

Міністерство освіти і науки України

Відокремлений структурний підрозділ «Тернопільський фаховий коледж
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя»

(повне найменування вищого навчального закладу)

Відділення телекомунікацій та електронних систем

(назва відділення)

Циклова комісія комп'ютерної інженерії

(повна назва циклової комісії)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до кваліфікаційної роботи

бакалавра

(освітній ступінь)

на тему:

Розробка системи контролю мікроклімату

Виконав: студент VI курсу, групи KI6-602

Спеціальності **123 Комп'ютерна інженерія**
(шифр і назва, спеціальності)

Віталій Гриньків

(ім'я та прізвище)

Керівник

Андрій Недошитко

(ім'я та прізвище)

Рецензент

(ім'я та прізвище)

**ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ
«ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ
ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
імені ІВАНА ПУЛЮЯ»**

Відділення телекомунікацій та електронних систем
Циклова комісія комп'ютерної інженерії
Освітній ступінь бакалавр
Освітньо-професійна програма: Комп'ютерна інженерія
Спеціальність: 123 Комп'ютерна інженерія
Галузь знань: 12 Інформаційні технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова циклової комісії
комп'ютерної інженерії

_____ Андрій ЮЗЬКІВ
“08” травня 2025 року

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

_____ Гриньків Віталій Анатолійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Розробка системи контролю мікроклімату

керівник роботи Недошитко Андрій Григорович
(прізвище, ім'я, по батькові)

затверджені наказом Відокремленого структурного підрозділу «Тернопільський фаховий коледж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя» від 07.05.2025 р №4/9-224.

2. Строк подання студентом роботи: 24.06.2025

3. Вихідні дані до роботи: структурна схема системи, структурна схема серверної частини, електрична принципова схема, алгоритм роботи системи, економічно-технічні показники та плакат графік змін мікроклімату, вихідний код мікроконтролера.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

ВСТУП

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Обґрунтування актуальності теми кваліфікаційної роботи

1.2 Аналітичний огляд існуючих рішень

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ТА РОБОЧОГО ПРОЕКТУ

- 2.1. Аналіз технічного завдання КРБ
- 2.2. Опис і обґрунтування вибору елементної бази
- 2.3 Розробка електричної принципової схеми
- 2.4 Розробка алгоритму системи
- 2.5 Написання текстів програми
- 2.6 Розробка Web-сервера
- 3 Спеціальний розділ
- 3.1. Розробка інструкції з інтеграції електронного пристрою
- 3.2 Розробка методики перевірки, функціонування (контролю, випробування) електронного пристрою
- РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИ
- 4.1. Визначення стадій технологічного процесу та загальної тривалості проведення НДР
- 4.2 Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи
- 4.3 Розрахунок матеріальних витрат
- 4.4 Розрахунок витрат на електроенергію
- 4.5 Визначення транспортних затрат
- 4.6 Розрахунок суми амортизаційних відрахувань
- 4.7 Обчислення накладних витрат
- 4.8 Складання кошторису витрат та визначення собівартості НДР
- 4.9 Розрахунок ціни НДР
- 4.10 Визначення економічної ефективності і терміну окупності капітальних вкладень
- РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ, ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ВИМОГИ
- 5 Розрахунок системи штучного освітлення для приміщення, де здійснюються роботи зі створення системи контролю мікроклімату
- 5.1 Обов'язки роботодавця щодо створення безпечних і не шкідливих умов праці та обов'язки працівників щодо виконання нормативних актів
- 5.2 Контроль за станом повітряного середовища на виробництві. Заходи та засоби попередження забруднення повітря робочої зони.
- ВИСНОВКИ
- ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ
- ДОДАТКИ

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

- Схема алгоритм роботи системи (А1)
- схема електрична принципова (А1)
- блок схема електрична структурна (А1)
- блок схема структури сайту (А1)
- таблиця техніко-економічних показників (А1)
- плакат графік змін мікроклімату (А1)

Додаткові вказівки:

Виконання проекту (з виготовленням макета, стенда, приладу і т.д.)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Ім'я, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічний розділ	Оксана РЕДЬКВА заст. директора з НВР		
Охорона праці, техніка безпеки та екологічні вимоги	Володимир ШТОКАЛО викладач		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання і аналіз технічного завдання	08.05	
2	Збір і узагальнення інформації	20.05	
3	Написання першого розділу	24.05	
4	Розробка технічного та робочого проекту	28.05	
5	Написання спеціального розділу	3.06	
6	Розрахунок економічної частини	5.06	
7	Написання розділу охорони праці	7.06	
8	Виконання графічної частини	10.06	
9	Оформлення проекту	14.06	
10	Погодження нормоконтролю	17.06	
11	Попередній захист роботи	20.06	
12	Захист кваліфікаційної роботи	24.06	

7. Дата видачі завдання: 08 травня 2025 року

Студент

(підпис)

Керівник роботи

(підпис)

Віталій Гриньків

(ім'я та прізвище)

Андрій Недошитко

(ім'я та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Розробка системи контролю мікроклімату».

У даній кваліфікаційній роботі розроблено систему контролю за станом мікроклімату в приміщенні, яка дозволяє в режимі реального часу відстежувати основні параметри повітряного середовища — температуру, вологість і рівень забруднення — з використанням мікроконтролера ESP32 та датчиків DHT11 і CCS811. Передача зібраних даних на веб-сервер забезпечує зручний інтерфейс для перегляду інформації на пристроях користувача.

Пояснювальна записка містить п'ять розділів:

У першому розділі обґрунтовано актуальність обраної теми, проведено аналіз існуючих рішень та визначено завдання проєкту.

У другому розділі наведено аналіз технічного завдання, вибір апаратної бази, розробку структурної, функціональної та алгоритмічної схем, а також описано написання програмного коду для ESP32 та побудову веб-інтерфейсу з використанням PHP, JavaScript та MySQL.

У третьому розділі наведено алгоритм перевірки та налагодження роботи пристрою, розробку методики тестування та технічного обслуговування електронної системи.

У четвертому розділі наведено економічні розрахунки вартості проєкту. Визначено загальну вартість системи, термін окупності, та розглянуто економічну доцільність впровадження розробки.

У п'ятому розділі розглянуто питання охорони праці, електробезпеки, організації штучного освітлення та контролю за станом повітряного середовища на робочому місці.

Обсяг пояснювальної записки складає сторінок.

До складу кваліфікаційної роботи входить графічна частина, що включає: структурну схему системи, структурну схему серверної частини,

					2025.КРБ.123.602.11.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електричну принципову схему, алгоритм роботи системи, економічно-технічні показники та плакат графік змін мікроклімату. Усі графічні матеріали виконані на аркушах формату А1.

Ключові слова: мікроклімат, контроль, ESP32, DHT11, CCS811, веб-сервер, температура, вологість, якість повітря.

					2025.КРБ.123.602.11.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ANNOTATION

Title of the Qualification Project: "Development of a Microclimate Control System"

This qualification project presents the development of a system for monitoring the indoor microclimate, which allows real-time tracking of key air environment parameters—temperature, humidity, and pollution level—using the ESP32 microcontroller along with DHT11 and CCS811 sensors. The collected data is transmitted to a web server, providing a user-friendly interface for accessing information via user devices.

The explanatory note consists of five sections:

Section One justifies the relevance of the selected topic, provides an overview of existing solutions, and defines the project objectives.

Section Two includes the analysis of technical requirements, selection of hardware components, development of structural, functional, and algorithmic diagrams, and describes the programming of the ESP32 microcontroller and the creation of a web interface using PHP, JavaScript, and MySQL.

Section Three presents the algorithm for testing and debugging the device, as well as the development of a methodology for testing and maintaining the electronic system.

Section Four presents the economic calculations of the project, including the total cost of the system, payback period, and assessment of the economic feasibility of the proposed solution.

Section Five addresses occupational safety, electrical safety, artificial lighting organization, and air quality control in the workplace.

The explanatory note contains pages.

The qualification project also includes a graphical section, which consists of: a structural diagram of the device, a structural diagram of the server side, a electrical principle diagram, the system operation algorithm, economic and

					2025.КРБ.123.602.11.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

technical indicators, and a poster with a measurement results chart. All graphical materials are presented on A1 format sheets.

Keywords: microclimate, control, ESP32, DHT11, CCS811, web server, temperature, humidity, air quality.

					2025.КРБ.123.602.11.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....	
1.1 Обґрунтування актуальності теми кваліфікаційної роботи.....	
1.2 Аналітичний огляд існуючих рішень.....	
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ТА РОБОЧОГО ПРОЕКТУ	
2.1. Аналіз технічного завдання КРБ.....	
2.2. Опис і обґрунтування вибору елементної бази.....	
2.3 Розробка електричної принципової схеми.....	
2.4 Розробка алгоритму системи.....	
2.5 Написання текстів програми.....	
2.6 Розробка Web-сервера.....	
РОЗДІЛ 3. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	
3.1 Розробка інструкції з інтеграції електронного пристрою.....	
3.2 Розробка методики перевірки, функціонування (контролю, випробування) електронного пристрою.....	
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	
4.1 Визначення стадій технологічного процесу та загальної тривалості проведення НДР.....	
4.2 Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи.....	
4.3 Розрахунок матеріальних витрат.....	
4.4 Розрахунок витрат на електроенергію.....	
4.5 Визначення транспортних затрат.....	
4.6 Розрахунок суми амортизаційних відрахувань.....	

					2025.КРБ.123.602.11.00.00 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Гриньків В.А			Розробка системи контролю мікроклімату			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Недошитко А.Г									
Реценз.								ВСП "ТФК ТНТУ імені І.П." Ki-602			
Н. Контр.		Приймак В.А									
Затверд.											
					Пояснювальна записка						

4.7	Обчислення накладних витрат.....
4.8	Складання кошторису витрат та визначення собівартості НДР.....
4.9	Розрахунок ціни НДР.....
4.10	Визначення економічної ефективності і терміну окупності капітальних вкладень.....

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ, ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ВИМОГИ.....

5.1 Розрахунок системи штучного освітлення для приміщення, де здійснюються роботи зі створення «системи контролю мікроклімату».....

5.2 Контроль за станом повітряного середовища на виробництві. Заходи та засоби попередження забруднення повітря робочої зони.....

РОЗДІЛ 6. ВИСНОВКИ.....

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

ДОДАТОК А.....

ДОДАТОК Б.....

					2025.КРБ.123.602.11.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

ВСТУП

У даній кваліфікаційній роботі розробляється система контролю мікроклімату та забрудненості повітря в приміщеннях. Розробка такої системи є актуальною, оскільки вона дозволяє створити комфортні та безпечні умови для перебування людей у житлових, офісних або виробничих просторах. Контроль параметрів мікроклімату (температури, вологості) разом із оцінкою якості повітря (рівень CO₂, пилу, летких органічних сполук тощо) сприяє підвищенню продуктивності, зниженню ризиків для здоров'я та поліпшенню загального самопочуття користувачів.

Система забезпечує автоматизований збір, обробку та передачу даних у реальному часі, що дозволяє своєчасно реагувати на відхилення від нормативних показників. Завдяки цьому зростає ефективність керування мікрокліматом, зменшуються енергозатрати на вентиляцію та кондиціювання, а також підвищується загальна енергоефективність приміщень.

Таким чином, запропоноване рішення має практичну цінність і може знайти широке застосування в системах "розумного будинку", на підприємствах, у навчальних закладах та інших об'єктах, де важливе підтримання оптимальних умов середовища.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Обґрунтування актуальності теми кваліфікаційної роботи

Актуальність теми кваліфікаційної роботи зумовлена зростаючими вимогами до якості повітря та умов перебування в закритих приміщеннях, таких як житлові будинки, офіси, магазини та навчальні заклади. Мікроклімат безпосередньо впливає на самопочуття, працездатність і здоров'я людей. Невідповідні показники температури, вологості, а також високий рівень забрудненості повітря можуть викликати алергічні реакції, захворювання органів дихання, головний біль, втому та інші негативні наслідки.

