міжнародної науково-технічної
конференції молодих учених та студентів**

11-12 грудня 2025 року



**УКРАЇНА
ТЕРНОПІЛЬ – 2025**

27.	О. Карнаухов, Т. Лобур, С. Марценко АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ І ОБЛІКУ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ УНІВЕРСИТЕТУ	270
28.	В. Ю. Качин, Т.А. Лещаченко АНАЛІЗ ВРАЗЛИВОСТЕЙ HTTP REQUEST SMUGGLING ЗАСОБАМИ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОГО ФАЗЗИНГ У HTTP-ЗАПИТІВ	272
29.	С.Б. Кіг, В.Р. Перун, С.І. Перун, Г.В. Шимчук ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ В ЖИТЛОВОМУ ПРИМІЩЕННІ З ВИКОРИСТАННЯМ БСМ	273
30.	С.Б. Кіг, В.Р. Перун, С.І. Перун, Г.В. Шимчук ХМАРНО-ОРІЄНТОВАНА ПЛАТФОРМА СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА МІКРОКЛІМАТОМ КВАРТИРИ НА ОСНОВІ ІОТ	275
31.	А.М. Ковтко, І.Р. Козбур, В.Б. Савків, Г.В. Козбур АРХІТЕКТУРА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ГЕНЕРАЦІЇ МОДУЛЬНИХ ТЕСТІВ НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА МУТАЦІЙНОГО ТЕСТУВАННЯ	278
32.	К. А. Косурін РОЗРОБКА СИСТЕМИ МОНИТОРИНГУ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ З ВИКОРИСТАННЯМ СЕНСОРА SDS011 ТА TELEGRAM-БОТА ДЛЯ СПОВІЩЕНЬ	280
33.	М.А. Коногонський, Ю.З. Лещинин МЕТОДИ ТА ПРОГРАМНО-АПАРАТНІ ЗАСОБИ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ПОТУЖНІСТЮ ТЕПЛОПОСТАЧАЛЬНОГО ПУНКТУ	282
34.	В.О. Краччик МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ВИЯВЛЕННЯ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИМИ СИСТЕМАМИ ВІДЕОНАГЛЯДУ	283
35.	В.В. Левицький, А. Г. Микитшин, А.Ю. Гураль, А.В. Михайлюк АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ВИГОТОВЛЕННЯ КИСЛОМОЛОЧНИХ СІРІВ	284
36.	Р.В. Лесик ДОСЛІДЖЕННЯ АДАПТИВНИХ АЛГОРИТМІВ РЕГУЛЮВАННЯ КОГНІТИВНОГО НАВАНТАЖЕННЯ У ВЕБТРЕНАЖЕРІ ПАМ'ЯТІ	286
37.	Т.А. Липак ПРИНЦИПИ ПРОЄКТУВАННЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ІНТЕРФЕЙСІВ З МОБІЛЬНОЮ ДОПОВНЕНОЮ РЕАЛЬНІСТЮ В ІОТ	288
38.	В.Г. Лісовий АРХІТЕКТУРА ТРАНСФОРМЕРА ДЛЯ КЛАСИФІКАЦІЇ БАГАТОВИМІРНИХ ЧАСОВИХ РЯДІВ	289
39.	М. В. Лісовий, Г. І. Липак ПРОЄКТУВАННЯ ЕЛАСТИЧНИХ ХМАРНИХ АРХІТЕКТУР ДЛЯ СТІЙКОСТІ ЦИФРОВИХ СЕРВІСІВ ГРОМАДСЬКОЇ ВЗАЄМОДІЇ	292
40.	А.М. Луцків, Д.М. Гапрала АРХІТЕКТУРА АПАРАТНО-ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ МУЛЬТИМОДАЛЬНОЇ БІОМЕТРИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОСОБИ	293
41.	А. Луцків, С. Андрушків РОЗРОБКА СИСТЕМИ МОНИТОРИНГУ СЕМАНТИЧНОЇ ЯКОСТІ ТА ГАЛЮЦІНАШІЙ ДЛЯ МОДЕЛЕЙ LLM В MLOPS	295
42.	А.М. Луцків, В.В. Комарницький DEVOPS-ПІДХІД ДО АВТОМАТИЗАЦІЇ CI/CD У РОЗПОДІЛЕНИХ ІОТ-СИСТЕМАХ	296

