

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Галузь знань 12 – Інформаційні технології

Спеціальність 123 – Комп'ютерна інженерія

на тему «Кіберфізична система моніторингу мікроклімату виробничих приміщень з функцією дистанційного контролю»

КвРКІП. 013042.17.01.01 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу, група К12м-22-2

Керівник доктор техн. наук, професор  
Науковий ступінь, вчене звання



Підпис

Поташнік М.О.  
Ініціали, прізвище



Підпис

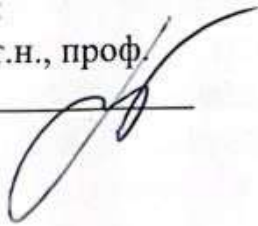
Яцків В.В.  
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. кафедри КІС, д.т.н., проф.

Т.О. Говорушенко

27 05 2024 р.



Хмельницький, 2024

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Інформаційних технологій

Кафедра Комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

Освітній рівень МАГІСТР

Галузь знань 12 Інформаційні технології

Спеціальність 123 Комп'ютерна ІНЖЕНЕРІЯ

Освітня програма освітньо-наукова програма «комп'ютерна інженерія та програмування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Г.О.Говорущенко

“ 01 ” 09 2023 р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Поташніку Михайлу Олександровичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Кіберфізична система моніторингу мікроклімату виробничих приміщень з функцією дистанційного контролю

Керівник проекту (роботи) Яцків В.В., д.т.н., професор

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

Затверджена наказом ректора університету від 01.01.2024 р. № 1

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 01.05.2024 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на дипломне проектування

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

Забруднюючі фактори мікроклімату виробничого приміщення та їх норма





Вибір компонентів системи та середовища програмування

Особливості реалізації системи моніторингу

Налаштування підтримки esp32 в середовищі програмування arduino ide

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

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи магістра

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Лисенко С.М., професор кафедри КПС		
Антиплагіат	Нічепорук А.О., доцент кафедри КПС		

7. Дата видачі завдання « 01 » 09 2023 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№з/п	Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи магістра	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітки
1	Вибір напрямку дослідження та узгодження тематики КвРМ з керівником	01.09.2023	виконано
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	01.10.2023	виконано
3	Робота над розділом 1 – аналіз відомих моделей, методів за темою; постановка задачі	01.11.2023	виконано
4	Робота над розділом 2 – розробка моделей для вирішення поставленої задачі	01.12.2023	виконано
5	Робота над науковою статтею	01.02.204	виконано
6	Робота над розділом 3 – розробка методів для вирішення поставленої задачі	15.02.2024	виконано
7	Робота над розділом 4 – проектування та розробка ПЗ для вирішення поставленої задачі, експериментальна частина	01.04.204	виконано
8	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	18.04.2024	виконано
9	Попередній захист ДРМ	29.04.2024	виконано
10	Захист ДРМ на засіданні ЕК	До 15.05.2024	

Студент

  
Підпис

Керівник роботи

  
Підпис

Поташнік М.О.  
Ініціали, прізвище

Яцків В.В.  
Ініціали, прізвище

## РЕФЕРАТ

Тема кваліфікаційної роботи магістра: “Кіберфізична система моніторингу мікроклімату виробничих приміщень з функцією дистанційного контролю”

Автор роботи: Поташнік М.О., студент групи КІ2М-22-2

Керівник роботи: Яцків В.В

Пояснювальна записка: 71 с., 26 рис., 9 табл., 1 дод., 80 джерел.

КІБЕРФІЗИЧНА СИСТЕМА, СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ,  
МІКРОКЛІМАТ.

Об’єктом дослідження є процеси моніторингу мікроклімату виробничих приміщень.

Предметом дослідження є методи та алгоритми моніторингу мікроклімату виробничих приміщень з функцією дистанційного контролю.

Метою кваліфікаційної роботи магістра є розробка кіберфізичної системи моніторингу мікроклімату виробничих приміщень з функцією дистанційного контролю для догляду за станом повітря та виявлення шкідливих газів диму.

Для розв’язання поставлених задач використовувалися методи синтезу, аналізу, досліджень і розробки.

Наукова новизна отриманих результатів. Розроблено кіберфізичну систему моніторингу мікроклімату виробничих приміщень з функцією дистанційного контролю.

Практична значимість отриманих результатів полягає у можливості компаніям моніторингу мікроклімату у виробничих приміщеннях для комфортної роботи працівників.

## ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ .....	6
ВСТУП.....	7
1 ЗАБРУДНЮЮЧІ ФАКТОРИ МІКРОКЛІМАТУ ВИРОБНИЧОГО ПРИМІЩЕННЯ ТА ЇХ НОРМА.....	9
1.1 Вимоги до мікрокліматичних параметрів .....	9
1.1.1. Оптимальні мікрокліматичні умови .....	10
1.1.2. Допустимі мікрокліматичні умови .....	11
1.2. Вимоги до заходів приведення в норму мікроклімату .....	13
1.3. Вимоги до методів вимірювання мікрокліматичних параметрів .....	16
1.4. Шкідливі речовини, їх норма. Дія шкідливих речовина на людину .....	17
1.5 Кондиціонування.....	19
1.6 Висновки.....	21
2 ПРОЕКТУВАННЯ ЗАГАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ ТА АЛГОРИТМУ РОБОТИ.....	22
2.1 Загальна структура системи .....	22
2.2 Системи контролю повітря та зменшення небажаного впливу токсичних речовин на робочих.....	23
2.2.1 Природна вентиляція .....	25
2.2.2 Механічна вентиляція.....	26
2.3. Алгоритм роботи системи моніторингу .....	28
2.4 ESP32 профайлери .....	29
2.4.1 Espressif Trace Analyzer .....	30
2.4.2 ESP32 Performance Monitor .....	30
2.4.3 FreeRTOS Trace .....	30

2.4.4 ESP-Prog.....	31
2.5 Збереження і обробка даних ESP32 .....	31
2.5.1 Флеш-пам'ять ESP32 .....	31
2.5.2 Збільшення пам'яті у ESP32.....	32
2.5.3 Файлові системи у ESP32 .....	33
2.6 Захист даних ESP32 .....	36
2.6.1 Архітектура безпеки ESP32 .....	36
2.7 Важливість функції дистанційного контролю .....	37
2.8 Висновки .....	38
3 ВИБІР КОМПОНЕНТІВ ТА СЕРЕДОВИЩА ПРОГРАМУВАННЯ .....	39
3.1 Вибір мікроконтролера .....	39
3.2 Вибір датчика температури та вологості .....	41
3.3 Вибір датчиків широкого спектру виявлення газів, диму та чадного .....	42
3.4 Вибір датчика пилу .....	46
3.5 Вибір способу виведення даних .....	47
3.6 Обґрунтування вибору середовища програмування .....	49
3.6.1 Огляд офіційного середовища для розробки компанії Espressif .....	49
3.6.2. Огляд середовища Espruino .....	50
3.6.3 Середовище Tessel.....	51
3.6.4 Середовище Arduino IDE.....	52
3.7 Обґрунтування вибору протоколу передачі даних від сенсорів .....	54
3.7.1 Огляд протоколу MQTT .....	54
3.7.2 Огляд протоколу CoAp .....	55
3.7.3 Порівняння MQTT і CoAp .....	56
3.8 Огляд існуючих пристроїв для моніторингу .....	59

	5
3.8.1 Аналізатор частинок GM8803 .....	59
3.8.2. Газоаналізатор ST8900 .....	60
3.9 Висновки.....	63
4 РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ .....	64
4.1. Налаштування підтримки ESP32 в середовищі програмування Arduino IDE .....	64
4.1.1 Тестування ESP32 у Arduino ide .....	66
4.2 Підключення периферії до мікроконтролера .....	69
4.2.1 Підготовка до роботи з давачем температури та вологості.....	69
4.2.2 Налаштування та підключення давачі сімейства MQ.....	70
4.2.3 Підключення давача пилу .....	70
4.2.4 Підключення OLED дисплея.....	72
4.3 Створення 3D моделі та розробка друкованої плати пристрою .....	73
4.4 Функція дистанційного контролю .....	76
4.5 Висновки .....	77
ВИСНОВКИ .....	78
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ .....	79
ДОДАТОК А .....	87
ДОДАТОК Б (Презентація) .....	96
ДОДАТОК В (Опублікована теза) .....	99

## **СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ**

ОС - операційна система

ПЗ - програмне забезпечення

IDE – інтегроване середовище розробки

## ВСТУП

Мікроклімат виробничих приміщень відіграє ключову роль у забезпеченні комфорту працівників і ефективності виробничих процесів. Він визначається параметрами повітря, такими як температура, вологість, швидкість руху повітря, чистота та склад хімічних речовин.

Багато факторів впливають на умови у виробничому процесі, таких як будова приміщень, площа приміщення, кількість працівників, вентиляція, різні види обладнання.

Потрібно, щоб мікроклімат був у нормі, для того, щоб працівники не псували своє здоров'я і комфортно себе відчували. Для цього потрібно контролювати норми мікроклімату і повідомляти про відхилення якщо такі є.

Ціллю цієї роботи була розробка пристрою, який буде виводити мікрокліматичні данні, такі як температура і вологість, та виводити їх на дисплей. У разі перевищення цих даних він буде сигналізувати про це.

Для цього було розроблено пристрій на базі мікроконтролера ESP32 у який було вбудовано такі датчики як: датчик температури та вологості, датчик пилу, датчик виявлення газу та диму. Ці датчики збирають вхідні дані приміщення, після чого мікроконтролер ESP32 аналізує ці вхідні дані і обчислює чи є відхилення від норми. Після обчислення дані відправляються на сервер або хмарний сервіс до користувача. Ці дані можуть бути структуровані у вигляді бази даних або файлів. Користувач має змогу переглядати зібрані дані через додаток або веб-інтерфейс. Користувач може керувати системою дистанційно, наприклад, налаштувати параметри мікроклімату або отримувати сповіщення про проблеми.

Система може мати можливість автоматичного реагування на виявлені відхилення в мікрокліматі, наприклад, включати системи вентиляції або кондиціонування. Для захисту конфіденційності даних може використовуватися шифрування при передачі даних між ESP32 та сервером.

За темою кваліфікаційної роботи опублікована одна стаття у “Одеському національному технічному університеті” на конференції «Стан, досягнення та

перспективи інформаційних систем та технологій – 2024».

# 1 ЗАБРУДНЮЮЧІ ФАКТОРИ МІКРОКЛІМАТУ ВИРОБНИЧОГО ПРИМІЩЕННЯ ТА ЇХ НОРМА

## 1.1 Вимоги до мікрокліматичних параметрів

Вимоги до мікрокліматичних параметрів у виробничих приміщеннях можуть змінюватися в залежності від типу виробництва, характеристик обладнання, технологічних процесів та інших факторів [1]. Проте, існують загальні стандарти та рекомендації, які враховують комфорт працівників та безпеку виробничих процесів [1-2]. Основні вимоги включають:

- режим оптимальний для забезпечення комфорту та ефективності працівників. Це означає, що виробниче приміщення повинно мати стабільну температуру в межах, які не перевищують або не опускаються нижче встановлених стандартів;

- вологість повітря вирішує проблему комфорту працівників та забезпечує нормальну роботу обладнання. Оптимальний рівень вологості має бути підтриманий, щоб уникнути пересушування або переосвітлення повітря, що може призвести до дискомфорту та збільшення ризику захворювання;

- достатнє освітлення вирішує проблеми безпеки та забезпечує ефективність роботи працівників. Виробничі приміщення повинні мати достатній рівень природного та штучного світла, який забезпечує відповідну видимість та комфортні умови роботи;

- чистота та свіжість повітря вирішує проблеми здоров'я та безпеки працівників. Системи вентиляції та кондиціонування повітря повинні забезпечувати ефективне видалення забруднень та пилу з приміщення та постачання свіжого повітря для забезпечення оптимальних умов праці.

- швидкість руху повітря в певному приміщенні;

- температуру поверхонь;

- інтенсивність випромінювання (теплого).

Вони несуть певний вплив на тепловий стан людини (як негативний, так і позитивний). Вони поділяються на оптимальні та допустимі [1]. Для встановлення

цих умов потрібно враховувати важкість роботи працівника та відповідний період року, який несе значний вплив на кліматичну ситуацію приміщення.

#### 1.1.1. Оптимальні мікрокліматичні умови

Ці умови визначені для постійних робочих місць. Показники температури повітря в робочій зоні протягом усієї робочої зміни не повинні перевищувати стандартизованих температурних меж, встановлених для конкретної категорії робіт. Температура поверхні робочої зони також важлива. Маються на увазі внутрішні (стіни, підлоги) і зовнішні поверхні. Важлива температура технічного обладнання та огорожувальних конструкцій [1-3].

Наприклад, температура на поверхні стін та підлоги може впливати на зручність роботи працівників та їх загальний комфорт. Також, температура технічного обладнання, такого як машини та обладнання, має бути у межах оптимальних значень, щоб забезпечити їх ефективну роботу та тривале функціонування [1-2].

Важливо забезпечити, щоб температура всіх цих перелічених елементів не виходила більш ніж на 2 градуси °C за межі допустимих норм. Це забезпечує не лише комфортні умови для працівників, але і впливає на їх продуктивність та безпеку на роботі [1-2].

Для більш детальної інформації щодо температурних стандартів та норм, зверніться до таблиці 1.1, де наведені відповідні величини.

Якщо робота пов'язана з нервово-емоційним напруженням, на постах керування певним технологічним процесом виробництва, необхідно дотримуватись таких оптимальних умов: температури повітря близько 23 °C, відносної вологості 60-40% та швидкості руху повітря не більше 0,1 м/сек.

Таблиця 1.1 - Оптимальні величини (температури, вологості, швидкості руху повітря) в середовищі виробничого приміщення

Важкість роботи	Період в році	Показники повітря		
		Температура	Вологість	Швидкість руху мас
Легка форма (1а)	Холодний	22-24	60-40	0,1
Легка форма (2б)		21-23		
Середня форма (2а)		19-21		
Середня форма (2б)		17-19		0,2
Важка форма (3)		16-18		
Легка форма (1а)	23-25	0,1		
Легка форма (2б)	Теплий	22-24		0,2
Середня форма (2а)		21-23		0,3
Середня форма (2б)		20-22		
Важка форма (3)		19-20		

### 1.1.2. Допустимі мікрокліматичні умови

Допустимі умови встановлюють у тих випадках, коли технічні вимоги або економічні недоліки, пов'язані з виробництвом, не дають змоги забезпечити оптимальні показники мікроклімату на робочому місці, зазначених в табл. 1.2. По горизонталі всієї робочої зони та протягом зміни немає виходити за допустимі межі температур, які вказані в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 - Допустимі величини (температури, вологості та швидкості руху повітря) в робочому середовищі виробничого приміщення

Важкість роботи	Період в році	Показники повітря					
		Верхня межа температури		Нижня межа температури		Вологість	Швидкість руху мас
		Неп. місяця праці	Пост. місяця праці	Неп. місяця праці	Пост. місяця праці		
Легка форма (1а)	Холодний	26	25	18	21	75	не > 0,1
Легка форма (2б)		25	24	17	20	75	не > 0,2
Середня форма (2а)		24	23	15	17	75	не > 0,3
Середня форма (2б)		23	21	13	15	75	не > 0,4
Важка форма (3)		20	19	12	13	75	не > 0,5
Легка форма (1а)	Теплий	30	28	20	22	55 – при 28 °С	0,2 – 0,1
Легка форма (2б)		30	28	19	21	60 – при 27 °С	0,3 – 0,1
Середня форма (2а)		29	27	17	18	65 – при 26 °С	0,4 – 0,2
Середня форма (2б)		29	27	15	15	70 – при 25 °С	0,5 – 0,2
Важка форма (3)		28	26	13	15	75 – при ≤ 24 °С	0,6 – 0,5

Температура поверхні в приміщеннях: температура всередині (стелі, підлоги, стін) і зовні або в захисних пристроях технічного обладнання не повинна перевищувати граничних значень для конкретних категорій робіт, зазначених у таблиці 1.2. У виробничих приміщеннях, де середня максимальна температура в найбільш нагрітому місці перевищує 26 °С, допускаються незначні відхилення, що не перевищують 3 °С (але при збільшенні швидкості вітру на 1,2 м/с і зниженні на 5% на кожний 1 °С відносної вологості вище гранично допустимого значення). У приміщеннях, де допустимі значення мікроклімату не можуть бути визначені через технічні вимоги виробництва, технічну неможливість або економічну недоцільність, передбачаються заходи щодо запобігання перегріву та охолодження [2]. Ці заходи описані в розділі 1.2.

## 1.2. Вимоги до заходів приведення в норму мікроклімату

Несприятливі мікрокліматичні умови нормалізуються низкою організаційних, технічних, гігієнічних, будівельних, планувальних та інших захисних заходів. У виробничих приміщеннях використовуються засоби індивідуального захисту та інші заходи для запобігання перегріванню та переохолодженню. Кліматичні параметри робочої зони повинні формуватися насамперед правильним розміщенням обладнання та зручним плануванням приміщень, що забезпечує усунення тепла, вологості та холоду [2-3]. У планах компанії - повна автоматизація та механізація процесів і обладнання в робочій зоні для зменшення теплового навантаження.