Крім того, чутливість електронного обладнання до змін кліматичних умов вимагає стабільного та контрольованого середовища. Своєчасне виявлення відхилень мікрокліматичних параметрів дає змогу оперативно реагувати та запобігати критичним ситуаціям.

Сучасні тенденції також вимагають підвищення енергоефективності будівель. Система контролю мікроклімату та якості повітря може сприятиме оптимізації роботи вентиляції, кондиціонування та опалення, що, у свою чергу, знижує енергоспоживання та витрати.

Таким чином, створення ефективної автоматизованої системи контролю за мікроклімату та забрудненням повітря є актуальним завданням, яке має як прикладне, так і екологічне значення.

1.2 Аналітичний огляд існуючих рішень

Кліматичні умови є однією з ключових умов організації життя людини тому для його контролю й аналізу створено різноманітні рішення, ось декілька з них знайдених мною:

					2025.КРБ.123.602.11.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

1. Best watch UKC HTC-1 [1]

Гігрометр-термометр HTC-1 – це зручний багатофункціональний прилад для вимірювання температури та вологості повітря в приміщенні. Завдяки великому LCD-дисплею, пристрій одночасно відображає поточні значення температури, вологості та часу. Функція запам'ятовування мінімальних і максимальних значень дозволяє відстежувати зміни параметрів навколишнього середовища.

HTC-1 має компактний тонкий корпус і стильний дизайн, що дозволяє використовувати його як настільний або настінний пристрій. Він оснащений можливістю перемикання між °C та °F, а живлення здійснюється від стандартної батарейки ААА. Завдяки високій точності вимірювань і доступній ціні, цей прилад корисний помічник у побуті та офісі.

На рисунку 1.1 зображено зовнішній вигляд Best watch UKC HTC-1

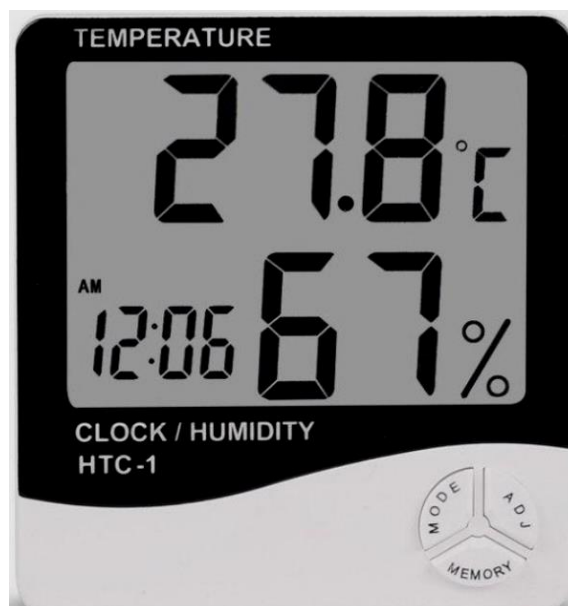


Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд Best watch UKC HTC-1

2. Кишеньковий клімат-монітор [2]

Даний проект представляє собою невеличку метеостанцію розроблену на основі мікроконтролера Arduino Nano яка відображає зміни клімату (Температура, вологість, барометричний тиск) для цього вона використовує

					2025.КРБ.123.602.11.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

датчик BME280. Дана система включає в себе інтерфейс для відображення графіків та статистики мікроклімату, що дозволить користувачам отримати зрозумілу інформацію про показники вологості та температури. Крім того, можливість віддаленого керування та моніторингу за допомогою програмного забезпечення, подібного до Blynk, дозволить зручно керувати системою та отримувати сповіщення про небажані зміни клімату

На рисунку 1.2 зображено підключення елементів системи

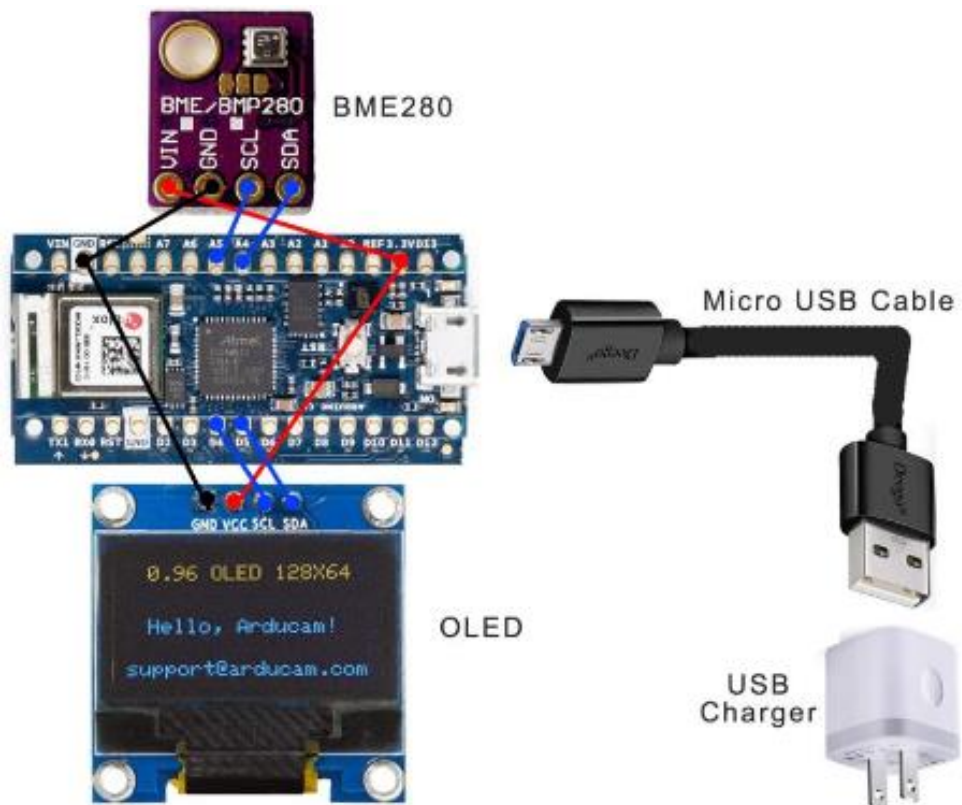


Рисунок 1.2 – Підключення елементів системи

Дана система надихнула мене на створення власного проекту а саме «Контролю мікроклімату». Хоч у клімату та мікроклімату відрізняються масштабами, обидва мають важливе значення, як і необхідність постійного контролю і турботи. До того ж, мій проект має розширену функціональність контролю якості повітря, що дозволяє більш комплексно оцінювати стан навколишнього середовища в приміщенні. Як зауважив автор: «This project is

					2025.КРБ.123.602.11.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

showing you how much we are destroying earth», що перекладається як: «Цей проект показує вам, наскільки ми руйнуємо землю».

Попри те, що головна мета метеостанції — відображення та моніторинг змін кліматичних показників на вулиці, її принцип роботи та технічні рішення можуть бути ефективно адаптовані для аналізу й контролю мікроклімату та якості повітря у внутрішніх просторах. Орієнтована вартість проекту: 1400 грн

На рисунку 1.3 можна побачити відображення кліматичних показників які формують графік змін кліматичних показників у вигляді графіку та відсоткових значень.

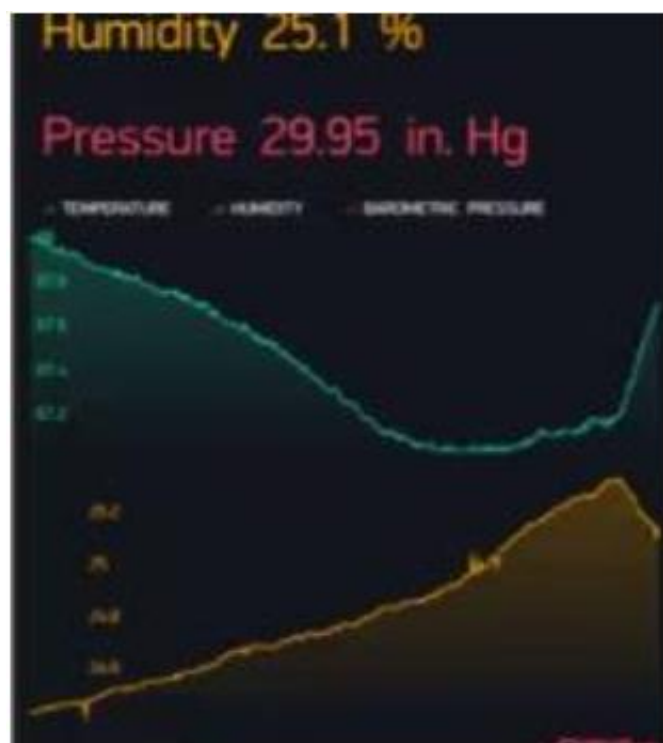


Рисунок 1.3 – Відображення кліматичних показників

3. Монітор мікроклімату Walcom HT-2008 [3]

Монітор мікроклімату Walcom HT-2008 є пристроєм який застосовується для аналізу основних параметрів мікроклімату в приміщеннях, таких як температура, відносна вологість а також для оцінки якості повітря. У таблиці 1.1 наведено технічні характеристики Walcom HT-2008.

					2025.КРБ.123.602.11.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Також монітор має звукову та світлову сигналізацію з можливістю встановлення нижньої межі значення концентрації вуглекислого газу, що допомагає своєчасно зреагувати на непередбачені ситуації.

Зазначені характеристики та параметри виробу роблять монітор мікроклімату Walcom HT-2008 ефективним і зручним інструментом для аналізу і забезпечення комфортного мікроклімату в різних приміщеннях.

На рисунку 1.4 зображено зовнішній вигляд монітору мікроклімату Walcom HT-2008



Рисунок 1.4 – Зовнішній вигляд монітору мікроклімату Walcom HT-2008

Таблиця 1.1 - технічні характеристики Walcom HT-2008.

Параметр	Значення
1	2
Режим відображення	LED (світлодіодний дисплей)
Діапазон визначення концентрації CO2 в повітрі	від 0 до 9999 ppm

Продовження таблиці 1.1

1	2
Точність визначення концентрації CO ₂ в повітрі	70 ppm ±3%
Роздільна здатність визначення концентрації CO ₂ в повітрі	1 ppm
Час очікування відгуку	менше 10 секунд
Повторюваність	±20 ppm °C °F
Діапазон визначення температури повітря	від -40 до 125 °C (від -104 до 257 °F)
Точність визначення температури повітря	±0,5 °C / ±0,6 °F (від 10 до 55 °C / від 50 до 131 °F)
Діапазон визначення відносної вологості повітря	від 0,1 до 99,9% RH
Точність визначення відносної вологості повітря	±3% RH при вологості від 20 до 80% RH та температури 25 °C
Живлення	адаптер (AC 220 В, DC:9)
Умови експлуатації	температура – від 5 до 30 °C, вологість – від 0 до 85% RH
Термін життєдіяльності сенсора	15 років за нормальних умов
Габаритні розміри	388×288×43 мм
Вага	2420 грам
Вартість	6480 грн

2. РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ТА РОБОЧОГО ПРОЕКТУ

2.1 Аналіз технічного завдання кваліфікаційної роботи

Метою цієї кваліфікаційної роботи є створення автоматизованої системи для контролю мікроклімату та якості повітря у приміщеннях. Основне завдання полягає в реалізації технічного рішення, яке дозволяє здійснювати збирання, обробку та передачу даних про стан внутрішнього повітряного середовища з метою забезпечення безпечних і комфортних умов для людей.

Розроблена система виконує автоматичне зчитування основних параметрів мікроклімату (температури, вологості), а також рівня забрудненості повітря шкідливими речовинами. Отримані дані періодично зберігаються в базі даних MySQL. Користувач має змогу переглядати зібрану інформацію через локальний або віддалений вебінтерфейс, з можливістю фільтрації записів за часовими інтервалами, сортуванням та пошуком за заданими критеріями. Крім того, реалізовано побудову графіків, які відображають зміну параметрів у динаміці.

