

Галицький фаховий коледж імені В'ячеслава Чорновола  
відділення комп'ютерних технологій  
циклова комісія інформатики та комп'ютерних дисциплін

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач відділення  
комп'ютерних технологій  
Наталія СТЕФУРАК / \_\_\_\_\_ /  
підпис  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

### ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи  
освітньо-професійного ступеня «фаховий молодший бакалавр»  
зі спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»  
на тему:  
«Система контролю якості повітря в тимчасовому укритті»

Студент групи КІ-41	Анна БУКАТА	_____
		(підпис)
Керівник роботи	Ольга ПОСВЯТОВСЬКА	_____
		(підпис)
Консультанти: з техніко-економічного обґрунтування	Любов МЕЛЕНЧУК	_____
		(підпис)
Нормоконтролер	Ольга СЛЄПЦОВА	_____
		(підпис)

Тернопіль – 2024

Галицький фаховий коледж імені В'ячеслава Чорновола  
відділення комп'ютерних технологій  
циклова комісія інформатики та комп'ютерних дисциплін

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач відділенням  
комп'ютерних технологій

Наталія СТЕФУРАК / \_\_\_\_\_ /

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ підпис  
2023 р.

ЗАВДАННЯ  
на кваліфікаційну роботу  
на здобуття освітньо-професійного ступеня «фаховий молодший бакалавр»  
студенту Букаті Анні Василівній  
\_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я та по-батькові студента)

1. Тема роботи Система контролю якості повітря в тимчасовому укритті  
затверджена наказом по коледжу від "27" листопада 2023 р., №234а-н

2. Термін здачі студентом завершеної роботи "28" червня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи актуальні технології та методи контролю  
якості повітря, наявні рішення на ринку

4. Перелік питань, які повинні бути розроблені в роботі:

а) основна частина дослідження предметної області, формалізація вимог  
до системи, проєктування структури, проєктування алгоритму роботи  
системи, реалізація та тестування системи

б) техніко-економічне обґрунтування аналіз ринку збуту продукту,  
дослідження системи та кошторису його реалізації; підрахунок загальної  
вартості розробки системи,

5. Перелік графічного матеріалу функціональна схема системи, структурна  
схема системи, схема підключення компонентів, електрична схема з'єднання  
елементів

## 6. Консультанти роботи

МЕЛЕНЧУК Л.І.

Розділ	Консультанти	Підпис, дата	
		Завдання видано	Завдання прийнято
з техніко-економічного обґрунтування	Меленчук Л.І. вчена ступінь, звання		
	П.І.П. консультанта		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН  
кваліфікаційного проектування

№ п/п	Найменування етапу	Терміни	
		початку	завершення
1.	Вибір теми, ознайомлення з вимогами до кваліфікаційної роботи.	23.11.2023	01.12.23
2.	Дослідження предметної області, огляд типових рішень.	02.12.2023	05.02.2024
3.	Дослідження технологій реалізації..	29.01.2024	07.02.2024
4.	Розробка функціональних вимог до проекту та робота над структурою системи.	08.02.2024	01.03.2024
5.	Проектування системи та підготовка відповідного графічного матеріалу.	03.03.2024	05.04.2024
6.	Встановлення та налаштування середовища реалізації.	18.03.2024	08.04.2024
7.	Реалізація системи та написання відповідного розділу.	09.04.2024	09.05.2024
8.	Доопрацювання апаратної складової.	10.05.2024	16.05.2024
9.	Опрацювання економічного розділу кваліфікаційної роботи та оформлення спеціального розділу.	11.03.2024	03.05.2024
10.	Тестування системи та усунення недоліків.	17.05.2024	31.05.2024
11.	Робота над оформленням пояснювальної записки.	01.06.2024	18.06.2024
12.	Попередній захист кваліфікаційної роботи, доопрацювання.	18.06.2024	18.06.2024
13.	Підготовка до захисту кваліфікаційної роботи.	19.06.2024	27.06.2024
14.	Захист кваліфікаційної роботи.	28.06.2024	28.06.2024

Дата видачі “27” листопада 2023р. Керівник \_\_\_\_\_ / Ольга ПОСВЯТОВСЬКА

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ / Анна БУКАТА



## Реферат

Кваліфікаційна робота. Система контролю якості повітря в тимчасовому укритті. 67 с, 18 рисунків, 3 додатки, 10 джерел.

Система для контролю якості повітря в тимчасовому укритті, яка передбачає проектування та розробку на базі мікроконтролера Arduino з використанням сенсорів та технологій Інтернету речей для забезпечення здорових і безпечних умов перебування людей під час надзвичайних ситуацій.

Метою проєкту є розробка системи контролю якості повітря в тимчасовому укритті для моніторингу та відображення параметрів повітря, таких як рівень CO<sub>2</sub>, формальдегіду, пилу, температура та вологість, з метою забезпечення безпеки та комфорту людей під час кризових ситуацій.

Система повинна бути реалізована у вигляді фізичного пристрою на основі мікроконтролера Arduino, до якого підключені сенсори для вимірювання різних параметрів повітря.

Основними аспектами роботи цієї системи є точність моніторингу параметрів повітря та забезпечення швидкої та коректної реакції на зміни якості повітря, щоб захистити здоров'я людей у тимчасових укриттях. Інтеграція з мобільними додатками дозволить отримувати дані в режимі реального часу.

В ході розробки цього проєкту було використано багато теоретичних знань та практичних навичок у роботі з мікроконтролерами, сенсорами, технологіями Інтернету речей, а також у написанні алгоритмів обробки даних мовою програмування C++ для Arduino.

Результатом проєкту є готова до використання система контролю якості повітря, яка може бути встановлена у тимчасових укриттях для забезпечення безпеки та комфорту людей під час кризових ситуацій.

СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ, ARDUINO, ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ, СЕНСОРИ, ТИМЧАСОВЕ УКРИТТЯ, БЕЗПЕКА, ЗДОРОВ'Я, MONITORING



## Abstract

Qualification work. Air quality control system in a temporary shelter. 67 p., 18 figures, 3 appendices, 10 sources.

A system for monitoring air quality in a temporary shelter, which involves the design and development of a microcontroller based on the Arduino microcontroller using sensors and Internet of Things technologies to ensure healthy and safe conditions for people during emergencies.

The aim of the project is to develop an air quality control system in a temporary shelter to monitor and display air parameters such as CO<sub>2</sub>, formaldehyde, dust, temperature, and humidity to ensure the safety and comfort of people during crisis situations.

The system is to be implemented as a physical device based on an Arduino microcontroller, to which sensors are connected to measure various air parameters.

The main aspects of this system are the accuracy of air monitoring and the provision of a quick and correct response to changes in air quality to protect the health of people in temporary shelters. Integration with mobile applications will allow real-time data to be obtained.

The development of this project involved a lot of theoretical knowledge and practical skills in working with microcontrollers, sensors, Internet of Things technologies, as well as writing data processing algorithms in the C++ programming language for Arduino.

The result of the project is a ready-to-use air quality monitoring system that can be installed in temporary shelters to ensure the safety and comfort of people during crisis situations.

AIR QUALITY CONTROL SYSTEM, ARDUINO, INTERNET OF THINGS, SENSORS, TEMPORARY SHELTER, SAFETY, HEALTH, MONITORING

## ЗМІСТ

Скорочення і умовні позначки.....	8
Вступ.....	9
1 Аналіз існуючих рішень та постановка завдання для системи контролю якості повітря в тимчасовому укритті .....	10
1.1 Дослідження предметної області.....	10
1.2 Обґрунтування вибору теми .....	11
1.3 Актуальні технології та методи контролю якості повітря. ....	12
1.4 Аналіз типових рішень для систем контролю якості повітря. ....	13
2 Проєктування системи контролю якості повітря в тимчасовому укритті .....	20
2.1 Формалізація вимог до системи контролю якості повітря в тимчасовому укритті .....	20
2.2 Проєктування структури системи .....	23
2.3 Проєктування алгоритму роботи системи контролю якості повітря в тимчасовому укритті.....	27
2.4 Аналіз варіантів роботи з системою контролю якості повітря в тимчасовому укритті.....	28
3 Реалізація та тестування системи контролю якості повітря в тимчасовому укритті .....	30
3.2 Вибір засобів реалізації для системи контролю якості повітря в тимчасовому укритті .....	32
3.1 Реалізація електричної схеми для системи контролю якості повітря в тимчасовому укритті.....	38

					<i>КР. КІ 24.527.01.000 ПЗ</i>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Буката А.В.			ГФКім, ВЧ, ВКТ, ЦК ІтаКД, гр. КІ-41		
Перев.		Посвятовська О.Б.					
Рецензет.		Павлюс В.П.					
Н. Контр.		Слепцова О.Я.					
Зав. від.		Стефурак Н.А.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						6	



3.3 Реалізація механічної структури для системи контролю якості повітря в тимчасовому укритті.....	41
3.4 Реалізація програмного забезпечення для системи контролю якості повітря в тимчасовому укритті.....	43
3.5 Тестування роботи системи контролю якості повітря в тимчасовому укритті .....	47
4 Економічна частина .....	52
4.1 Аналіз ринку збуту продукту.....	52
4.2 Розрахунок витрат на проєктування системи контролю якості повітря в тимчасовому укритті.....	53
4.3 Детальний розрахунок витрат на проєктування системи контролю якості повітря в тимчасовому укритті .....	54
4.4 Обґрунтування необхідності розробки системи контролю якості повітря в тимчасовому укритті.....	56
Висновки .....	58
Перелік джерел посилання .....	60

## СКОРОЧЕННЯ І УМОВНІ ПОЗНАКИ

IoT — Інтернет речей

PWM — Широтно-імпульсна модуляція

UART — Універсальний асинхронний прийомопередавач

I2C — Інтер-інтегральна схема

SPI — Послідовний периферійний інтерфейс

ADC — Аналого-цифровий перетворювач

DAC — Цифро-аналоговий перетворювач

GPIO — Загальні входи/виходи

BLE — Bluetooth Low Energy

MHz — Мегагерц

ppm — Частинок на мільйон

DHT — Цифровий датчик температури і вологості

IDE — Інтегроване середовище розробки

MH-Z19B — Інфрачервоний датчик вуглекислого газу

ESP32 — Потужний мікроконтролер з підтримкою Wi-Fi та Bluetooth

Arduino — Платформа для розробки електронних проектів

ThingSpeak — Платформа IoT для збору і аналізу даних

Fritzing — Програма для створення електронних прототипів

BIOS — Основна система вводу/виводу



## ВСТУП

Зважаючи на сучасні реалії, багато людей в нашій державі змушені користуватися тимчасовими укриттями. Одним із ключових аспектів, який потребує уваги, є якість повітря у таких укриттях. Зокрема, забруднене повітря може становити серйозну загрозу здоров'ю людей, особливо у вже складних умовах війни. Тому розробка та впровадження систем контролю якості повітря в тимчасових укриттях є насувною потребою, яка сприятиме створенню безпечного та комфортного середовища для перебування людей, що регулярно користуються укриттям.

Враховуючи важливість цього завдання, необхідно ретельно розглядати всі аспекти контролю якості повітря в тимчасових укриттях та вживати ефективних заходів для його вирішення. Один із способів досягнення цієї мети - це використання передових технологій та систем моніторингу, які дозволять в реальному часі контролювати рівні забруднення повітря та вчасно реагувати на будь-які небезпечні ситуації.

Тільки завдяки комплексному підходу та спільним зусиллям можна забезпечити безпеку та комфорт для тих, хто перебуває в тимчасових укриттях під час воєнного конфлікту.

З огляду на це, метою даної кваліфікаційної роботи є реалізація актуальної системи контролю якості повітря в тимчасовому укритті.

					<i>КР. КІ 24.527.01.000 ПЗ</i>	9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ ДЛЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ В ТИМЧАСОВОМУ УКРИТТІ

## 1.1 Дослідження предметної області

Тимчасові укриття в сучасних умовах використовуються в різних випадках, включаючи військові дії, надзвичайні ситуації та масові заходи. Однак, якість повітря у таких укриттях може бути під загрозою через різні фактори, що можуть включати в себе викиди газів, диму, пилу та інші шкідливі речовини. Використання системи контролю якості повітря стає критично важливою для забезпечення безпеки та комфорту тих, хто перебуває в таких умовах.

Ключовими аспектами системи контролю якості повітря можуть бути:

- Використання датчиків для постійного моніторингу складу повітря в укритті. Ці сенсори можуть виявляти різні шкідливі речовини та передавати дані на систему моніторингу.
- В подальшому розробка та впровадження ефективних систем фільтрації та вентиляції, які здатні видаляти шкідливі речовини з повітря та забезпечувати постачання свіжого повітря у внутрішні приміщення.
- Використання систем автоматизованого управління для контролю параметрів якості повітря та автоматичного виконання необхідних дій для покращення цієї якості.
- Забезпечення навчання та підготовки персоналу, який відповідає за обслуговування та моніторинг систем контролю якості повітря.

Методи реалізації системи контролю якості повітря:

- Використання передових технологій датчиків та Інтернету речей для забезпечення постійного моніторингу та збору даних про якість повітря.
- Вивчення та впровадження передових технологій фільтрації та вентиляції для забезпечення безпечного та комфортного середовища.

					КР. КІ 24.527.01.000 ПЗ	10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



– Підключення систем контролю якості повітря до центральних систем автоматизації для автоматичного управління та реагування на зміни у якості повітря.

– Проведення тренінгів та навчання персоналу щодо ефективного використання та обслуговування систем контролю якості повітря, а також розробка планів дій для випадку надзвичайних ситуацій.

Розробка та впровадження системи контролю якості повітря в тимчасових укриттях є надзвичайно важливим завданням, яке має вирішити проблеми забезпечення безпеки та комфорту тих, хто перебуває в таких умовах. Застосування передових технологій, ефективного управління та навчання персоналу є ключовими елементами успішної реалізації цієї системи. Тільки комплексний підхід та спільні зусилля можуть забезпечити створення безпечного та здорового середовища для тих, хто перебуває в тимчасових укриттях.