У приміщеннях з великими скляними поверхнями уникайте перегріву через сонячне випромінювання в теплу пору року (жалюзі, віконні прорізи та інші заходи) і променевого охолодження взимку. Провітрюйте занадто спекотні приміщення природним шляхом. Мансардні вікна (вентиляційні отвори) і вентиляційні канали повинні розташовуватися безпосередньо над основним джерелом тепла. Там, де природна вентиляція неефективна або неефективна, встановіть механічну загальнообмінну вентиляцію. Системи кондиціонування з

власним регулюванням температури встановлюють у закритих приміщеннях (каютах, кімнатах відпочинку) і невеликих просторах (ізольованих боксах). Для ізоляції нагрітих поверхонь та обладнання використовують такі пристрої, які захищають від надмірного нагрівання. До таких пристроїв теплового захисту відносяться:

- пристрої, які використовують теплоізоляційних матеріалів для утеплення стін, дахів та підлоги допомагає зберегти тепло в приміщенні взимку і запобігти перегріву влітку;
- теплообмінні пристрої дозволяють ефективно регулювати температуру повітря шляхом обміну тепла між вихідним і вихідним потоками;
- системи, які автоматично регулюють температуру в приміщенні на основі зовнішніх та внутрішніх умов, забезпечуючи комфортні умови для праці та відпочинку;
- сонячні фільтри, які зменшують кількість сонячного тепла, яке потрапляє в приміщення, зменшуючи ефект перегріву в теплу пору року;
- комбіновані.

Всі інструменти підбираються відповідно до спектру випромінювання, що відповідає вимогам виробничого процесу. Там, де неможливо досягти прийнятних стандартів технічними засобами, застосовуються заходи щодо зменшення впливу шкідливих виробничих факторів, такі як спеціальний одяг, взуття та спеціальне обладнання для захисту відкритих або незахищених частин тіла. За своїм призначенням ЗІЗ (засоби індивідуального захисту) поділяють на:

- для постійної роботи, наприклад, в цехах – це спеціальний одяг, при ремонті гарячих агрегатів – спеціальна персональна система охолодження;
- для аварійних робіт – комплект, що має здатність відбивати тепло;
- для захисту від теплового опромінення ніг – спеціалізоване взуття для працівників розжарених цехів;
- для запобігання опіків рук – брезентові рукавиці;
- для захисту голови – каска захисна, полікарбонатні або текстолітові каски;

- для захисту очей, обличчя – захисні прозорі маски з екраном, захисні окуляри.

У спекотних мікрокліматичних умовах використовується оптимальний режим роботи/відпочинку, щоб уникнути перегріву працівників. Якщо мікрокліматичні умови перевищують допустимі значення, програми роботи/відпочинку розробляються з урахуванням тривалості робочого часу. Періоди відпочинку повинні становити щонайменше 11% робочого часу працівника на кожні 2°C вище допустимого значення температури повітря [2]. Якщо, крім температури повітря, вологість перевищує 75%, час перерви повинен становити не менше 20% робочого часу. Якщо потужність теплового випромінювання перевищує 360 Вт/м<sup>2</sup> і теплове випромінювання на поверхні тіла перевищує 25%, тривалість безперервної роботи і перерв для відпочинку повинна бути скоригована, як показано в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Допустима тривалість безперервного опромінення та розпорядок перерв протягом години

Інтенсивність опромінення	Тривалість безперервного періоду опромінення	Тривалість перерв	Загальне опромінення протягом зміни
Одиниці вимірювання			
Вт/м <sup>2</sup>	хв		%
360	20	8	до 50
700	15	10	до 45
1050	12	12	до 40
1400	9	13	до 30
1750	7	14	до 25
2100	5	15	до 15
2450	3,5	12	до 15

### 1.3. Вимоги до методів вимірювання мікрокліматичних параметрів

Вимірювання параметрів мікроклімату проводяться на робочому місці та в робочій зоні. На робочому місці вимірювання проводяться на початку, в середині та в кінці зміни. З певних причин (технічних) кліматичні умови можуть змінюватися, в такому випадку вимірювання проводяться наступним чином: беруться до уваги мінімальні та максимальні значення вимірюваних величин. Такі вимірювання проводяться щонайменше двічі на рік, як правило, в холодну та спекотну пору року. Ці вимірювання також проводяться при створенні нових робочих місць, модернізації старих, переоснащенні існуючого обладнання та підготовці до використання нових технічних заходів.

Показники мікроклімату на робочому місці вимірюються в положенні стоячи на висоті 1,5 м над підлогою і в положенні сидячи на висоті 0,5-1 м [2].

На робочому місці вимірювання проводяться в різні часові проміжки: на початку, середині та кінці робочої зміни. Це дозволяє виявити зміни в параметрах мікроклімату протягом дня та вчасно вжити заходів для покращення умов праці.

Якщо на робочому місці є кілька джерел інфрачервоного випромінювання або велике поле інфрачервоного випромінювання, вимірювання проводяться з кроком  $35^{\circ}\text{C}$  у напрямку максимального потоку випромінювання, від джерела випромінювання до периметра робочого місця [2]. Температура і відносна вологість вимірюються за принципом гігрометра. Швидкість вітру вимірюється роторним анемометром з лопатями, що обертається, який також називають напівсферичним; при значеннях нижче 0,3 м/с або якщо потік повітря різноспрямований, його вимірюють кататермометром (розрізняють сферичний і циліндричний) або електричним анемометром.

Щоб забезпечити точність вимірювань, важливо дотримуватися стандартизованих методів і засобів вимірювання [1]. Наприклад, для вимірювання температури та відносної вологості повітря застосовують гігрометри, а для вимірювання швидкості вітру - анемометри. Такі прилади забезпечують надійні результати та дозволяють зробити аналіз мікроклімату належним чином.

Температура закритих конструкцій або обладнання (поверхонь) вимірюється з використанням принципу термоелектричного ефекту (взаємозв'язок і контакт між електричним струмом і тепловим потоком при контакті з речовиною). Прилади, чутливі до інфрачервоного діапазону, вимірюють інтенсивність теплового випромінювання. Ці прилади працюють за принципами фотоелектричного та термоелектричного ефекту. У таблиці 1.5 наведено вимоги до вимірювальних приладів (вимірювані величини, діапазони вимірювання та похибки вимірювання).

Таблиця 1.5 - Типові вимоги до приладів вимірювання

Величини	Одиниці вимірювальних величин	Діапазон	Допустима похибка
Відносна вологість повітря	%	Від 15 до 100	±5
Температура повітря	°С	Від -30 до +5	±0,1
Температура поверхні	°С	Від -30 до 100	±1
Швидкість руху повітря	м/сек	Від 0,1 – 0,5 до 0,6 – 5	±0,1 - ±0,2
Інтенсивність ІЧ опромінення	Безрозмірна величина	10 – 20 000	±10 %

#### 1.4. Шкідливі речовини, їх норма. Дія шкідливих речовина на людину

У сучасному світі для видобутку певних ресурсів використовують понад 60 000 хімічних речовин. Донедавна Україна була лідером з виробництва та експорту сталі. Відходи, що викидаються в атмосферу Аерозолі? Сполуки сірки? Все це негативно впливає на здоров'я населення, викликаючи рак і серйозні респіраторні захворювання [1].

Вони спричиняють безпліддя, генетичні мутації та інші порушення розвитку, для яких не існує ефективного лікування. Їх називають "повільними вбивцями", оскільки вони також впливають на майбутні покоління. Оксиди та солі вуглецю, сірка, оксиди азоту, аміак і важкі метали є найпоширенішими видами забруднення. Окрім безпосереднього впливу на здоров'я людини, забруднювачі також руйнують навколишнє середовище. Посухи та пекельні вітри часто спричиняють пожежі, в яких гинуть рослини, тварини та люди, а повені руйнують ґрунт і навіть будівельні конструкції. Вплив забруднення на довкілля призводить до вторинного впливу токсичних речовин на організм людини через їжу. Країни вже зазнали величезних економічних втрат у сільському господарстві, природних ресурсах і туризмі. Сьогодні кількість різних аерозолів, що викидаються в атмосферу містами по всьому світу, досить велика (понад 1 мільярд тонн на рік). Лише електростанції викидають від 110 до 125 мільйонів тонн золи та 60 мільйонів тонн діоксиду сірки. У 2000 році загальні викиди в Україні становили 730 000 тонн пилу, 977 000 тонн діоксиду сірки, 1 231 000 тонн оксидів вуглецю та 3 322 000 тонн оксидів азоту. Металургія, повітряний і автомобільний транспорт та хімічні заводи завдають великої шкоди навколишньому середовищу [2]. Викиди промисловості змінюють клімат, забруднюють навколишнє середовище і наближають кінець людства в глобальному масштабі. Тому все більше уваги приділяється використанню нетрадиційних джерел енергії, таких як вітер, сонячна енергія та потенціал землі. Це має замінити небезпечні речовини.

Токсичні речовини можуть викликати широкий спектр захворювань та отруєнь при контакті з організмом людини. Шкідливі речовини зазвичай потрапляють в організм через дихальні шляхи, шкіру та шлунково-кишковий тракт. Вплив токсичної речовини на людину залежить від її кількості в організмі, природи речовини та тривалості надходження. Важливе значення має взаємодія токсичних речовин з кров'ю та ферментами. Токсичний вплив на організм залежить від способів надходження і виведення з організму, від статі та віку людини, від індивідуального сприйняття організмом. Залежно від виду речовини може нестись різна дія: задушлива, нервово- паралітична, психотропна, дратівлива.

Для оцінки ступеня забруднення використовується одиниця мг/м<sup>3</sup>. Інші одиниці включають % та ppm (кількість частинок речовини на мільйон частинок у повітрі). Токсичні та небезпечні речовини регламентуються гранично допустимими концентраціями (ГДК) в мг/м<sup>3</sup>. ГДК на робочому місці - це максимальна концентрація речовини, на яку людина піддається впливу під час роботи, яка не повинна перевищувати допустиму протягом робочого дня протягом більше одного тижня і не повинна викликати проблем або відхилень у стані здоров'я людини.

Небезпечні речовини класифікуються як надзвичайно небезпечні, дуже небезпечні, помірно небезпечні або менш небезпечні відповідно до ступеня їх впливу на навколишнє середовище. У навколишньому середовищі можуть міститися різноманітні речовини, які впливають на живі організми односторонньо, так звані колективні ефекти.

До односпрямованих речовин належать фенол і діоксид сірки, діоксид азоту і діоксид сірки.

Частинки пилу шкідливі для здоров'я людини через свій розмір, електричні властивості та хімічний склад. Найнебезпечнішими є частинки розміром 1-2 мікрони, які при вдиханні осідають в легенях людини.

### 1.5 Кондиціонування

Кондиціонування повітря використовується для підтримки вимог до температури, вологості, чистоти та швидкості руху повітря. Система кондиціонування повинна автоматично підтримувати всі задані параметри; згідно з ДСН 3.3.6.042-99 та ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ, система кондиціонування повинна підтримувати сприятливий мікроклімат і достатню чистоту повітря [2].

Кондиціонування повітря забезпечується великою системою кондиціонування (СКВ). Ця система складається з приладів управління і автоматики для переміщення і розподілу повітря. Система також потребує пристроїв дистанційного керування. Всі ці пристрої інтегровані в єдиний технічний

продукт - систему кондиціонування повітря.

Існують наступні типи систем кондиціонування:

- централізовані (встановлюються в декількох приміщеннях);
- локальні (для невеликих приміщень);
- спеціально розроблені системи кондиціонування, що використовуються на окремих робочих місцях.

Центральні кондиціонери встановлюються відповідно до потреб і потужностей заводу (>25 000 м<sup>3</sup>/год). Ці кондиціонери збирають, обробляють і розподіляють повітря по повітропроводах до необхідних приміщень. Для охолодження великих об'ємів повітря використовуються чиллери та холодильні агрегати, а для нагрівання повітря – нагрівачі [2].

Локальні вентиляційні установки можуть бути автономними або неавтономними. Автономні системи потребують лише підключення до електромережі, водопроводу та каналізації. Неавтономні системи потребують додаткових систем для виробництва тепла і холодного повітря.

Сьогодні використовуються спліт-системи, і цей тип кондиціонерів відомий як локальний. Він складається з двох блоків: один розташований всередині (фільтр, вентилятор, випарник), а інший зовні (компресор, конденсатор, вентилятор). Принцип роботи полягає в наступному. Фреон подається на вхід компресора, де він стискається. Під час стиснення фреон нагрівається і потрапляє в конденсатор. Зовнішній вентилятор продуває і охолоджує цей фреон (фреон переходить у летючу фазу). Потім фреон надходить у випарник. У випарнику процес випаровування відбувається за рахунок поглинання тепла. При цьому повітря охолоджується і подається в приміщення за допомогою внутрішнього вентилятора. Цей процес повторюється. Оскільки система не подає свіже повітря, для його очищення використовується фільтр. Також доступні реверсивні спліт-системи, призначені для обігріву великих об'ємів повітря.

## 1.6 Висновки

Отже, були описані оптимальні і допустимі мікрокліматичні умови, вимоги і умови для їх дотримання. Також були описані інструменти і норм для заходів приведення в норму мікроклімату. Наведено таблицю і описано вимоги до методів вимірювання мікрокліматичних параметрів. Описано дію шкідливих речовин на людину, наведено формули для розрахунку їх норми. Описано як працює кондиціонування.

## 2 ПРОЕКТУВАННЯ ЗАГАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ ТА АЛГОРИТМУ РОБОТИ

### 2.1 Загальна структура системи

Загальна структура системи складається з наступних блоків:

#### 1. Введення даних:

- для вимірювання параметрів мікроклімату, таких як температура, вологість, рівень CO<sub>2</sub>, використовуються відповідні датчики. Їхні вимірювання передаються до мікроконтролера ESP32;
- центральний елемент системи, який отримує дані від датчиків мікроклімату і обробляє їх перед передачею до сервера або хмарного сервісу.

#### 2. Обробка даних:

- ESP32 проводить обробку вхідних даних, наприклад, може обчислювати середню температуру за період часу або виявляти відхилення від норми;
- перед передачею даних на сервер або хмарний сервіс, ESP32 може проводити перевірку на коректність та актуальність даних.

#### 3. Комунікація:

- ESP32 використовує Wi-Fi або Ethernet для підключення до мережі. Це дозволяє передавати зібрані дані на сервер або хмарний сервіс для подальшої обробки і аналізу;
- для комунікації між ESP32 та сервером можуть використовуватися різні протоколи, такі як HTTP, MQTT тощо.

#### 4. Збереження та обробка даних:

- отримані дані зберігаються на сервері або хмарному сервісі. Вони можуть бути структуровані у вигляді бази даних або файлів;
- дані можуть бути збережені в реляційній або нереляційній базі даних для подальшого аналізу та використання.

#### 5. Візуалізація даних:

- користувач має можливість переглядати зібрані дані через веб-інтерфейс або мобільний додаток;
- зібрані дані можуть бути візуалізовані у вигляді графіків, діаграм або таблиць для зручного аналізу та сприйняття.

#### 6. Керування та контроль:

- користувач може керувати системою дистанційно, наприклад, налаштовувати параметри мікроклімату або отримувати сповіщення про проблеми;
- система може мати можливість автоматичного реагування на виявлені відхилення в мікрокліматі, наприклад, включати системи вентиляції або кондиціонування.

#### 7. Безпека та конфіденційність:

- для захисту конфіденційності даних може використовуватися шифрування при передачі даних між ESP32 та сервером;
- забезпечується доступ до системи тільки авторизованим користувачам з відповідними правами доступу.

Це загальна структура системи моніторингу мікроклімату виробничих приміщень з функцією дистанційного контролю на базі мікроконтролера ESP32. Кожен елемент цієї структури має своє значення і важливість для забезпечення ефективної роботи системи.

## 2.2 Системи контролю повітря та зменшення небажаного впливу токсичних речовин на робочих

Сучасні підходи до контролю повітря в приміщеннях включають вентиляцію, виявлення джерел забруднення та подальше видалення і відновлення джерел забруднення.

Вентиляція - це повітрообмін, при якому забруднене повітря видаляється і замінюється свіжим. Вентиляція може бути природною, механічною або змішаною. Для надійної роботи вентиляції необхідно дотримуватися наступних правил:

- кількість повітря, що надходить до приміщення, має дорівнювати кількості повітря, що видаляється. Допускається збільшення кількості повітря, що подається в приміщення, більше, ніж кількість повітря, що видаляється. Цей принцип використовується в галузях з високими вимогами до чистоти повітря в приміщенні (виробництво певного обладнання);

- першу чергу свіже повітря подається в зони з найменшими концентраціями шкідливих речовин, а з зон з найбільшими концентраціями видаляється;

- вентиляція повинна бути безпечною і не створювати незручностей для працівників;

- бути економічно доцільною та надійною у використанні.

Для визначення повітрообміну в приміщенні потрібно знати конкретні умови.

Умова 1. У приміщенні нормальні мікрокліматичні умови та немає шкідливих речовин. У такому випадку повітрообмін обчислюється (2.1):

$$L = n * L, \quad (2.1)$$

де  $n$  – число працівників;

$L$  - кількість витраченого повітря на одного працівника.

Умова 2. Щоб вивести шкідливі речовини та зменшити їх виділення до допустимих концентрацій, повітрообмін розраховують за допомогою балансу між наявними шкідливими речовинами та тими, які виводяться з приміщення. Формула для розрахунку (2.2):

$$L = G_{\text{пр}} / (C_{\text{вив}} - C_{\text{пд}}), \quad (2.2)$$

де  $G_{\text{пр}}$  - загальна маса шкідливих речовин, мг/год;

$C_{\text{вив}}$  – концентрація шкідливих речовин, які виводяться;

$C_{\text{пд}}$  - концентрація шкідливих речовин у повітрі, що подається.

Умова 3. Коли потрібно вивести надлишкове тепло, то повітрообмін дорівнюватиме взаємодії тепла з обсягом повітря, що подається, та визначається за допомогою формули (2.3):

$$L = Q_{\text{над}} / (\rho_{\text{пд}} * c_{\text{п}} (t_{\text{вив}} - t_{\text{пд}})), \quad (2.3)$$

де  $Q_{\text{над}}$  - надвишкові видалення тепла (дорівнює різниці сумарного надходження тепла та тепла, що виводиться за рахунок теплових втрат);

$\rho_{\text{пд}}$  - густина повітря, що подається (кг/м<sup>3</sup>);

$c_{\text{п}}$  – теплоємність повітря;

$t_{\text{вив}}$  і  $t_{\text{пд}}$  - температури вивідного та повітря, яке поступає.