Центральним елементом системи виступає мікроконтролер ESP32, який забезпечує зчитування показників з датчиків, передає основну інформацію на LCD-дисплей для локального перегляду та одночасно надсилає зібрані дані через Wi-Fi-з'єднання на сервер.

Wi-Fi модуль забезпечує бездротову передачу інформації на сервер, що виконує роль користувацького інтерфейсу. Через нього можна зручно переглядати показники, здійснювати аналіз та приймати обґрунтовані рішення щодо поліпшення умов у приміщенні. У випадках, коли постійний доступ до Інтернету не потрібен, можливе використання локального сервера, який запускається на комп'ютері або іншій пристрої в межах локальної мережі.

Запропонований проект відкриває широкі можливості для безперервного контролю за станом мікроклімату та якості повітря у закритих просторах. Його

					2025.КРБ.123.602.11.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

впровадження сприяє підвищенню обізнаності щодо стану внутрішнього середовища, допомагає користувачам своєчасно реагувати на зміни, піклуватися про власне здоров'я та підвищувати енергоефективність приміщень.

Для роботи системи контролю мікроклімату в приміщенні використовуватимуться такі елементи як:

- Wifi модуль ESP32 який оперуватиме даними;
- LCD дисплей для відображення вимірів датчиків;
- Датчик DHT для виміру показників вологості та температури повітря;
- Датчик CCS811 для виміру показників забрудненості повітря;
- Пк для запуску сервера.

На рисунку 2.1 зображено функціональні вузли системи.

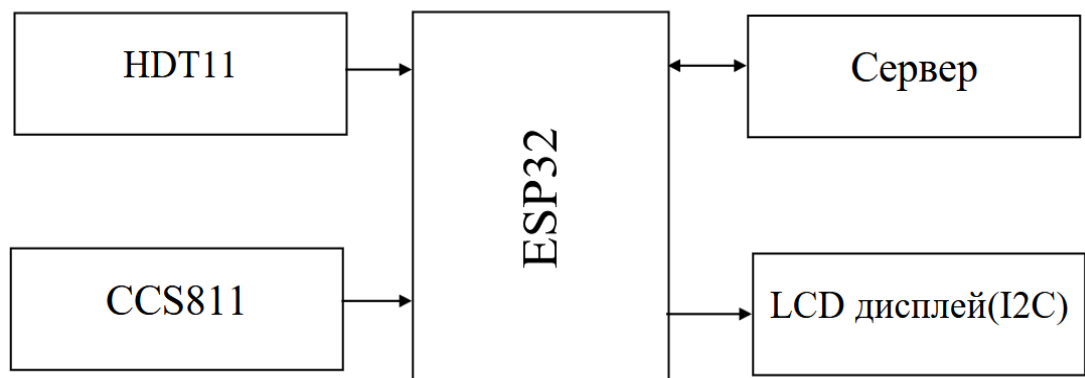


Рисунок 2.1 – Елементи та функціональні вузли системи

2.2 Опис і обґрунтування вибору елементної бази

Мікроконтролер ESP32 (ESP32-WROOM-32). У даному проекті використовується мікроконтролер ESP32, що є потужним 32-бітним рішенням на базі двоядерного процесора Tensilica Xtensa LX6. Його вибір обумовлений наявністю вбудованого Wi-Fi та Bluetooth-модуля, великою кількістю

цифрових та аналогових портів вводу/виводу, а також підтримкою широкого спектру периферії.

ESP32 має достатньо ресурсів для одночасної обробки даних із кількох датчиків, виведення інформації на дисплей та передачі даних на сервер у реальному часі. Його програмування можливе як через Arduino IDE, так і через інші середовища, що значно спрощує розробку. Також ESP32 є енергоефективним і компактним, що дозволяє використовувати його у вбудованих IoT-системах.

Основні характеристики ESP32:

- Процесор: 2 ядра, 240 МГц;
- ОЗП: до 520 КБ SRAM;
- Пам'ять: до 4 МБ Flash;
- Wi-Fi: IEEE 802.11 b/g/n;
- Bluetooth: v4.2 BR/EDR і BLE;
- GPIO-піни: понад 30;
- Підтримка SPI, I2C, UART, PWM, ADC, DAC;
- Напруга живлення: 3.3 В.

На 2.2 зображена розпіновка мікроконтролера ESP32-WROOM-32

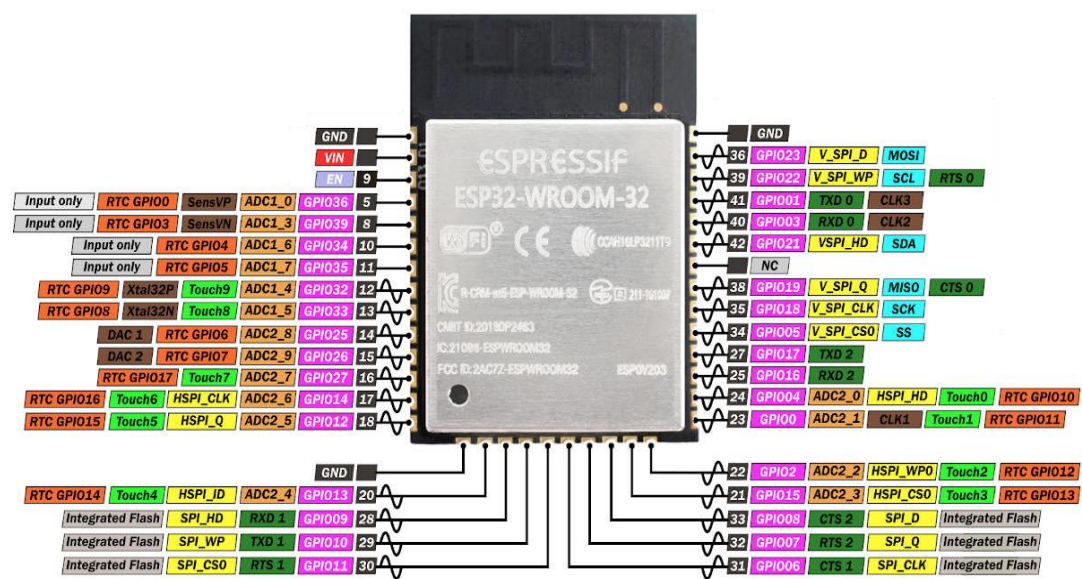


Рисунок 2.2 – Розпіновка мікроконтролер ESP32(ESP32-WROOM-32)

Датчик температури та вологості DHT11. Для вимірювання температури та вологості в приміщенні використовується датчик DHT11. Його вибір обґрунтований доступністю, низькою ціною, простотою підключення та достатньою точністю для задач контролю за станом мікроклімату.

DHT11 забезпечує періодичну передачу цифрових даних, що легко інтерпретується ESP32. Попри дещо нижчу точність у порівнянні з DHT22, його характеристик достатньо для контролю побутового середовища.

На рисунках 2.3 та 2.4 зображені умовне позначення та зовнішній вигляд DHT11

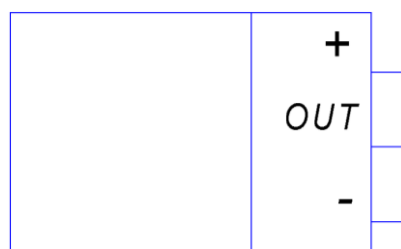


Рисунок 2.3 - Умовне позначення датчика DHT11

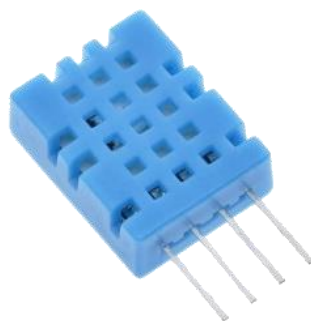


Рисунок 2.4 – Зовнішній вигляд датчика DHT11

Технічні характеристики:

- Модель: DHT11;
- Живлення: 3–5,5 В постійного струму;
- Вихідний сигнал: цифровий сигнал через однопровідний інтерфейс;
- Чутливий елемент: полімерний резистор;

					2025.КРБ.123.602.11.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

- Довготривала стабільність: $\pm 0,5$ %RH на рік;
- Час опитування (період вимірювання): у середньому 2 секунди.

Діапазони вимірювання:

- Вологість: 20–90 % відносної вологості;
- Температура: 0–50 °C.

Точність:

- Вологість: ± 4 %RH (максимум ± 5 %RH);
- Температура: $\pm 2,0$ °C.

Роздільна здатність / чутливість:

- Вологість: 1 %RH;
- Температура: 0,1 °C.

Датчик якості повітря CCS811. Для оцінки рівня забруднення повітря застосовується датчик CCS811, який вимірює рівень вмісту летких органічних сполук (TVOC) та еквівалентний рівень CO₂ (eCO₂). Датчик ідеально підходить для задач контролю якості повітря в приміщеннях, а його використання дозволяє реалізувати повноцінну систему контролю внутрішнього середовища.

CCS811 підтримує цифровий інтерфейс I²C, має низьке енергоспоживання та високу чутливість. Додатково він дозволяє здійснювати компенсацію вимірювань відповідно до температури та вологості, що підвищує точність.

Характеристики:

- Вимірювання загальних летких органічних сполук (TVOC): від 0 до 1 187 частин на мільярд;
- Вимірювання eCO₂: від 400 до 8 192 частин на мільйон ;
- Кількість режимів роботи: 5;
- Внутрішня обробка даних: вбудований мікроконтролер;
- Вимірювання температури: зовнішній термістор NTC;
- Напруга живлення: від 1,8 до 3,6 В;
- Робочий струм: 30 мА.

					2025.КРБ.123.602.11.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

На рисунках 2.5 та 2.6 зображені зовнішній вигляд та умовне позначення CCS811

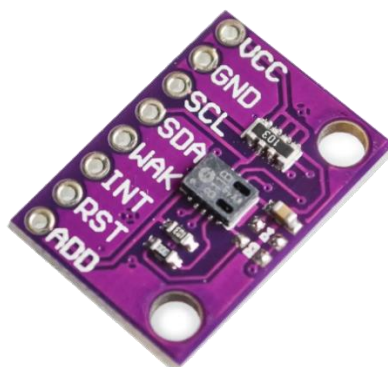


Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд датчика CCS811

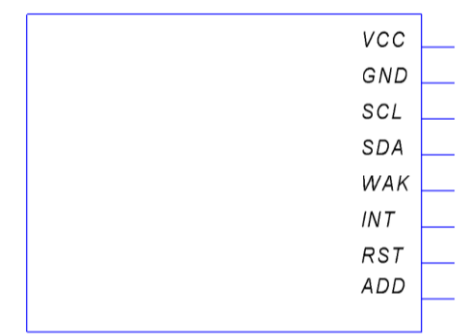


Рисунок 2.6 – Умовне позначення CCS811

LCD 2004 символний дисплей. Для виводу текстової інформації в проєкті застосовується символний LCD-дисплей типу 2004 (20 символів $\times$ 4 рядки), інтегрований з ІС модулем на мікросхемі PCF8574T. Такий тандем дозволяє ефективно виводити параметри мікроклімату (температура, вологість, рівень CO₂) або повідомлення про стан системи.

Його ключова перевага — підтримка інтерфейсу І²С, завдяки чому замість використання 6–8 цифрових пінів, як у стандартного дисплея HD44780, достатньо лише 2 ліній зв’язку (SDA і SCL). Це дозволяє зекономити ресурси мікроконтролера, особливо в системах, де використовується велика кількість датчиків чи модулів.

Модуль розширення використовує шину I2C для зв'язку з головним контролером. Модуль PCF8574T забезпечує додаткові порти GPIO, які можна використовувати для підключення різноманітних сенсорів, виведення або керування зовнішніми пристроями.

Технічні характеристики LCD 2004 I2C:

- Кількість символів: 20×4 (20 символів у 4 рядках);
- Колір фону: жовтий, колір символів: чорний;
- Інтерфейс: I²C;
- Живлення: 3.3-5 В;
- Розміри модуля: 98×60×20 мм;
- Розміри символу: 2.96×4.75 мм;
- Розмір точки: 0.55×0.55 мм, крок точки: 0.60 мм.