## 1.2 Обґрунтування вибору теми

Під час воєнних конфліктів люди змушені шукати притулок у тимчасових укриттях, щоб захистити себе від обстрілів та інших небезпек. Однак, якість повітря в таких укриттях може стати серйозним питанням, оскільки пил, гази та інші шкідливі речовини можуть потрапляти в укриття, загрожуючи здоров'ю людей.

У воєнних умовах швидке та ефективне вирішення проблеми якості повітря в тимчасових укриттях стає критичним. Невідкладність ситуації потребує комплексного підходу до розробки та впровадження системи. Забезпечення безпечних та комфортних умов перебування для людей, які зазнають воєнних дій, є не лише питанням безпеки, але й питанням гуманітарної допомоги та захисту прав людини.

Забруднене повітря може призвести до різних медичних проблем, таких як захворювання дихальних шляхів, алергії та інші захворювання. Система

					КР. КІ 24.527.01.000 ПЗ	11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

контролю якості повітря може допомогти у запобіганні таких проблем та збереженні здоров'я людей.

Отже, розробка та реалізація Системи контролю якості повітря в тимчасовому укритті у контексті військових дій в Україні обґрунтована необхідністю забезпечення безпеки, здоров'я та комфорту людей, що перебувають у таких умовах.

### 1.3 Актуальні технології та методи контролю якості повітря.

Одним із ефективних методів є встановлення систем вентиляції, які забезпечують постійний обмін повітря в укритті, що дозволяє видалити забруднене повітря та подавати свіже. Ці системи можуть бути обладнані фільтрами, які здатні утримувати шкідливі частки та аерозолі, що забезпечує покращення якості повітря [1].

Іншим ефективним методом є використання систем фільтрації повітря, які можуть бути встановлені в приміщенні для очищення повітря від шкідливих речовин та забруднювачів. Ці фільтри можуть мати різні ступені ефективності та можуть бути підібрані залежно від типу забруднень, що присутні у конкретному укритті.

Також можуть використовуватися датчики моніторингу якості повітря, які автоматично вимірюють рівень забруднення та сповіщають про будь-які відхилення від норми. Це дозволяє оперативно виявляти проблеми з якістю повітря та вживати заходів для їх вирішення. Датчики можуть бути підключені до центральної системи управління, що дозволяє здійснювати моніторинг якості повітря в реальному часі та приймати необхідні рішення для забезпечення безпеки мешканців [2].

В загальному системи контролю якості повітря мають як переваги, так і недоліки.

Детальніше про переваги та недоліки системи контролю наведено в таблиці 1.1.

					КР. КІ 24.527.01.000 ПЗ	12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Таблиця 1.1 – Переваги та недоліки системи контролю якості повітря в тимчасовому укритті

Переваги	Недоліки
Забезпечує безпеку та комфорт перебування в умовах воєнного конфлікту або надзвичайних ситуацій	Високі витрати на розробку та впровадження системи
Запобігає проблемам зі здоров'ям, які пов'язані з погіршенням якості повітря	Потребує регулярного обслуговування та технічного обслуговування
Підвищує ефективність захисту населення від шкідливих речовин	Можливість технічних неполадок та відмов обладнання
Допомагає зберегти здоров'я та життя людей, що перебувають в укриттях	Необхідність відповідної інфраструктури для впровадження системи
Може бути інтегрована з існуючими системами безпеки та автоматизації	Можливість несумісності з існуючими укриттями або їх обладнанням

Отже, при реалізації такої системи потрібно при всіх наведених перевагах мінімізувати виявлені недоліки.

#### 1.4 Аналіз типових рішень для систем контролю якості повітря.

На ринку є достатня кількість компаній, які займаються розробкою систем контролю якості повітря.

Однією з таких є компанія Tuua котра є провідним глобальним постачальником рішень Інтернету речей (IoT). Компанія спеціалізується на розробці інноваційних платформ для забезпечення зв'язку та керування пристроями через Інтернет. Її продукти та послуги охоплюють різні галузі, включаючи розумний дім, освітлення, електроніку споживання та багато інших. Tuua надає рішення як для кінцевих користувачів, так і для виробників пристроїв,

що дозволяє останнім швидко впроваджувати функціональність IoT у свої продукти. Вони також активно співпрацюють з іншими компаніями на ринку IoT для спільного розвитку та впровадження нових технологій. TuYa враховує вимоги щодо безпеки, забезпечуючи захист від потенційних загроз та вразливостей.

Також компанія розробляє продукти для систем контролю якості повітря. Одним з таких є датчик якості повітря TuYa що зображений на рис.1.1.



Рисунок 1.1 - Датчик якості повітря TuYa

Він є частиною екосистеми продуктів для розумного дому, розробленої компанією TuYa. Цей датчик призначений для вимірювання різних параметрів повітря в приміщенні, що дозволяє користувачам моніторити та контролювати якість повітря у реальному часі. Також він може вимірювати рівень забруднення повітря такими шкідливими речовинами, як діоксид вуглецю (CO<sub>2</sub>), формальдегід, вологість та інші. Датчик якості повітря TuYa зазвичай підключається до домашньої Wi-Fi мережі, що дозволяє користувачам отримувати інформацію про якість повітря через мобільний застосунок або інші засоби зв'язку. Він може надсилати сповіщення користувачам у випадку

					КР. КІ 24.527.01.000 ПЗ	14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



виявлення вищих рівнів забруднення або інших проблем з якістю повітря. Датчик має компактний дизайн і може бути легко розміщений в будь-якому приміщенні для постійного моніторингу якості повітря. Він може бути використаний вдома, в офісі, в класах, лабораторіях та інших приміщеннях, де важлива якість повітря. Датчик якості повітря Тиуа може бути інтегрований з іншими розумними пристроями для автоматичного керування системами вентиляції, очищення повітря та іншими пристроями для покращення якості повітря. Він може допомогти користувачам забезпечити здорове та комфортне середовище для життя та роботи, спостерігаючи та контролюючи рівень забруднення та вологості повітря.

Пристрій можна замовити на офіційному сайті. Його вартість на час дослідження складає - 620 гривень [3]. Це досить доступна ціна для більшості користувачів, зважаючи на функції які виконує цей датчик. Варто зазначити, що датчик має деякі недоліки, що варто врахувати перед покупкою. По-перше, деякі користувачі скаржаться на обмежений функціонал порівняно з конкурентними моделями. Крім того, можливі проблеми зі стабільністю зв'язку між датчиком та іншими смарт-пристроями, що може вплинути на його надійність.

Також на ринку представлені датчики компанії Airthings. Airthings - це виробник різноманітних датчиків якості повітря та радону для дому та комерційних приміщень. Компанія спеціалізується на розробці та виробництві продуктів, які допомагають контролювати рівень шкідливих речовин у повітрі для забезпечення здорового середовища. Вони випускають широкий асортимент датчиків, включаючи датчики для вимірювання рівня радону, вологості, температури, діоксиду вуглецю та інших параметрів повітря. Вони також надають користувачам можливість віддалено моніторити дані за допомогою спеціального застосунку або веб-платформи. Їхні продукти широко використовуються як в домашніх, так і в комерційних умовах, допомагаючи користувачам контролювати та поліпшувати якість повітря для забезпечення здоров'я та комфорту.

Датчик якості повітря Airthings 292 Wave Mini котрий зображений на рисунку 1.2 - це компактний пристрій, призначений для моніторингу рівня шкідливих речовин у повітрі в приміщенні.



Рисунок 1.2 - Датчик якості повітря Airthings 292 Wave Mini

Він має можливість вимірювати рівень радону, вологості та температури. Wave Mini дозволяє користувачам в режимі реального часу отримувати інформацію про якість повітря за допомогою світлових і звукових сигналів. Цей пристрій оснащений датчиком руху, який активує відображення даних на дисплеї при наближенні руки. Дані, зібрані Wave Mini, можуть бути відстежені через спеціальний застосунок для смартфонів, що дозволяє користувачам аналізувати та відстежувати зміни в якості повітря у реальному часі. Пристрій також може надсилати сповіщення користувачеві у випадку виявлення високого рівня радону або інших проблем з якістю повітря. Wave Mini має стильний та сучасний дизайн, що легко вписується в будь-який інтер'єр. Він може бути розміщений на столі, полиці або на стіні завдяки вбудованому кріпленню. Цей пристрій є корисним інструментом для тих, хто прагне забезпечити безпеку та комфорт в своєму житті, вчасно реагуючи на потенційно шкідливі умови у повітрі.



Датчик має свої недоліки, які важливо врахувати перед покупкою. Користувачі зауважують обмежені можливості моніторингу порівняно з іншими пристроями на ринку, а також вказують на можливі проблеми з точністю вимірювань. Є також обмеженість в можливостях підключення до інших смарт-пристроїв та систем управління середовищем. Не всім користувачам подобається інтерфейс користувача, який може бути менш зрозумілим, що ускладнює налаштування та використання пристрою. Також варто враховувати обмежений технічний супровід або підтримку у разі виникнення проблем.

На момент проведення аналізу типових рішень коштує такий датчик 2 812 гривень [4].

Ще одна компанія яка спеціалізується на виробництві розумних пристроїв для дому та електроніки споживання є Xiaomi. Ця компанія виробляє широкий спектр продуктів для розумного дому, включаючи розумні датчики, камери, освітлення, пристрої безпеки та багато інших. Продукція Xiaomi відома своєю високою якістю та доступністю для широкого кола споживачів. Багато пристроїв Xiaomi працюють під управлінням платформи Mi Home, яка дозволяє користувачам керувати своїми розумними пристроями через мобільний застосунок. Компанія постійно розширює свій асортимент розумних пристроїв, удосконалюючи їхні функціональність та зручність використання. Продукція Xiaomi часто відрізняється доступною ціною, що робить її привабливим варіантом для тих, хто хоче почати впровадження розумного дому. Компанія активно працює над розвитком інноваційних технологій у сфері розумного дому, таких як штучний інтелект та машинне навчання. У багатьох країнах Xiaomi стала одним з лідерів у галузі розумного дому, завойовуючи популярність серед користувачів за доступні ціни та надійність продуктів.

Аналізатор повітря Xiaomi ClearGrass Air Monitor White що зображений на рисунку 1.3 є одним із продуктів компанії Xiaomi, спрямованим на моніторинг якості повітря у приміщеннях.



Рисунок 1.3 - Аналізатор повітря Xiaomi ClearGrass Air Monitor White

Він оснащений дисплеєм, на якому можна переглядати поточні показники якості повітря. Цей пристрій може бути підключений до смартфона через бездротові технології, такі як Bluetooth або Wi-Fi, для віддаленого моніторингу. Застосунок Mi Home дозволяє користувачам переглядати дані та отримувати сповіщення про якість повітря. Аналізатор повітря також може надсилати сповіщення в разі перевищення певних порогових значень забруднення повітря. Він інтегрується з іншими розумними пристроями в екосистемі Xiaomi, що дозволяє автоматизувати процеси керування забезпеченням чистого повітря. Високоякісні датчики, встановлені в пристрої, забезпечують точність вимірювань і надійність роботи. Аналізатор повітря має стильний та сучасний дизайн, що дозволяє йому добре виглядати в будь-якому інтер'єрі. Його компактні розміри роблять його практичним і легко застосованим в будь-якому приміщенні. Велика кількість користувачів висловлюють позитивні відгуки про ефективність та надійність пристрою. Доступна ціна робить цей аналізатор повітря привабливим варіантом для широкого кола користувачів. Його



функціональність допомагає покращити якість повітря в будинку або офісі, що сприяє здоров'ю та комфорту.

Вартість даного пристрою на момент написання роботи становить - 6750 гривень [5].

Аналізатор повітря Xiaomi ClearGrass Air Monitor White має кілька недоліків, які важливо врахувати перед його придбанням. Деякі користувачі відзначають обмежені можливості звітності та аналізу даних, що забезпечує аналізатор повітря. Також може виникати проблема з швидкістю реакції на зміни у якості повітря, що ускладнює вчасне реагування на небезпеку. Крім того, деякі відгуки свідчать про можливі проблеми з довготривалою надійністю роботи пристрою та тривалістю його життєвого циклу, що може вплинути на витрати на обслуговування та заміну.

Аналіз типових рішень для систем контролю якості повітря показує, що на ринку існує значна кількість виробників, які пропонують різноманітні пристрої для моніторингу якості повітря. Компанії, такі як Tuuya, Airthings та Xiaomi, пропонують продукти, що задовольняють різні потреби користувачів, від домашнього використання до комерційних приміщень. Проте розробка власного пристрою дозволить інтегрувати з його з різноманітними пристроями та розширить діапазон використовуваних приладів.

## 2 ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ В ТИМЧАСОВОМУ УКРИТТІ

### 2.1 Формалізація вимог до системи контролю якості повітря в тимчасовому укритті

Технічні вимоги системи вказують на конфігурацію, яка дозволить обладнанню працювати впевнено та ефективно. Неспівпадіння з цими специфікаціями може призвести до проблем під час установки або зниження продуктивності. Створення вимог включає ряд кроків: виявлення та аналіз потреб, перевірка їх цілісності, документація та тестування.

Система контролю якості повітря - це обладнання, що спроектоване для точного вимірювання рівнів забруднення повітря в умовах тимчасового укриття. Це надзвичайно важливий інструмент, який забезпечить користувачеві відповідну інформацію на екрані у режимі реального часу.

Проведений аналіз дає підстави зробити ключовими наступні параметри для оптимальної роботи системи контролю якості повітря: перший - висока точність вимірювань, щоб забезпечити надійні дані про забруднення повітря; другий - швидка реакція та обробка інформації, щоб оперативно реагувати на зміни в якості повітря; третій - зручний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, щоб оператор міг легко користуватися системою без додаткового навчання; четвертий - стійкість до впливу зовнішніх факторів, таких як температура та вологість, для забезпечення надійної роботи пристрою в різних умовах експлуатації.