### 2.2.1 Природна вентиляція

Природною вентиляцією називають такий рух повітря, внаслідок якого утворюється різниця температур зовні та всередині. Щоб розрахувати тепловий напір (Па) використовують наступну формулу (2.4):

$$P_{\text{т}} = gh(\rho_{\text{з}} - \rho_{\text{в}}), \quad (2.4)$$

де  $g$  – прискорення вільного падіння;

$h$  – відстань між центральними отворами, припливним та витяжним;

$\rho_{\text{з}}$  і  $\rho_{\text{в}}$  – густини повітря зовні та всередині.

Основні принципи природної вентиляції:

- вітер може створювати різницю тиску між зовнішньою та внутрішньою стороною будівлі. Цей тиск може використовуватися для витягування повітря з приміщення через вентиляційні отвори на виході, тоді як свіже повітря потрапляє в приміщення через вентиляційні отвори на вході;

- коли повітря нагрівається, воно розширюється і стає менш щільним, що призводить до його підйому вгору. Цей процес, відомий як теплова конвекція, може використовуватися для виведення використаного повітря з приміщення через вентиляційні отвори у верхній частині приміщення;

- під час прохолодних місяців, коли зовнішня температура нижче, ніж внутрішня, можна використовувати цю різницю для видалення тепла з приміщення та введення свіжого повітря.

Природна вентиляція (інфільтрація) - добре відома концепція. Вона характеризується повітрообміном, який залежить від характеристик будівельної конструкції. Інфільтрація викликана різницею між зовнішнім і внутрішнім тиском і залежить від напрямку та інтенсивності вітру, різниці в температурі повітря (зовнішньої і внутрішньої) і площі фільтрації. Цей тип вентиляції також називають неорганізованою вентиляцією.

Організована вентиляція використовується для забезпечення безперервного повітрообміну. Організована вентиляція також включає в себе провітрювання. Вентиляція передбачає приплив і відтік повітря через ліхтарі (спеціальні пристрої) і віконні решітки.

### 2.2.2 Механічна вентиляція

Механічна вентиляція - це вентиляція, в якій для керування потоком повітря використовуються механізовані системи. Вентиляція включає припливну вентиляцію, коли повітря подається в приміщення, і витяжну вентиляцію, коли повітря видаляється з приміщення. Деякі вентиляційні системи виконують ці два завдання (приплив і витяжку повітря) одночасно. Це називається припливно-витяжною вентиляцією. Для зменшення витрат на опалення частина повітря, що видаляється з приміщення, змішується з новим повітрям, що подається (рециркуляція).

Існує також два типи вентиляції: загальнообмінна та місцева. Там, де небезпечні речовини розсіяні по всьому приміщенню, загальнообмінна вентиляція

ефективна для підтримки необхідного рівня чистоти. У приміщеннях місцевого використання вентиляція забезпечується тільки там, де присутні люди [2]. З економічної точки зору, економічно вигідніше вловлювати небезпечні речовини в місці їх виникнення та запобігати їх поширенню по всьому приміщенню. Такий тип вентиляції відомий як місцева вентиляція. Системи аварійної вентиляції також встановлюються в приміщеннях, де небезпечні речовини можуть раптово виділятися у великих кількостях.

У механічній вентиляції рух повітря в основному здійснюється за допомогою вентиляторів вентиляторного типу. Для всмоктування можуть використовуватися ежектори з насосами.

В основному використовуються осьові та відцентрові вентилятори. Осьові вентилятори складаються з циліндра з вбудованими лопатями. Коли він обертається, припливне повітря надходить у вентилятор і рухається в напрямку вала.

Переваги:

- простота в конструюванні;
- значна продуктивність (залежить від розмірів);
- можливе керування продуктивністю та реверсування повітряного потоку.

Недоліками є значний шум при роботі та малий тиск (до 300 Па).

В основі відцентрових вентиляторів лежить відцентровий корпус з крильчаткою. При обертанні крильчатки повітря витікає з вхідного отвору і потрапляє в канал між крильчатками. Під дією відцентрових сил повітря протікає по каналах, збирається в стоси і виводиться через вихідний отвір. Такі вентилятори можуть бути виготовлені з різних матеріалів і мати різну форму, в залежності від складу повітря, що транспортується цими вентиляторами. 1000 Па - це тиск, якого можуть досягти відцентрові вентилятори. Однак частина цього тиску втрачається, оскільки вентилятору доводиться долати опір у повітропроводі під час транспортування повітряної маси. Щоб встановити систему вентиляції, необхідно знати її складові:

- система збору повітря;
- система витяжної вентиляції (монтується зовні будівлі);
- пристрої для очищення повітряних мас від газу і пилу;
- пристрої підігріву повітря (використовуються в холодну пору року);
- вентилятори
- пристрої для подачі та витяжки повітря;
- різноманітні дроселі та заслінки.

Для розрахунку вентиляційної мережі визначають втрати тиску (втрати через фільтри, коліна, зміни площі та тертя повітря) при проходженні повітря через повітропроводи. Максимальна втрата тиску дорівнює сумі всіх втрат на даній ділянці.

Вентиляційну мережу створюють за таким принципом:

1. Мережа створюється залежно від типу приміщення, місць праці.
2. Визначають опір мережі, для цього беруть найдовшу магістраль.
3. Підбирають вентилятор та електродвигун.

Перерахунок створеної мережі роблять за умови, коли опір мережі занадто великий. Тоді проводять збільшення повітропроводів.

### 2.3. Алгоритм роботи системи моніторингу

Перед описом алгоритму варто зазначити, що в розробленому пристрої використовуються активні динаміки та світлодіоди. Суть цих елементів розкривається в алгоритмі.

Програма працює наступним чином. По-перше, після підключення всіх бібліотек та ініціалізації екрану, визначаються виводи мікроконтролера, до яких підключаються периферійні пристрої; для датчика DHT22 визначається змінна типу float, в якій зберігаються дані, отримані від датчика.

Саме отримання даних у змінні відбувається шляхом спрацювання бібліотечних методів отримання температури та вологості.

На аналоговому вході мікроконтролера зчитуються значення АЦП з датчиків

MQ2 і MQ7, відображаються і порівнюються зі значенням, при якому виявляється витік газу. Якщо значення перевищує допустиме, спрацьовує світлова та звукова сигналізація.

Схема підключення датчика пилу складається з резистора та конденсатора, які необхідні для вмикання та вимикання світлодіодів, що входять до складу датчика; мерехтіння світлодіодів дозволяє їм працювати довше. Програмна реалізація виглядає наступним чином. Вмикається світлодіод на сповіщувачі, через 0,28 мс вимірюється вихідна напруга і отримується значення від 0 до 1023 (за замовчуванням вивід ESP32 налаштований на 10 біт, але він є 12-бітним). Потім світлодіод вимикається і обчислюється середнє значення напруги за останні 100 відліків. Потім середнє значення напруги перетворюється на значення у вольтах. Наступним кроком є корекція зсуву, яка полягає в регулюванні напруги в умовах відсутності пилу.

Всі дані, отримані від датчиків і зчитані після обробки, відображаються на моніторі послідовного порту і OLED-дисплеї. За замовчуванням відображаються вологість, температура, значення з датчиків MQ2 і MQ7; при натисканні і утриманні кнопки "2" відображається щільність пилу в повітрі; при натисканні і утриманні кнопки "3" відбувається поступове перемикання між показаннями датчиків і обробленими значеннями. Дані оновлюються на дисплеї в режимі реального часу з затримкою в 1 секунду.

## 2.4 ESP32 профайлери

Профайлер - це інструмент, який дозволяє відстежувати різні параметри роботи програми, такі як використання процесора, час виконання функцій, кількість викликів функцій, використання пам'яті тощо. Використання профайлерів допомагає знайти найбільш ресурсозатратні частини програми та оптимізувати їх для покращення загальної продуктивності системи.

Найпотужніші профайлери:

- Espressif Trace Analyzer;

- ESP32 Performance Monitor;
- FreeRTOS Trace;
- ESP-Prog.

#### 2.4.1 Espressif Trace Analyzer

Потужний інструмент для аналізу продуктивності програм на ESP32. Він надає детальну інформацію про виконання коду, включаючи час виконання функцій та використання ресурсів. Цей інструмент дозволяє виявити вузькі місця в коді та оптимізувати їх для покращення продуктивності.

Основні можливості ESP-Trace:

- збір та аналіз трейсів виконання програм;
- відображення графіків використання процесора;
- аналіз часу виконання функцій та викликів.

#### 2.4.2 ESP32 Performance Monitor

Інструмент для моніторингу продуктивності мікроконтролера в реальному часі. Він надає інформацію про використання процесора, пам'яті та інших ресурсів, що дозволяє відстежувати продуктивність програми та виявляти проблемні місця.

Основні можливості ESP32 Performance Monitor:

- відстеження використання процесора;
- моніторинг використання пам'яті;
- відображення статистики виконання програм;

#### 2.4.3 FreeRTOS Trace

Корисний інструментом для профілювання програм, що працюють під управлінням FreeRTOS. Цей інструмент дозволяє відстежувати виконання задач, їх пріоритети та взаємодію між ними.

### Основні можливості FreeRTOS Trace:

- відстеження виконання задач;
- аналіз пріоритетів задач;
- відображення взаємодії між задачами.

### 2.4.4 ESP-Prog

Відладочний інструмент від Espressif, який також може використовуватися для профілювання програм. Він підтримує відладку за допомогою JTAG, що дозволяє відстежувати виконання коду та аналізувати продуктивність програми.

#### Основні можливості ESP-Prog:

- відладка за допомогою JTAG;
- аналіз виконання коду в реальному часі;
- профілювання використання ресурсів.

## 2.5 Збереження і обробка даних ESP32

### 2.5.1 Флеш-пам'ять ESP32

ESP32 постачається з вбудованою флеш-пам'яттю 4 МБ, 8 МБ або 16 МБ. Більша частина цього простору пам'яті зарезервована для зберігання завантажувача, радіодрайвера та коду програми. Як зазначалося раніше, для зберігання даних користувача доступно лише 512 байт флеш-пам'яті. Флеш-пам'ять розділена на три слоти для конфігурації без OTA — бібліотека NVS, PHU\_init і завод. Розділ бібліотеки NVS є єдиним місцем, де можна зберегти параметри програми користувача. У заводському розділі зберігається завантажувач, у той час як у розділі PHU зберігається радіодрайвер для Bluetooth і Wi-Fi, відповідальний за реалізацію рівня фізичної мережі. У конфігурації OTA (оновлення по повітрю) є три додаткові розділи, з яких один «OTAdata» використовується для зберігання програми OTA, а два розділи використовуються для зберігання оновлень OTA.

Флеш-пам'ять на ESP32 може зберігати лише скалярні дані користувача, ініційовані через змінні або структури даних у кодї. Ці скалярні значення зберігаються в розділі бібліотеки NVS як параметри програми. Обсяг флеш-пам'яті становить кілька МБ, чого достатньо лише для недорогих програм із невеликим обсягом пам'яті. Деякі частини флеш-пам'яті можна розділити для зберігання даних користувача, таких як текст, зображення та інші файли, лише після монтування файлової системи (SPIFFS або FAT) до неї. В іншому випадку флеш-пам'ять може зберігати лише згенерований користувачем двійковий код і параметри програми. Спалах SPI на ESP32 може використовувати 2- або 4-рядковий режим роботи. Швидкість передачі даних можна встановити на 40 МГц або 80 МГц.

Незважаючи на те, що флеш-пам'ять можна підключити та розділити для зберігання таких даних, як зображення та інші файли, цього часто недостатньо для зберігання належного обсягу даних. Наприклад, аудіо- та відеофайли можуть мати розмір кількох мегабайтів. Ці типи файлів ніколи не можна зберігати на флеш-пам'яті; найкращою альтернативою є використання SD-карт.

### 2.5.2 Збільшення пам'яті у ESP32

SD-карти від 4 ГБ до 32 ГБ зазвичай добре працюють із ESP32, де максимальний розмір файлу може досягати 4 ГБ. Це достатньо місця для зберігання аудіо, відео та файлів бази даних. ESP32 може передавати аудіо/відео, знімати зображення та зберігати великі журнали даних за допомогою інтерфейсу SD-карти достатнього розміру. На ESP32 є два інтерфейси для доступу до SD-карт — SDIO та SPI. Якщо інтерфейс SDIO використовується для підключення пристрою зчитування карт SD з ESP32, він займає шість фіксованих GPIO на платі. Інтерфейс SPI можна мультиплексувати з будь-яким GPIO і вимагає трьох або чотирьох контактів. До ESP32 можна підключити більше однієї SD-карти, налаштувавши додаткові контакти для вибору мікросхеми. Інтерфейс SDIO має стандартну частоту 20 МГц, яку можна налаштувати на 40 МГц для режимів лінії 1/4/8. Частота

для інтерфейсу SPI налаштовується за допомогою коду користувача. У ESP32-S2 для підключення SD-карт доступний лише інтерфейс SPI. Для роботи з ESP32 SD-карта повинна мати файлову систему FAT.

Картки eMMC схожі на карти SD і використовують той самий драйвер, що й карти SD. Важливо зазначити, що карти пам'яті eMMC не підтримуються в ESP32-S2. З іншими моделями ESP32 карти eMMC можна поєднати для зберігання аудіо, відео та файлів бази даних. Ці карти пам'яті можна підключити до ESP32 лише за допомогою інтерфейсу SDIO. Швидкість передачі даних за замовчуванням становить 20 МГц, яку можна встановити на 40 МГц у 8-рядковому режимі та 4-рядковому режимі DDR. Картки eMMC часто підключаються до чіпів ESP32 у таких пристроях, як розумні годинники. У таких програмах карта eMMC зберігає системні програми, що містять графічні файли та/або файли бази даних.

У програмах із низьким енергоспоживанням, як-от IoT, зображення, аудіо чи відеофайли не потрібно зберігати. Контролеру потрібен додатковий простір для зберігання параметрів конфігурації, ведення журналів або відновлення даних перед повторною передачею. У таких програмах карти SD або eMMC можуть надмірно розряджати батарею, а також непотрібно збільшувати вартість пристрою. Для таких ситуацій до пристрою можна додати додатковий простір у розмірі 1 МБ або 16 МБ, підключивши EEPROM до ESP32. ESP32 підтримує мікросхеми EEPROM AT24C01/02 від Atmel і може підключатися до ESP32 через інтерфейс I2C. ESP32 також може читати/записувати EEPROM зі швидкістю передачі даних від 100 до ~400 кГц і отримувати доступ до даних через пряму адресацію.

### 2.5.3 Файлові системи у ESP32

Типова конфігурація ESP32 проста — поки вам не доведеться мати справу з плоскими файлами. Однак, коли потрібно зберігати аудіо, відео, базу даних або інші складні файли на платі ESP32, виникають ускладнення. Мікроконтролери призначені для зберігання плоских даних і рідко потребують роботи зі складними

типами файлів. На щастя, ESP32 можна завантажувати з різними файловими системами для зберігання та обробки складних типів файлів.

Наступні файлові системи підтримуються в ESP32:

- NVS library;
- SPIFFS;
- FAT;
- Virtual file system;

Одним із розділів за замовчуванням у флеш-пам'яті ESP32 є бібліотека NVS. Розділ можна використовувати для зберігання параметрів програми. Дані програми, що зберігаються в NVS, не втрачаються, коли ESP32 вимикається, перезапускається або виникає збій живлення. Розділ потрібно активувати за допомогою бібліотеки NVS у коді користувача, який потім монтує файлову систему бібліотеки NVS на відповідному розділі. Файлова система дозволяє зберігати пари ключ-значення, де ключі можуть бути рядками ASCII, а значення можуть бути цілими числами, рядками або великими двійковими об'єктами (BLOB), такими як масиви символів. Розділ NVS все ще не підходить для зберігання великих рядків. Залежно від застосованої таблиці розділів за замовчуванням або настроюваної, розмір розділу обмежено КБ або МБ.

Флеш-файлова система послідовного периферійного інтерфейсу (SPIFFS) є файловою системою за замовчуванням, яку підтримує ESP32. SPIFFS — це легка файлова система мікроконтролера з SPI NOR flash менше 128 МБ. Файлова система потребує менше оперативної пам'яті порівняно з файловою системою FAT. Він підтримує вирівнювання зносу, узгодженість даних і підтримку POSIX. Файлову систему можна підключити до ESP32 або об'єднати у віртуальну файлову систему на ESP32. Файлова система SPIFFS підходить для розділення флеш-пам'яті для зберігання зображень, аудіо, відео та інших файлів.

Файлова система SPIFFS не підтримує каталоги, оскільки вона не залежить від платформи. Організована структура каталогів часто потрібна в багатьох ситуаціях, наприклад, коли ESP32 розміщує невеликий веб-сервер із кількома файлами HTML, CSS і зображеннями. Інша ситуація може бути, коли зовнішні

пристрої пам'яті, як-от карти SD або карти eMMC, підключені до ESP32 і мають файли, які зберігаються не безпосередньо в кореневій папці, а в каталогах. У таких випадках ESP32 можна монтувати з файловою системою FAT-Fs. FAT-Fs діє як незалежний від платформи рівень і забезпечує уніфікований інтерфейс для доступу до всіх доступних пристроїв пам'яті, таких як зовнішні флеш-чіпи, SD-карти та eMMC.

Файлова система підтримує структуру каталогів і забезпечує шифрування даних. FAT-Fs підтримує пристрої пам'яті розміром гігабайт, тоді як SPIFFS підходить лише для флеш-пам'яті до 128 МБ. Вирівнювання зносу є не обов'язковим для FAT-F. Файлова система FAT-Fs на ESP32 повинна використовуватися для зберігання аудіо, відео, зображень та інших типів файлів, коли файли потрібно зберігати на зовнішніх пристроях пам'яті великої ємності або для зберігання потрібна структура каталогів.