практичні дії (привітрювання, контроль вологості, оптимізація опалення). Подальший розвиток доцільно спрямувати на прогнозування параметрів (короткострокові прогнози CO₂/вологості), автоматичне керування виконавчими пристроями та розширення кіберзахисту (керування ключами, політики доступу, виявлення підозрілої активності).

Література

1. OASIS. MQTT Version 5.0 : OASIS Standard. – 2019. – URL: <https://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v5.0/mqtt-v5.0.pdf> (дата звернення: 02.12.2025).
2. Rescorla E. The Transport Layer Security (TLS) Protocol Version 1.3 : RFC 8446. – IETF, 2018. – URL: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc8446.html> (дата звернення: 02.12.2025).
3. Fielding R., Nottingham M., Reschke J. HTTP Semantics : RFC 9110. – IETF, 2022. – URL: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc9110.html> (дата звернення: 02.12.2025).
4. Lodderstedt T., Bradley J., Labunets A., Fett D. Best Current Practice for OAuth 2.0 Security : RFC 9700 (BCP 240). – IETF, 2025. – URL: <https://datatracker.ietf.org/doc/rfc9700/> (дата звернення: 02.12.2025).
5. Voas J. Networks of “Things” : NIST Special Publication 800-183. – Gaithersburg, MD : NIST, 2016. – URL: <https://csrc.nist.gov/pubs/sp/800/183/final> (дата звернення: 02.12.2025).
6. Fagan M., Megas K., Scarfone K., Smith M. IoT Device Cybersecurity Capability Core Baseline : NISTIR 8259A. – Gaithersburg, MD : NIST, 2020. – URL: <https://doi.org/10.6028/NIST.IR.8259A> (дата звернення: 02.12.2025).
7. Fagan M., Marron J., Brady K., Cuthill B. та ін. IoT Device Cybersecurity Guidance for the Federal Government : NIST SP 800-213. – Gaithersburg, MD : NIST, 2021. – URL: <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-213> (дата звернення: 02.12.2025).
8. ETSI EN 303 645 V2.1.1. Cyber Security for Consumer Internet of Things: Baseline Requirements. – ETSI, 2020. – URL: https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/303600_303699/303645/02.01.01_60/en_303645v020101p.pdf (дата звернення: 02.12.2025).
9. Sensirion. SGP40. VOC Sensor : Datasheet. – 2021. – URL: https://sensirion.com/media/documents/296373BB/618ED821/Sensirion_Gas_Sensors_SGP40_Datasheet.pdf (дата звернення: 02.12.2025).
10. Microsoft. Azure IoT Hub documentation (device connectivity / telemetry ingestion). – URL: <https://learn.microsoft.com/azure/iot-hub/> (дата звернення: 02.12.2025).

користувачу практичної користі, тоді як хмарний підхід дозволяє забезпечити централізоване зберігання, доступ із будь-якого пристрою, масштабування та розширення функцій (алерти, аналітика, інтеграції з іншими сервісами).

Мета роботи – розробити концепцію та прототип хмарної платформи для збору, зберігання та візуалізації телеметрії мікроклімату smart-квартири з підтримкою подієвих сповіщень і базових механізмів безпеки.

Завдання:

- визначити вимоги до телеметрії (частота вимірювань, затримка, надійність доставки, збереження історії);
- спроектувати хмарну архітектуру приймання даних і API-доступу;
- обґрунтувати вибір сховища часових рядів та підходу до агрегації;
- реалізувати веб-дашборди для багатозонної візуалізації;
- додати правила алертингу та аудит стану сенсорних вузлів;
- передбачити механізми автентифікації, шифрування й розмежування доступу.