Портативні та стаціонарні пристрої оцінюються за параметрами, такими як діапазон вимірів, порогова чутливість, точність та стабільність вимірювань.

Обладнання має контролювати рівень шкідливих речовин у повітрі, таких як CO<sub>2</sub>, формальдегід, пил та інші, що мають негативний вплив на здоров'я людей. Воно також має забезпечувати безперервний контроль за температурою та вологістю повітря у тимчасовому пристрої. На обладнанні повинно бути

					КР. КІ 24.527.01.000 ПЗ	20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



автоматичне звукове сповіщення та повідомлення, коли рівень шкідливих речовин або небезпечних умов перевищує встановлені норми. Має бути можливість зберігання та аналізу даних про якість повітря протягом тривалого періоду для подальшого аудиту та вдосконалення її роботи. Можливість підключення додаткових датчиків або пристроїв для збільшення функціональності та точності моніторингу теж повинна бути передбачена. Обладнання в перспективі потрібно інтегрувати з системою вентиляції та кліматичного контролю для автоматичного реагування на виявлені зміни у якості повітря. Воно повинно працювати без перебоїв навіть у разі відключення електропостачання, використовуючи резервні джерела живлення або батареї.

Основними характеристиками цього пристрою повинно бути автоматичне вимірювання показників забруднення по таким параметрам, як концентрація пилу, температура, а також концентрація вуглекислого газу. Це дозволяє забезпечити точну та своєчасну інформацію про стан повітря в приміщенні [6].

Ключовою особливістю цього обладнання має бути можливість звукового сповіщення та текстового інформування користувача при перевищенні допустимих показників. Це забезпечує своєчасне реагування і дозволяє приймати необхідні міри для покращення якості повітря.

Також важливо відмітити, що ця система контролю якості повітря має бути достатньо надійною і здатною працювати в автономному режимі протягом тривалого часу. Це означає, що вона повинна мати високу енергоефективність і можливість використання альтернативних джерел живлення у випадку відключення електроенергії. Для досягнення високої енергоефективності системи контролю якості повітря необхідно впроваджувати різноманітні стратегії енергозбереження, такі як регулювання режимів сну, вимкнення або зниження потужності невикористаних компонентів, оптимізація алгоритмів обробки даних та роботи сенсорів. Крім того, важливим є резервне живлення, що може бути забезпечене використанням акумуляторів або альтернативних джерел енергії, таких як сонячні панелі або енергія вітру. Такі заходи гарантують

незалежність системи від електромережі та забезпечують неперервну роботу навіть у випадку перебоїв в електропостачанні, що є критично важливим у сфері контролю якості повітря.

Схема функціонування системи зображена на рисунку 2.1

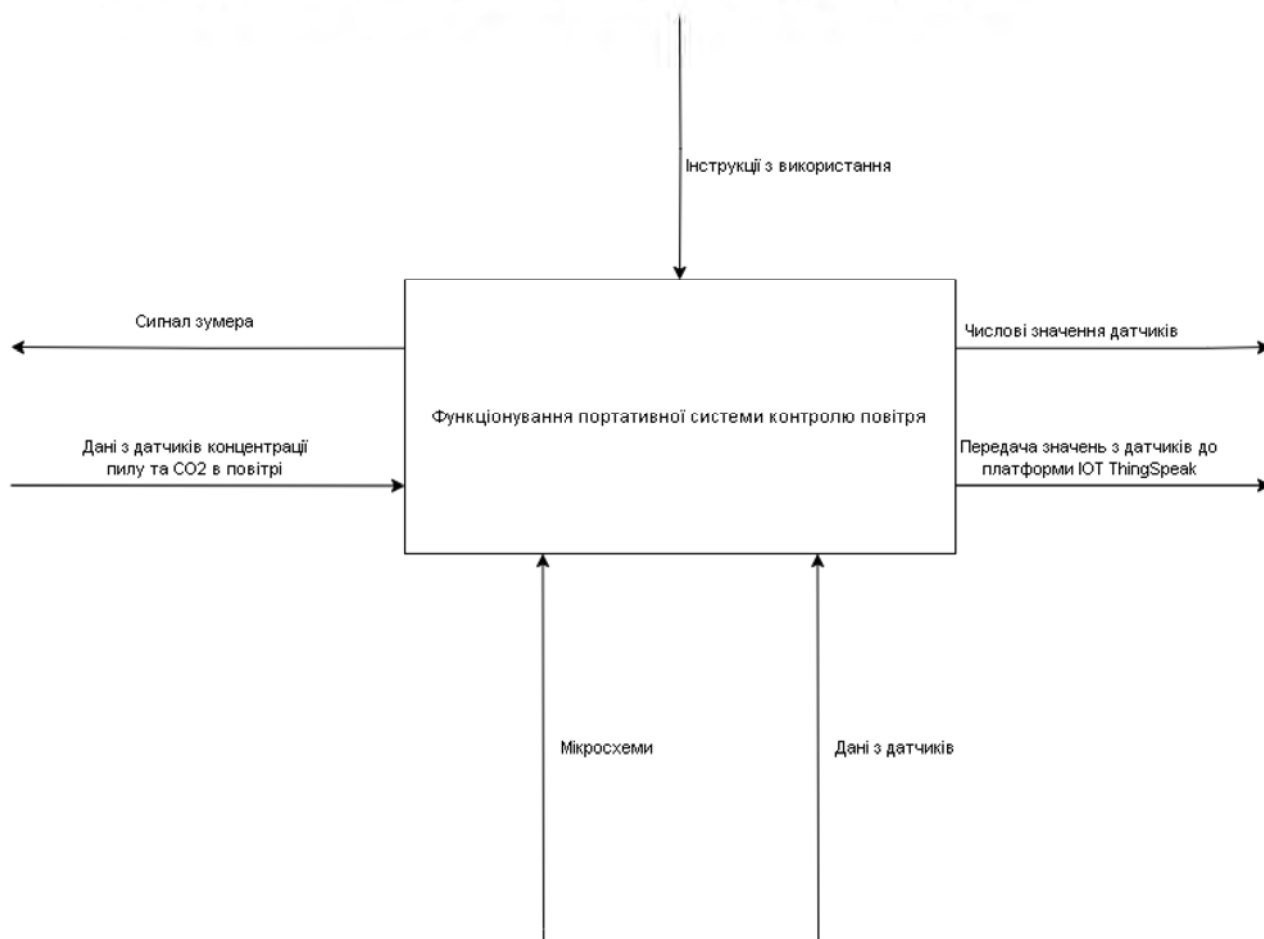


Рисунок 2.1 – Функціональна схема системи

Функціональна схема демонструє принципи роботи системи контролю якості повітря. У центрі розташовано основний блок, який здійснює функціонування системи. Система включає в себе числові значення датчиків, що зчитують дані про концентрацію пилу та CO<sub>2</sub> у повітрі, і передають ці дані до платформи IoT ThingSpeak. Інші елементи включають мікросхеми, інструкції з використання, дані з датчиків та сигнал зумера, що повідомляє користувача про виявлення небезпечних концентрацій.



## 2.2 Проєктування структури системи

Створення структури системи - це діяльність у сфері програмного забезпечення та апаратного забезпечення, яка передбачає глибокий аналіз вимог з метою складання детального опису внутрішньої структури системи, що слугує фундаментом для її побудови. Головною ознакою готовності до роботи над проєктом є рівень деталізації компонентів, який дозволяє приступити до їх використання та розробки девайс. Ключовим моментом у процесі проєктування є визначення та розбиття великої системи на менші компоненти. Це спрощує підтримку та модифікацію системи в майбутньому. Оптимальний дизайн системи також бере до уваги потреби в масштабуванні та адаптованості, щоб відповідати змінам бізнес-вимог та технологій. Тому, проєктування системи - це не лише про те, як побудувати її тут і зараз, але й про те, як вона може розвиватися та адаптуватися у майбутньому.

Важливо, щоб процес проєктування системи був ітеративним. Це означає, що проєкт повинен постійно оновлюватися і адаптуватися до нових вимог або змін у вже встановлених вимогах. Це заохочує гнучкість і адаптивність в процесі розробки.

Процес розробки системи є складним і багатоаспектним. Він включає в себе не лише визначення функціональності, але й розуміння структури і динаміки системи. Це вимагає детального аналізу вимог до системи і забезпечує її надійність та ефективність.

Важливо розуміти, що розробка системи - це не одноразовий процес. Часто він включає в себе постійні оновлення і вдосконалення, засновані на зворотному зв'язку та змінах у бізнес-вимогах. Це допомагає системі залишатися актуальною і ефективною.

Крім того, дизайн системи повинен бути гнучким, здатним адаптуватися до майбутніх змін і масштабування. Це дозволяє уникнути обмежень, які могли б виникнути через зміни в бізнес-середовищі або технологіях.



Важливим аспектом розробки системи є розуміння ролі і впливу кожного компонента на загальну роботу системи. Це допомагає приймати обґрунтовані рішення щодо структури та функціональності системи.

Загалом, успіх розробки системи в значній мірі залежить від чіткого розуміння цілей проєкту, бізнес-вимог, технологічних можливостей та обмежень, а також від ретельного планування та виконання.

Одним з головних пріоритетів при проєктуванні системи є її корисність для кінцевого користувача. Тому потрібно забезпечити, щоб система була зручною в користуванні, інтуїтивно зрозумілою та відповідала індивідуальним потребам користувачів.

Крім того, слід розуміти важливість надійності системи. Важливо досягти стабільної роботи системи, незалежно від зовнішніх обставин, щоб користувач міг розраховувати на її безперебійну роботу.

Також потрібно врахувати потребу розширюваності системи. Це означає, що ми створюємо систему так, щоб вона могла легко адаптуватися до нових вимог та технологій, не втрачаючи при цьому своєї ефективності та надійності.

Додатково, проєктування системи включає у себе розробку алгоритмів, вибір технологій, визначення оптимальних стратегій інтеграції компонентів, а також управління ризиками та забезпечення якості. Ці аспекти грають важливу роль у забезпеченні успішності проєкту та відповідності системи вимогам та очікуванням користувачів.

Важливо також враховувати потенційні зміни та розширення вимог до системи у майбутньому, щоб забезпечити гнучкість та масштабованість її архітектури. Під час проєктування структури системи слід враховувати взаємозв'язки між різними компонентами та їх взаємодію. Ефективне проєктування системи передбачає також оптимізацію витрат ресурсів, таких як час, гроші та робоча сила. Прийняття правильних архітектурних рішень на ранніх етапах розробки може значно зекономити час та ресурси у майбутньому. Потрібно також враховувати можливі ризики та вразливості системи, а також

					КР. КІ 24.527.01.000 ПЗ	24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



розробляти стратегії їх мінімізації та управління ними. Крім того, проєктування структури системи передбачає уважне розглядання вимог щодо безпеки та захисту інформації. Важливим етапом процесу є також вибір відповідних технологій та інструментів для реалізації задуманої архітектури. Під час проєктування системи корисно також провести оцінку можливих альтернативних підходів та їх впливу на загальну ефективність та якість системи. Забезпечення гнучкості та модульності в архітектурі системи дозволить легше впроваджувати зміни та вдосконалення у майбутньому. Всі ці аспекти проєктування структури системи спрямовані на створення надійної, ефективної та легко змінюваної системи, яка відповідає потребам користувачів та вимогам ринку.

Враховуючи різноманітність підходів до проєктування системи, було прийнято рішення створити систему, що складається з таких модулів:

- мікроконтролер – використовується для керування системою.
- мікроконтролер – для забезпечення з'єднання з Wi-Fi мережами.
- датчик рівня CO<sub>2</sub> – вимірює концентрацію вуглекислого газу в повітрі.
- датчик концентрації пилу в повітрі – вимірює рівень тонких часток PM2.5 у повітрі.
- датчик якості повітря – вимірює рівень різних шкідливих газів у повітрі, таких як аміак, бензол, дим, CO<sub>2</sub> та інші.

Для більш глибокого розуміння функціонування системи ми використовуємо структурну схему. Ця схема відображає ключові функціональні елементи системи, а також їх взаємозв'язки та ролі. Завдяки структурній схемі можна ясно бачити загальну структуру системи, її основні блоки, вузли, частини та зв'язки між ними. Структурна схема зазвичай використовується як інструмент для аналізу, проєктування та оптимізації системи. Ця схема є важливим етапом у розробці будь-якого проєкту, де потрібно чітко розуміти всі компоненти та їх функції.

Структурна схема представлена на рисунку 2.2.