ESP32 також можна завантажити за допомогою віртуальної файлової системи. Він об'єднує файлові системи SPIFFS і FAT-Fs на ESP32 і забезпечує файлоподібний інтерфейс для зовнішніх драйверів. Віртуальна файлова система корисна, коли для ESP32 з певних причин потрібні файлові системи SPIFFS і FAT.

З мікроконтролерами керування даними користувачів і мережею може бути складним завданням. ESP32 не є винятком. ESP32 — це потужна платформа розробки Wi-Fi для створення додатків Інтернету речей будь-якого розміру. На щастя, пам'ять на ESP32 можна розширити за допомогою зовнішньої флеш-пам'яті/EEPROM, SD-карт і eMMC. Зовнішні мікросхеми флеш-пам'яті або EEPROM підходять, коли потрібне невелике збільшення ємності пам'яті. Якщо програма потребує зберігання великих файлів, таких як аудіо, відео або файли бази даних, слід покладатися на карти SD або eMMC.

Отже, з відповідним вибором бортового чи внутрішнього сховища наступним важливим кроком у управлінні даними на ESP32 є вибір належної файлової системи. Якщо програма потребує лише збереження важливих параметрів ключ-значення, які не можна втрачати під час вимкнення чи збою живлення, достатньо бібліотечної файлової системи NVS. Наприклад, параметри рівня IP для

підключення ESP32 до існуючої мережі можуть зберігатися в розділі NVS як пари ключ-значення у файловій системі бібліотеки NVS. Якщо програма потребує зберігання аудіо, відео або журналів даних невеликого розміру, SPIFFS є найбільш підходящим, оскільки він не споживає оперативну пам'ять. Для програм, які вимагають зберігання великих файлів, організації файлів у структурі каталогів або вимагають шифрування даних, файлова система FAT на ESP32 є варіантом. У деяких рідкісних випадках на ESP32 може знадобитися і SPIFFS, і файлова система FAT, після чого ESP32 можна завантажити разом із віртуальною файловою системою, щоб отримати переваги функцій файлової системи FAT і SPIFFS. Хоча ESP32 підтримує зберігання аудіо- та відеофайлів, максимальна швидкість передачі даних у 40 МГц може бути обмеженням.

## 2.6 Захист даних ESP32

Захист даних є дуже важливою складовою, оскільки дані мають бути приватними і ні в якому разі не можуть потрапити до чужих рук. Ми розглянемо основні механізми захисту даних у ESP32 та способи їх реалізації.

### 2.6.1 Архітектура безпеки ESP32

ESP32 має вбудовані апаратні та програмні механізми для забезпечення захисту даних. Основні компоненти системи безпеки включають:

1. Апаратні криптографічні прискорювачі: AES - використовується для шифрування та дешифрування даних, SHA - забезпечує хешування даних для перевірки цілісності, RSA - використовуються для шифрування та цифрового підпису.
2. Забезпечення автентифікації з використанням безпечного завантаження (Secure Boot) програмного забезпечення, що завантажується на мікроконтролер, запобігаючи запуску неавторизованого коду.

3. Шифрування даних через захищені області пам'яті, що зберігаються у флеш-пам'яті, забезпечуючи захист від несанкціонованого доступу.

4. ESP32 має спеціальні області пам'яті для зберігання криптографічних ключів, що захищені від несанкціонованого доступу.

Отже, ESP32 має розвинену архітектуру безпеки з якою можна забезпечити обробку даних і знеможливити її передачу стороннім обличчям.

## 2.7 Важливість функції дистанційного контролю

Функцію дистанційного контролю забезпечує:

1. Зручність управління і легкість віддалено контролювати параметри мікроклімату без необхідності фізичного присутності в приміщенні. Це особливо важливо в випадках, коли приміщення велике або недоступне.

2. Дистанційний контроль, дозволяє швидко реагувати на зміни у мікрокліматі. Наприклад, якщо температура виробничого приміщення змінюється або вологість перевищує допустимий діапазон, користувач може негайно втрутитися, щоб відновити комфортні умови для працівників або зберегти стабільність процесів виробництва.

3. Оптимізація використання енергії та ресурсів. Наприклад, користувач може віддалено вимкнути обігрів або охолодження, коли виробниче приміщення не використовується, що дозволяє зменшити споживання електроенергії та знизити витрати.

4. Забезпечення збору даних про стан мікроклімату та його зміни в часі. Ці дані можуть використовуватися для аналізу ефективності системи опалення, вентиляції та кондиціювання повітря, а також для планування покращень і оптимізації роботи.

5. Інтеграція з іншими системами автоматизації та управління, що дозволяє автоматизувати ряд процесів і забезпечити більш ефективне управління мікрокліматом у виробничих приміщеннях.

Отже, функція дистанційного контролю не лише забезпечує зручність та ефективність управління мікрокліматом, але й сприяє підвищенню продуктивності, енергоефективності та комфорту працівників.

## 2.8 Висновки

Було описано загальну структуру системи, її компоненти і принцип роботи. Розібрано систему контролю повітря та зменшення небажаного впливу токсичних речовин на робочих, яка включає в себе природну та механічну вентиляції. Продемонстрований алгоритм роботи систему моніторингу. Описано принцип роботи профайлерів і їх внесок у систему. Описано процес роботи збереження і обробки даних у ESP32, який включає в себе флеш-пам'ять, збільшення пам'яті, файлові системи. Описано захист даних у ESP32 та архітектуру безпеки. Описано важливість функції дистанційного контролю.

## 3 ВИБІР КОМПОНЕНТІВ ТА СЕРЕДОВИЩА ПРОГРАМУВАННЯ

### 3.1 Вибір мікроконтролера

Зараз існує досить багато мікроконтролерів, кожен з яких має свої переваги і недоліки, найпопулярніші з них:

- Arduino Uno, який є одним з найпопулярніших мікроконтролерів для початківців та професіоналів. Він базується на мікроконтролері ATmega328P від Microchip і має простий інтерфейс, легкий у використанні, велику спільноту користувачів та широкий вибір додаткових модулів та аксесуарів;

- потужний Wi-Fi мікроконтролер ESP8266, розроблений компанією Espressif Systems. Він має вбудований Wi-Fi модуль і дуже популярний серед розробників Інтернету речей (IoT) через свою низьку вартість, компактний розмір і зручний інтерфейс;

- популярний варіант Arduino Mega мікроконтролера Arduino, який має більше виводів GPIO та розширені можливості порівняно з Arduino Uno. Він також базується на мікроконтролері ATmega, але має більшу кількість виводів, аналогових та цифрових;

- повноцінний одноплатний комп'ютер Raspberry Pi., який працює на базі операційної системи Linux. Він має багато інтерфейсів, включаючи HDMI, USB, Ethernet, Wi-Fi та GPIO, що робить його ідеальним вибором для різноманітних проектів IoT та робототехніки;

- наступне покоління мікроконтролерів від Espressif Systems ESP32, яке поєднує в собі Wi-Fi та Bluetooth з можливостями низького енергоспоживання. Він має багато виводів GPIO, аналогових та цифрових, а також розширені можливості для роботи з бездротовими мережами.

При виборі мікроконтролера я зупинився на ESP32. Останній часом цей мікроконтролер став дуже популярним. Він прийшов на заміну ESP8266 та розроблений тією ж компанією Espressif Systems.

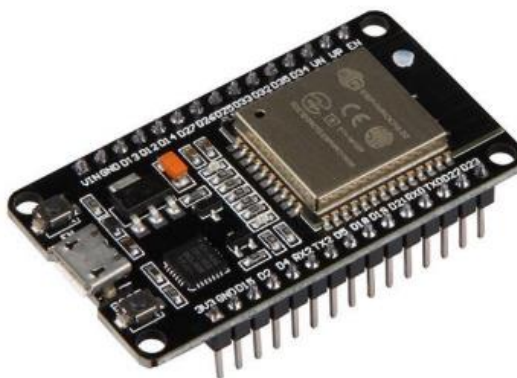


Рисунок 3.1 - Вигляд плати ESP32 DevKit з модулем ESP32-WROOM

Порівняно з попередником, об'єм пам'яті ESP32 збільшився до 512 Кб (у ESP8266 - лише 160 Кб). Варто також відзначити, що основний недолік попередника - збільшена кількість виводів GPIO - був усунутий: Кількість каналів АЦП в ESP32 збільшено з 12 біт до 18; є два входи ЦАП, які мають розрядність 8 біт; і ESP32 має 32-розрядний процесор. Потужний 32-розрядний процесор демонструє приголомшливу швидкість, що особливо помітно при завантаженні сторінок з надмірним графічним контентом. Мікроконтролер має наступні апаратні інтерфейси для зв'язку з різними типами пристроїв: 4\*SPI, 3\*UART, 2\*I<sup>2</sup>C, 2\*I<sup>2</sup>S. Всі виводи вводу/виводу працюють з ШІМ (широко-імпульсною модуляцією). Має значну кількість сенсорних датчиків (10) та датчиків температури [3]. Цей мікроконтролер популярний завдяки наднизькому енергоспоживанню. У режимі "глибокого сну" енергоспоживання становить від 5 до 2,5 мкА. Його основна перевага над платами Arduino – це наявність інтегрованих модулів Wi-Fi та Bluetooth, які дуже цінні та зручні для передачі даних. Передача даних такими модулями забезпечується криптографічним шифруванням [4].

Недоліком є те, що ESP32 не надто давно на ринку і ще не повністю підтримує всі датчики та периферійні пристрої. Втім, ця проблема буде вирішена найближчим часом. Мікроконтролер виявляється дуже популярним і пропонує значні переваги у створенні систем різного рівня складності.

### 3.2 Вибір датчика температури та вологості

DHT22 - це звичайний датчик вологості та температури [5]. Датчик побудований на основі ємнісного датчика вологості та термістора. Цікаво відзначити, що датчик має аналого-цифровий перетворювач (АЦП), який перетворює зібрані аналогові значення температури і вологості в цифрові значення. DHT22 використовує єдину шину для зв'язку, яка відрізняється від шини в Dallas semiconductors. Протокол зв'язку датчика DHT відрізняється: DHT22 використовує ту ж саму шину, що і напівпровідникова шина Dallas, але DHT22 використовує інший протокол.

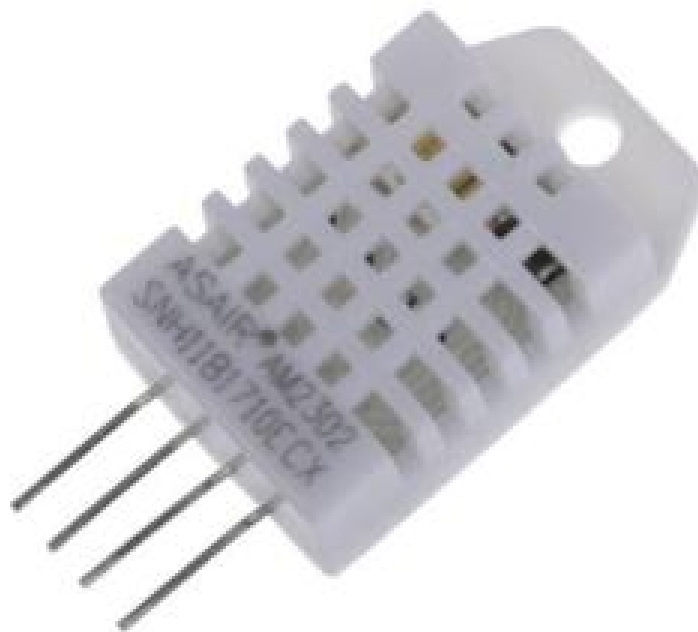


Рисунок 3.2 - Вигляд датчика DHT22

Такий тип датчика, у порівнянні з DHT11, є більш точним. При порівнянні параметрів цих датчиків можна помітити наступне:

- DHT22 має кращу точність вимірювання як для температури (точність складає  $\pm 0,5$  °C), так і для вологості ( $\leq 5\%$ );
- захоплює весь діапазон вимірювання вологості (від 0 до 100%);

- набагато більший діапазон вимірювання температури (-40 °С ...+80 °С) та можливість вимірювання від'ємних значень температурних величин.

Нижче у таблиці 3.1. наведене порівняння двох датчиків DHT11 та DHT22.

Таблиця 3.1 - Порівняльний аналіз датчиків сімейства DHT

Параметри	DHT22		DHT11		Вимірювальні одиниці
	мін.	макс.	мін.	макс.	
Здатність вимірювання температури	-40	80	0	50	°С
Здатність вимірювання вологості	0	100	20	80-95	%
Точність при вимірюванні температури	±0,5		±2		°С
Точність при вимірюванні вологості	2-5		5		%
Напруга живлення	3	5,5	3	5,5	В
Споживаний струм	0,05	2,5	0,1	2,5	мА
Частота вимірювання	0,5		1		Гц

Перевагою DHT22 є його ультранизьке споживання енергії (від 0,05мА до 2,5мА) та ще, що він може працювати при значно довгому дроті. Недоліком є затримка при передачі даних у 2 секунди.

### 3.3 Вибір датчиків широкого спектру виявлення газів, диму та чадного газу

Датчики широкого спектру виявлення газів є важливими засобами для виявлення різноманітних газів у навколишньому середовищі. Ось декілька ключових аспектів, що стосуються цих датчиків:

1. Універсальні датчики широкого спектру, які призначені для виявлення різних типів газів, від летючих органічних сполук (ЛОС) до токсичних газів та вуглеводнів. Це робить їх універсальними інструментами для багатьох застосувань, включаючи промислові, комерційні та побутові системи безпеки.

2. Одним із основних застосувань датчиків широкого спектру виявлення газів є виявлення небезпеки від витоку токсичних або загрозованих газів. Наприклад, вони можуть бути встановлені в приміщеннях для виявлення небезпечних рівнів газу, таких як вуглекислий газ, метан, аміак, хлор тощо, що дозволяє попередити можливі аварійні ситуації та вжити заходів безпеки.

3. Датчики газів широкого спектру також використовуються для контролю якості повітря у промислових та комерційних приміщеннях. Вони можуть виявляти наявність шкідливих або неприпустимих рівнів газів, що дозволяє організаціям вживати заходів для забезпечення безпеки та комфорту працівників.

4. Датчики широкого спектру також можуть бути використані для моніторингу довкілля в місцях, де можливий викид токсичних або шкідливих газів. Вони можуть бути встановлені на промислових майданчиках, у місцях з великою концентрацією транспорту або в інших ділових або громадських просторах для виявлення забруднення та моніторингу якості повітря.

MQ-2 – це широко поширений давач, який використовують у різних проєктах для виявлення газу та диму. Цей давач здатний виявляти в повітрі вуглеводні гази (пропан, бутан), дим (частки диму, що є результатом горіння), здатний виявляти задимлення.

Вигляд давача можна побачити на рисунку. 3.3.



Рисунок 3.3 - Давач виявлення газу та диму MQ-2

Датчики серії MQ дуже прості у використанні і мають два типи виходу (аналоговий і цифровий). Цифровий вихід є логічним, коли аналоговий вихід досягає порогового значення. Цифровий вихід видає "1", коли аналоговий вихід досягає порогового значення. Високоточний компаратор, припаяний до нижньої сторони датчика, використовується для перевірки досягнення порогового значення. Цифровий вихід дуже корисний, коли потрібно запустити дію або увімкнути певний пристрій після досягнення порогового значення.

Біля компаратора знаходиться потенціометр, з його допомогою можна налаштувати чутливість давача, наприклад, можна тримати давач біля певного газу та, крутячи потенціометр, побачити, коли спалахне червоний (на деяких зелений) світлодіод.

Цією дією ми забезпечимо регулювання концентрації домішок, при якій MQ-2 почне цю концентрацію бачити.

Цей модуль живиться від 5 В та струм споживання становить 180 мА. Чутливість до концентрації шкідливих газів та диму визначається в такому діапазоні: 300 – 10000 ppm. Здатний працювати при температурах від -10 до +50 °С.

MQ-7 - це ще один тип детектора в сімействі MQ. Він може виявити наявність чадного газу (CO) в повітрі [6]. Чадний газ утворюється при неповному згорянні палива. Цей газ дуже токсичний (без запаху, без кольору) і часто призводить до трагічних наслідків. Давач чадного газу широко застосовується не тільки на промислових об'єктах, але й приватних домівках. За будовою він майже не відрізняється від інших давачів сімейства MQ. Вигляд MQ-7 можна побачити на рисунк. 3.4.

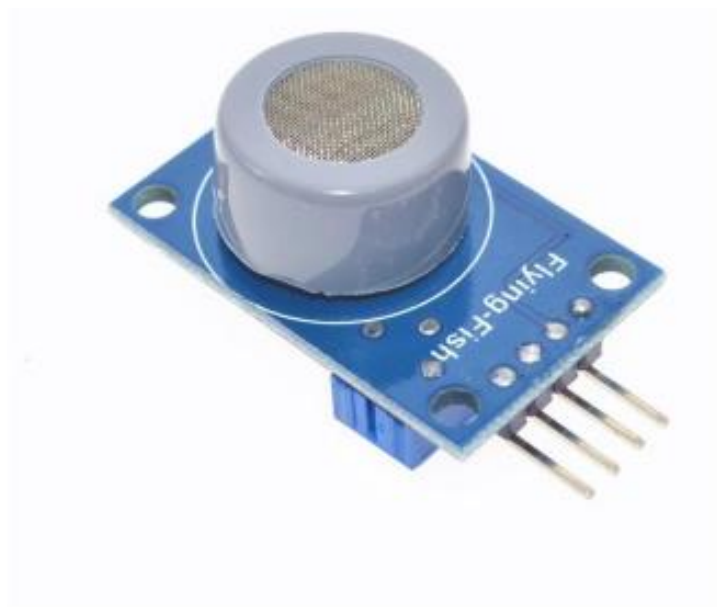


Рисунок 3.4 - Давач чадного газу MQ-7

У ньому присутній нагрівальний елемент, за допомогою цього нагрівального елемента проходить хімічна реакція.