На рисунках 2.7 та 2.8 зображені зовнішній вигляд LCD 2004 та модуля розширення I2C на базі PCF8574T



Рисунок 2.7 – Зовнішній вигляд LCD 2004



Рисунок 2.8 – Зовнішній вигляд модуля розширення I2C на базі PCF8574T

					2025.КРБ.123.602.11.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

На рисунку 2.9 зображено умовне позначення LCD 2004 I2C дисплея

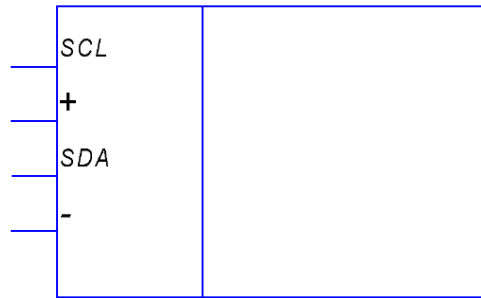


Рисунок 2.9 – Умовне позначення LCD 2004 I2C дисплея

2.3 Розробка електричної принципової схеми

Розробка структури системи є важливим етапом проектування, оскільки вона визначає загальну архітектуру майбутньої системи, логіку взаємодії її компонентів та порядок обміну даними. Основна мета цього етапу — створити чітку схему функціональних блоків, яка відображає усі ключові процеси, необхідні для ефективної роботи системи контролю мікроклімату.

На основі аналізу технічного завдання та обраної елементної бази були визначені основні компоненти системи:

- мікроконтролер ESP32, що виконує функції збору, обробки та передачі даних;
- датчики DHT11 (для температури і вологості) та CCS811 (для визначення якості повітря);
- графічний TFT LCD дисплей 2.8” або, в альтернативному варіанті, символьний дисплей LCD 2004 I2C;
- мережевий інтерфейс Wi-Fi для передавання даних на сервер;
- серверна частина, яка відповідає за збереження інформації в базі даних та відображення її через вебінтерфейс.

У процесі розробки структури системи особливу увагу було приділено визначенню:

					2025.КРБ.123.602.11.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

- вхідних сигналів: показники з сенсорів температури, вологості та газового складу повітря;
- вихідних сигналів: виведення інформації на дисплей, передача даних на сервер, можливість сигналізації у разі перевищення встановлених порогових значень;
- комунікаційних каналів між компонентами: I2C (для LCD 2004 і датчиків), Wi-Fi (для передачі на сервер).

Кожен блок системи був окремо проаналізований з точки зору його призначення, режиму роботи, типу живлення та способу взаємодії з іншими блоками. Зокрема, мікроконтролер ESP32 одночасно виконує роль центрального обчислювального ядра, вузла збору даних і мережевого передавача.

Також було враховано можливість подальшого масштабування системи наприклад, додавання нових сенсорів, інтеграція з системою вентиляції або сигналізації, розширення серверної частини для ведення статистики або дистанційного керування.

У результаті було побудовано електричну принципову блок-схему зображену на рисунку 2.10

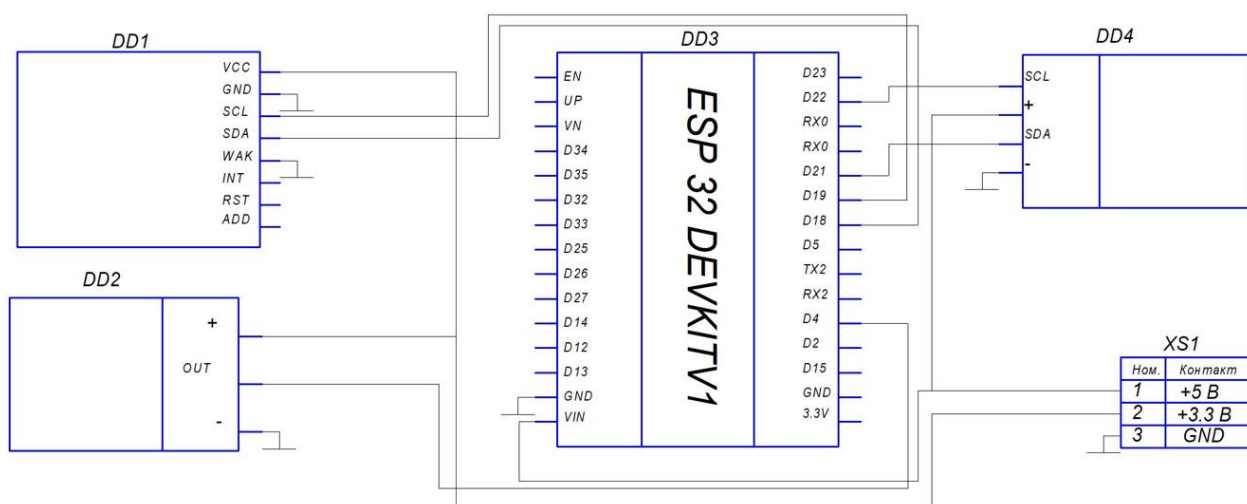


Рисунок 2.10 – Електрична принципова схема системи

DD1- Датчик eCo2 та TVOC CCS811 який призначений для зчитування забрудненості повітря.

DD2 –Датчик температури та вологості DHT11 зчитує потрібні показники.

DD3 – Wi-Fi модуль ESP32-DEVKIT1 маніпулює даними да здійснює зв'язок з серверною частиною.

DD4 - Підключення LCD дисплея за допомогою модуля розширення I2C, призначений для відображення показників датчиків.

XS1 - Роз'єми для підключення блоку живлення.

Електрична принципова схема є основою для подальшої розробки принципової електричної схеми, програмного забезпечення, а також для тестування, налагодження та оцінки ефективності системи.

2.4 Розробка алгоритму системи

На цьому етапі здійснюється формалізація логіки функціонування системи, яка включає всі етапи – від активації живлення до передачі даних користувачеві. Алгоритм визначає послідовність дій усіх основних компонентів та їхню взаємодію в реальному часі.

Основні функції алгоритму:

- Збір параметрів мікроклімату. На першому етапі визначено методи отримання інформації про стан повітряного середовища. Зокрема, система здійснює безперервний збір даних з цифрових сенсорів температури, вологості, а також якості повітря (наприклад, вмісту CO₂ чи летких органічних сполук). Сенсори, підключені до мікроконтролера ESP32, забезпечують актуальну та точну інформацію в реальному часі.
- Алгоритмічний аналіз. Оброблені дані надалі проходять аналітичну оцінку: виконується виявлення відхилень від допустимих норм, розрахунок середніх та граничних значень, визначення тенденцій

					2025.КРБ.123.602.11.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

зміни параметрів з часом. При потребі система може подавати попереджувальні сигнали або інші індикатори тривожних змін у середовищі.

- Виведення результатів. Для зручності користувача передбачено графічну візуалізацію показників на TFT LCD-дисплеї. Алгоритм підтримує як відображення поточних значень у вигляді цифрових індикаторів, так і побудову простих графіків змін параметрів у динаміці.
- Алгоритм побудовано модульно, що дозволяє у майбутньому без особливих змін до основної логіки додавати нові типи сенсорів або розширювати функціональність.

На рисунку 2.11 зображено Алгоритм роботи системи

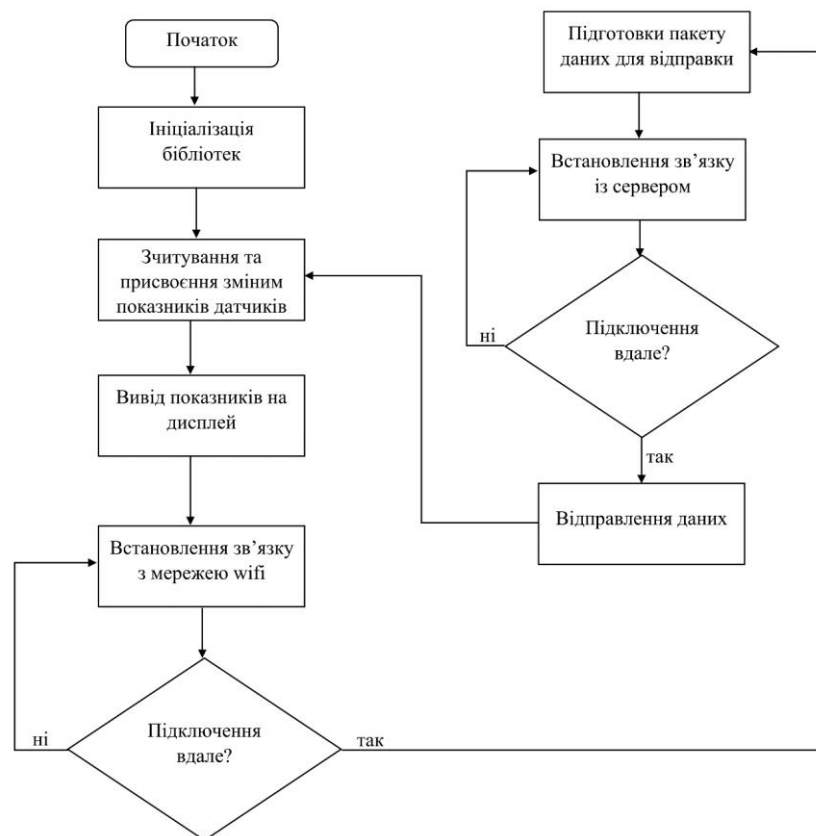


Рисунок 2.11 - Алгоритм роботи системи

2.5 Написання текстів програми

Для написання програмних текстів використовувалось середовище розробки Arduino IDE.

Ініціалізація бібліотек і констант

Підключаються бібліотеки для роботи з WiFi, HTTP і датчиками, а також визначаються основні константи:

```
#include <WiFi.h>
#include <HTTPClient.h>
#include <DHT.h>
#define DHTPIN 4
#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
#define MQ135_PIN 34
const char* ssid = "SSID";
const char* password = "Pasword";
const char* server = "http://IP/post-esp.php";
const char* api_key = "tPmAT5Ab3j7F9";
```

Зчитування даних із датчиків

Отримуються показники температури, вологості та рівня газів:

```
float temperature = dht.readTemperature();
float humidity = dht.readHumidity();
int analogValue = analogRead(MQ135_PIN);
```

Підключення до WiFi

Підключення до мережі з перевіркою стану:

```
WiFi.begin(ssid, password);
int attempts = 0;
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED && attempts < 20) {
    delay(500);
```

					2025.КРБ.123.602.11.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

```
    attempts++;
```

```
}
```

Відправка даних на сервер

Формується POST-запит і надсилається на сервер:

```
HttpClient http;
```

```
http.begin(server);
```

```
http.addHeader("Content-Type", "application/x-www-form-urlencoded");
```

```
String postData = "api_key=" + String(api_key) +
```

```
    "&value1=" + String(temperature, 1) +
```

```
    "&value2=" + String(humidity, 1) +
```

```
    "&value3=" + String(analogValue);
```

```
int responseCode = http.POST(postData);
```

```
http.end();
```

Після відправки даних WiFi вимикається, встановлюється пауза перед наступним циклом:

2.6 Розробка Web-сервера

Для реалізації функціонального інтерфейсу системи контролю мікроклімату створено веб-сайт, який складається з декількох взаємопов'язаних файлів: `index.php`, `fetch_table.php`, `fetch_chart.php`, `post-esp.php` і `style.css`. Взаємодія між цими елементами забезпечує повноцінну роботу веб-інтерфейсу, зокрема отримання, відображення та оновлення даних з пристрою ESP32.

Основу веб-інтерфейсу формує HTML, який задає логічну структуру сторінки — розміщення текстів, таблиць, графіків та інших елементів, що відображаються у браузері користувача. Візуальне оформлення елементів, зокрема кольори, шрифти, розміри блоків і адаптивність до різних екранів, забезпечується за допомогою CSS-стилів.