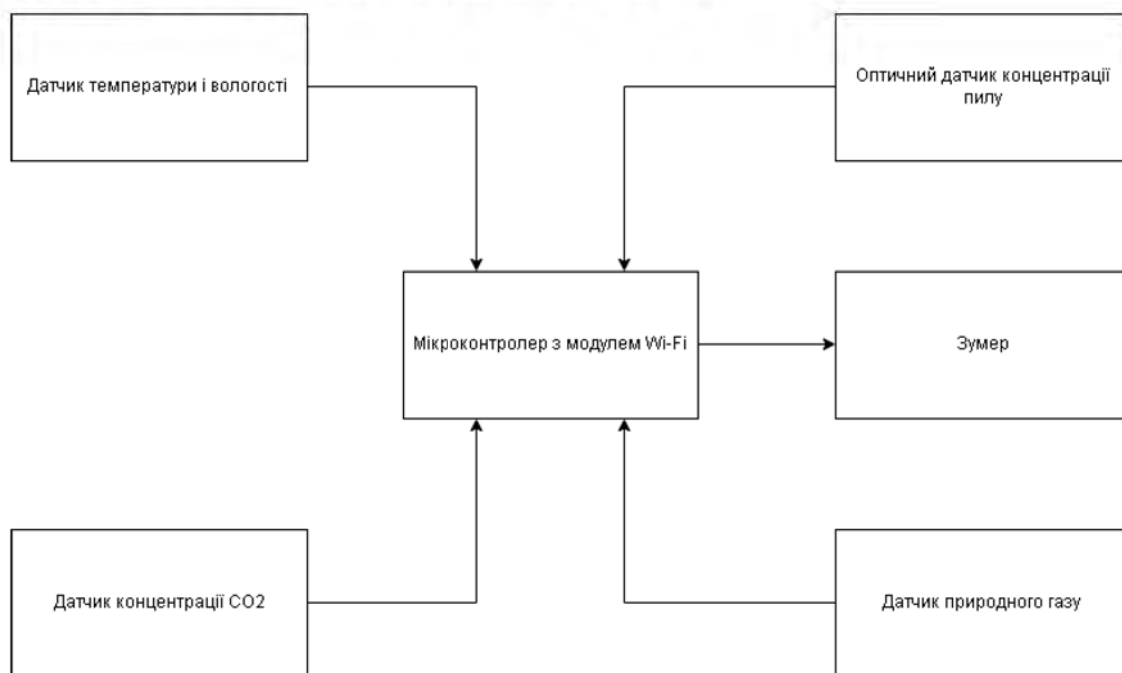


Рисунок 2.2 – Структурна схема системи

Зважаючи на наявність готових рішень, розробка нового інтерфейсу для приладу аналізу якості повітря втратила свою актуальність.

Відсутність розробки інтерфейсу можна обґрунтувати кількома ключовими аспектами. Перш за все наявність вже готових рішень дозволяє скоротити час розробки та знизити витрати на проєкт. Стандартні інтерфейси, які вже існують, можуть бути зрозумілі та зручні для оператора, оскільки він вже може бути ознайомлений з ним через використання аналогічних програм або пристроїв. Також фокус на функціональній частині пристрою дозволяє сконцентруватися на оптимізації його аналітичних можливостей і забезпеченні точності та надійності вимірювань. Відсутність розробки інтерфейсу дозволить уникнути дублювання функціоналу, який вже доступний у інших програмах чи пристроях, забезпечуючи більшу сумісність із сучасними технологіями та стандартами. Відсутність розробки інтерфейсу дозволяє зосередитися на інженерних аспектах пристрою, забезпечуючи його оптимальну працездатність і високу точність вимірювань. В цілому, використання готових рішень для



інтерфейсу сприяє ефективній реалізації проєкту з мінімальними витратами та максимальним результатом.

### 2.3 Проєктування алгоритму роботи системи контролю якості повітря в тимчасовому укритті

Кожна система має власну схему роботи – набір норм, які забезпечують коректну роботу технічного обладнання або групи пристроїв (системи).

Перед розробкою сценарію дій системи важливо чітко визначити вхідні параметри, які вказуються на початку процесу. Ці вхідні параметри можуть бути введені користувачем або зовнішніми пристроями і визначають умови, в яких система повинна функціонувати. З іншого боку, вихідні параметри є результатом роботи системи і вказують на досягнення мети або вирішення поставленої задачі. Вони можуть бути відображені на екрані, передані через мережу або використовуватися для керування іншими пристроями. Чітке визначення вхідних та вихідних параметрів є ключовим етапом у процесі проєктування системи, оскільки це визначає область дії та очікувані результати. Також це дозволяє забезпечити взаємодію з іншими системами, які можуть використовувати вихідні дані поточної системи для власної роботи.

Вхідними даними є:

- дані датчика вимірювання рівня CO<sub>2</sub>;
- дані датчика вимірювання концентрації пилу в повітрі;
- дані датчика вимірювання якості повітря;

Вихідними даними є поточні значення стану якості повітря в тимчасовому укритті.

Детальний алгоритм роботи системи розташований у додатку В.

Починається програма з включення необхідних бібліотек та ініціалізації компонентів, зокрема датчиків CO<sub>2</sub> та пилу, а також модуля Wi-Fi. Після цього встановлюється зв'язок з сервером та налаштовуються параметри обміну даними за допомогою певного протоколу. У головному циклі програми здійснюється послідовне зчитування даних від сенсорів та обробка цих даних. Зчитуються дані

					КР. КІ 24.527.01.000 ПЗ	27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

від датчиків CO2 та пилу, а також проводиться зчитування температури повітря. Після завершення обробки даних, програма надсилає їх до сервера за допомогою модуля Wi-Fi.

## 2.4 Аналіз варіантів роботи з системою контролю якості повітря в тимчасовому укритті

UML (Unified Modeling Language) - це стандартна мова моделювання, яка застосовується для створення візуальних моделей, визначення, проектування та документування програмних систем. UML діаграми можуть бути використані для аналізу та проектування систем різної складності. Вони дозволяють візуально представити структуру та поведінку системи, включаючи класи, об'єкти, взаємозв'язки та процеси. У UML існує декілька типів діаграм, таких як структурні (наприклад, класи, об'єкти, компоненти) та поведінкові (наприклад, діаграми взаємодії, станів, активностей). Кожен тип діаграми в UML має свої особливості та використання в процесі розробки програмного забезпечення. Використання UML дозволяє покращити розуміння системи та сприяє створенню більш якісного та ефективного програмного забезпечення.



Рисунок 2.4 – UML-діаграма варіантів роботи з системою

Діаграма показує процес роботи з пристроєм, який керується через мобільний застосунок. Етапи роботи включають підключення пристрою до



електромережі, ввімкнення пристрою, запуск мобільного застосунку, підключення до пристрою, зчитування даних, а також відключення пристрою та його від'єднання від електромережі.

Перший етап полягає у підключенні пристрою до електромережі. Користувач підключає пристрій до розетки, і він активується. Після цього оператор вмикає пристрій натисканням кнопки на ньому, і пристрій переходить у режим очікування.

На наступному етапі користувач запускає мобільний застосунок на смартфоні. Застосунок шукає доступні пристрої. Користувач вибирає потрібний пристрій з переліку доступних, і застосунок підключається до нього через Wi-Fi або Bluetooth.

Далі застосунок зчитує дані з пристрою, такі як температура, вологість, стан живлення тощо. Всі ці дані відображаються на екрані смартфона, що дозволяє оператору легко моніторити роботу пристрою.

Відключення пристрою може здійснюватися двома способами: оператор може вимкнути пристрій натисканням кнопки на ньому або через мобільний застосунок.

Include: Цей елемент використовується для повторного використання фрагментів діаграми.

Ця UML-діаграма дає загальне уявлення про те, як користувач може керувати системою за допомогою мобільного застосунку.

### 3 РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ В ТИМЧАСОВОМУ УКРИТТІ

Реалізація системи контролю якості повітря — це багатоступеневий процес, що включає вибір компонентів, розробку електричних схем, механічних конструкцій та програмного забезпечення. Основна мета цього етапу — створити працездатну систему, яка відповідатиме всім вимогам проекту. Реалізація включає інтеграцію апаратних і програмних компонентів, забезпечення їхньої взаємодії та коректної роботи.

Процес реалізації починається з вибору необхідних апаратних компонентів, таких як мікроконтролери та датчики, які будуть використані для збору даних про якість повітря. Далі розробляється електрична схема, що описує з'єднання між компонентами. Важливим етапом є створення механічної структури, яка забезпечує правильне розташування та надійне підключення всіх елементів системи.

На заключному етапі розробляється програмне забезпечення, яке забезпечує збір, обробку та передачу даних з датчиків, а також інтеграцію з платформою IoT для моніторингу в реальному часі. Важливою частиною реалізації є тестування системи, яке допомагає виявити та усунути можливі помилки й забезпечити стабільну роботу в реальних умовах.

Тестування та впровадження системи - це складний процес технічного та системного аналізу, спрямований на отримання інформації про якість і практичність продукту в умовах його реального використання. Це включає не лише випробування програмних компонентів, а й пошук та виправлення помилок і дефектів для досягнення оптимальних результатів. Ключовою метою є відповідність проекту заявленим вимогам. Перевірка здійснюється шляхом моніторингу роботи системи в умовах, що імітують реальний контекст використання, а також на конкретному наборі тестів, відібраних з урахуванням специфіки проекту.



З метою перевірки якості системи виділяються основні критерії, серед яких:

1) Відповідність вимогам - готова система має відповідати встановленим вимогам.

2) Правильність обробки вхідних даних - система повинна надійно та коректно обробляти всі можливі вхідні дані, щоб забезпечити точність та надійність роботи.

3) Практичність - оцінюється зручність та ергономіка інтерфейсу користувача, а також загальна зручність використання системи.

4) Сумісність з іншим програмним забезпеченням - система повинна працювати коректно в умовах співпраці з іншими програмами та середовищами.

5) Надійність - система повинна працювати стабільно і безперебійно за будь-яких умов, забезпечуючи коректну роботу навіть в несподіваних ситуаціях та у випадку виникнення помилок чи викликів.

6) Масштабованість - це здатність системи зберігати ефективну роботу при збільшенні обсягу даних або навантаження.

7) Безпека - забезпечення конфіденційності, цілісності та доступності даних, а також захист від зловмисних атак та загроз безпеці.

8) Модульність - можливість легкої модифікації та розширення системи шляхом додавання або заміни окремих компонентів.

Ці критерії допомагають оцінити рівень якості та придатності системи для практичного використання та сприяють досягненню максимально задоволення потреб користувачів

Оскільки існує велика кількість потенційних тестів, стратегія тестування полягає у проведенні максимально можливої кількості перевірок за обмежений час і з використанням доступних ресурсів. Якість проєкту є відносним поняттям і може розглядатися суб'єктивно. Навіть при вчасному виявленні помилок і дефектів неможливо гарантувати повну коректність та безперебійність роботи апаратно-програмного забезпечення.

### 3.2 Вибір засобів реалізації для системи контролю якості повітря в тимчасовому укритті

Важливим кроком є вибір компонентів для реалізації системи.

Серед мікроконтролерів актуальним для даної системи є ESP32 [7]. Цей потужний мікроконтролер з вбудованою підтримкою Wi-Fi та Bluetooth, використовується в різних сферах. Він широко застосовується для створення розумних пристроїв Інтернету речей (IoT), які можуть підключатися до Інтернету та обмінюватися даними.

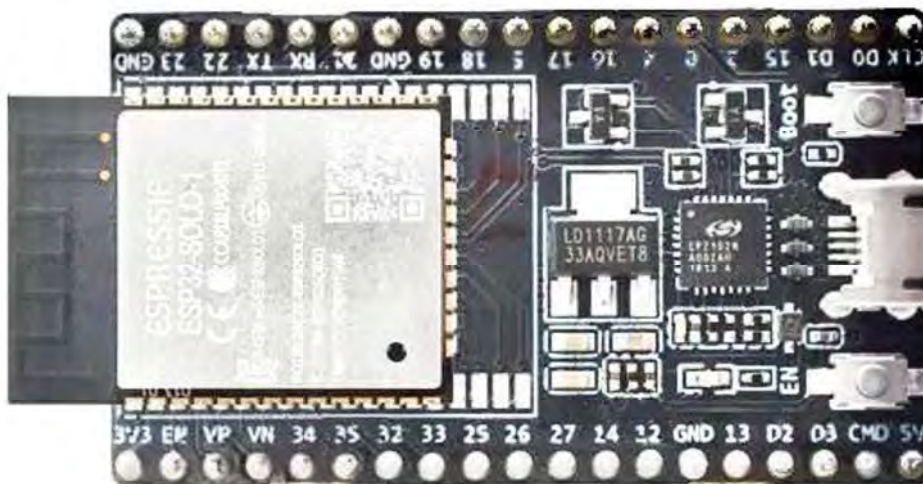


Рисунок 3.2 – Мікроконтролер ESP32

У розумних будинках ESP32 використовується для управління освітленням, кліматичними системами, безпековими системами та іншими домашніми пристроями. У промисловості мікроконтролер застосовується для автоматизації виробничих процесів та моніторингу стану обладнання. Крім того, ESP32 використовується для збирання та обробки даних з різних сенсорів у реальному часі, а також у портативних пристроях, таких як фітнес-трекери та смарт-годинники.

До переваг ESP32 можна віднести високу продуктивність завдяки двоядерному процесору Tensilica Xtensa LX6, що працює на частоті до 240



МГц. Він також є багатофункціональним, оскільки підтримує як Wi-Fi, так і Bluetooth (BLE та класичний), що дає можливість підключення до різноманітних бездротових мереж. Мікроконтролер має багато входних та вихідних портів (GPIO), що дозволяє підключати різні сенсори та актори. Завдяки кільком режимам енергозбереження, ESP32 відзначається низьким енергоспоживанням, що робить його ідеальним для використання у портативних і автономних пристроях. Також він містить вбудовані периферійні пристрої, такі як ADC, DAC, I2C, SPI, UART та PWM, що спрощує підключення різних пристроїв.

ESP32 підтримується великою спільнотою розробників, що забезпечує широкий доступ до ресурсів, прикладів коду та бібліотек. Це робить його популярним вибором для різних проєктів, від аматорських до професійних. Завдяки своїй високій продуктивності, багатофункціональності та доступній ціні, ESP32 є потужним інструментом для розробки сучасних електронних пристроїв.

Однією з ключових особливостей ESP32 є його здатність до інтеграції з різними хмарними платформами, такими як AWS IoT, Google Cloud IoT, Azure IoT та іншими. Це дозволяє створювати потужні рішення для збору, обробки та аналізу даних у реальному часі. Завдяки цьому, розробники можуть створювати масштабовані системи, які забезпечують високу надійність та продуктивність.

ESP32 також підтримує розширення функціональних можливостей за допомогою різних модулів та додаткових компонентів. Наприклад, можна додати модулі для вимірювання температури, вологості, тиску, освітленості та інших параметрів, що значно розширює можливості застосування цього мікроконтролера.