Після проходження хімічної взаємодії отримується інформація про концентрацію CO. Як можна побачити з рис. 2.4. MQ-7 має також аналоговий і цифровий вихід (пінів загалом 4 – живлення, земля, цифровий та аналоговий виходи). Цими виходами можна користуватись аналогічно як з виходами MQ-2.

Діапазон вимірювання становить 20-2000 ppm, а струм споживання - 150 mA. Вологість у приміщенні не повинна перевищувати 95%.

На деякі результати вимірювань суттєво впливають температура і вологість, тому їх необхідно компенсувати перед використанням.

### 3.4 Вибір давача пилу

Датчик пилу є важливим елементом, який забезпечує:

1. Вимірювання рівня твердих часток (PM) в повітрі, таких як пил, дим, частки викидів автомобілів та інші забруднювачі. Це дозволяє користувачам отримувати інформацію про чистоту повітря та ризики для здоров'я.

2. Висока концентрація твердих часток у повітрі може бути шкідливою для здоров'я людини. Довготривала експозиція пилу може призвести до проблем з диханням, алергічних реакцій, серцево-судинних захворювань та інших проблем зі здоров'ям. Датчики пилу дозволяють вчасно виявляти високі рівні забруднення повітря та приймати заходи для його зменшення.

3. Датчики пилу можуть використовуватися для виявлення джерел забруднення повітря, таких як промислові підприємства, дорожні роботи або інші діяльності, що викидають багато часток у повітря. Це дозволяє органам влади та управлінням приймати заходи для зменшення забруднення та захисту здоров'я громадськості.

4. Інформація, отримана від датчиків пилу, може бути використана для розробки та виконання планів дій для зменшення забруднення повітря. Наприклад, організації можуть встановлювати контрольні точки збору даних та виконувати моніторинг рівнів забруднення для ефективного управління якістю повітря.

Для виготовлення системи моніторингу було вибрано оптичний давач пилу GP2Y1014AU0F компанії Sharp [7]. Такий давач можна використовувати постійно, завдяки його малому споживанню струму (максимальне значення може становити до 20 мА). Вигляд давача пилу можна побачити на рисунку. 3.5.

Модуль може виявляти різноманітні частинки з мінімальним розміром пилу 0,5 мкм. Принцип роботи полягає в наступному: ІЧ-світлодіод випромінює світло, яке вловлюється ІЧ-приймачем. Приймач приймає тільки світло, відбите від пилу в повітрі; ІЧ-світлодіод і приймач розташовані біля наскрізного отвору, призначеного для забору повітря.



Рисунок 3.5 - Вигляд давача пилу та диму GP2Y1014AU0F в корпусі

ІЧ-світлодіод і приймач розташовані поблизу наскрізного отвору, призначеного для забору повітря [8]. Перевагою датчика є його компактність: він легко монтується на невеликому обладнанні і займає мало місця. Також варто відзначити, що час сканування пилу становить менше однієї секунди. GP2Y1014AU0F також має високу чутливість для виявлення навіть сигаретного диму, може використовуватися в домашніх умовах і легко калібрується для підвищення точності вимірювань.

### 3.5 Вибір способу виведення даних

Існує багато способів виведення даних з мікроконтролера ESP32, ось найпоширеніші з них:

1. Стандартний спосіб виводу такий як серійний монітор, в якому з даних мікроконтролера через його USB-порт. Ви можете використовувати Arduino IDE або інші середовища розробки, щоб відкрити серійний монітор, підключити мікроконтролер до комп'ютера за допомогою USB-кабеля і переглядати виведені дані у вікні монітора.

2. Через LCD дисплей ви можете підключити різні типи LCD дисплеїв (наприклад, символний, графічний) до свого мікроконтролера і виводити дані безпосередньо на них. Деякі дисплеї мають спеціальний інтерфейс (наприклад, I2C або SPI), що полегшує їх використання з мікроконтролерами.

3. Використовуючи світлодіоди (LED) як індикатори стану, ви можете виводити прості повідомлення або показники на вашому пристрої. Наприклад, ви можете використовувати різні комбінації світлодіодів для відображення чисел, букв або інших символів.

4. Якщо ваш мікроконтролер має можливість підключення до WiFi або Bluetooth мережі, ви можете використовувати це з'єднання для передачі даних на комп'ютер, смартфон або інший пристрій. Ви можете використовувати спеціальні додатки або програмне забезпечення для отримання цих даних і відображення їх на екрані.

5. Ви також можете підключити різні зовнішні пристрої, такі як дисплеї на базі OLED, сенсорні екрани, модулі Wi-Fi або Ethernet, зовнішні сховища даних тощо, щоб виводити дані або взаємодіяти з користувачем.

Мікроконтролеру корисно відображати дані, які він отримує від усіх датчиків. Такі дисплеї можуть бути невеликими, але важливо, щоб виведення було компактним, а зображення було чітким і контрастним. Для виконання цих вимог було вирішено використовувати 1,3-дюймовий графічний OLED-дисплей з роздільною здатністю 128 x 64 точок. Вигляд дисплею поданий на рисунку 3.6.

Технологія побудови такого дисплею забезпечує наступне:

- хороша контрастність зображення;
- кут огляду, який становить більше 160 °;
- здатний працювати при напрузі 3,3 В.

Цей тип графічного дисплея працює з різними протоколами, але я обрав високошвидкісний протокол I2C, який працює лише з двома проводами. Ці графічні пристрої також працюють з широким спектром бібліотек.

Найбільшими перевагами є кут огляду та контрастність. Це забезпечує оптимальне та якісне зчитування інформації навіть під впливом світла.

Монохромний також має невеликий недолік, хоча він не впливає на продуктивність дисплея.



Рисунок 3.6 - Вигляд графічного OLED дисплею

### 3.6 Обґрунтування вибору середовища програмування

#### 3.6.1 Огляд офіційного середовища для розробки компанії Espressif

Щоб уможливити розробку програмного забезпечення для ESP32, виробник випустив власний фреймворк - IoT Development Framework (скорочено ESP-IDF). Перша версія фреймворку була доступна наприкінці 2016 року. Нові версії виходять щороку, оптимізуючи програмні продукти та оновлюючи бібліотеки; ESP-IDF має дуже чітку документацію та багато прикладів [9]. Основним недоліком є багатоступеневе налаштування програмного забезпечення, яке включає в себе наступне:

1. Встановлення Toolchain – набору інструментів для створення програм шляхом компіляції коду.
2. Отримання API, який включає бібліотеки та вихідні коди.
3. Для збірки проєктів необхідно встановити змінне оточення (для

доступу до ESP-IDF).

#### 4. Створення та конфігурація проєкту.

На рисунку. 3.7. можна побачити етапи розробки програмного забезпечення.

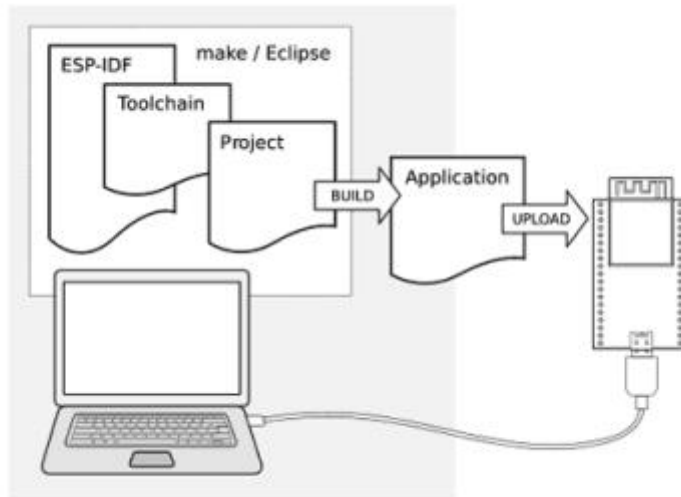


Рисунок 3.7 - Принцип розробки програми середовищем ESP-IDF

забезпечення та отримує оновлення, які вирішують наявні проблеми і приносять покращення. Але воно не всім зручне, так як на даний час є значна кількість альтернатив, які простіші у використанні.

#### 3.6.2. Огляд середовища Espruino

Espruino - це повна екосистема для програмування мікроконтролерів. Програмування здійснюється за допомогою мови JavaScript; спеціальний додаток для Google Chrome є дуже корисним і підтримує всі середовища операційних систем. Сам програмний код можна писати як в додатку, так і в різних текстових редакторах. У цьому середовищі є три типи бібліотек: стандартні, вбудовані та зовнішні. Зовнішні бібліотеки є особливо цікавими і можуть бути написані будь-ким, навіть звичайними користувачами Espruino. Ці бібліотеки можна зберігати де завгодно, тому користувачеві не потрібно шукати бібліотеки для конкретного пристрою і розмішувати їх у відповідних каталогах перед початком роботи над

чернеткою.

На рисунку 3.8. зображене вікно програми, яке запускається з браузера Google Chrome.

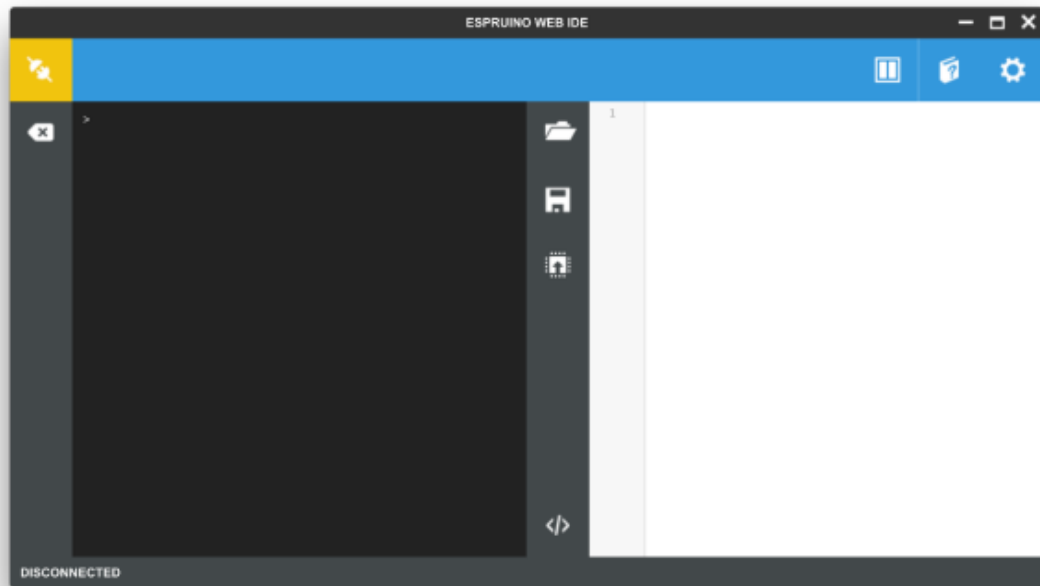


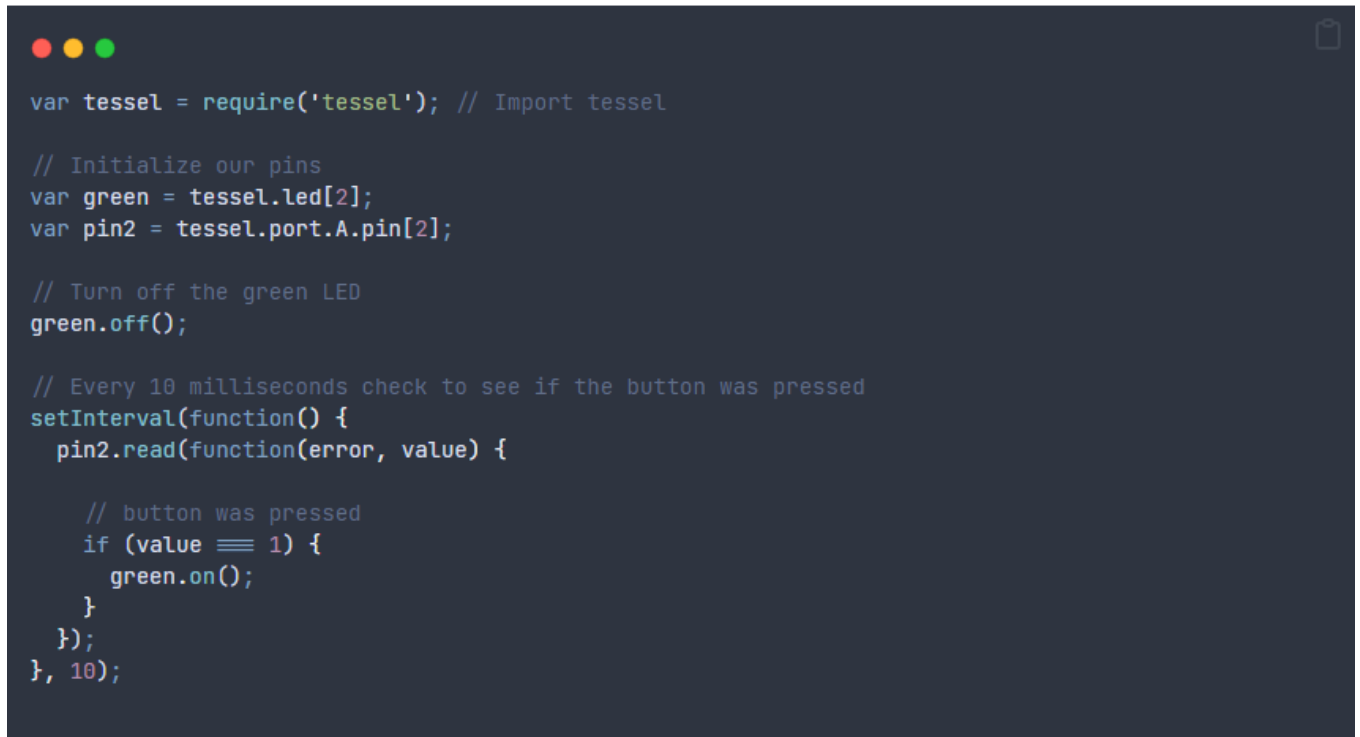
Рисунок 3.8 - Вигляд вікна середовища Espruino Web IDE

Також доступне програмне забезпечення для завантаження на Windows, але зручність встановлення та налаштування веб-версії робить очевидний вибір.

Скільки б переваг не було, завжди є й недоліки. Для деяких людей незнання мови програмування JavaScript є недоліком, і середовище може не підходити для них. Крім того, хоча деякі функції ще не повністю реалізовані в ESP32, Espruino - це програмне забезпечення з відкритим вихідним кодом, і будь-хто може зробити свій внесок у розвиток вже дуже популярного і корисного середовища розробки.

### 3.6.3 Середовище Tessel

Tessel – це вбудована платформа розробки, яка використовується для підключення датчиків і приводів до Інтернету. Він використовує потужні інструменти веб-розробки, такі як Node.js і NPM, щоб зробити прототипування апаратного забезпечення більш доступним і менш трудомістким.



```

var tessel = require('tessel'); // Import tessel

// Initialize our pins
var green = tessel.led[2];
var pin2 = tessel.port.A.pin[2];

// Turn off the green LED
green.off();

// Every 10 milliseconds check to see if the button was pressed
setInterval(function() {
  pin2.read(function(error, value) {

    // button was pressed
    if (value === 1) {
      green.on();
    }
  });
}, 10);

```

Рисунок 3.9 - Вікно середовища розробки Tessel

Велика перевага цього середовища заключається в її гнучкості і універсальності: велика кількість модулів дозволяє ефективно робити різні поставлені задачі обираючи саме ті модулі які потребує задача. Також великим плюсом є велика кількість прикладів роботи з різними кейсами, що дозволяє швидше почати орієнтуватись у середовищі і почати виконувати свою поставлену задачу.

Серед недоліків можна виділити те, що Tessel працює на мові програмування javascript, яка є не дуже легкою для розуміння. Також ще один недолік заключається в більш повільному опрацюванні процесів порівнюючи з конкурентами.

#### 3.6.4 Середовище Arduino IDE

Arduino IDE – популярне середовище для розробки програмного забезпечення та програмування мікроконтролері [10]. Середовище має досить просту структуру,

завдяки якій дуже швидко освоюється програма та здійснюється перехід до розробки. На рисунку 3.10. зображено вікно програми.



Рисунок 3.10 - Вікно середовища розробки Arduino IDE

Arduino IDE складається з вбудованого текстового редактора, консолі та декількох кнопок, які використовуються для компіляції коду та завантаження його на плату. Важливою особливістю програми є наявність вбудованих прикладів, які можна одразу завантажити в мікроконтролер, щоб побачити, як він працює. Приклади також можна легко зберігати, змінювати та доповнювати під власним ім'ям [10].

Перевагою цього середовища є те, що до Arduino IDE можна додавати як Arduino-сумісні пристрої, так і плати інших виробників. Це дуже корисно для користувачів, які використовують одні плати в цьому середовищі, а потім переходять на використання інших плат, і їм не потрібно заново вивчати програму,

достатньо лише додати підтримку плати за допомогою спеціального менеджера.

Незначним недоліком є неповна підтримка ESP-32 в Arduino IDE, але ніяких труднощів не виникне, бо всі основні функції працюють справно. Найчастіше проекти для ESP32 розробляються на Arduino IDE і Espruino. Мною було вибрано середовище Arduino IDE через його простоту використання та підтримувану мову програмування Сі та С++.

### 3.7 Обґрунтування вибору протоколу передачі даних від сенсорів

#### 3.7.1 Огляд протоколу MQTT

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) – це легкий протокол обміну повідомленнями, який широко використовується для додатків IoT. MQTT, створений наприкінці 1990-х років, був розроблений як простий і надійний метод передачі телеметричних даних у ситуаціях, коли пропускна здатність мережі обмежена, а надійність не може бути гарантована.