Запропоновано багаторівневу модель “сенсори → шлюз → хмара → веб-інтерфейс”. На рівні квартири сенсорні вузли (кімната/зона) вимірюють параметри мікроклімату та передають дані на домашній шлюз (наприклад, ESP32/Raspberry Pi/роутер). Шлюз виконує буферизацію при нестабільному інтернет-з’єднанні, нормалізацію форматів і публікацію телеметрії у хмару через MQTT/HTTPS.

У хмарі платформа містить такі компоненти:

- Ingress-рівень: брокер повідомлень або endpoint приймання телеметрії (MQTT/Webhook), контроль авторизації пристроїв.
- Stream Processing: сервіс обробки подій (валідація, дедуплікація, перерахунок одиниць, формування агрегатів 1/5/15 хв).
- Time-series Storage: база часових рядів (для швидких графіків і довгої історії) з політиками зберігання (retention) та downsampling.
- Alerting Service: правила з гістерезисом і часовими вікнами підтвердження (наприклад, $\text{CO}_2 > \text{порога}$ 10 хв; ризик конденсації за комбінацією температури й вологості).
- Web/API Layer: REST/GraphQL API, веб-кабінет користувача, управління зонами/пристроями та ролями доступу.

Веб-інтерфейс орієнтований на швидке розуміння стану квартири:

- “карта кімнат” з кольоровою індикацією (норма/попередження/критично);
- графіки трендів по зонах, порівняння кімнат, добові профілі;
- обчислювані індикатори (наприклад, комфортність, індекс вентиляції за CO_2 , ризик плісняви);
- журнали подій: перевищення порогів, відпадання вузла (“last seen”), зміна налаштувань;
- експорт даних (CSV/JSON) для подальшого аналізу.

Для забезпечення стійкості платформи передбачено асинхронний прийом даних через брокер, повторні відправки з боку шлюзу та ідемпотентність обробки. Захист телеметрії базується на TLS, токенах/сертифікатах для пристроїв, розмежуванні доступу (ролі: користувач/адміністратор), а також аудиті операцій у веб-кабінеті. Для зменшення вартості підтримується гнучка частота вимірювань і багаторівневі retention-політики (детальні дані – коротше, агрегати – довше).

Хмарна платформа візуалізації телеметрії мікроклімату для smart-квартири забезпечує централізований збір та зберігання часових рядів, зручну багатозонну візуалізацію і покрокове сповіщення, що перетворює “сирі” показники сенсорів на

- Організовано сховище часових рядів і дашборди для аналізу трендів мікроклімату в кожній кімнаті та порівняння зон квартири.

- Додано правила сповіщення: перевищення CO_2 у спальні, ризик конденсації при високій вологості та низькій температурі, різкі зміни VOC.

- Показано, що БСМ-підхід з енергоефективними протоколами дає змогу розміщувати вузли без прокладання кабелів та з мінімальним впливом на інтер'єр.

Новизна полягає в поєднанні БСМ з інформаційною підсистемою часових рядів та подієвого сповіщення, адаптованих до умов квартири (багатозонність, перешкоди, короткі відстані, потреба в простій експлуатації).

Практична цінність – можливість оперативного виявлення проблем (погана вентиляція, перезволоження, забруднення повітря) та формування рекомендацій мешканцям, а також основа для подальшої автоматизації (керування вентиляцією/зволожувачем/опаленням).

Розроблена концепція інформаційної системи моніторингу мікроклімату квартири на базі бездротової сенсорної мережі забезпечує багатоточковий збір даних, централізоване зберігання часових рядів, зручну візуалізацію та своєчасне сповіщення про критичні відхилення. Подальші напрями розвитку: прогнозування мікрокліматичних параметрів (короткострокові прогнози CO_2 /вологості), інтеграція з системами “розумного дому” (Home Assistant), підвищення кібербезпеки (шифрування, керування ключами, контроль доступу).