Як датчик газу, призначений для вимірювання рівня вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>) в повітрі, актуальним є інфрачервоний датчик MH-Z19B.. Він широко використовується в різних областях, де важливо контролювати якість повітря.



Рисунок 3.3 – Датчик рівня CO2 MH-Z19B

MH-Z19B використовується для моніторингу рівня CO2 в приміщеннях, таких як офіси, кімнати, класи, лабораторії тощо.

Його можна використовувати для керування вентиляційними системами, щоб автоматично регулювати обмін повітрям у приміщеннях в залежності від рівня CO2.

Також MH-Z19B може бути використаний в промислових процесах, де контроль рівня CO2 є важливим для забезпечення безпеки та ефективності.

MH-Z19B відомий своєю високою точністю вимірювань рівня CO2, що робить його надійним інструментом для контролю якості повітря. Датчик має низьке енергоспоживання, що дозволяє йому працювати довгий час без заміни або заряджання батарей. MH-Z19B легко підключити до мікроконтролерів або мікропроцесорів для отримання та обробки даних про рівень CO2.



Ціна МН-Z19В може варіюватися в залежності від виробника та постачальника, але зазвичай вона становить від 1000 до 1500 гривень за один датчик [8].

МН-Z19В - це надійний та точний датчик рівня CO<sub>2</sub>, який знаходить застосування в різних сферах і є важливим інструментом для контролю та підтримки якості повітря у внутрішніх приміщеннях.

В якості оптичного датчик пилу для виявлення концентрації пилу в повітрі доцільним є Sharp GP2Y10, що зображений на рисунку 3.4.



Рисунок 3.4 – Датчик пилу Sharp GP2Y10

Датчик використовує інфрачервоне світло для виявлення часток пилу. Коли світло проходить через повітря, воно розсіюється частками пилу, і датчик вимірює це розсіювання. Аналоговий вихідний сигнал пропорційний концентрації пилу. Чим більше пилу, тим сильніший сигнал. Датчик вимірює концентрацію пилу в діапазоні від 0 до 0.5 мг/м<sup>3</sup>. Працює від живлення 5В і споживає близько 11 мА струму. Простий у використанні, зазвичай підключається до мікроконтролерів (наприклад, Arduino) для обробки даних.

Також він встановлюється в очищувачах повітря для автоматичного регулювання роботи пристрою залежно від рівня забруднення. Використовується для моніторингу чистоти повітря та управління вентиляційними системами. Також може застосовуватись на виробництвах, де

необхідно контролювати рівень пилу, щоб забезпечити безпеку працівників і устаткування. Датчик легко інтегрується з мікроконтролерами. Він відносно недорогий у порівнянні з іншими датчиками якості повітря, але може не підходити для вимірювання дуже високих концентрацій пилу і давати неточні результати при зміні температури або вологості повітря.

Ціна датчика Sharp GP2Y10 зазвичай варіюється від 300 до 600 гривень, залежно від постачальника і місця покупки [9]. Ціна може змінюватися в залежності від обсягів замовлення і додаткових компонентів, які можуть поставлятися в комплекті (наприклад, кабелі, роз'єми).

Цей датчик є доступним і ефективним рішенням для багатьох проєктів з моніторингу якості повітря та очищення.

Забезпечення виявлення концентрації природних газів, таких як метан ( $\text{CH}_4$ ) та бутан реалізовується датчиком MQ-4, який зображений на рисунку 3.5.



Рисунок 3.5 – Датчик виявлення концентрації природних газів MQ-4

Він використовується, зокрема, для виявлення витоків газу в домашніх умовах, промислових об'єктах та транспортних засобах. Встановлюється в системах управління вентиляцією та кондиціонуванням повітря для автоматичного



реагування на підвищену концентрацію газу. Може бути застосований в системах моніторингу якості повітря для виявлення газових забруднень.

Датчик добре виявляє низькі концентрації метану та інших природних газів. Працює в діапазоні від 300 до 10000 ppm (часток на мільйон). Легко інтегрується з мікроконтролерами та іншими системами управління. Відносно недорогий у порівнянні з іншими газовими датчиками.

Але результати можуть бути неточними при значних змінах вологості та температури.

А також датчик споживає більше енергії порівняно з деякими іншими датчиками, оскільки використовує нагрівач для виявлення газу.

Ціна датчика MQ-4 зазвичай варіюється від 70 до 300 гривень, залежно від постачальника та місця покупки [10]. Це робить його доступним варіантом для багатьох проєктів з виявлення газу та забезпечення безпеки.

Вимірювання температури та вологості в системі покладається на датчик DHT11, що зображений на рисунку 3.6.

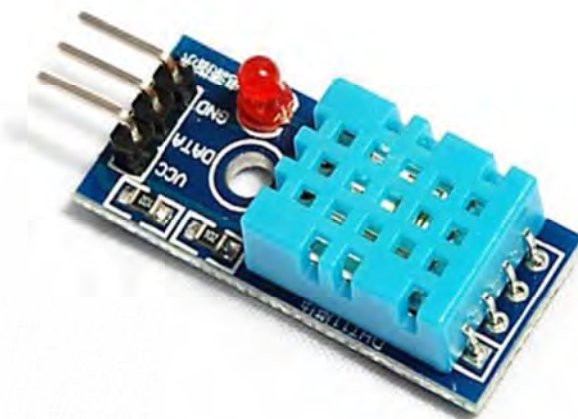


Рисунок 3.6 – Датчик вимірювання температури та вологості в системі DHT11

Основні сфери його застосування включають автоматизацію будівель, розумні будинки, агрономію та метеостанції. У системах опалення, вентиляції та кондиціонування повітря (HVAC) цей датчик допомагає контролювати клімат. В розумних будинках він інтегрується для моніторингу кліматичних умов

всередині приміщення, а в агрономії використовується для контролю мікроклімату в теплицях та інших сільськогосподарських об'єктах. Також DHT11 застосовується в аматорських та професійних метеостанціях для вимірювання параметрів навколишнього середовища.

До переваг DHT11 належить простота використання, оскільки він легко підключається до мікроконтролерів, таких як ESP32. Він має компактний розмір, що робить його зручним для вбудовування в різні пристрої. Вбудована калібровка під час виробництва спрощує його використання, а цифровий вихід забезпечує легку обробку даних.

Однак, DHT11 має свої недоліки. Точність вимірювання температури становить  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ , а вологості  $\pm 5\%$ , що може бути недостатньо для деяких застосувань. Роздільна здатність вимірювання температури з кроком  $1^{\circ}\text{C}$  і вологості з кроком  $1\%$  також обмежує його використання в точних вимірюваннях. Він має повільний час відгуку на зміни кліматичних умов і обмежений діапазон вимірювань: температура від  $0^{\circ}\text{C}$  до  $50^{\circ}\text{C}$  і вологість від  $20\%$  до  $90\%$ .

Ціна датчика DHT11 зазвичай варіюється від 60 до 150 гривень, залежно від постачальника та місця покупки. Це робить його доступним варіантом для багатьох проєктів, де потрібен моніторинг температури та вологості. DHT11 є популярним вибором для початківців та любителів завдяки своїй простоті використання, компактному розміру та доступній ціні, незважаючи на його обмеження у точності та діапазоні вимірювань.

### 3.1 Реалізація електричної схеми для системи контролю якості повітря в тимчасовому укритті

Електрична схема - це схематичне зображення електричного пристрою, системи ланцюгів, в якому зв'язки між різними електричними компонентами показані за допомогою спеціальних символів і ліній. Електросхематика використовується для опису та аналізу роботи електричного обладнання, планування та побудови електричних ланцюгів, а також для документування та



передачі інформації про їх структуру та роботу. Електросхемотехніка допомагає інженерам і технікам зрозуміти, як працюють електричні системи і як їх можна вдосконалити або відремонтувати. Електрична схема з'єднання елементів системи контролю якості повітря в тимчасовому укритті подана в додатку Б.

Щоб легко і якісно побудувати таку схему, була використана програма Fritzing.

Fritzing - це програма для створення прототипів майбутніх пристроїв в електроніці. Дозволяє збирати схеми на віртуальній платі, що дуже зручно при надсиланні описів проєктів. Програма містить велику бібліотеку готових компонентів для подальшого використання та комбінування. Програмне забезпечення базується на мові програмування Processing та мікроконтролері ESP32 і дозволяє дизайнерам, художникам, дослідникам та аматорам документувати інформацію про прототипи, та переглядати макети друкованих плат. Система може бути використана для документування інформації про прототипи. Загальнодоступний веб-сайт дозволяє користувачам ділитися та обговорювати проєкти та досвід.

Приклад роботи програми зображено на рисунку 3.6

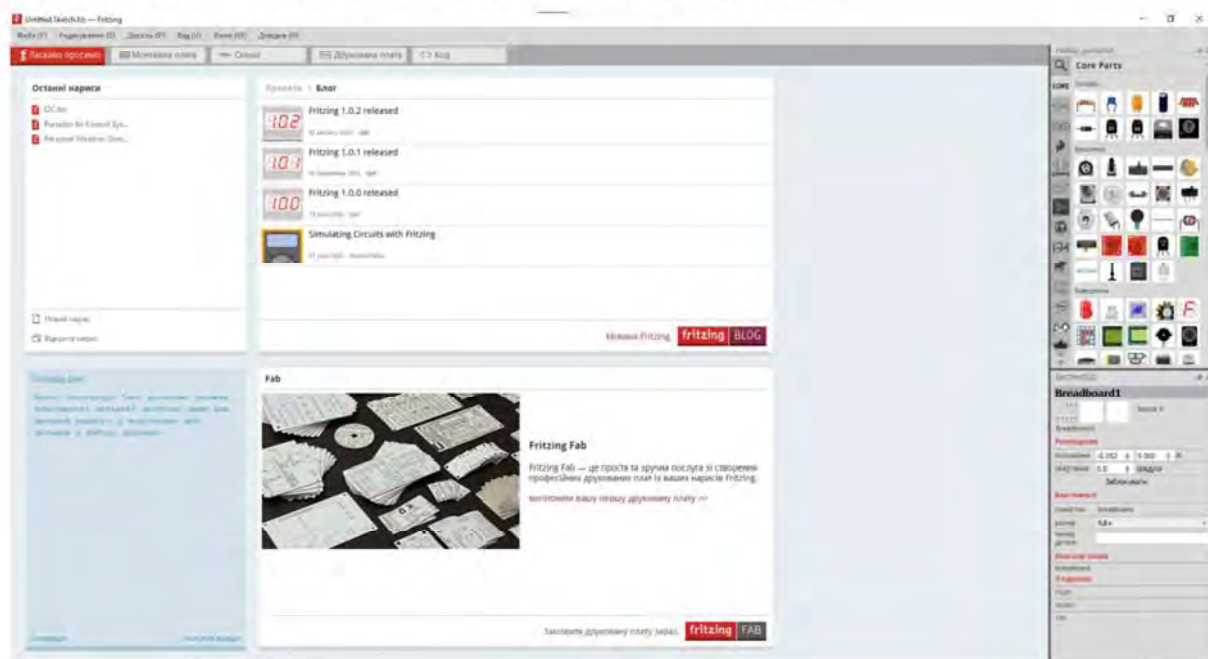


Рисунок 3.6 – Приклад роботи програми

Після ретельного аналізу всіх функцій та мікросхем у програмі була створена власна електрична схема. Для цього використовувалися всі доступні інструменти. Кожен компонент був уважно перевірений і проаналізований. Якщо якийсь модуль був відсутній, його модель знаходили в інтернеті. Після цього модуль було інтегровано з рештою компонентів, забезпечуючи його правильне функціонування в системі. Процес створення схеми вимагає значної уваги до деталей. Завершена схема підключення зображена на рисунку 3.7.

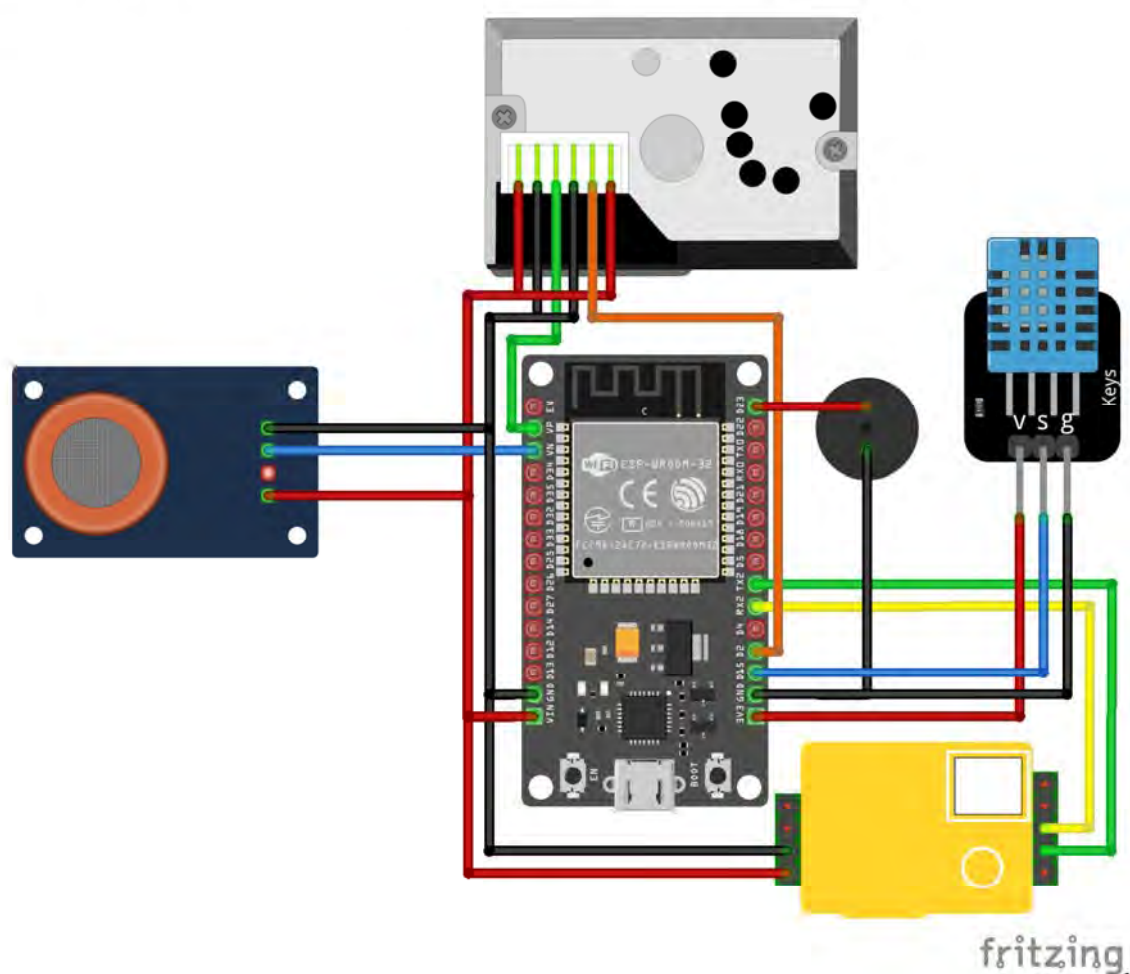


Рисунок 3.7 –Схема підключення компонентів системи контролю якості повітря

На рисунку подана схема системи контролю якості повітря, яка базується на мікроконтролері ESP32.