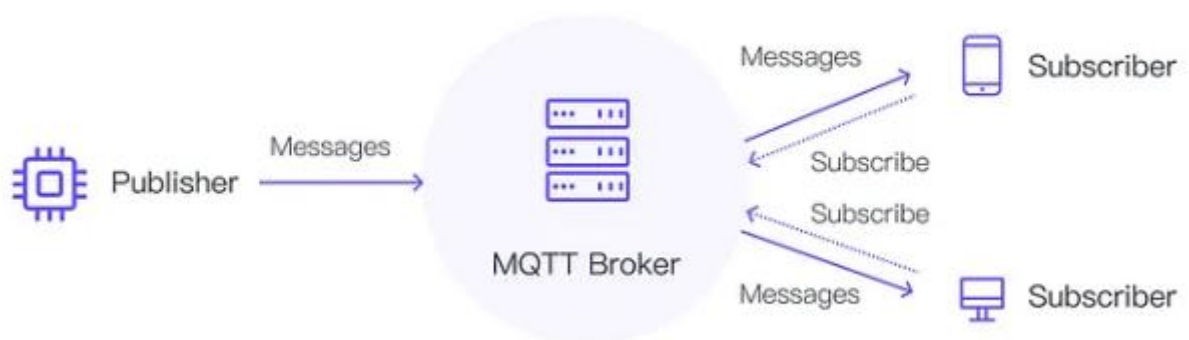


Рисунок 3.11 - Протокол MQTT

Ключові особливості MQTT:

1. MQTT працює за моделлю публікації-підписки, яка ідеально підходить для програм IoT. Видавець надсилає повідомлення до теми, і всі передплатники цієї теми отримують це повідомлення.

2. Завдяки мінімальному розміру пакета даних MQTT надзвичайно

легкий, що робить його ідеальним для використання в ситуаціях, коли пропускна здатність мережі є високою.

3. MQTT пропонує три рівні якості обслуговування (QoS): від «щонайбільше один раз», коли повідомлення доставляються відповідно до найкращих зусиль операційного середовища та не вимагається відповіді, до «рівно один раз», коли повідомлення гарантовано надійдуть точно один раз, дублікати не допускаються.

4. MQTT дозволяє зберігати повідомлення за темою. Останнє повідомлення для теми зберігається та представляється будь-якому клієнту, який підписався на цю тему.

5. Якщо клієнт MQTT неміло відключається, усім підписникам надсилається попередньо визначене повідомлення «останньої волі та заповіту».

6. MQTT має вбудовані вимоги до керування сеансами. Це означає, що якщо з'єднання втрачено, сеанс можна відновити без втрати повідомлень.

### 3.7.2 Огляд протоколу CoAp

CoAP (Constrained Application Protocol) — це спеціалізований протокол веб-передачі для використання з обмеженими вузлами та обмеженими мережами в IoT. Він розроблений для легкого перекладу на HTTP для спрощеної інтеграції з Інтернетом, а також відповідає спеціальним вимогам, таким як підтримка багатоадресної передачі, дуже низькі накладні витрати та простота для обмежених середовищ. Основними особливостям CoAp є те, що він має вбудовану підтримку DTLS (Datagram Transport Layer Security), що дозволяє легко та безпечно передавати інформацію на сервер, крім того CoAP працює за моделлю запит-відповідь із підходом до керування ресурсами RESTful. Розроблений для імітації HTTP, що робить розробку на ньому більш гнучкою та легкою, оскільки за допомогою RESTful API можна з легкістю написати необхідний код, який в подальшому буде зрозумілий і настроюваний. Нижче на рисунку 3.12 наведено принцип роботи протоколу CoAp.

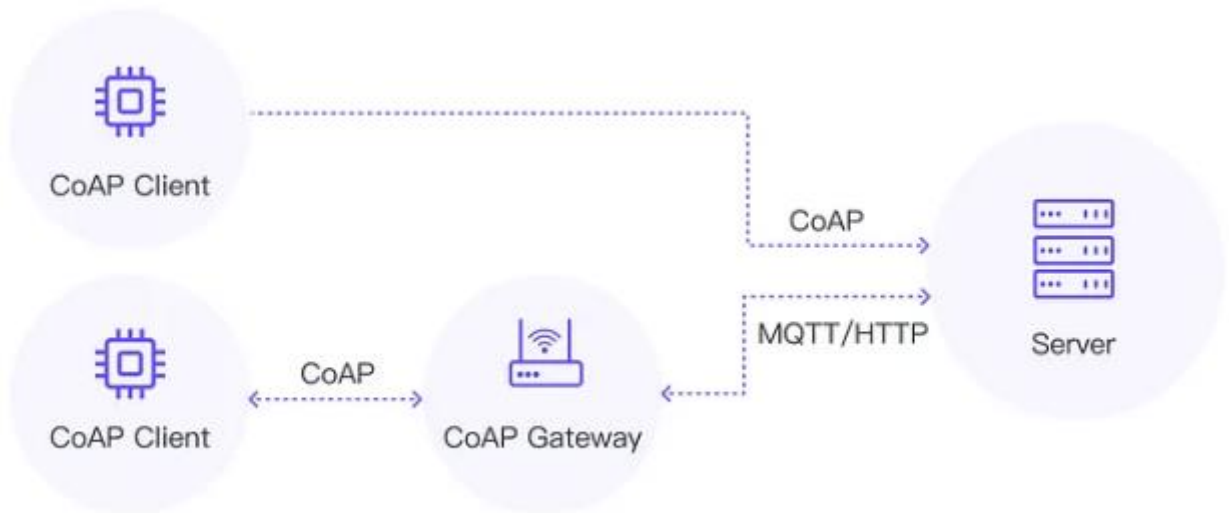


Рисунок 3.12 - Протокол CoAp

Особливості CoAp:

1. На відміну від MQTT, який працює через TCP, CoAP розроблено для використання UDP і тому краще підходить для обмеженої мережі та ресурсів.
2. CoAP використовує HTTP-подібну семантику, використовуючи для взаємодії такі методи, як GET, POST, PUT і DELETE. Це полегшує використання CoAP для розробників, які знайомі з HTTP.
3. CoAP забезпечує механізм доставки підтверджених повідомлень. Це забезпечує доставку повідомлень одержувачу, і якщо підтвердження не отримано, повідомлення передається повторно.
4. CoAP дозволяє клієнтам «спостерігати» за ресурсами, дозволяючи їм автоматично отримувати оновлення щоразу, коли змінюється стан ресурсу.
5. CoAP підтримує передачу більших корисних даних, розділяючи їх на менші блоки. Це корисно для обмежених мереж, де розмір пакета має значення.

### 3.7.3 Порівняння MQTT і CoAp

MQTT працює на основі протоколу TCP, забезпечуючи надійну передачу даних, але з більшими накладними витратами. Навпаки, CoAP працює через UDP, забезпечуючи менші витрати, але меншу надійність. Протокол MQTT

використовує гнучкий заголовок із мінімальним розміром 2 байти, тоді як CoAP використовує заголовок фіксованого розміру 4 байти. MQTT має високу масштабованість і добре працює в середовищах із високим трафіком, але може споживати більше ресурсів, тоді як CoAP, будучи легшим, більше підходить для обмежених середовищ, але може бути викликано у висококонкурентних налаштуваннях.

І MQTT і CoAP забезпечують функції безпеки підключення, але їх реалізація відрізняється:

- MQTT покладається на безпечну передачу, яку пропонують такі базові протоколи, як SSL/TLS;
- CoAP має вбудовану підтримку DTLS (Datagram Transport Layer Security).

Крім того, MQTT підтримує вбудовані параметри автентифікації, такі як використання імені користувача та пароля в повідомленні CONNECT. Проте протоколи CoAP не надають таких вбудованих параметрів автентифікації. Користувачі повинні включити ці механізми, наприклад заголовок авторизації в протокол HTTP.

MQTT працює за моделлю публікації-підписки, що робить його чудовим варіантом для сценаріїв, коли відправник і одержувач не синхронізовані. Це особливо корисно для додатків в Інтернеті речей (IoT), де зв'язок між пристроями часто відбувається асинхронно. Пристрої можуть публікувати свої дані, а будь-який інший пристрій, зацікавлений у цій інформації, може підписатися на її отримання. Це забезпечує ефективний зв'язок між пристроями без необхідності їх синхронізації.

З іншого боку, CoAP працює за моделлю запит-відповідь із підходом до керування ресурсами RESTful. Розроблений для імітації HTTP, CoAP дотримується традиційної моделі запит-відповідь, що робить його добре придатним для сценаріїв, коли пристрої повинні взаємодіяти безпосередньо на основі один-на-один. Однак він також підтримує шаблон спостерігача, що дозволяє пристроям підписуватися на ресурси та отримувати оновлення, коли вони змінюються,

подібно до моделі публікації-підписки MQTT.

І MQTT, і CoAP були розроблені для надійного транспортування. MQTT має дуже високу надійність і вищі вимоги до ресурсів, тоді як CoAP реалізує простий механізм повторної передачі, заснований лише на UDP.

MQTT забезпечує три рівні якості обслуговування (QoS) для забезпечення доставки повідомлень:

- QoS0: «Не більше одного разу» відповідь не потрібна, підходить, коли випадкова втрата повідомлень прийнятна;
- QoS1: доставка «принаймні один раз», повторна передача непідтверджених повідомлень, ідеально, коли втрата повідомлень неприйнятна, але дублікати допустимі;
- QoS2: доставка «точно один раз», дублікати не допускаються, найкраще підходить для критично важливих програм, які вимагають точного прийому повідомлень.

CoAP пропонує лише механізм для підтвердженої доставки повідомлень. Підтвержені повідомлення повторюються, доки не буде отримано підтвердження, що забезпечує рівень надійності, як QoS1 у протоколі MQTT.

Крім того, MQTT пропонує концепцію сеансів. Він підтримує стан сеансу, який містить усю необхідну інформацію для продовження сеансу, якщо з'єднання буде розірвано. З іншого боку, CoAP не має вбудованої функції керування сеансами. Отже, якщо з'єднання втрачено, сеанс неможливо відновити, що потенційно може призвести до втрати будь-яких повідомлень під час передавання.

Вибираючи між MQTT і CoAP, слід враховувати кілька факторів:

- якщо ваша мережа ненадійна або має обмежену пропускну здатність, MQTT може бути кращим вибором завдяки своїй легкій конструкції та здатності працювати з високими затримками;
- якщо ваші пристрої мають обмежену обчислювальну потужність або пам'ять, низькі накладні витрати CoAP можуть зробити його більш підходящим варіантом;
- якщо ваші повідомлення мають бути доставлені рівно один раз, вищий

рівень QoS MQTT може бути корисним;

- MQTT і CoAP надають функції безпеки, але їх реалізації відрізняються. Ваші особливі вимоги безпеки можуть зробити один протокол більш придатним, ніж інший.

Отже, враховуючи всі приведені аргументи, вважаю, що кращим рішенням для системи моніторингу є протокол CoAp.

### 3.8 Огляд існуючих пристроїв для моніторингу

#### 3.8.1 Аналізатор частинок GM8803

Для порівняння з виготовленим пристроєм було розглянуто портативний аналізатор концентрації пилу та твердих частинок GM8803 компанії Venetech. Вигляд аналізатора можна побачити на рисунку 3.13.

Переваги цього приладу порівняно з виготовленим приладом полягають у тому, що він має ширший діапазон вимірювання концентрації шкідливих часток та два канали для аналізу цих часток. Хоча параметри визначення якості повітря дещо нижчі, виготовлений прилад є функціонально кращим. Він може визначати наявність оксиду вуглецю та концентрацію вуглеводневих газів.

Винахід також охоплює весь діапазон вимірювання вологості та має значно ширший діапазон вимірювання температури. Основною перевагою приладу, що розробляється, є його ціна.



Рисунок 3.13 - Аналізатор концентрації твердих частинок та пилу GM8803

Прилад дуже чутливий і має два канали для аналізу. Мінімальний розмір частинок становить 0,3 мкм, а діапазон вимірювання - 0-4999 мкг/м<sup>3</sup>. На рисунку 3.11. показано додавання великого дисплея і можливість вимірювання температури від 0 °С до 50 °С. Відносна вологість також може бути виміряна в діапазоні від 10 до 90 %. Час вимірювання для всіх вимірювань на портативному пристрої становить менше 10 секунд.

### 3.8.2. Газоаналізатор ST8900

ST8900 - це професійний вимірювач з чотирма датчиками для вимірювання концентрації вибухонебезпечних газів (пропану, метану і бутану), оксиду вуглецю, сірководню і кисню. Він має контрастний дисплей та сучасну мікропроцесорну технологію оцінки концентрації газів, високоякісні датчики. Він постачається з

вбудованою світловою і звуковою сигналізацією у випадку перевищення лімітів. Він комплектується з вбудованим акумулятором на 1200 mAh і також помпою для вибору і прокачки повітря через датчики. Він може визначати концентрацію угарного газу від 0 до 999 ppm, концентрацію H<sub>2</sub>S від 0 до 500 ppm, концентрацію O<sub>2</sub> від 0 до 30% VOL, концентрацію вибухонебезпечних газів таких як пропан, бутан та метан від 0 до 100% LEL (LEL – нижня межа вибухонебезпечності). Корпус вимірювача показано на рисунку 3.14.



Рисунок 3.14 - Газоаналізатор ST8900

Газоаналізатор має великий дисплей, обладнаний звуковою та світловою сигналізаціями, які спрацюють при перевищеннях величин моніторингу. В аналізаторі присутня можливість калібрування датчиків.

Перевагою перед готовими пристроями є велика кількість газів, які можна аналізувати. Цей недолік можна легко подолати, додавши кілька датчиків до готового набору. Недоліки полягають у тому, що неможливо контролювати температуру і вологість, а також визначати якість повітря. Іншим важливим

недоліком є ціна, яка становить близько 7 000 грн. З конкурентів можна виділити газоаналізатор WT8812, який також може визначати 4 види газу і коштує 6500 грн та HINTEST HT 1805, який може визначати 4 виду газу та обладнаний більшим дисплеєм і має вбудований gps навігатор, але ціна такого пристрою становить близько 10000 грн.

У таблиці 3.2 нижче наведено порівняльні характеристики виготовленого пристрою та аналогічних продуктів, що розглядаються.

Таблиця 3.2 - Порівняльна характеристика вимірювальних можливостей пристроїв

Функції	Аналізатор частинок GM8803	Газоаналізатор ST8900	Виготовлюваний виріб
Вимірювання температури та вологості	+	-	+
Детектор чадного газу	-	+	+
Виявлення вибухонебезпечних газів	-	+	+
Аналіз частинок до 2,5 мкмта до 10 мкм	+	-	Тільки до 2,5мкм
Працює від батареї	+	+	-
Можливість збільшення кількості вимірювальних величин додаванням давачів	-	-	+

### 3.9 Висновки

Описано процес вибору мікроконтролера, було відібрано, серед списку популярних мікроконтролерів, мікроконтролер, який найкраще підходив для системи. Описано процес вибору датчиків температури та вологості, датчиків широкого спектру виявлення газів, диму та чадного газу, датчиків пилу. Описано спосіб виведення даних на екран. Описано процес вибору середовища програмування, який складається з огляду середовища Espruino, Tessel та Arduino IDE. Описано процес вибору протоколу передачі даних в якому розглянуто протокол MQTT і їх порівняння. Розглянуто існуючі пристрої для моніторингу, такі як аналізатор частинок GM8803 і газоаналізатор ST8900.

## 4 РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ

У цьому розділі описано систему моніторингу на базі мікроконтролера ESP32, яка отримує дані від датчиків диму і газу (MQ2, MQ7), високоточних датчиків температури і вологості (DHT22) та аналізатора якості повітря (GP2Y1014AU0F) і відображає їх на OLED-екрані. Система також оснащена невеликим високочастотним динаміком і світлодіодами, які сповіщають користувача звуковими та візуальними сигналами про перевищення рівня забруднення повітря. У наступних підрозділах описано підготовку мікроконтролера до взаємодії з навколишнім середовищем і датчиками, деталі взаємодії з деякими датчиками та розробку принципової схеми і друкованої плати. Насамкінець представлено функціональний пристрій, який вже готовий до використання та вірно може вказувати температуру, вологість і значення вмісту різних газів.

### 4.1. Налаштування підтримки ESP32 в середовищі програмування Arduino IDE

Це середовище було обрано через простоту використання та стабільність; Arduino IDE має власний менеджер плат і потрібно додати підтримку обраного мікроконтролера [11]. У налаштуваннях потрібно додати URL-посилання, яке додає можливість завантажити пакети підтримки з менеджера плат. Драйвер буде встановлено автоматично при підключенні ESP32 до комп'ютера. Після встановлення драйверу необхідно перезавантажити середовище Arduino IDE. Після увімкнення середовища можна приступати до програмування, обравши свою плату в менеджері плат і вибравши відповідний порт, до якого підключено мікроконтролер [12]. З рисунку. 4.1. видно, що підтримуються різні плати, в тому числі і DOIT ESP32 DEVKIT V1.