					2025.КРБ.123.602.11.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Динамічну поведінку сторінки реалізовано засобами JavaScript, що дозволяє оновлювати дані без необхідності повного перезавантаження сторінки. Це особливо важливо для відображення змін параметрів мікроклімату в реальному часі — температури, вологості чи якості повітря.

Ця архітектура дозволяє користувачу зі смартфона, планшета або ПК переглядати оновлену інформацію про стан повітряного середовища без встановлення додаткового програмного забезпечення. Інтерфейс спроектовано таким чином, щоб забезпечити інтуїтивне сприйняття навіть для недосвідчених користувачів — всі ключові показники зручно згруповані, а візуальні індикатори та графіки дозволяють швидко оцінити ситуацію. Зв'язок внутрішніх елементів та вузлів системи можна побачити на рисунку 1.12

Файл `index.php` — головна сторінка сайту. Цей файл відповідає за формування основної HTML-структури веб-сторінки. Саме тут розміщується заголовок, таблиця показників, графік та елементи управління. Через вбудований JavaScript організовується періодичне оновлення вмісту.

Частина коду `index.php`:

```
<div id="tableContainer">
  <!-- Динамічно завантажується таблиця -->
</div>

<button id="toggleChartBtn" onclick="toggleChart()">Сховати/Показати
графік</button>

<div id="chartContainer">
  <canvas id="myChart" width="900" height="400"></canvas>
</div>

<form id="filterForm">
  <div id="filterContainer">
    <div class="filter-group">
      <label>Поле:</label>
      <select name="filter_field[]">
        <option value="Temperature">Temperature</option>
```

```

        <option value="Humidity">Humidity</option>
        <option value="AirQuality">AirQuality</option>
        <option value="id">ID</option>
        <option value="TimeDate">TimeDate</option>
    </select>
    <label>Операція:</label>
    <select name="filter_op[]">
        <option value="">&gt;</option>
        <option value="">=</option>
        <option value="">=</option>
        <option value=""><<</option>
        <option value=""><=</option>
    </select>
    <label>Значення:</label>
    <input type="text" name="filter_value[]" value="" />
    <button type="button" onclick="removeFilter(this)">✕</button>
</div>
</div>
<button type="button" onclick="addFilter()">+ Додати фільтр</button>
<br><br>
<label for="chart_limit">Кількість записів:</label>
<input type="number" id="chart_limit" name="chart_limit" value="10"
min="1" max="100" />
<button type="submit" style="margin-top: 20px;">Застосувати
фільтри</button>
</form>

```

Файл `fetch_table.php` — оновлення таблиці. Цей файл формує HTML-таблицю з останніми значеннями температури, вологості та індексу якості повітря. Дані вибираються з бази даних та виводяться в зручному для сприйняття вигляді.

					2025.КРБ.123.602.11.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Приклад коду виводу таблиці:

```
$sql = "SELECT id, Temperature, Humidity, AirQuality, TimeDate FROM
AirMonitor
WHERE $filter_field $filter_op $filter_value
ORDER BY $sortColumn $sortOrder
LIMIT $art,$count";
echo '<table align="center" name="TabAirMonitor">
<tr class="TopSort">
<th><a href="#" class="sort-link" data-sort="id" data-order="" .
($sortColumn === 'id' && $sortOrder === 'asc' ? 'desc' : 'asc') . "">ID ' .
($sortColumn === 'id' ? ($sortOrder === 'asc' ? '&#x2191;' : '&#x2193;') : ") .
'</a></th>
<th><a href="#" class="sort-link" data-sort="Temperature" data-
order="" . ($sortColumn === 'Temperature' && $sortOrder === 'asc' ? 'desc' : 'asc')
. "">Temperature ' . ($sortColumn === 'Temperature' ? ($sortOrder === 'asc' ?
'&#x2191;' : '&#x2193;') : ") . '</a></th>
<th><a href="#" class="sort-link" data-sort="Humidity" data-order="" .
($sortColumn === 'Humidity' && $sortOrder === 'asc' ? 'desc' : 'asc') . "">Humidity
' . ($sortColumn === 'Humidity' ? ($sortOrder === 'asc' ? '&#x2191;' : '&#x2193;')
: ") . '</a></th>
<th><a href="#" class="sort-link" data-sort="AirQuality" data-order=""
. ($sortColumn === 'AirQuality' && $sortOrder === 'asc' ? 'desc' : 'asc') .
"">AirQuality ' . ($sortColumn === 'AirQuality' ? ($sortOrder === 'asc' ? '&#x2191;'
: '&#x2193;') : ") . '</a></th>
<th><a href="#" class="sort-link" data-sort="TimeDate" data-order="" .
($sortColumn === 'TimeDate' && $sortOrder === 'asc' ? 'desc' : 'asc') . "">TimeDate
' . ($sortColumn === 'TimeDate' ? ($sortOrder === 'asc' ? '&#x2191;' : '&#x2193;')
: ") . '</a></th>
</tr>';
if ($result = $conn->query($sql)) {
```

```

while ($row = $result->fetch_assoc()) {
    echo '<tr>
        <td>' . $row["id"] . '</td>
        <td>' . $row["Temperature"] . '</td>
        <td>' . $row["Humidity"] . '</td>
        <td>' . $row["AirQuality"] . '</td>
        <td>' . $row["TimeDate"] . '</td>
    </tr>';
}
}
echo '<tr>
    <td class="pages"><b>Сторінки</b></td>
    <td class="pages" colspan="4"><b>;
$currentPage = $page;
$prevPage = $currentPage - 1;
$nextPage = $currentPage + 1;
$totalPages = ceil($all_rec / $count);
if ($prevPage >= 1) {
    echo '<a href="#" class="page-link" data-page="' . $prevPage . '">&larr;</a>';
}
for ($i = 1; $i <= $totalPages; $i++) {
    $class = 'page-link' . ($currentPage === $i ? ' active' : '');
    echo '<a href="#" class="' . $class . '" data-page="' . $i . '">' . $i . '</a>';
}
if ($nextPage <= $totalPages) {
    echo '<a href="#" class="page-link" data-page="' . $nextPage . '">&rarr;</a>';
}
echo '</b></td></tr></table>';

```

Файл `fetch_chart.php` — побудова графіка. Цей скрипт відповідає за вивід графіка значень параметрів мікроклімату на основі даних з БД. Використовується бібліотека JavaScript, `Chart.js`, для візуалізації.

Фрагмент `fetch_chart.php`:

```
foreach ($filters as $f) {
    $field = $f['field'] ?? '';
    $op = $f['op'] ?? '';
    $value = $f['value'] ?? '';
    if (in_array($field, $allowedFields) && in_array($op, $allowedOps)) {
        if ($field === 'TimeDate' || $op === 'LIKE') {
            $val = "" . $conn->real_escape_string($value) . "";
        } else {
            $val = floatval($value);
        }
        $where[] = "$field $op $val";
    }
}

$whereClause = count($where) > 0 ? "WHERE " . implode(" AND ", $where)
$graphQuery = "
    SELECT Temperature, Humidity, AirQuality, TimeDate
    FROM AirMonitor
    $whereClause
    ORDER BY TimeDate ASC
    LIMIT $chart_limit
$dataTemperature = [];
$dataHumidity = [];
$dataAirQuality = [];
$dataTimestamps = [];
if ($result = $conn->query($graphQuery)) {
    while ($row = $result->fetch_assoc()) {
```

					2025.КРБ.123.602.11.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

```

        $dataTemperature[] = $row["Temperature"];
        $dataHumidity[] = $row["Humidity"];
        $dataAirQuality[] = $row["AirQuality"];
        $dataTimestamps[] = $row["TimeDate"];
    }
    $result->free();
} else {
    echo json_encode(['error' => "DB Error: " . $conn->error]);
    $conn->close();
    exit;
}
$conn->close();
header('Content-Type: application/json');
echo json_encode([
    'labels' => $dataTimestamps,
    'temperature' => $dataTemperature,
    'humidity' => $dataHumidity,
    'airquality' => $dataAirQuality
]);

```

Файл `post-esp.php` — приймання даних з ESP32 . Цей файл обробляє POST-запити, що надсилаються з мікроконтролера ESP32. Він перевіряє коректність API-ключа, зчитує значення температури, вологості та газового сенсора, а потім зберігає їх до бази даних.

Приклад обробки даних:

```

$value1 = test_input($_POST["value1"]); // Temperature
$value2 = test_input($_POST["value2"]); // Humidity
$value3 = test_input($_POST["value3"]); // AirQuality
$conn = new mysqli($servername, $username, $password, $dbname);
if ($conn->connect_error) {
    die("Connection failed: " . $conn->connect_error);
}

```

					2025.КРБ.123.602.11.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

```

$sql = "INSERT INTO AirMonitor (Temperature, Humidity, AirQuality)
VALUES ('$value1', '$value2', '$value3')";
if ($conn->query($sql) === TRUE) {
    echo "New record created successfully";
} else {
    echo "Error: " . $sql . "<br>" . $conn->error;
    $conn->close();
} else {
    echo "Wrong API Key provided.";
} else {
    echo "No data posted with HTTP POST.";
}

function test_input($data) {
    $data = trim($data);
    $data = stripslashes($data);
    $data = htmlspecialchars($data);
    return $data;

```

Таким чином, реалізований веб-сервер виконує функцію “вікна” у систему контролю мікроклімату, забезпечуючи прозору й ефективну взаємодію між пристроєм та людиною. На рисунку 2.12 можна побачити структурну схему серверної частини

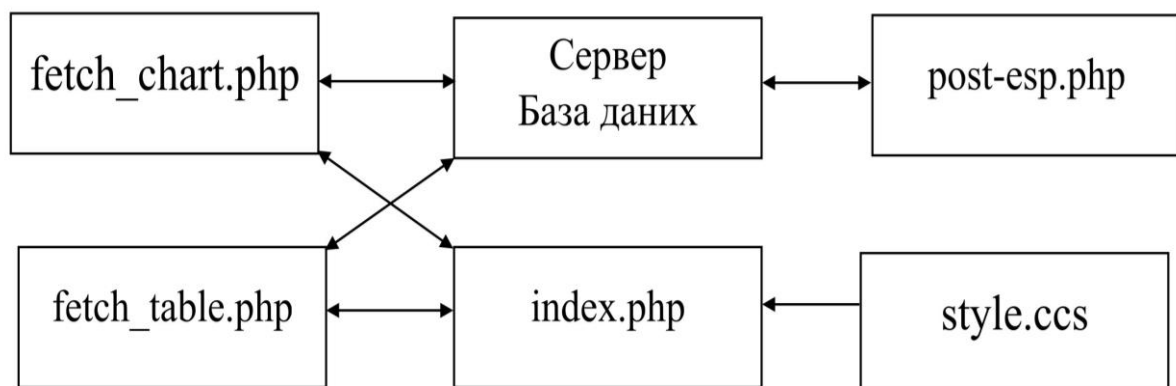


Рисунок 2.12 - Структурна схема серверної частини

На рисунках 2.13 та 2.14 зображені зовнішні вигляди таблиці та графік змін міоклімату

ID ↓	Temperature	Humidity	AirQuality	TimeDate
23	23.1	44	391	2025-06-16 14:50:09
22	22.6	39	342	2025-06-16 14:49:06
21	22.6	39	311	2025-06-16 14:48:04
20	22.6	39	347	2025-06-16 14:47:01
19	22.4	40	368	2025-06-16 14:41:46
18	25	59.3	330	2025-06-16 12:51:50
17	22.9	60.1	310	2025-06-16 12:51:50
16	24.1	58.5	320	2025-06-16 12:51:50
15	23.4	55	300	2025-06-16 12:51:50
14	25	59.3	330	2025-06-16 12:51:40
13	22.9	60.1	310	2025-06-16 12:51:40
12	24.1	58.5	320	2025-06-16 12:51:40
11	23.4	55	300	2025-06-16 12:51:40
10	25	59.3	330	2025-06-16 12:51:37
9	22.9	60.1	310	2025-06-16 12:51:37
8	24.1	58.5	320	2025-06-16 12:51:37
Сторінки	12→			