Література

1. Sensor Systems for Greenhouse Microclimate Monitoring and Control: a Review / [J. K. Basak, H. T. Kim, A. Bhujel та ін.] // *Sensors*. – 2021. URL: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s42853-020-00075-6.pdf>.

2. Cureau R. J. New Wearable System for Sensing Outdoor Environmental Conditions for Monitoring Hyper-Microclimate / R. J. Cureau, I. Pigliautile, A. L. Pisello // *Sensors*. – 2022. URL: https://mdpires.com/d_attachment/sensors/sensors-22-00502/article_deploy/sensors-22-00502.pdf?version=1641819298.

3. Modular and Cost-Effective Microclimate Monitoring System for Ecological Research // *Sensors*. – 2021. URL: https://mdpi-res.com/d_attachment/sensors/sensors-21-04615/article_deploy/sensors21-04615-v2.pdf?version=1625565877.

УДК 004.738.5:681.518

С.Б. Кіт, В.Р. Перун, С.І. Перун, Г.В. Шимчук

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ХМАРНО-ОРИЄНТОВАНА ПЛАТФОРМА СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА МІКРОКЛІМАТОМ КВАРТИРИ НА ОСНОВІ IOT

S.B. Kit, V.R. Perun, S.I. Perun, G.V. Shymchuk

CLOUD-BASED PLATFORM FOR MONITORING APARTMENT MICROCLIMATE BASED ON IOT

Зростання популярності smart-home рішень формує потребу у надійному моніторингу мікроклімату житлових приміщень у реальному часі. Температура, вологість, рівень CO_2 , TVOC та інші показники змінюються нерівномірно в різних кімнатах і залежать від вентиляції, кількості людей, режиму опалення та побутових процесів. Локальний збір даних без аналітики та зручної візуалізації часто не дає

системи, здатної безперервно збирати показники з кількох кімнат, оперативно виявляти відхилення та формувати рекомендації/сповіщення для мешканців.

Мета роботи – розробити інформаційну систему моніторингу мікроклімату квартири (на прикладі 2–3-кімнатного планування) на базі бездротової сенсорної мережі (БСМ), що забезпечує масштабованість, енергоефективність та надійність збору даних.

Завдання:

- визначити набір параметрів мікроклімату та вимоги до періодичності вимірювання;
- спроектувати архітектуру БСМ (сенсорні вузли – шлюз – сервер – клієнтські сервіси);
- реалізувати протокол обміну та сховище часових рядів;
- забезпечити візуалізацію, порогове сповіщення та базову аналітику;
- оцінити якість зв'язку, автономність вузлів і стабільність системи в умовах квартири.

Об'єкт дослідження – процес моніторингу параметрів мікроклімату в житловому приміщенні.

Предмет дослідження – методи та програмно-апаратні засоби побудови бездротової сенсорної мережі та інформаційної системи збору, зберігання й аналізу мікрокліматичних даних.

Система реалізується у вигляді багаторівневої архітектури:

- Сенсорні вузли (по одному на кімнату): мікроконтролер класу ESP32/NRF52; сенсори температури/вологості, атмосферного тиску, CO₂, TVOC/якості повітря (за потреби – освітленість та шум). Вузол виконує опитування сенсорів, первинну фільтрацію (усереднення/медіанний фільтр), часову синхронізацію та передачу пакетів.

- Бездротова мережа: для квартири доцільні Zigbee або BLE Mesh (низьке енергоспоживання, стійкість у приміщеннях), альтернативно Wi-Fi для спрощення інтеграції, якщо автономність не критична. Топологія – зірка (через шлюз) або mesh (для покриття складних зон).

- Шлюз (Raspberry Pi/домашній роутер/міні-ПК): прийом телеметрії та маршрутизація повідомлень до брокера MQTT; кешування при тимчасовій втраті інтернету.

- Серверний рівень: брокер MQTT, сервіс обробки (нормалізація, валідація, детекція аномалій), сховище часових рядів (InfluxDB/TimescaleDB), модуль сповіщень (Telegram/e-mail/push).