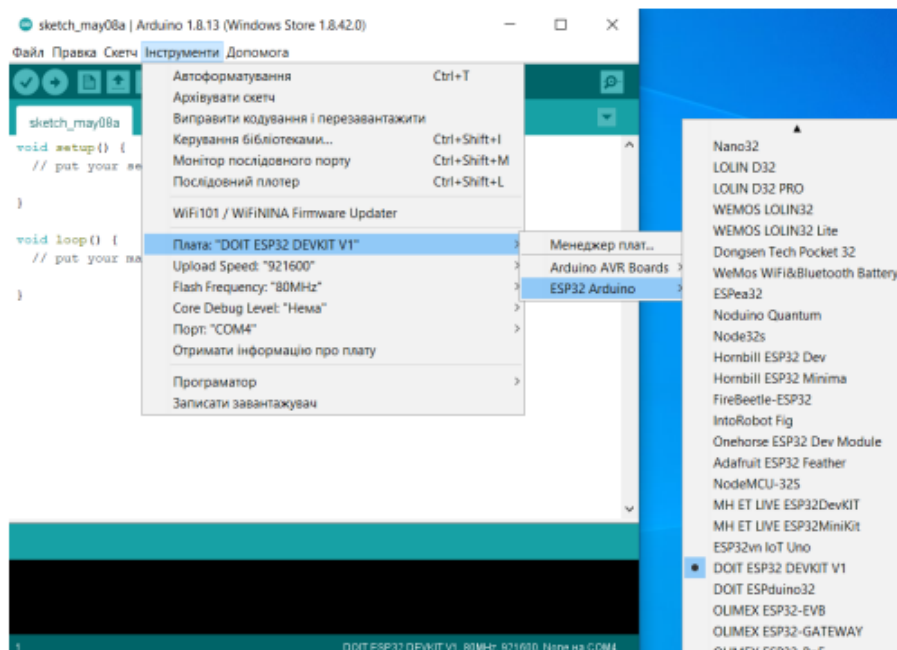


Рисунок 4.1 - Видяк вікна вибору плат для програмування

Щоб підключити ESP32 треба виконати наступні дії:

1. Перейти в FILE > Preferences.
2. Обрати пункт “Additional Board Manager URLs” і ввести наступне:

[https://raw.githubusercontent.com/espressif/arduino-esp32/gh-pages/package\\_esp32\\_index.json](https://raw.githubusercontent.com/espressif/arduino-esp32/gh-pages/package_esp32_index.json) - це спеціальний пакет, який розроблений для того, щоб можна було контактувати з esp32. Після його завантаження необхідно перезапустити Arduino IDE для коректної роботи. Якщо після завантаження є табличка “package esp32 downloaded successfully” це означає, що пакет успішно завантажився.

3. Натиснути Tools > Board > Boards Manager.
4. Знайти esp32 і натиснути “install”.
5. Зачекати поки завантажиться і перезапустити Arduino IDE для коректної роботи.

Налаштування esp32 у Arduino IDE наведено на рисунку 4.2.

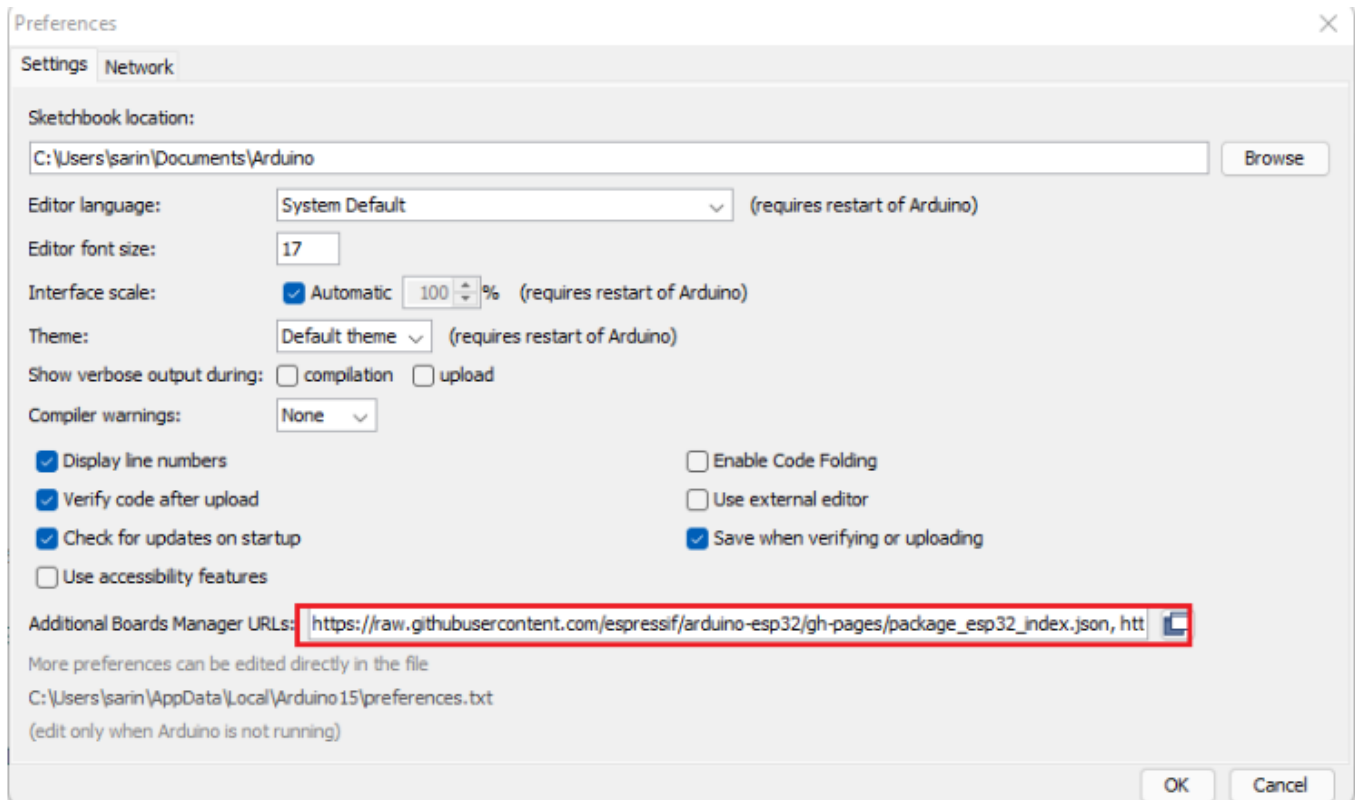


Рисунок 4.2 - Налаштування esp32 у Arduino ide

#### 4.1.1 Тестування ESP32 у Arduino ide

Для того, щоб переконатись, що модуль esp32 був встановлений коректно треба вионати наступні дії:

- обрати Tools > Board і обрати “DOIT ESP32 DEVKIT V1”;
- зайти у Tools і обрати порт “com4”;

При виборі порту важливо обрати саме “com4”, оскільки вибір схожого порта знеможлижить правильну роботу всієї системи. Для перевірки потрібно зайти у Tools > Logs і подивитись на поле “port status”, якщо це поле має зелену плашку значить все зроблено вірно. Після успішного вибору порту необхідно зайти у File>Settings і поставити галочку навпроти тексту “work with COM4”. Після цього необхідно перезавантажити Arduino IDE.

Вибір порту наведено на рисунку 4.3.

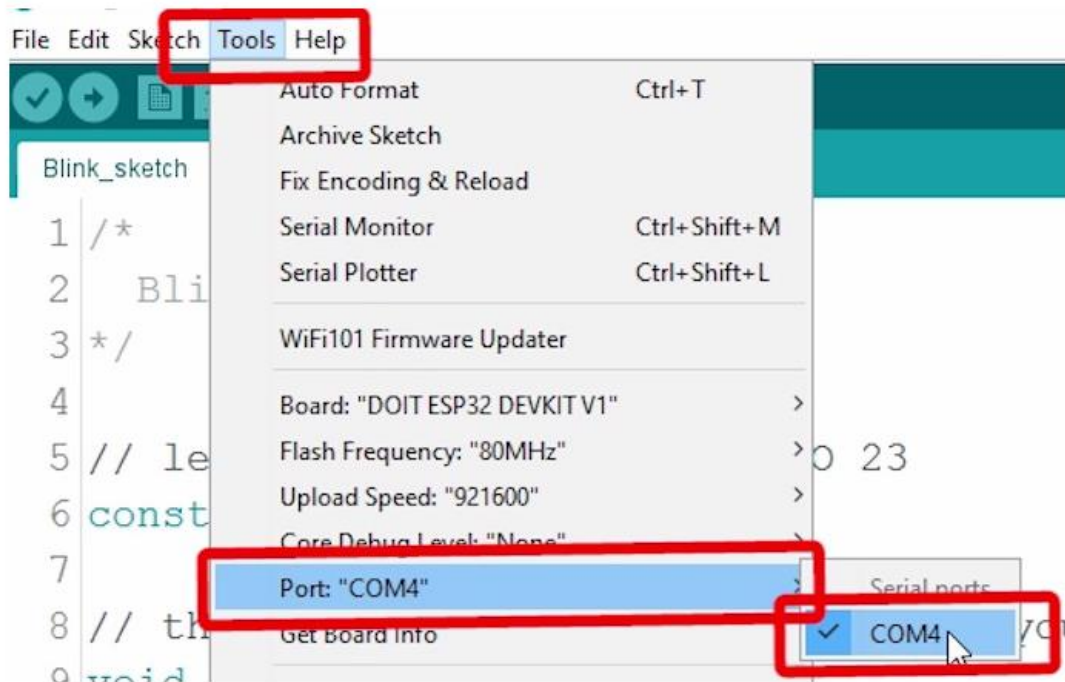


Рисунок 4.3 - Вибір порта у середовищі Arduino ide

Після цього нам потрібно обрати модуль для вайфалу. Для цього нам потрібно зайти у File > Examples > WiFi (ESP32) > WiFiScan. Щоб перевірити чи модуль обрано вірно потрібно зайти у Tools > Logs і подивитись на поле “WiFi”, якщо це поле має зелену плашку значить все зроблено вірно. Після вибору модулю необхідно зайти у File>Logs і переконатись, що навпроти поля WiFi є зелена плашка.

Після успішного вибору вайфаю необхідно почекати декілька хвилин для нормальної роботи системи. Також потрібно звернути увагу на те, що вайфай має бути увімкнений для роботи системи. Було протестовано чотири основних режима роботи з вайфаєм: b/g/n/ac і виявлено найбільш якісну роботу з режимом b. Також було протестовано основні діапазони роботи: 2.4 ГГц, 5 ГГц, 6 ГГц і виявлено найкращу роботу в діапазоні 5 ГГц, діапазони 2.4 ГГц і 6 ГГц показали гіршу швидкість але різниця у швидкості була мінімальна.

Вибір вайфаю наведено на рисунку 4.4.

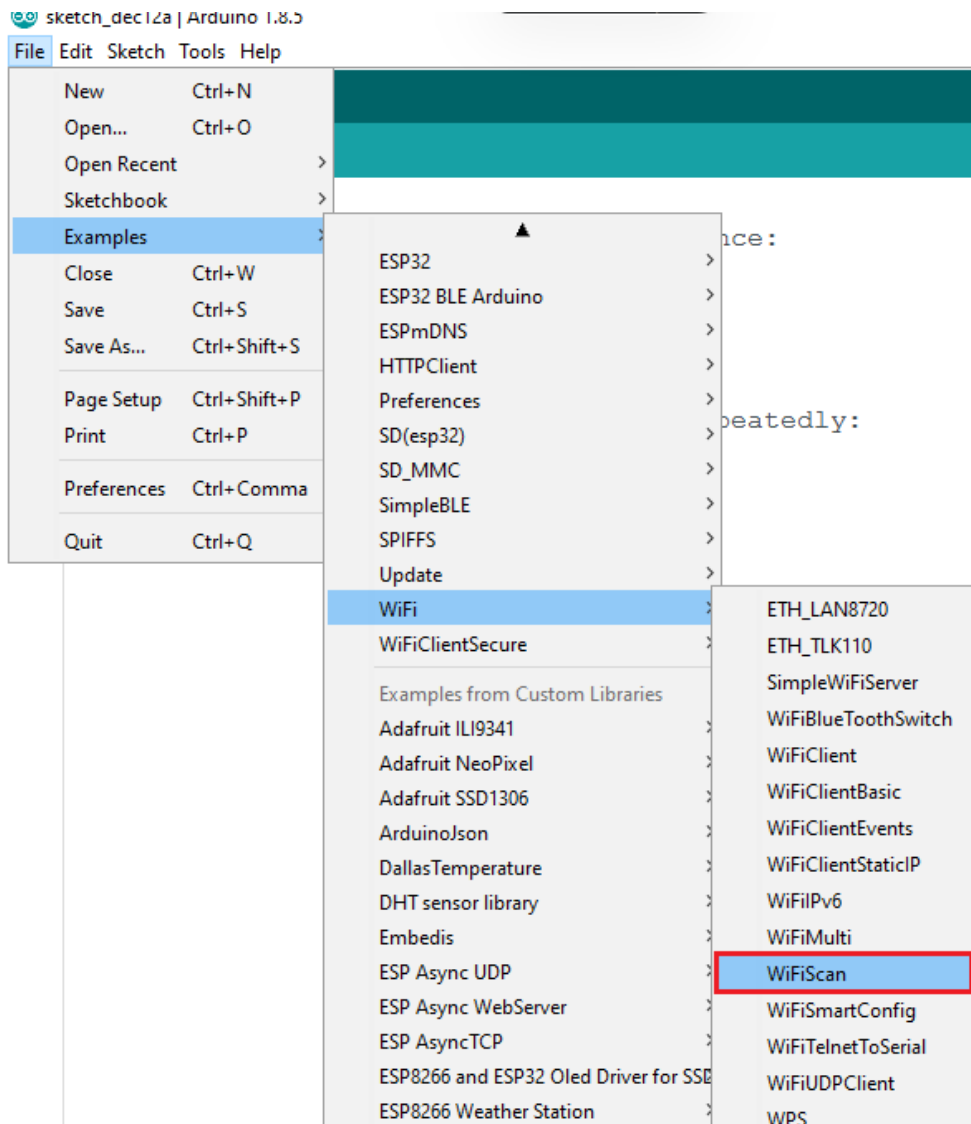


Рисунок 4.4 - Вибір вайфаю “WiFiScan”

- Після цього відкриється вікно у якому потрібно натиснути “install”;
- Якщо установка пройшло успішно буде написано “Done uploading”.

Процес установки займає від 5хв в залежності від потужності процесору. Якщо процес установки був успішний після перезавантаження Arduino IDE має з’явитись плашка, яка буде сигналізувати про успішне з’єднання, якщо установка була не успішна, потрібно шукати помилку у файлі “backlog”.

Успішна установка показана на рисунку 4.5.

```

Done uploading.
writing at 0x0004e000... (84 %)
Writing at 0x00050000... (89 %)
Writing at 0x00054000... (94 %)
Writing at 0x00058000... (100 %)
Wrote 481440 bytes (299651 compressed) at 0x00010000 in 4.7 seconds
Hash of data verified.
Compressed 3072 bytes to 122...

Writing at 0x00008000... (100 %)
Wrote 3072 bytes (122 compressed) at 0x00008000 in 0.0 seconds (e
Hash of data verified.

Leaving...
Hard resetting...

DOIT ESP32 DEVKIT V1, 80MHz, 921600, None on COM4

```

Рисунок 4.5 - Успішна установка

## 4.2 Підключення периферії до мікроконтролера

### 4.2.1 Підготовка до роботи з датчиком температури та вологості

DHT22 містить 4 виводи, з яких будуть використовуватись тільки 3, а саме:

- живлення 5 В;
- передача даних;
- не використовується;
- земля.

Між виводами живлення та передачі даних потрібно використовувати підтягуючий резистор номіналом 4,7 кОм. Також важливо переконатись, що напруга живлення саме 5В, оскільки при більшій напрузі пристрій може згоріти. 3 вивід не використовується, оскільки він не потрібний для роботи системи.

На рисунку. 4.6 зображений фрагмент підключення датчика. Для підключення виводу 3 до мікроконтролера використаний пін GPIO2(працюватиме як цифровий), а для виводу 5 - пін GPIO27 (працюватиме як аналоговий).

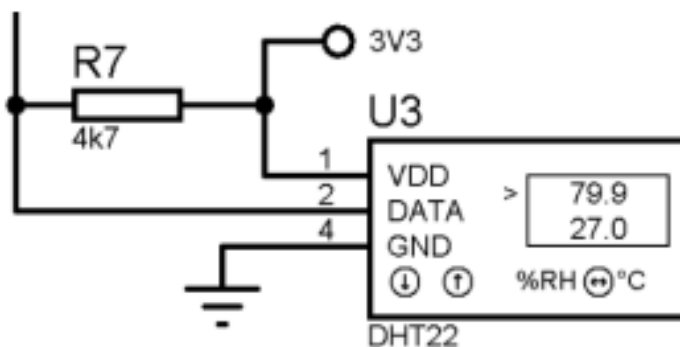


Рисунок 4.6 - Фрагмент підключення DHT22

Для підключення до мікроконтролера використовуються 15 виводів GPIO. Використовувати цей датчик дуже просто, оскільки він вимагає додавання готової бібліотеки. Підключення відбувається автоматично під час компіляції коду.

#### 4.2.2 Налаштування та підключення датчиків сімейства MQ

У створенні системи моніторингу задіяні MQ2 і MQ7. Піни цих датчиків аналогічні:

- живлення 5 В;
- земля;
- цифровий вивід;
- аналоговий вивід;

Принцип роботи таких датчиків простий: аналогове значення зчитується з аналогового виводу, обробляється мікроконтролером і відображається у відповідному форматі; для підключення MQ2 і MQ7 були обрані виводи GPIO14 і GPIO12 відповідно. Крім того, як видно з принципової схеми (стор. 5), вивід GPIO13 вже зарезервовано для майбутньої модернізації системи шляхом додавання датчиків того ж сімейства MQ або інших датчиків.

#### 4.2.3 Підключення датчика пилу

Sharp GP2Y1014AU0F сенсор відповідає у системі за аналіз кількості пилу

повітрі. Піни до мікроконтролера підключені наступним чином:

- подається живлення 5 В з використанням резистора на 150 Ом;
- земля;
- вивід для підключення до цифрового порту мікроконтролера;
- земля;
- вивід для підключення до аналогового порту мікроконтролера;
- живлення 5 В.

Незважаючи на велику кількість провідників для підключення, сам процес не складний та робота з датчиком проста, принцип роботи датчика був описаний в розділі 3 при виборі периферії. На рисунку. 4.7. показано фрагмент підключення сенсора.