Центральним елементом схеми є мікроконтролер ESP32, до якого підключені всі інші компоненти. Ліворуч розташований датчик MQ-135, призначений для вимірювання рівня різних газів, зокрема, вуглекислого газу



(CO<sub>2</sub>). Чорний дріт датчика підключений до землі (GND) на ESP32, червоний — до джерела живлення (VCC), а синій — до аналогового входу (A0).

Праворуч вгорі знаходиться датчик DHT11, який вимірює температуру та вологість. Чорний дріт цього датчика підключений до землі (GND) на ESP32, червоний — до джерела живлення (VCC), а жовтий — до цифрового входу (D4).

Для звукових сигналів використовується бугер, розташований праворуч. Його чорний дріт підключений до землі (GND) на ESP32, а червоний — до цифрового виходу (D5).

Вгорі розміщений датчик PM2.5, який вимірює концентрацію дрібнодисперсних частинок пилу в повітрі. Чорний дріт цього датчика підключений до землі (GND) на ESP32, червоний — до джерела живлення (VCC), а помаранчевий, зелений і синій дроти підключені до відповідних цифрових входів на ESP32.

Таким чином, кожен датчик і модуль підключені до ESP32 відповідно до своїх специфікацій, що дозволяє зчитувати необхідні дані для моніторингу якості повітря в реальному часі. Дані передаються до мікроконтролера ESP32, де вони можуть бути оброблені та відправлені на мобільний додаток або іншу платформу для подальшого аналізу.

### 3.3 Реалізація механічної структури для системи контролю якості повітря в тимчасовому укритті

Для того, щоб коректно підключити модулі, використовувались їх технічні документації. Кожен модуль має свою документацію, яка детально описує його функції та підключення. Це забезпечує правильне та ефективне підключення кожного компонента.

Загалом, технічна документація, відома як datasheet, представляє собою набір офіційних документів. Ці документи взаємопов'язані та складені у чіткій та зрозумілій формі. Вони містять докладну інформацію про пристрій, виріб, процес або діяльність. Datasheets зазвичай включають технічні характеристики,

інструкції з експлуатації та схеми підключення. Кожен документ має детальну інформацію, яка необхідна для правильного використання або інтеграції компонентів. На рисунку 3.8 показано приклад такої документації. Це допомагає користувачам швидко знаходити потрібні дані та застосовувати їх на практиці.



Pin	Definition
Vin	Vin
GND	GND
Vo	Analog output(0.4~2 V)or (0~2.5V)
PWM	PWM
HD	HD(zero calibration, low level lasting for over 7s under low level is effective)
Rx	UART(RXD)TTL Level data input
Tx	UART(TXD)TTL Level data output

Рисунок 3.8 – Документація до МН-Z19В

Після визначення того, які саме проводи будуть з'єднуватися з платою, виникла потреба в їх правильному та зручному монтажі. Спочатку проводи розміщувалися без чіткого плану, що ускладнювало роботу. Для кожного датчика потрібно було відведене окреме місце. Це було необхідно для забезпечення безперебійного аналізу показників. Без належної організації проводів дані від датчиків могли передаватися з затримками або спотвореннями. Після цього було прийнято рішення використовувати макетну плату. Після використання макетної плати ситуація значно покращилась. Проводи підключалися більш гармонійно і не перепліталися між собою. Така організація дозволила уникнути зайвого безладу. Екран вільно відображав



необхідну інформацію. Відсутність переплєтєних проводів забезпечувала кращу видимість екрану.

### 3.4 Реалізація програмного забезпечення для системи контролю якості повітря в тимчасовому укритті

У платформі ESP32 більшість операцій здійснюється через зв'язок між комп'ютером і платою. Так звані бібліотеки дозволяють реалізувати послідовний інтерфейс у будь-яких цифрових програмних продуктах, що відтворюють функціональність UART.

Однією з основних бібліотек, що використовувались під час створення, є HardwareSerial. Вона дозволяє апаратно створювати кілька послідовних портів, які можуть працювати зі швидкістю до 115200 бод. У разі, коли пристрій використовує інвертований сигнал, передбачено введення відповідного параметра.

Спочатку необхідно зчитувати дані з кожного датчика окремо. Першим датчиком, який надсилатиме дані, буде МН-Z19, оскільки він надає найбільшу кількість інформації, а саме показники рівня CO<sub>2</sub> в повітрі. Після цього зчитуються дані з інших датчиків, таких як DHT11 для температури та вологості, MQ-5 для газу та оптичного датчика для рівня пилу.

#### Лістинг 3.1 – Ініціалізація та зчитування даних з датчиків

```
void loop() {  
  
    CO2 = myMHZ19.getCO2(); // Зчитування рівня CO2  
  
    delay(10);  
  
    MQ5Value = analogRead(MQ5Pin); // Зчитування даних з MQ-5  
  
    delay(10);  
  
    newHumidity = dht.readHumidity(); // Зчитування вологості  
  
    newTemperature = dht.readTemperature(); // Зчитування температури  
  
    delay(10);  
}
```

					КР. КІ 24.527.01.000 ПЗ	43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

digitalWrite(ledPower, HIGH);

delayMicroseconds(samplingTime);

voMeasured = analogRead(measurePin); // Зчитування даних з
пилового датчика

delayMicroseconds(deltaTime);

digitalWrite(ledPower, LOW);

delayMicroseconds(sleepTime);

calcVoltage = voMeasured * (5.0 / 1024.0);

dustDensity = 120 * calcVoltage - 0.1;

if (!(isnan(newHumidity)) || !(isnan(newTemperature))) {

    humidity = newHumidity;

    temperature = newTemperature;

}

```

Цей блок коду зчитує значення з датчиків CO2 (MH-Z19), газового датчика (MQ-5), температури та вологості (DHT11), а також пилу. Після зчитування даних відбувається їх обробка та обчислення концентрації пилу.

### Лістинг 3.2 – Вивід даних на серійний монітор

```

Serial.print("Dust: ");

Serial.println(dustDensity);

Serial.print("Volt: ");

Serial.println(calcVoltage);

Serial.print("VoltMeasured: ");

Serial.println(voMeasured);

Serial.print("CO2 concentration: ");

```



```

Serial.print(CO2);

Serial.println(" ppm");

Serial.print("MQ-5 sensor value: ");

Serial.println(MQ5Value);

Serial.print("Temperature: ");

Serial.print(temperature);

Serial.println(" °C");

Serial.print("Humidity: ");

Serial.print(humidity);

Serial.println(" %");

```

Цей блок коду виводить виміряні значення на серійний монітор для відлагодження та моніторингу.

### Лістинг 3.2 – Активація бузера та відправка даних на ThingSpeak

```

if (MQ5Value > 1300 || CO2 >= 4800) {

    warning = 1;

    digitalWrite(buzzerPin, HIGH); // Активування бузера

} else {

    warning = 0;

    digitalWrite(buzzerPin, LOW); // Деактивація бузера

}

ThingSpeak.setField(1, CO2);

```

```

    if (dustDensity >= 0) {

        ThingSpeak.setField(2, dustDensity);

    }

    ThingSpeak.setField(3, temperature);

    ThingSpeak.setField(4, humidity);

    ThingSpeak.setField(5, MQ5Value);

    ThingSpeak.setField(6, warning);

    int      x      =      ThingSpeak.writeFields(myChannelNumber,
myWriteAPIKey);

    if (x == 200) {

        Serial.println("Channel update successful.");

    } else {

        Serial.println("Problem updating channel. HTTP error code
" + String(x));

    }

    delay(15000);