Рисунок 2.13 – Зовнішній вигляд таблиці

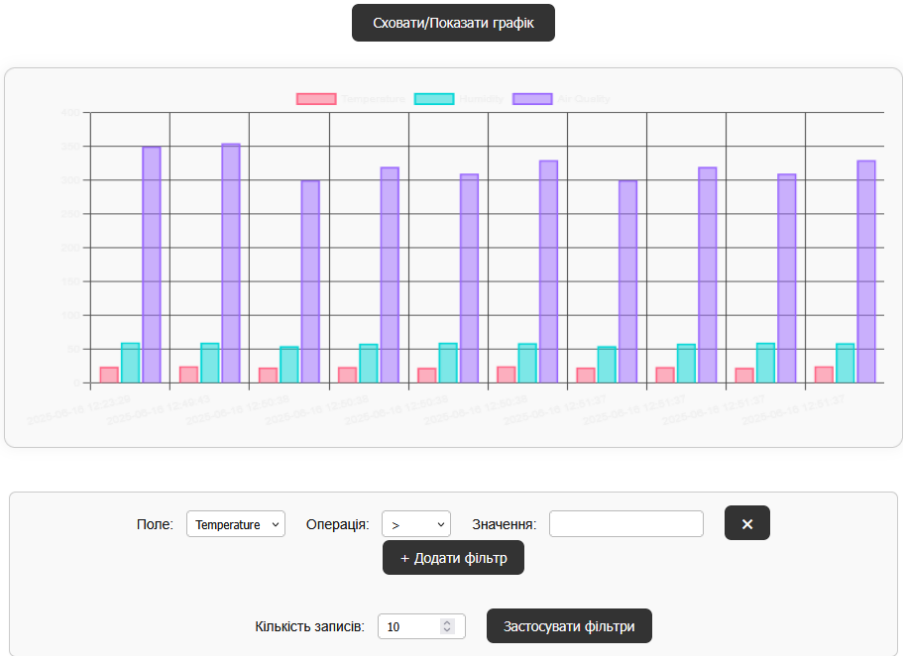


Рисунок 2.14 – графік змін міоклімату

3 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Розробка інструкції з інтеграції електронного пристрою

Задля коректної роботи системи контролю мікроклімату в приміщенні, потрібно коректно інтегрувати елементи з яких складається система.

Нижче наведена інструкція з інтеграції системи

Підготовлення контролера ESP32:

- Для програмування необхідно встановити відповідне програмне забезпечення, рекомендується використовувати Arduino IDE;
- Підключити контролер до USB порта комп'ютера за допомогою відповідного кабелю;
- У налаштуваннях програми Arduino IDE вибрати плату потрібну плату та порт підключення, після чого скомпілюйте програму;
- Переконайтеся що мережа в якій працюватиме контролер відповідає указаний в коді.

Підключення датчиків DHT11 та CCS811:

- Підключити піни датчиків до відповідних пінів контролера орієнтуючись електричною принциповою схемою;
- Перевірити відповідність фізичного підключення пінів до їх ініціалізації в коді;
- При використанні інших версій датчика (як от DHT22) потрібно змінити його версію в коді.

Підключення LCD дисплея

- Підключити піни дисплея до контролера орієнтуючись на електричну принципову схему та переконайтесь в їх відповідності в коді;
- При живленні від 5V варто використати перетворювач логічних рівнів;

					2025.КРБ.123.602.11.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Варто уважно перевірити правильне підключення елементів системи та відповідність мережевих налаштувань коду, для стабільної роботи системи.

Інструкція користування

Запуск системи:

- Переконавшись у правильному підключенні пристроїв та їх живленні.

Відображення даних на дисплеї:

- З запуском системи дисплей повиний почати відображати показники датчиків;
- У випадку коли дисплей не відображає жодної інформації варто переконатись чи він підключений до контролера та джерела живлення та звернутися до фахівця у випадку несправностей.

Відправлення даних на сервер

- Контролер автоматично зчитує показники датчиків та відправляє її на сервер через wifi з'єднання;
- Перевірити коректність відправлених даних на сервер, у випадку їх некоректного відображення звернутись до фахівця;
- Слідкувати за показниками можна на сервері який може бути як запущений на власній так і на орендованій машині.

Керування системою:

- При потребі внесення змін в програмний код, задля кастомізації під потреби користувача варто звернути увагу на документацію бібліотек та функцій які вони використовуються в програмі. Не потрібно намагатись змінити код без необхідних знань, варто звернутись до кваліфікованого працівника.

3.2 Розробка методики перевірки, функціонування (контролю, випробування) електронного пристрою

У цьому розділі визначається мета та завдання розробки методики перевірки функціонування електронного пристрою, що є ключовим етапом у

					2025.КРБ.123.602.11.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

процесі його створення. Якісна перевірка забезпечує відповідність пристрою технічним вимогам, надійність роботи та безпеку експлуатації.

Проблеми з апаратним підключенням та живленням:

- Перевірити правильність підключення всіх компонентів до плати керування;
- Переконатися у стабільності та достатній напрузі джерела живлення;
- Оцінити цілісність та надійність кабелів і роз'ємів;
- Виключити можливі замикання або пошкодження в ланцюзі.

Перевірка програмного забезпечення:

- Переконаватися у відсутності синтаксичних та логічних помилок у коді;
- Перевірити коректність ініціалізації та налаштувань використовуваних бібліотек;
- Забезпечити правильність обробки даних із сенсорів та передачі між модулями;
- Тестувати алгоритми обробки даних на адекватність та стабільність.

Перевірка функціональності пристрою:

- Переконаватися у правильності зчитування сигналів з усіх датчиків;
- Перевірити коректність виводу інформації на дисплей або інтерфейс;
- Оцінити реакцію пристрою на зміну умов навколишнього середовища;
- Виявити та усунути можливі помилки під час комунікації з сервером або іншими пристроями.

Забезпечення стабільної роботи:

- Тестувати пристрій в умовах, наближених до експлуатаційних;
- Виявляти помилки в процесі тривалої роботи (стрес-тести);

					2025.КРБ.123.602.11.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Впровадження технологічних систем в різноманітних галузях людської діяльності вимагають ретельного аналізу економічної доцільності. Ключовим аспектом такого аналізу є оцінка витрат та потенційних вигод, що пов'язані з розробкою нових технологій. В рамках даної кваліфікаційної роботи було проведено дослідження з метою оцінки економічної доцільності системи контролю мікроклімату включно з якістю повітря в приміщенні.

4.1 Визначення стадій технологічного процесу та загальної тривалості проведення НДР

З метою планування науково-дослідної роботи визначено основні стадії технологічного процесу. У таблиці 4.1 наведено середній час виконання НДР та операції (стадії) технологічного процесу.

Таблиця 4.1 – Середній час виконання НДР та операції (стадії) технологічного процесу

№ п/п	Назва операції	Виконавець	Середній час виконання операції, год.
1	2	3	4
1	Аналіз завдання проекту	Керівник проекту	7 год.
2	Вибір елементарної бази проекту	Інженер	4 год.
3	Розробка електричної принципової схеми пристрою	Інженер	6 год.
4	Встановлення та налаштування потрібного ПЗ на стороні сервера	Технік	6 год.
5	Написання скриптів для хостингу	Інженер	14 год.

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4
6	Написання програми для плати розробника ESP	Інженер	12 год.
7	Тестування працездатності системи, проведення контрольних замірів	Технік	5 год.
8	Оформлення технічної документації	Інженер	5 год.
9	Захист і презентація проекту	Керівник проекту	5 год.
Разом			64 год.

У даному розділі було здійснено визначення стадій технологічного процесу, які передбачаються для реалізації науково-дослідної роботи з розробки системи контролю мікроклімату в приміщенні. Кожна стадія має свої особливості, завдання та послідовність виконання, що спрямовані на досягнення поставлених цілей дослідження.

4.2 Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи

Відповідно до Закону України «Про оплату праці» заробітна плата – це «винагорода, обчислена у грошовому виразі, яку власник виплачує працівникові за виконану ним роботу».

Основна заробітна плата нараховується на виконану роботу за тарифними ставками, відрядними розцінками чи посадовими окладами і не залежить від результатів господарської діяльності підприємства.

Основна заробітна плата розраховується за формулою:

$$З_{осн.} = T_c * K_r \quad (4.1)$$

де T_c – тарифна ставка, грн.

K_r –кількість відпрацьованих годин

Рекомендовані тарифні ставки:

- керівнику проекту – 260 грн./год.
- Техніка – 100 грн./год.
- інженер – 180 грн./год.

Отже основна заробітна плата для:

1. Керівника проекту:

$$З_{осн1} = 260 * 12 = 3120 \text{ грн.}$$

2. Інженера:

$$З_{осн2} = 180 * 41 = 7380 \text{ грн.}$$

3. Техніка:

$$З_{осн3} = 100 * 11 = 1100 \text{ грн.}$$

Сумарна основна заробітна плата становить:

$$З_{осн.} = 3120 + 7380 + 1100 = 11600$$

Додаткова заробітна плата визначається на рівні 12% від основної заробітної плати за формулою:

$$З_{дод.} = З_{ос.} * K_{допл.} \quad (4.2)$$

де, $K_{допл.}$ – коефіцієнт додаткових виплат працівникам. Додаткова заробітна плата визначається на рівні 12% від основної заробітної плати.

Загальна додаткова заробітна плата становить:

$$З_{дод.}=11600*0.12=1392$$

Отже, додаткова заробітна плата по категоріях працівників становить:

					2025.КРБ.123.602.11.00.00 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Керівника проекту:

$$З_{\text{дод1}} = 3120 * 0,12 = 374,4 \text{ грн.}$$

2. Інженера:

$$З_{\text{дод2}} = 7380 * 0,12 = 885,6 \text{ грн.}$$

3. Техніка:

$$З_{\text{дод3}} = 1100 * 0,12 = 132 \text{ грн.}$$

Загальні витрати на оплату ($V_{\text{о.п.}}$) праці визначаються сумою основної і додаткової заробітної плати:

$$V_{\text{о.п.}} = Z_{\text{осн.}} + Z_{\text{дод.}} = 1600 + 1392 = 12992$$

Крім того, слід визначити відрахування на соціальні заходи, їх приймаємо на рівні 37,6%. Вони обчислюються за формулою:

$$V_{\text{с.з.}} = V_{\text{о.п.}} * 0.376 \quad (4.3)$$

Звідси отримуємо відрахування на соціальні заходи:

$$V_{\text{с.з.}} = 12992 * 0.376 = 4885$$

Розрахунки заносимо в таблицю 2.4

Таблиця 4.2 – Зведені розрахунки витрат на оплату праці

№ п/п	Категорія працівни ків	тарифна ставка, грн/год	К-сть годин	Основна заробітна плата, грн	Додаткова заробітна плата, грн	Відрах ування на соц. заходи, грн	Всього витрат на оплату праці, грн
1	Керівник проекту	260	12	3120	374,4	-	-
2	Інженер	180	41	7380	885,6	-	-
3	Технік	100	11	1100	132	-	-
Разом			64	11600	1392	4885	17877

4.3 Розрахунок матеріальних витрат

Матеріальні витрати визначаються як добуток кількості витрачених матеріалів на їх ціну і обчислюються за формулою:

$$M_{B_i} = q_i * p_i \quad (4.4)$$

де, q_i – кількість витраченого матеріалу i -го виду;

p_i – ціна матеріалу i -го виду.

Загальні матеріальні витрати визначаються за формулою:

$$З_{м.в.} = \sum M_{B_i} \quad (4.5)$$

Результати проведених розрахунків матеріальних витрат наведені у таблиці 4.3

Таблиця 4.3 – Розрахунок матеріальних витрат

№ п/п	Найменування	Од. виміру	Факт. Витрачено матеріалів	Ціна 1-ці, грн	Загальна сума витрат, грн.
1	Wifi модуль розробника ESP32	шт.	1 шт.	275	275
2	LCD дисплей 20х4	шт.	1 шт.	259	259
3	Датчик вологості та температури DHT11	шт.	1 шт.	59	59
4	I2C модуль розширення виводів	шт.	1 шт.	39	39
5	Датчик якості повітря CCS811	шт.	1 шт.	500	500
Разом					1132

4.4 Розрахунок витрат на електроенергію

Витрати на електроенергію розраховуються за формулою:

$$З_e = W * T * S \quad (4.6)$$

де, W – потужність обладнання, кВт;

T – час роботи обладнання, год;

S – вартість електроенергії за 1 кВт·год, грн.