- Користувачський рівень: веб-панель і дашборди (Grafana/власний UI) з картами кімнат, трендами, статистикою та історією подій.

Для підвищення якості даних застосовуються:

- калібрування сенсорів за еталонними вимірюваннями (особливо CO₂/VOC);

- контроль достовірності (відсікання нереалістичних стрибків, перевірка діапазонів);

- адаптивні пороги сповіщень (наприклад, різні межі для дня/ночі у спальні).

Основні результати:

- Запропонована архітектура системи, що дозволяє масштабувати кількість вузлів без суттєвого ускладнення серверної частини.

- Реалізована передача телеметрії через MQTT з буферизацією на шлюзі, що знижує втрати при нестабільному каналі.

дубльованих Content-Length виявлено ситуації, коли один компонент бере перше значення, інший - останнє, що призводить до розділення потоку на валідний та некоректний запити. Для змішаних CRLF/LF-варіантів зафіксовано випадки, коли Nginx приймає LF як допустимий роздільник, тоді як Apache повертає 400 Bad Request через некоректне завершення секції заголовків, що також відображає критичну асиметрію трактувань.

Диференціальний фазинг у поєднанні з HTTP Request Smuggler є ефективним підходом до систематичного виявлення HRS-вразливостей у багаторівневих вебінфраструктурах. Запропонована методика дозволяє не лише виявляти конкретні експлуатаційні сценарії CL-TE, TE-CL і CRLF-інжекцій у типових зв'язках Nginx–Apache, але й формалізувати критерії парсингових розбіжностей для подальшого впровадження превентивних заходів, зокрема жорсткішої валідації заголовків, уніфікації політики обробки Content-Length/Transfer-Encoding та суворого дотримання стандартів HTTP/1.1 у проміжних вузлах.

Література

1. Exploiting and Preventing HTTP Request Smuggling. VAADATA - Ethical Hacking Services. URL: <https://www.vaadata.com/blog/what-is-http-request-smuggling-exploitations-and-security-best-practices/> (date of access: 30.11.2025).
2. What is HTTP request smuggling? Tutorial & Examples | Web Security Academy. Web Application Security, Testing, & Scanning - PortSwigger. URL: <https://portswigger.net/web-security/request-smuggling> (date of access: 30.11.2025).
3. NGINX Reverse Proxy | NGINX Documentation. NGINX Documentation. URL: <https://docs.nginx.com/nginx/admin-guide/web-server/reverse-proxy/> (date of access: 30.11.2025).
4. Documentation: Apache HTTP Server - The Apache HTTP Server Project. Welcome! - The Apache HTTP Server Project. URL: <https://httpd.apache.org/docs/> (date of access: 30.11.2025).
5. Interactive cybersecurity training system based on simulation environments / D. Tymoshchuk et al. Measuring and computing devices in technological processes. 2024. No. 4. P. 215–220. URL: <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2024-80-26> (date of access: 30.11.2025).

УДК 004.7:681.518:004.89

С.Б. Кіт, В.Р. Перун, С.І. Перун, Г.В. Шимчук

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ В ЖИТЛОВОМУ ПРИМІЩЕННІ З ВИКОРИСТАННЯМ БСМ

S.B. Kit, V.R. Perun, S.I. Perun, G.V. Shymchuk

INTELLIGENT SYSTEM FOR CONTROLLING MICROCLIMATE PARAMETERS IN A RESIDENTIAL PREMISES USING BSM

Мікроклімат житлового приміщення безпосередньо впливає на самопочуття людини, працездатність і ризики респіраторних захворювань. У квартирах типові проблеми пов'язані з нерівномірним прогрівом кімнат, локальними зонами підвищеної вологості (кухня/ванна), накопиченням CO₂ у спальнях та появою летких органічних сполук (VOC) від меблів і побутової хімії. Тому актуальним є створення інформаційної