}

```

Цей блок коду активує або деактивує буюер в залежності від порогових значень газового датчика або CO<sub>2</sub>. Потім дані відправляються на ThingSpeak для подальшого аналізу та моніторингу, після чого йде затримка перед наступним циклом. Решта коду який реалізовує зчитування даних з датчиків CO<sub>2</sub>, MQ-5, температури, вологості та пилу, обробляє їх, виводить на серійний монітор, активує буюер при перевищенні порогових значень та відправляє дані на ThingSpeak для подальшого аналізу та моніторингу знаходиться в Додатку А.



### 3.5 Тестування роботи системи контролю якості повітря в тимчасовому укритті

Тестування є критичним етапом розробки будь-якої системи, оскільки воно допомагає виявляти та виправляти помилки, оцінювати надійність і продуктивність, а також забезпечувати відповідність системи встановленим стандартам. Основною метою тестування системи контролю якості повітря в тимчасовому укритті є перевірка її функціональності, точності вимірювань, стабільності роботи та сумісності з іншими компонентами.

Чек-лист перевірки системи контролю якості повітря:

- 1) Перевірка живлення системи:
  - Перевірити, чи система коректно живиться від павербанка.
  - Перевірити роботу модуля ESP32 для забезпечення передачі даних.
- 2) Перевірка відображення даних у застосунку ThingSpeak:
  - Переконалися, що дані передаються та відображаються в застосунку ThingSpeak.
- 3) Перевірка вимірювання температури та вологості:
  - Перевірити, чи зміна температури і вологості відповідає налаштуванням кондиціонера (наприклад, 20°C).
  - Переконалися, що зміни температури і вологості відображаються на графіках ThingSpeak.
- 4) Перевірка вимірювання шкідливих газів:
  - Використати запальничку біля датчика для перевірки зміни рівня шкідливих газів.
  - Переконалися, що рівень шкідливих газів збільшується після піднесення запальнички до датчика.
- 5) Перевірка вимірювання концентрації CO<sub>2</sub>:
  - Видихнути на датчик CO<sub>2</sub> і перевірити, чи графік показує підвищення концентрації CO<sub>2</sub>.
  - Переконалися, що підвищення концентрації CO<sub>2</sub> відображається на графіку.

- 6) Перевірка стабільності передачі даних:
  - Переконалися, що дані стабільно відображаються на графіках ThingSpeak.
  - Перевірити стабільність роботи системи протягом тривалого часу без перерв.
- 7) Перевірка реакції на зовнішні чинники:
  - Перевірити, чи дані різко зростають при піднесенні запаленого предмета до датчика пилу та диму.
  - Переконалися, що зміни в показниках модулів відбуваються відповідно до впливу зовнішніх чинників.
- 8) Перевірка обробки можливих помилок:
  - Переконалися, що в коді передбачено зберігання попереднього значення, якщо датчик температури та вологості видає NaN.
  - Перевірити, чи система забезпечує коректне надсилання даних навіть при виникненні помилок у вимірюваннях.
- 9) Оцінка зручності інтерфейсу користувача:
  - Переконалися, що інтерфейс користувача простий і зручний.
  - Перевірити, чи наявність графіків дозволяє переглядати дані в конкретний момент часу.
  - Переконалися, що мобільний застосунок працює коректно, відображаючи ті ж дані, що і на веб-сайті.
  - Перевірити, чи дані оновлюються приблизно кожні 15 секунд.

Після виконання всіх тестів, система контролю якості повітря в тимчасовому укритті повинна продемонструвати стабільну роботу і забезпечувати точні вимірювання температури, вологості, концентрації CO<sub>2</sub> та інших шкідливих газів. Завдяки інтеграції з модулем ESP32 повинна забезпечуватись коректна передача даних, а інтерфейс користувача має бути зручним для моніторингу показників якості повітря в реальному часі.



Тестування показало що, всі дані коректно передаються через ESP32 модуль і відображаються в застосунку ThingSpeak. Система контролю якості повітря живиться від павербанка.

На графіках ThingSpeak видно, що система коректно вимірює температуру та вологість. Згідно з графіками, температура змінюється відповідно до налаштувань кондиціонера, виставлених на 20°C, що підтверджує коректність вимірювання. Зміна температури і вологості відображена на графіках, як показано на рисунку 3.9.

На рисунку 3.9 представлено шість графіків, кожен з яких відображає різні параметри за певний період часу:

1. CO2 Графік показує рівень вуглекислого газу (CO2). Протягом більшої частини часу рівень CO2 був відносно стабільним, але наприкінці періоду спостерігається різке зростання.

2. Концентрація пилу: На цьому графіку відображено концентрацію пилу в повітрі. Починаючи з відносно стабільних значень, концентрація пилу поступово зростає і досягає свого піку в кінці періоду.

3. Температура: Графік демонструє зміни температури. Температура коливається в межах від 27.25°C до 27.5°C, зі спадами та підйомами, але в кінці періоду знову спостерігається підйом.

4. Вологість: Графік показує рівень вологості, який залишався стабільним більшу частину часу, але наприкінці періоду відзначено різке підвищення вологості.

5. Рівень природного газу: На цьому графіку відображено рівень природного газу. Спостерігаються коливання протягом періоду, з помітним падінням і подальшим різким підйомом в кінці.

6. Попередження: Графік показує наявність попереджень. Більшу частину часу значення залишалося стабільно низьким, але наприкінці періоду відбулося різке зростання.

Ці графіки свідчать про зміну умов в навколишньому середовищі, що може потребувати уваги або вжиття відповідних заходів.



Рисунок 3.9 – Дані у застосунку ThingSpeak

Передача даних здійснюється за допомогою вбудованого модуля ESP32. Дані стабільно відображаються на графіках ThingSpeak, що підтверджує коректність передачі даних. Стабільність роботи системи видно з безперервного моніторингу та відображення даних протягом тривалого часу.

Зміни в показниках модулів відбуваються відповідно до впливу зовнішніх чинників. Наприклад, при піднесенні запаленого предмета до датчика пилу та диму, дані різко зростають, що підтверджує миттєву фіксацію змін.

В коді передбачено обробку можливих помилок, які можуть виникнути при вимірюванні даних. Зокрема, якщо датчик температури та вологості видає



значення NaN, зберігається попереднє значення до тих пір, поки датчик не почне видавати коректні дані. Це дозволяє забезпечити коректне надсилання даних.

Інтерфейс користувача системи простий і зручний, з наявністю графіків, що дозволяють переглядати дані в конкретний момент часу. Мобільний застосунок працює коректно, відображаючи ті ж дані, що і на веб-сайті. Дані оновлюються приблизно кожні 15 секунд, що забезпечує своєчасне відображення змін.

Система контролю якості повітря в тимчасовому укритті працює стабільно і забезпечує точні вимірювання температури, вологості, концентрації CO<sub>2</sub> та інших шкідливих газів. Завдяки інтеграції з модулем ESP32 забезпечується коректна передача даних, а інтерфейс користувача дозволяє зручно моніторити показники якості повітря в реальному часі. Фінальний вигляд системи контролю якості повітря показано на рисунку 3.10.

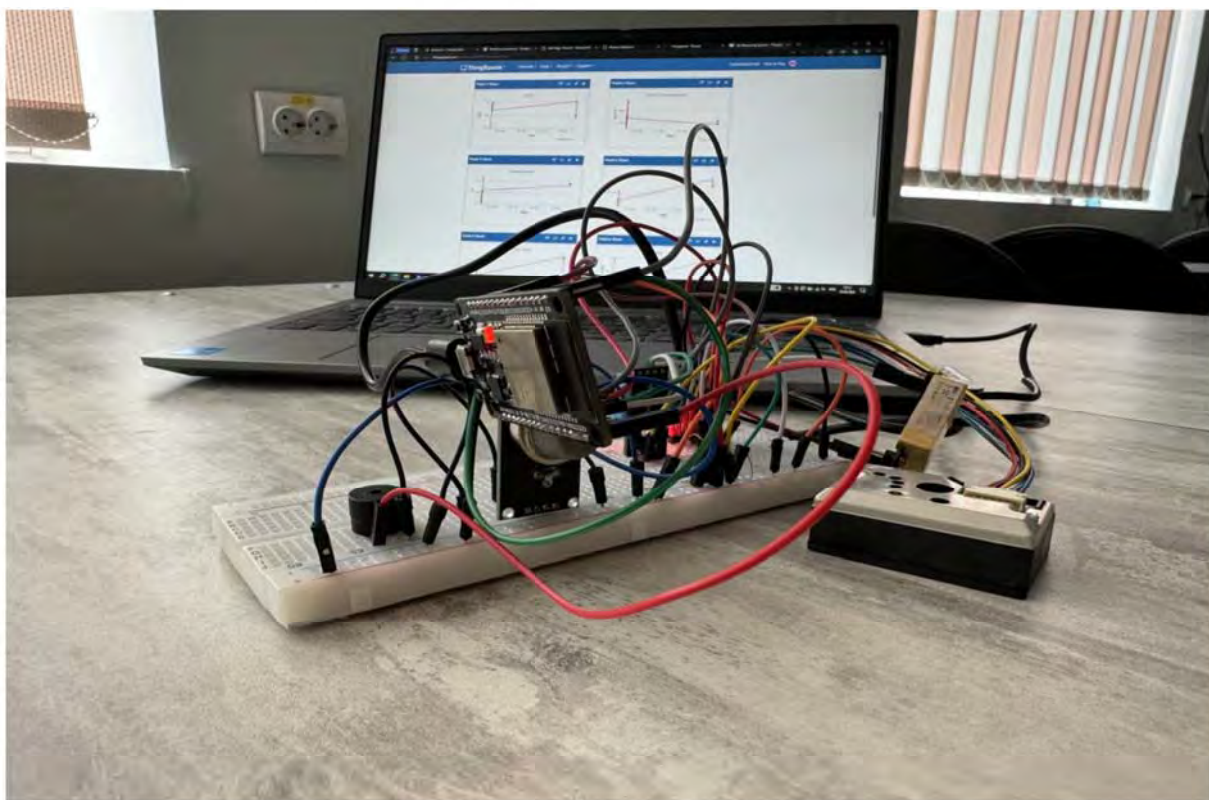


Рисунок 3.9 – Фінальний вигляд системи контролю якості повітря



## 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 4.1 Аналіз ринку збуту продукту

Система контролю якості повітря на базі ESP пропонує надійний та ефективний спосіб виявлення рівня забруднення повітря. Вона складається з датчиків, які вимірюють концентрацію шкідливих речовин у повітрі, та мікроконтролера ESP, який обробляє та відображає ці дані у застосунку. Система енергоефективна та легко підключається до інших пристроїв, таких як комп'ютер або мобільний телефон.

Хоча на ринку вже існують деякі пристрої для контролю якості повітря, система на базі ESP32 представляє собою унікальну комбінацію компонентів та програмного забезпечення, що робить її конкурентоспроможною серед інших аналогічних пристроїв.

Потенційними замовниками системи контролю якості повітря можуть бути власники приватних будинків, офісні приміщення, фабрики, лабораторії та урядові установи, які прагнуть забезпечити чисте та здорове середовище для праці та проживання.

Система контролю якості повітря може бути впроваджена на ринках споживчої електроніки, промислових рішень для контролю якості повітря, а також в секторі охорони здоров'я та досліджень.

Очікується, що попит на системи контролю якості повітря зростатиме, оскільки зростає усвідомлення суспільства про проблеми забруднення повітря та їх вплив на здоров'я.

Продаж систем може здійснюватись через роздрібні магазини електроніки, онлайн-платформи, а також за допомогою прямих продаж та партнерських програм.

Сервісне обслуговування може включати консультації щодо встановлення та налаштування системи, а також гарантійний ремонт у разі несправностей.

Обсяги продажу можуть варіюватись від невеликих партій для приватних користувачів до великих замовлень для корпоративних клієнтів.

					<i>КР. КІ 24.527.01.000 ПЗ</i>	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52



Головними конкурентами можуть бути виробники пристроїв для контролю якості повітря, такі як Dyson, Xiaomi, IQAir та інші.

Продукція конкурентів може відрізнятися за технічними характеристиками, такими як точність вимірювань, швидкість реагування, обсяг покриття простору, можливості підключення до мобільних застосунків, а також за дизайном та функціональністю інтерфейсу користувача.

Цінова політика конкурентів може бути різноманітною, від доступних для масового споживача моделей до преміальних пристроїв з вищою ціновою категорією.

#### 4.2 Розрахунок витрат на проектування системи контролю якості повітря в тимчасовому укритті

Таблиця 4.1 – Кошторис витрат на проектування системи контролю якості повітря в тимчасовому укритті

Найменування статей витрат	Сума, грн	Обґрунтування
1. Зарплата розробника	20 000	Середня зарплата
2. Відрахування на соціальні потреби	4 400	22% від зарплати розробника
3. Контрагентські роботи і послуги	3,000	15% від зарплати розробника
4. Витрати на службові поїздки	1,000	Прямий підрахунок на основі кількості відряджень
5. Інші прямі витрати	10,000	50% від суми зарплати розробника
6. Усього прямих витрат	38,400	Сума пп. 1-5

#### 4.3 Детальний розрахунок витрат на проектування системи контролю якості повітря в тимчасовому укритті

Проектувальник системи (20,000 грн.)

Податок на доходи фізичних осіб (18%):  $20,000 \text{ грн.} \cdot 18\% = 3,600 \text{ грн.}$

Військовий збір (1.5%):  $20,000 \text{ грн.} \cdot 1.5\% = 300 \text{ грн.}$

Єдиний внесок (22%):  $20,000 \text{ грн.} \cdot 22\% = 4,400 \text{ грн.}$

Загальні відрахування:  $3,600 \text{ грн.} + 300 \text{ грн.} = 3,900 \text{ грн.}$

Чиста зарплата:  $20,000 \text{ грн.} - 3,900 \text{ грн.} = 16,100 \text{ грн.}$

Відрахування зарплати працівника

Отже, загальна сума відрахувань складає:  $3,600 \text{ грн.} + 300 \text{ грн.} = 3,900 \text{ грн.}$

Після відрахування зарплати працівника залишається:  $20,000 \text{ грн.} - 3,900 \text{ грн.} = 16,100 \text{ грн.}$

Загальні витрати на проектування системи контролю якості повітря в тимчасовому укритті:

Згідно з нормативами, відрахування на соціальні потреби становить 22% від суми заробітної плати, тобто 4,400 грн.

Відрахування на соціальні потреби, роботи та послуги контрагентів, витрати на службові поїздки, інші прямі витрати, накладні витрати, планові накопичення та загальна кошторисна вартість проекту розраховуються відповідно до нормативів і відсоткових співвідношень, зазначених у таблиці.

Витрати на компоненти системи контролю якості повітря в тимчасовому укритті:



Таблиця 4.2 – Обрахунок витрат на компоненти для системи контролю якості повітря в тимчасовому укритті

Компонент	Кількість	Ціна за одиницю
Датчик CO2 (MH-Z19B)	1	1 200
Датчик пилу (Sharp GP2Y10)	1	200
Датчик газу (MQ-4)	1	70
Датчик температури та вологості (DHT11)	1	50
Модуль WiFi (ESP32)	1	229
Мобільний застосунок ThingView Free	1	Безкоштовно
Плати та дроти	1	200

Загальна вартість компонентів становить 1949 гривень.

З урахуванням роботи працівників 40 349 гривень.

Загальна сума витрат на розробку системи контролю якості повітря включає такі компоненти, як мікроконтролер, датчики, плата розширення та програмне забезпечення. Сума витрат становить 40 349 гривень. Це порівняно дешевше, ніж аналогічні системи, представлені на ринку, такі як Tuuya, Airthings та Xiaomi.

Розроблена система не лише забезпечує аналогічну функціональність, але й є більш доступною завдяки використанню бюджетних компонентів і відкритого програмного забезпечення. Вона легко інтегрується з різними компонентами, дозволяючи розширити її функціональність за рахунок підключення додаткових датчиків і пристроїв. Це дозволяє користувачам адаптувати систему під свої конкретні потреби. Крім того, система підтримує

платформу IoT, що дає можливість здійснювати моніторинг якості повітря в реальному часі з будь-якого місця.

Зважаючи на характер проєкту "Система контролю якості повітря в тимчасовому укритті", такі розрахунки обумовлені потребами у спеціалізованому обладнанні, відрядженнях для встановлення системи, витратами на додаткові послуги зв'язку та інтернету для забезпечення функціонування системи, а також накладними витратами на опалення, електроенергію та інші загальногосподарчі витрати.

#### 4.4 Обґрунтування необхідності розробки системи контролю якості повітря в тимчасовому укритті

Система контролю якості повітря у тимчасовому укритті має задовольнити декілька ключових потреб користувачів. Перш за все, це забезпечення безпеки та здоров'я людей, які перебувають у укритті, шляхом моніторингу рівня шкідливих речовин у повітрі. Далі, це надання можливості швидкого реагування на зміну якості повітря та вжиття необхідних заходів для усунення загрози. Підтримання комфортних умов перебування у укритті також є важливим, оскільки це сприяє зменшенню стресу та підвищенню загальної продуктивності людей. Крім того, система повинна відповідати нормативним вимогам і стандартам щодо якості повітря в приміщеннях, особливо у кризових ситуаціях.

Впровадження системи контролю якості повітря позитивно вплине на умови перебування у тимчасових укриттях. Покращення якості повітря зменшить ризики для здоров'я, зокрема ризики респіраторних захворювань, алергічних реакцій та інших хвороб, викликаних забрудненим повітрям. Оперативне виявлення та усунення джерел забруднення дозволить швидко реагувати на зміни в якості повітря, що забезпечить додатковий рівень безпеки для людей під час перебування в укритті. Підтримання оптимальних умов повітря сприятиме зменшенню стресу та тривоги серед людей під час кризових ситуацій, таких як повітряні тривоги, що покращить їх загальний психологічний

					КР. КІ 24.527.01.000 ПЗ	56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



стан. Відповідність системи екологічним стандартам та нормам забезпечить дотримання вимог щодо безпеки та здоров'я, що є важливим фактором у створенні надійних та ефективних укриттів.

Таким чином, впровадження системи контролю якості повітря у тимчасових укриттях є необхідним і доцільним, оскільки воно забезпечить значні соціальні, екологічні та економічні вигоди.

					<i>КР. КІ 24.527.01.000 ПЗ</i>	
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>57</i>

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі "Система контролю якості повітря в тимчасовому укритті" було проведено детальний аналіз проблеми забруднення повітря в укриттях, особливо в умовах воєнних конфліктів та надзвичайних ситуацій. Основною метою роботи є розробка ефективної системи для моніторингу якості повітря з використанням сучасних технологій Інтернету речей (IoT) та мікроконтролера ESP32.

У роботі було розглянуто існуючі рішення та проаналізовано їх недоліки і переваги. Проведений огляд таких систем, як датчики від компаній Tuua, Airthings та Xiaomi, показав, що хоча на ринку є різні продукти для моніторингу якості повітря, вони мають свої обмеження.

Для реалізації проєкту було розроблено функціональну схему та алгоритм роботи системи. В ході роботи використовувались програма Fritzing для створення прототипів та візуалізації електричних схем.

У процесі розробки власної системи контролю якості повітря було обрано використання мікроконтролера ESP32, який забезпечує велику кількість вхідно-вихідних портів та підтримку широкого спектру датчиків. Система включає датчики для вимірювання рівня CO<sub>2</sub> (MH-Z19B), концентрації пилу (Sharp GP2Y10), температури та вологості (DHT11).

Основними аспектами розробленої системи є висока точність вимірювань, швидка реакція на зміни якості повітря та зручний інтерфейс для користувача. Система також забезпечує інтеграцію з мобільним застосунком для збору даних у реальному часі, що дає можливість швидко реагувати на будь-які загрози. Результати дослідження та детального аналізу предметної області, системи контролю якості повітря в тимчасовому укритті висвітлювались у виступі на науково-практичній конференції в рамках "Днів науки", що проводилась у Галицькому фаховому коледжі імені В'ячеслава Чорновола.

					<i>КР. КІ 24.527.01.000 ПЗ</i>	58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



У подальшому планується розширити функціональність системи шляхом додавання підтримки додаткових датчиків для ще більш детального моніторингу навколишнього середовища. Також передбачається розробка інтелектуальних алгоритмів аналізу даних, які будуть автоматично попереджати користувачів про потенційні загрози та рекомендувати дії для покращення якості повітря.

					<i>КР. КІ 24.527.01.000 ПЗ</i>	
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		59

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Види систем вентиляції : веб-сайт. URL: <https://dbuy.ua/stati/vidy-sistem-ventilyatsii/> (дата звернення: 10.03.2024).
2. Датчики якості повітря для розумного будинку : веб-сайт. URL: <https://rozetka.com.ua/ua/umnie-datchiki/c4638399/tip-detektirovaniya=kachestvo-vozduha/> (дата звернення: 10.03.2024).
3. Датчик якості повітря TuYa : веб-сайт. URL: [https://12-220.zp.ua/rozumnoy\\_budynok/rozumnoy\\_datchik/datchyk\\_yakosti\\_povitrya/](https://12-220.zp.ua/rozumnoy_budynok/rozumnoy_datchik/datchyk_yakosti_povitrya/) (дата звернення: 10.03.2024).
4. Датчик якості повітря Airthings: веб-сайт. URL: <https://prom.ua/ua/p2004954391-datchik-kachestva-vozduha.html> (дата звернення: 10.03.2024).
5. Датчик якості повітря Xiaomi: веб-сайт. URL: <https://prom.ua/ua/p1258182051-analizator-vozduha-xiaomi.html> (дата звернення: 27.04.2024).
6. Система контролю якості повітря в тимчасовому укритті. Буката Анна. ЗБІРНИК тез за матеріалами студентських науково-практичних конференцій в рамках Днів Науки 2024 в Галицькому фаховому коледжі імені В'ячеслава Чорновола (секція «Комп'ютерних технологій» та секція «Фізико-математичних та природничих дисциплін») – Тернопіль: Галицький фаховий коледж імені В'ячеслава Чорновола, 2024 \_\_с.
7. Мікроконтролер ESP32 : веб-сайт. URL: [https://arduino.ua/ru/index.php?categoryID=122&show\\_all=yes](https://arduino.ua/ru/index.php?categoryID=122&show_all=yes) (дата звернення: 15.05.2024).
8. Датчик вуглекислого газу MH-Z19B : веб-сайт. URL: <https://www.mini-tech.com.ua/datchik-co2> (дата звернення: 15.05.2024).
9. Датчик пилу : веб-сайт. URL: <https://controller.in.ua/ua/p1610820666-datchik-pyli-dyma.html> (дата звернення: 15.05.2024).

					КР. КІ 24.527.01.000 ПЗ	60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



10. Датчик виявлення концентрації природних газів MQ-4: веб-сайт.  
URL: <https://beegreen.com.ua/ru-ru/datchik-gazu-mq-4-metan-z-platoyu-arduino-avr-pis-10544> (дата звернення: 15.05.2024).

					<i>КР. КІ 24.527.01.000 ПЗ</i>	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

ДОДАТКИ  
ДОДАТОК А