Згідно з підходом, який використано у прикладі, приймаємо такі значення:

— тривалість роботи обладнання – 37 год;

— потужність обладнання – 0,7 кВт/год;

— вартість 1 кВт·год електроенергії – 7 грн.

Виконавши розрахунок, отримуємо витрати на електроенергію:

$$З_e = 0,7 * 37 * 7 = 181,3$$

4.5 Визначення транспортних затрат

Транспортні витрати слід прогнозувати згідно рекомендацій у розмірі 8–10 % від загальної суми матеріальних затрат.

$$T_B = З_{м.в.} * (0.08 \dots 0,1) \quad (4.7)$$

де, $З_{м.в.}$ – загальні матеріальні витрати, грн.

$$T_B = 1132 * 0,1 = 113,2$$

Отже, транспортні витрати на реалізацію кваліфікаційної роботи становлять 113,2 грн.

					2025.КРБ.123.602.11.00.00 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.6 Розрахунок суми амортизаційних відрахувань

Для визначення амортизаційних відрахувань застосовується формула:

$$A = \frac{B_B * H_A * T}{150\%} \quad (4.8)$$

Де, B_B – балансова вартість обладнання (30000 грн);

H_A – норма амортизації (4%), прийнята відповідно до нормативів;

T – кількість годин роботи обладнання (64 год).

Підставляємо значення і розраховуємо:

$$A = \frac{30000 * 0.04 * 64}{150\%} = 512$$

Таким чином, сума амортизаційних відрахувань, що припадає на час роботи над проектом, становить 512 грн.

4.7 Обчислення накладних витрат

В залежності від організаційно-правової форми діяльності господарюючого суб'єкта, накладні витрати можуть становити 20–60 % від суми основної та додаткової заробітної плати працівників.

$$H_B = B_{o.p.} * (0,2 \dots 0,6) \quad (4.9)$$

де, $B_{o.p.}$ — загальні витрати на оплату праці, грн.

Для даного проекту приймаємо накладні витрати на рівні 40% від загальних витрат на оплату праці (основна та додаткова зарплата), які становлять 12992 грн

$$H_B = 12992 * 0,3 = 5\,289,6$$

					2025.КРБ.123.602.11.00.00 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.8 Складання кошторису витрат та визначення собівартості НДР

Собівартість (СВ) НДР розраховуємо за формулою:

$$C_B = B_{o.п.} + B_{c.з.} + Z_{м.в.} + Z_e + T_B + A + H_B \quad (4.10)$$

де:

Во.п. – загальні витрати на оплату праці (основна + додаткова заробітна плата);

Вс.з. – відрахування на соціальні заходи;

Зм.в. – матеріальні витрати;

Зе. – витрати на електроенергію;

ТВ – транспортні витрати;

А – амортизаційні відрахування;

НВ – накладні витрати.

Проведені розрахунки зведено у таблицю 4.4.

Таблиця 4.4 – Кошторис витрат на НДР

№ п/п	Стаття витрат	Сума, грн	В% до загальної суми
1	Витрати на оплату праці (основна + додаткова)	12992	51,9
2	Відрахування на соціальні заходи	4885	19,5
3	Матеріальні витрати	1132	4,5
4	Витрати на електроенергію	181,3	0,7
5	Транспортні витрати	113,2	0,4
6	Амортизаційні відрахування	512	2,
7	Накладні витрати	5289,6	21
Разом	Загальна собівартість НДР	25105,1	100%

4.9 Розрахунок ціни НДР

Ціну НДР можна визначити за формулою:

$$\text{Ц} = \text{C}_в * (1 + \text{P}_{рен}) * (1 + \text{ПДВ}) \quad (4.11)$$

де, Ц – ціна НДР, грн;

C_в – собівартість виконання НДР, грн;

P_{рен} – рівень рентабельності (приймаємо 30%);

ПДВ – податок на додану вартість (20%).

Використовуючи попередньо розраховану собівартість проекту (25105,1 грн), визначаємо ціну науково-дослідної роботи таким чином:

$$\text{Ц} = 25105,1 * 1,3 * 1,2 = 39163,96$$

4.10 Визначення економічної ефективності і терміну окупності капітальних вкладень

Ефективність виробництва – це узагальнене і повне відображення кінцевих результатів використання робочої сили, засобів та предметів праці на підприємстві за певний проміжок часу.

Прибуток визначається за формулою:

$$\text{П} = \text{Ц} - \text{C}_в \quad (4.12)$$

де, П – прибуток, грн;

Ц – ціна науково-дослідної роботи, грн;

C_в – собівартість виконання роботи, грн.

Розрахунок прибутку:

$$\text{П} = 39163,96 - 25105,1 = 14058,85$$

Економічна ефективність (E_p) визначається відношенням прибутку до собівартості виконання робіт і обчислюється за формулою:

$$E_p = \frac{\Pi}{C_v} \quad (4.13)$$

Розрахунок економічної ефективності:

$$E_p = \frac{14058,85}{25105,1} = 0,55$$

Термін окупності капітальних вкладень (T_p) визначається за формулою:

$$T_p = \frac{1}{E_p} \quad (4.14)$$

Розрахунок терміну окупності:

$$T_p = \frac{1}{0,55} = 1,81 \text{ року}$$

В даному випадку отриманий термін окупності 1,81 року є задовільним і підтверджує економічну доцільність реалізації кваліфікаційної роботи. Проведені розрахунки узагальнені у таблиці 4.5

Таблиця 4.5 - Техніко-економічні показники розробки програми

№	Показник	Одиниця виміру	
1	Собівартість	грн.	25105,1
2	Плановий прибуток	грн.	14058,85
3	Ціна	грн.	39163,96
4	Економічна ефективність	-	0,55
5	Термін окупності	роки	1,81

5 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

У сучасних умовах організація безпечного та комфортного робочого середовища є невід'ємною складовою професійної діяльності, особливо в галузі інженерно-технічних розробок. До основних чинників, що визначають якість умов праці, належать належне освітлення робочих місць, дотримання вимог електробезпеки, а також контроль за станом повітряного середовища у виробничих приміщеннях.

Роботодавці несуть відповідальність за забезпечення відповідного технічного оснащення, дотримання норм охорони праці та санітарно-гігієнічних вимог, зокрема щодо якості повітря та освітлення. Працівники, зі свого боку, повинні дотримуватись встановлених правил, спрямованих на збереження здоров'я, ефективність праці та запобігання нещасним випадкам.

Особливої актуальності ці питання набувають при виконанні високоточних робіт, таких як розробка та моделювання мікропроцесорних систем, зокрема системи «контроль мікроклімату» в приміщенні. Для такого типу діяльності важливим є забезпечення достатнього рівня освітленості згідно з вимогами ДБН В.2.5-28:2018, а також постійний моніторинг параметрів повітря робочої зони (температури, вологості, концентрації шкідливих речовин).

Метою цього розділу є обґрунтування заходів щодо організації штучного освітлення, дотримання електробезпеки та впровадження засобів контролю за станом повітряного середовища на робочому місці, що забезпечують безпечні та продуктивні умови праці.

					2025.КРБ.123.602.11.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

5.1 Розрахунок системи штучного освітлення для приміщення, де здійснюються роботи зі створення «системи контролю мікроклімату».

Освітлення на робочих місцях повинно бути достатнім та розраховане на конкретні види робіт та умови праці. Це означає, що рівень освітлення повинен бути достатнім, щоб працівники могли виконувати свої обов'язки без напруження зору та забезпечувати належну якість виконаної роботи.

Для створення сприятливих умов зорової роботи освітлення робочих приміщень має задовольняти наступним умовам:

- освітленість на робочих місцях має відповідати характеру зорової роботи;
- рівень освітленості робочих поверхонь має відповідати гігієнічним нормам для даного виду роботи згідно з ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення»;
- мають бути забезпечені рівномірність та часова стабільність рівня освітленості у приміщенні, відсутність різких контрастів між освітленістю робочої поверхні та навколишнього простору, відсутність на робочій поверхні різких тіней (особливо рухомих);
- Штучне світло, що використовується на підприємствах, за своїм спектральним складом має наближатися до природного; не створювати небезпечних та шкідливих факторів (шум, теплове випромінювання, небезпеку ураження струмом, пожежо- та вибухонебезпечність);
- бути надійним, простим в експлуатації, економічним та естетичним.

Освітлення повинно мати рівномірне розподілення світла по робочій зоні, щоб уникнути різких контрастів, тіней та зіткнень, які можуть впливати на якість зорового сприйняття працівників. Використовуйте світлові джерела, які забезпечують природні колірні властивості та не викликають блисків або рефлексій. Це сприяє зменшенню незручностей, дискомфорту та втоми зору працівників.

					2025.КРБ.123.602.11.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Для забезпечення належних умов праці в приміщенні, де здійснюються інженерні розробки та моделювання мікропроцесорної системи «контроль мікроклімату» в приміщенні, необхідно виконати розрахунок штучного освітлення. Такий розрахунок проводиться відповідно до вимог ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення».

Вхідні дані:

- Розміри приміщення: 3×4×3 м (довжина × ширина × висота) ;
- Площа приміщення: $S=3 \times 4=12 \text{ м}^2$;
- Нормована освітленість $E=300 \text{ лк}$;
- Коефіцієнт нерівномірності освітлення: $Z=1,1$;
- Коефіцієнт запасу: $K=1,5$;
- Висота підвісу світильників (розрахункова висота): $h=2,9 \text{ м}$;
- Коефіцієнт відбиття стелі: $r_{\text{стелі}}=0,6$;
- Коефіцієнт відбиття стін: $r_{\text{стін}}=0,4$;

Для визначення потрібної кількості світильників, які повинні забезпечити нормований рівень освітленості, визначимо світловий потік, що падає на робочу поверхню за формулою:

$$F = \frac{E * K * S * Z}{\eta} \quad (6.1)$$

Обчислення індексу приміщення

Індекс приміщення I визначається за формулою:

$$I = \frac{S}{h * (A + B)} = \frac{12}{20,3} \approx 0,59 \quad (6.2)$$

Знаючи індекс приміщення I , за таблицями знаходимо $\eta=0,22$. Підставимо всі значення у формулу для визначення світлового потоку F .

$$F = \frac{300 * 1,5 * 12 * 1,1}{0,18} = 33000 \text{ лм}$$

Для освітлення використані люмінесцентні лампи типу ЛБ 40-1, світловий потік яких $F = 4320 \text{ Лм}$. Розрахуємо необхідну кількість ламп у світильниках за формулою:

					2025.КРБ.123.602.11.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

$$N = \frac{F}{F_{\text{л}}} = \frac{33000}{4320} \approx 8 \quad (6.3)$$

- N - кількість ламп, що визначається;
- F - світловий потік, F = 45000 Лм;
- F_л - світловий потік лампи, F_л = 4320 Лм

В приміщенні використовуються світильники типу ОД. Кожен світильник комплектується двома лампами. Тобто необхідно використовувати 4 світильники із 8 працюючими лампами в них. Схема розташування світильників згідно розрахунків зображена на рисунку 5.1

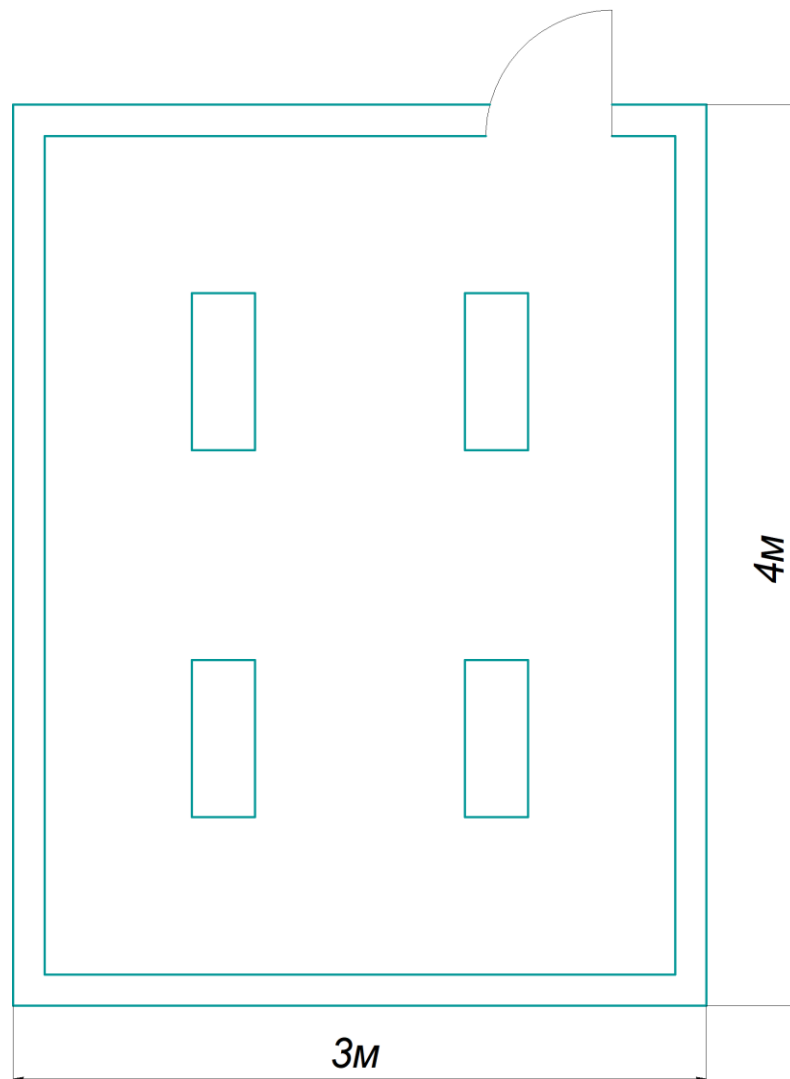


Рисунок 5.1 - план-схема розміщення світильників

5.2 Контроль за станом повітряного середовища на виробництві. Заходи та засоби попередження забруднення повітря робочої зони.

Стан повітряного середовища у виробничих приміщеннях має суттєвий вплив на здоров'я працівників, їхню працездатність і продуктивність. Забруднення повітря робочої зони шкідливими речовинами, пилом, підвищеною вологістю, температурою або концентрацією вуглекислого газу може призводити до професійних захворювань, зниження концентрації уваги та підвищення ризику помилок і травм.

Особливої актуальності питання контролю повітряного середовища набуває у приміщеннях, де здійснюється розробка систем контролю мікроклімату, зокрема при роботі з електронними компонентами, паяльним обладнанням або сенсорами газу (наприклад, MQ-135, CCS811), які самі можуть бути джерелами локальних забруднень або джерелом тепла.

Основні шкідливі фактори, що можуть виникати:

- Накопичення CO₂ в умовах недостатньої вентиляції.
- Концентрація летких органічних сполук (VOC), що можуть виділятися від матеріалів або паяння.
- Пил або дрібнодисперсні частинки.
- Температурні та вологісні коливання, що впливають на мікроклімат.

Засоби контролю:

- Системи контролю якості повітря, які фіксують рівень CO₂, CO, VOC, температури та вологості (наприклад, використання сенсорів DHT11, CCS811).
- Регулярні вимірювання параметрів повітряного середовища відповідно до нормативів (ДСН 3.3.6.042-99).
- Протоколи обліку та аналізу даних, які дозволяють оцінювати динаміку змін параметрів мікроклімату.

					2025.КРБ.123.602.11.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Заходи попередження забруднення:

- Організація припливно-витяжної вентиляції з можливістю керування (вручну або автоматизовано).
- Локальні витяжки над джерелами викидів (наприклад, паяльними станціями).
- Використання очищувачів повітря з фільтрами HEPA або вугільними фільтрами.
- Контроль вологості і температури в межах оптимальних для електроніки та людини значень (температура 20–24 °С, відносна вологість 40–60%).
- Заміна або герметизація матеріалів, що можуть виділяти токсичні випари.

Забезпечення чистоти та стабільності параметрів повітряного середовища є невід'ємною складовою охорони праці, профілактики професійних захворювань і передумовою для якісного виконання інженерно-технічних завдань.

					2025.КРБ.123.602.11.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

ВИСНОВКИ

У ході виконання даної кваліфікаційної роботи було розроблено ефективний алгоритм збору, обробки та передачі даних мікроклімату за допомогою мікроконтролера ESP32 із використанням датчиків DHT11 та CCS811. Розроблено програмний код, що забезпечує стабільне зчитування показників температури, вологості та якості повітря та їх передачу на сервер для подальшої обробки та візуалізації через веб-інтерфейс.

У межах проекту реалізовано методику перевірки функціонування електронного пристрою, яка дозволяє виявляти проблеми, що можуть виникнути під час експлуатації, забезпечуючи надійність роботи пристрою в реальних умовах.

Особлива увага приділена питанням безпеки життєдіяльності. Розроблено заходи щодо організації штучного освітлення в робочому приміщенні та забезпечення контролю за станом повітряного середовища. Це дозволяє створити комфортні та безпечні умови праці при експлуатації пристрою.

У рамках економічної частини виконано планування науково-дослідної роботи із розподілом на окремі стадії. Термін окупності зіставив 1,18 року, що є позитивним показником ефективності інвестицій.

У процесі розробки створено низку схем, які відображають різні аспекти проєкту:

- Структурна схема пристроїв для опису апаратної частини;
- Структурна схема серверної частини для опису внутрішньої структури;
- Алгоритм роботи системи логіка взаємодії всіх компонентів;
- Електрична принципова для ілюстрації принципу дії;
- Економіко-технічні показники для оцінки доцільності впровадження;
- Плакат-графік змін мікроклімату.

					2025.КРБ.123.602.11.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Best watch UKC HTC-1 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://diamondss.com.ua/ua/p2080483438-tsifrovoj-termogigrometr-vlagomer.html>
2. Кишеньковий клімат-монітор [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://projecthub.arduino.cc/ebvlesrkd/pocket-climate-monitor-with-blynk-536c79>
3. Монітор мікроклімату Walcom HT-2008 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://stryj.prom.ua/ua/p1450756648-monitor-mikroklimata-walcom.html?&primelead=M41> Arduino UNO R3: <https://arduino.ua/prod2610-arduino-uno-r3-ch340>
4. I2C модуль розширення виводів Arduino для підключення LCD дисплея на PCF 8574T [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://arduino.ua/prod1790-iici2cinterfeis-lcd1602-2004>
5. Документація бібліотеки Adafruit_LiquidCrystal.h [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://github.com/adafruit/Adafruit_LiquidCrystal
6. Документація по javascript [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://devdocs.io/javascript/>
7. Документація по PHP [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.php.net/manual/en/>
8. Документація по jsDelivr для відображення графіку [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.jsdelivr.com/documentation>
9. LCD дисплей 20x4 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://arduino.ua/prod1932-lcd-2004-i2c-simvolnii-displei-20x4-jeltii>
10. Датчик якості повітря, со2, вуглекислого газу (CCS811) [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ardu.prom.ua/ua/p1007974201-datchik-kachestva-vozduha.html>

					2025.КРБ.123.602.11.00.00 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

Додаток А. Код Wifi модуля ESP32

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

// ===== DHT11 =====
#define DHTPIN 4
#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

// ===== MQ-135 =====
#define MQ135_PIN 34

// ===== Wi-Fi =====
const char* ssid = "TP-Link_C412";
const char* password = "30102003";

// ===== Сервер =====
const char* server = "http://192.168.0.101/post-esp.php";
const char* api_key = "tPmAT5Ab3j7F9";

void setup() {
    Serial.begin(115200);
    delay(1000);
    dht.begin();
}
```

					2025.КРБ.123.602.11.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

```

void loop() {
    float temperature = dht.readTemperature();
    float humidity = dht.readHumidity();
    int analogValue = analogRead(MQ135_PIN);

    if (isnan(temperature) || isnan(humidity)) {
        Serial.println("Помилка зчитування з DHT11");
        delay(10000);
        return;
    }

    Serial.printf("T: %.1f°C | H: %.1f%% | MQ135: %d\n", temperature,
humidity, analogValue);

    WiFi.begin(ssid, password);
    Serial.print("Підключення до WiFi");
    int attempts = 0;
    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED && attempts < 20) {
        delay(500);
        Serial.print(".");
        attempts++;
    }

    if (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
        Serial.println("\nWiFi не підключено!");
    } else {
        Serial.println("\nWiFi підключено!");
        Serial.println(WiFi.localIP());
    }
}

```

```

HTTPClient http;
http.begin(server);
http.addHeader("Content-Type", "application/x-www-form-urlencoded");

String postData = "api_key=" + String(api_key) +
    "&value1=" + String(temperature, 1) +
    "&value2=" + String(humidity, 1) +
    "&value3=" + String(analogValue);

int responseCode = http.POST(postData);

if (responseCode > 0) {
    String response = http.getString();
    Serial.println("Відповідь сервера: " + response);
} else {
    Serial.print("Помилка HTTP: ");
    Serial.println(responseCode);
}

http.end();
WiFi.disconnect(true);
WiFi.mode(WIFI_OFF);
}

delay(60000); // Затримка
}

```

					2025.КРБ.123.602.11.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Додаток Б. Post-код серверної сторони

```
<?php
```

```
$servername = " ";
```

```
$dbname = "ESP";
```

```
$username = " ";
```

```
$password = " ";
```

```
$api_key_value = "tPmAT5Ab3j7F9";
```

```
$api_key = $value1 = $value2 = $value3 = "";
```

```
if ($_SERVER["REQUEST_METHOD"] == "POST") {
```

```
    $api_key = test_input($_POST["api_key"]);
```

```
    if ($api_key == $api_key_value) {
```

```
        $value1 = test_input($_POST["value1"]); // Temperature
```

```
        $value2 = test_input($_POST["value2"]); // Humidity
```

```
        $value3 = test_input($_POST["value3"]); // AirQuality
```

```
        // Create connection
```

```
        $conn = new mysqli($servername, $username, $password, $dbname);
```

```
        // Check connection
```

```
        if ($conn->connect_error) {
```

```
            die("Connection failed: " . $conn->connect_error);
```

```
        }
```

```
        $sql = "INSERT INTO AirMonitor (Temperature, Humidity, AirQuality)
```

					2025.КРБ.123.602.11.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

```
VALUES ('$value1', '$value2', '$value3');
```

```
if ($conn->query($sql) === TRUE) {  
    echo "New record created successfully";  
} else {  
    echo "Error: " . $sql . "<br>" . $conn->error;  
}
```

```
$conn->close();  
} else {  
    echo "Wrong API Key provided.";  
}  
} else {  
    echo "No data posted with HTTP POST."  
}
```

```
function test_input($data) {  
    $data = trim($data);  
    $data = stripslashes($data);  
    $data = htmlspecialchars($data);  
    return $data;  
}  
?>
```

					2025.КРБ.123.602.11.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Поз. познач.		Найменування			Кіл.	Примітка		
		Wi-Fi Мікроконтролер				.		
DD3		ESP32-WROOM-32			1			
		Датчики						
DD1		CCS811 - виробник SAMIORE ROBOT			1			
DD2		DHT11 – виробник Peacefair			1			
		Дисплей						
DD4		LCD дисплей (I2C) 20x4 –виробник Espressif			1			
		Роз’єм						
XS1		PLS-40 (KLS1-207-1-40-S)			1			