```
#include <MHZ19.h>
#include <HardwareSerial.h>
#include <WiFi.h>
#include <ThingSpeak.h>
#include <DHT.h>

// Дані для WiFi
const char* ssid = "iot_21";
const char* password = "smarthome";

// Дані для ThingSpeak
unsigned long myChannelNumber = 2488078;
const char* myWriteAPIKey = "8L8CKXFNOKQ9045I";

WiFiClient client;

int measurePin = 2; // GPIO34
int ledPower = 36; // GPIO36
int buzzerPin = 23; // GPIO27

int warning = 0;

int samplingTime = 280;
int deltaTime = 40;
int sleepTime = 9680;

float voMeasured = 0;
float calcVoltage = 0;
```

					КР. КІ 24.527.01.000 ПЗ	62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



```

float dustDensity = 0;

HardwareSerial mySerial(1); // Визначення апаратного
серійного порта
MHZ19 myMHZ19; // Ініціалізація об'єкта МН-Z19
int CO2;

const int MQ5Pin = 39; // Пін для зчитування даних з
MQ-5
int MQ5Value;

DHT dht(15, DHT11);

float temperature, newTemperature;
float humidity, newHumidity;

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    mySerial.begin(9600, SERIAL_8N1, 16, 17); //
Налаштування апаратного серійного порта для зв'язку з МН-
Z19
    myMHZ19.begin(mySerial); // Почати роботу з МН-Z19
через апаратний серійний порт

    pinMode(ledPower, OUTPUT);
    pinMode(measurePin, INPUT);
    pinMode(MQ5Pin, INPUT); // Налаштування піну для
зчитування з MQ-5 як вхід
    pinMode(buzzerPin, OUTPUT);
    digitalWrite(buzzerPin, LOW);

```

					КР. КІ 24.527.01.000 ПЗ	63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

dht.begin(); // Почати роботу з DHT11

WiFi.begin(ssid, password);
Serial.print("Connecting to WiFi");
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
}
Serial.println(" connected");
ThingSpeak.begin(client); // Почати роботу з
ThingSpeak
}

void loop() {
    CO2 = myMHZ19.getCO2(); // Зчитування рівня CO2
    delay(10);
    MQ5Value = analogRead(MQ5Pin); // Зчитування даних
з MQ-5
    delay(10);
    newHumidity = dht.readHumidity(); // Зчитування
вологості
    newTemperature = dht.readTemperature(); //
Зчитування температури
    delay(10);
    digitalWrite(ledPower, HIGH);
    delayMicroseconds(samplingTime);
    voMeasured = analogRead(measurePin); // Зчитування
даних з пилового датчика
    delayMicroseconds(deltaTime);
    digitalWrite(ledPower, LOW);

```



```

    delayMicroseconds(sleepTime);
    calcVoltage = voMeasured * (5.0 / 1024.0);
    dustDensity = 120 * calcVoltage - 0.1;
    if (!(isnan(newHumidity)) ||
!(isnan(newTemperature))) {
        humidity = newHumidity;
        temperature = newTemperature;
    }

    Serial.print("Dust: ");
    Serial.println(dustDensity);
    Serial.print("Volt: ");
    Serial.println(calcVoltage);
    Serial.print("VoltMeasured: ");
    Serial.println(voMeasured);
    Serial.print("CO2 concentration: ");
    Serial.print(CO2);
    Serial.println(" ppm");
    Serial.print("MQ-5 sensor value: ");
    Serial.println(MQ5Value);
    Serial.print("Temperature: ");
    Serial.print(temperature);
    Serial.println(" °C");
    Serial.print("Humidity: ");
    Serial.print(humidity);
    Serial.println(" %");

    if (MQ5Value > 1300 || CO2 >= 4800) {
        warning = 1;
    }

```

```

        digitalWrite(buzzerPin, HIGH); // Активування
бузера
    } else {
        warning = 0;
        digitalWrite(buzzerPin, LOW); // Деактивація
бузера
    }

    ThingSpeak.setField(1, CO2);
    if (dustDensity >= 0) {
        ThingSpeak.setField(2, dustDensity);
    }
    ThingSpeak.setField(3, temperature);
    ThingSpeak.setField(4, humidity);
    ThingSpeak.setField(5, MQ5Value);
    ThingSpeak.setField(6, warning);
    int x = ThingSpeak.writeFields(myChannelNumber,
myWriteAPIKey);
    if (x == 200) {
        Serial.println("Channel update successful.");
    } else {
        Serial.println("Problem updating channel. HTTP
error code " + String(x));
    }
    delay(15000);
}

```



## ДОДАТОК Б

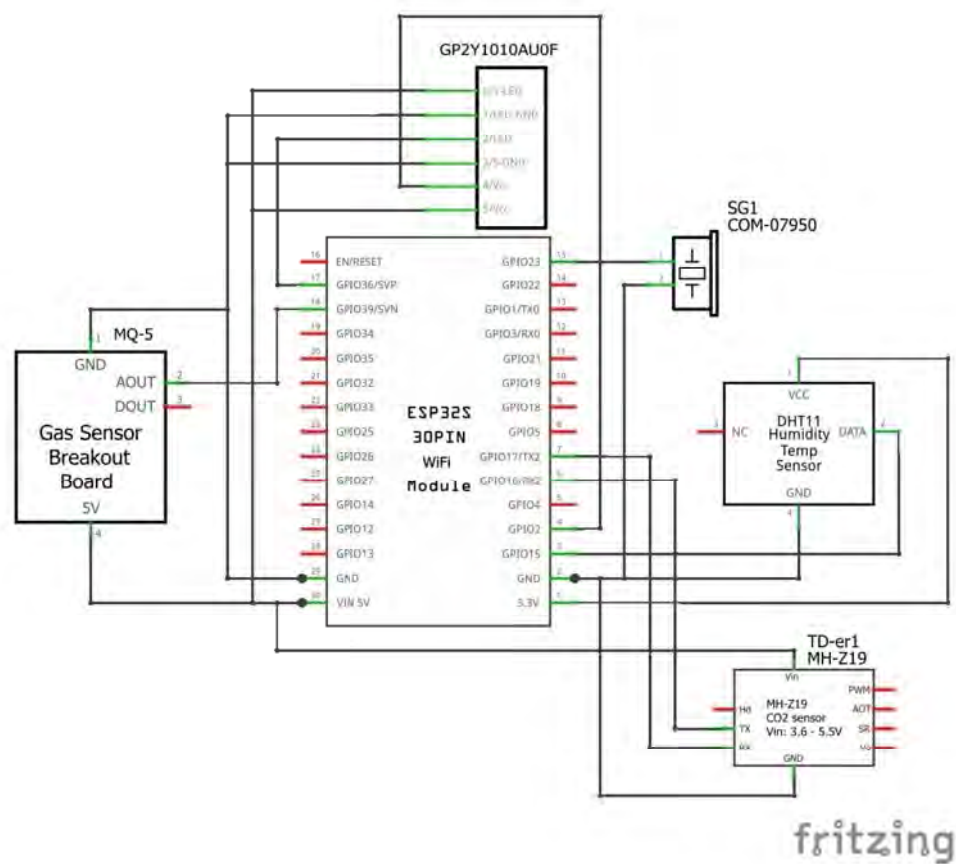


Рисунок 1

## ДОДАТОК В

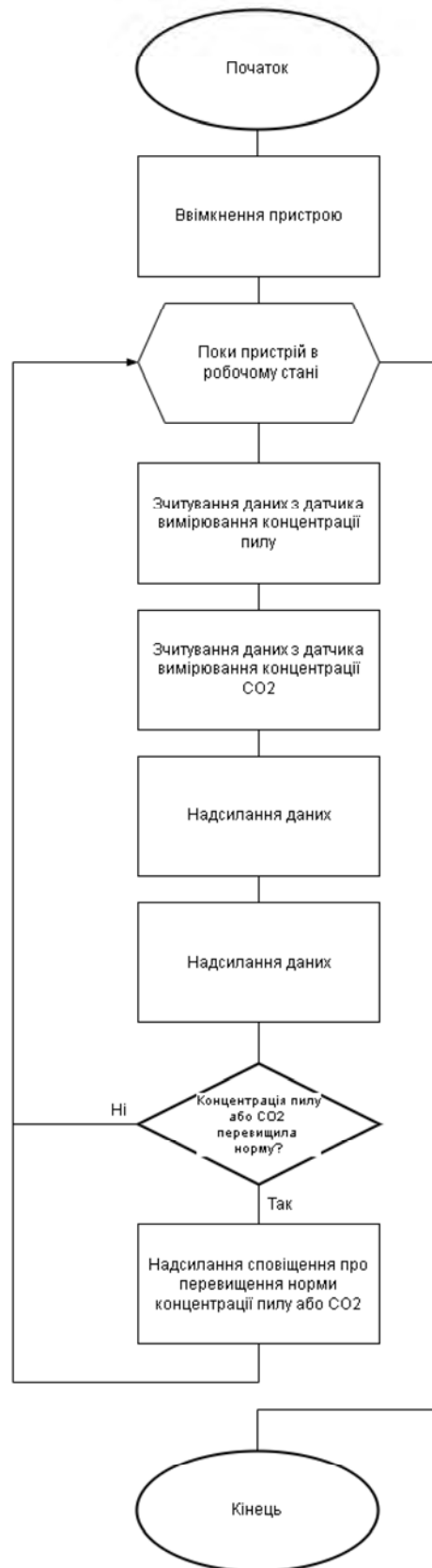


Рисунок 2