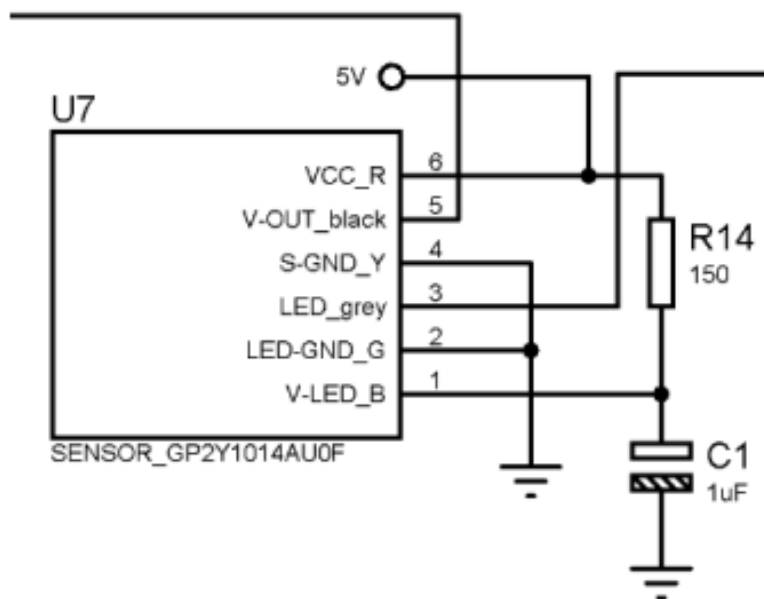


Рисунок 4.7 - Фрагмент підключення GP2Y1014AU0F

Для підключення виводу 3 до мікроконтролера використаний пін GPIO2 (працюватиме як цифровий), а для виводу 5 - пін GPIO27 (працюватиме як аналоговий).

#### 4.2.4 Підключення OLED дисплея

Як зазначалось в розділі 2, було вибрано дисплей, який працює за допомогою інтерфейсу I<sup>2</sup>C. Цей інтерфейс потребує тільки 2 сигнальних провідника. Схема виводів наступна:

- земля;
- живлення 3,3 В;
- SCL;
- SDA.

Вивід SCL буде підключений до пина мікроконтролера GPIO22, а вивід SDA до GPIO22. Також використані підтягуючі резистори між шиною даних та живленням для стабілізації сигналу. Фрагмент підключення OLED дисплея можна побачити на рисунку. 4.8.

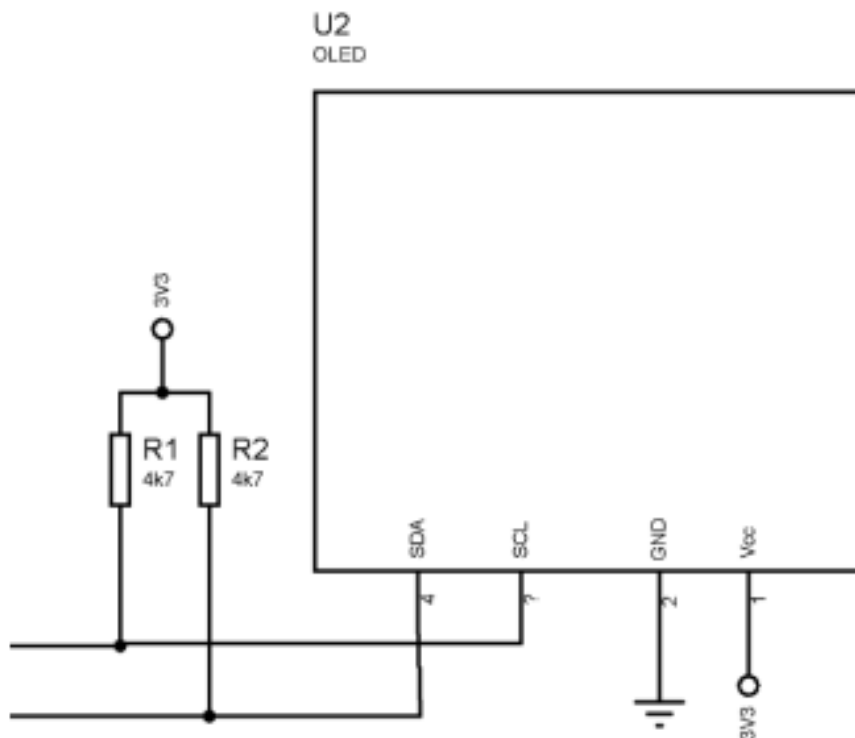


Рисунок 4.8 - Фрагмент підключення дисплея шиною I<sup>2</sup>C

Для початку роботи з дисплеєм потрібно підключити бібліотеку для роботи.

Була вибрана бібліотека u8g2.

### 4.3 Створення 3D моделі та розробка друкованої плати пристрою

Пристрої, які залежать від датчиків, ненадійні та займають забагато місця. Вони ненадійні і займають занадто багато місця. Для підключення периферії та програмування мікроконтролера, була створена 3D-модель та розроблена друкована плата в середовищі Proteus Design. Proteus Design – система схемотехнічного моделювання, що базується на основі моделей електронних компонентів, в цій системі є можливість моделювання програмованих пристроїв мікроконтролерів, мікропроцесорних систем. Система складається з двох підпрограм ISIS та ARES, перша з яких використовується для синтезу та моделювання безпосередньо електронних систем, а друга використовується для розробки друкованих плат. Також програма включає в себе інструменти USBCONN і COMPIM, які дозволяють підключити віртуальний пристрій до USB і COM портів комп'ютера. Для моделювання використовувався пакет IRIS у якому і була змодельована система. Також використовувався USBCONN для коректного підключення всіх датчиків і модулів для тестування системи. Моделювання і подальше тестування пройшло успішно і не було виявлено ніяких недоліків у проектуванні.

Створення 3D-моделі є дуже корисною процедурою, оскільки дозволяє побачити готову модель датчика на друкованій платі і вибрати правильне положення, щоб задовольнити всі вимоги до датчика, також за допомогою готової 3D-моделі можна побачити, які неточності має система і способи її покращення. Така модель також дозволяє компактно розташувати модулі, заощадивши текстові індикатори і створивши дійсно зручний і компактний пристрій. Також такий пристрій є дуже дешевим у розробці і використанню.

Схема такої моделі показана на рисунку 4.9.

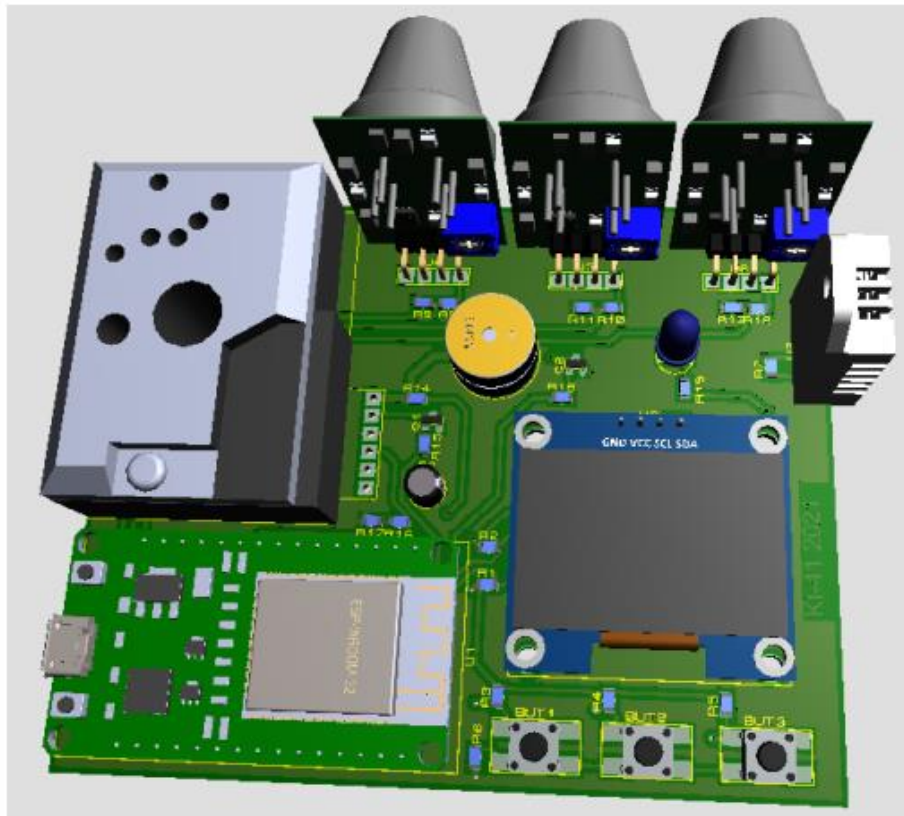


Рисунок 4.9 - 3D модель функціонального пристрою

Після розміщення всіх модулів та допоміжних елементів можна прокладати електричні з'єднання між ними. Доріжки слід прокладати ефективно, раціонально використовуючи доступну площу. Для проектування системи було використано мінімальну кількість об'єму площі, що якісно вплине на її розмір на вагу і далі її буде дуже зручно використовувати, також таке проектування буде мати вплив на ефективність самої системи, робота система буде більш швидкою з правильним проектуванням. Правильне проектування – це запорука створення повністю функціонального пристрою, саме тому при проектуванням пристрою було використано модульну концепцію за допомогою якої кожен елемент розділений на компоненти, кожен з яких виконує свою функцію.

На рисунку. 4.10. показаний вигляд друкованої плати.

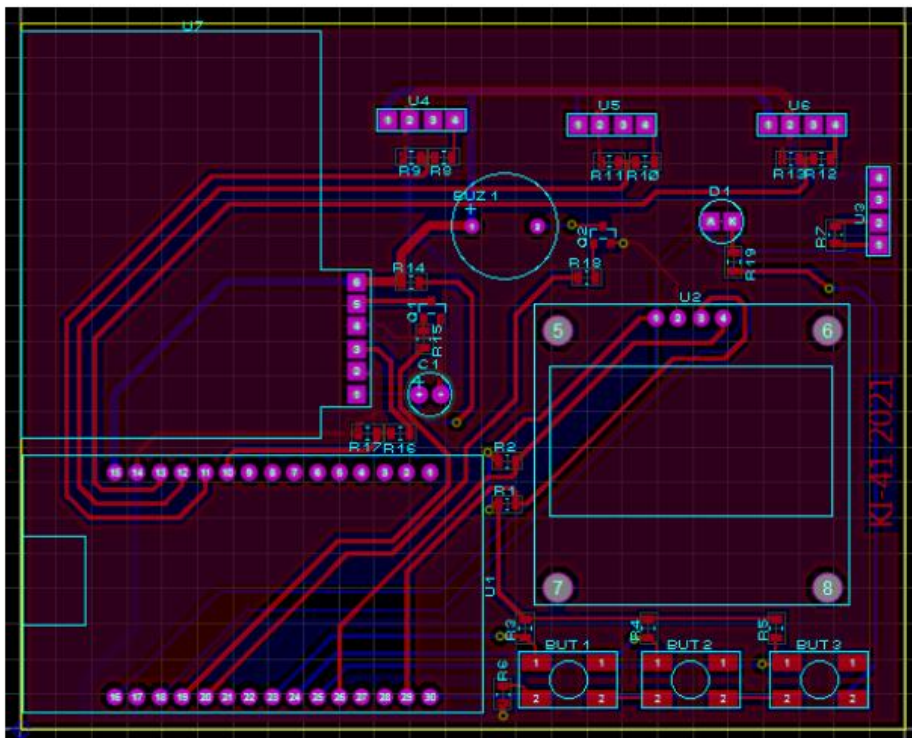


Рисунок 4.10 - Вигляд друкованої плати розробленого пристрою

Після того, як друкована плата створена і виготовлена за допомогою програмного пакету, слід розпочати пайку елементів і перевірити працездатність виготовленої плати. Алгоритм, що описує роботу програми, представлено в розділі 2.3. Запрограмувавши мікроконтролер і перевіривши роботу звукової та світлової сигналізації з певними газами (метаном, пропаном і чадним газом), можна переконатися в повній працездатності пристрою. Також був проведений тест з іншими газами, який показує, що система не сплутає гази між собою і був проведений тест на навантаження система – чи не зламається система при великій кількості газів (метана, пропана, чадного газу), показники тесту були успішні і показали, що система готова до таких навантажень.

На рисунку 4.11 показано готовий пристрій, який відображає вимірне значення і сигналізує про перевищення норми, а також виводить показники на екран. Звуковий сигнал подається, якщо показники перевищують норму і загорається червона лампочка.

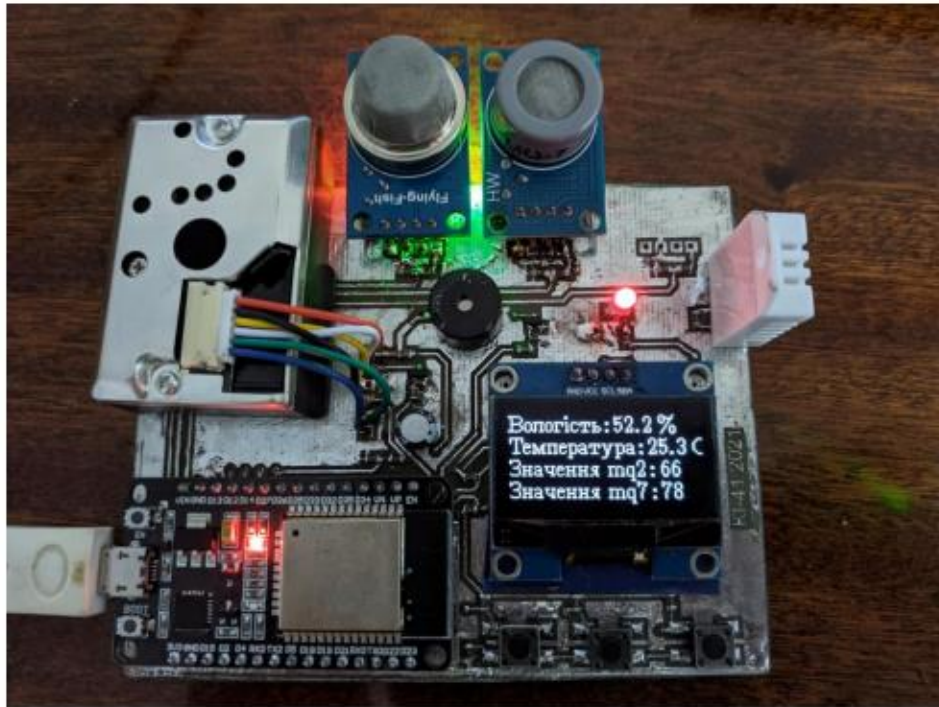


Рисунок 4.11 - Функціонально готовий прилад для використання

#### 4.4 Функція дистанційного контролю

##### 1. Функція `remote_control()`:

- ця функція відповідає за прийом команд від користувача та виконання відповідних дій;
- на початку функція отримує команду від користувача за допомогою функції `receive_command()`;
- потім вона перевіряє, яку саме команду отримала, і викликає відповідну функцію для виконання дії згідно з командою;
- якщо команда невідома, функція виводить повідомлення про невідому команду.

##### 2. Функція `receive_command()`:

- ця функція симулює отримання команди від користувача. Вона може використовувати різні методи отримання команди, наприклад, отримання через мережу або через введення з клавіатури.

##### 3. Функція `adjust_temperature(new_temperature)`:

- ця функція відповідає за зміну температури виробничого приміщення;
- вона отримує нове значення температури від користувача та відправляє команду мікроконтролеру ESP32 для зміни температури.

4. Аналогічно реалізовані функції для зміни вологості та управління вентиляцією та обігрівом:

- функції `adjust_humidity(new_humidity)`, `turn_on_ventilation()`, `turn_off_ventilation()`, `turn_on_heating()` і `turn_off_heating()` виконують аналогічні операції зі зміною вологості, управлінням вентиляцією та обігрівом виробничого приміщення.

5. Виклик функції `remote_control()`:

- на останньому кроці викликається функція `remote_control()`, щоб розпочати процес дистанційного контролю мікроклімату.

#### 4.5 Висновки

Було описано налаштування підтримки esp32 у середовищі Arduino IDE. Описано процес підключення периферій до мікроконтролерів, в якому є підготовка до роботи з датчиком температури, налаштування та підключення датчиків, підключення датчу пилу, підключення дисплею. Була створена 3D модель і описана функція дистанційного контролю.

## ВИСНОВКИ

В даній роботі розроблено систему моніторингу стану виробничого обладнання на базі мікроконтролера ESP32. Також у ході виконання роботи виконані наступні завдання:

1. Проаналізовано фактори забруднення на промислових підприємствах, визначено оптимальні та допустимі мікрокліматичні умови та розглянуто заходи, що вживаються для нормалізації кліматичних параметрів. Обговорюються системи контролю повітряних потоків на промислових підприємствах. Також йде мова про освітлення та вплив інших факторів, таких як архітектурні особливості і людський фактор на мікроклімат.

2. Було обрано та перевірено апаратне забезпечення системи, а також розглянуто та обрано середовище для програмування ESP32. Проведено порівняльний аналіз аналогічних пристроїв моніторингу, представлених на ринку.

3. Описано процес додавання підтримки мікроконтролерів, таких як ESP32 до IDE Arduino, також їх тестування та підхід до маніпулювання датчиками, що використовуються в проекті.

4. Розроблено схеми, друковані плати та 3D-моделі пристрою. Реалізовано повнофункціональний пристрій, який збирає дані з датчиків, обробляє їх та відображає у відповідному форматі.

5. Досліджена справність спрацювання світлової та звукової сигналізації.

Впровадження результатів роботи дозволили розробити пристрій, який постійно відстежує ситуацію у приміщенні. Дані оновлюються щосекунди. Він також компактний і може бути інтегрований у будь-яку кімнату чи куточок.

За темою кваліфікаційної роботи опубліковано тези у “Одеському національному технічному університеті” на конференції «Стан, досягнення та перспективи інформаційних систем та технологій – 2024».

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Санітарні норми мікроклімату. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99#Text> (дата звернення: 17.04.2024 р.).
2. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до виробничих приміщень. Основні напрями поліпшення стану повітря виробничої зони. Вентиляція виробничих приміщень. URL: [http://opcb.kpi.ua/wpcontent/uploads/2014/09/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%8F\\_5.pdf](http://opcb.kpi.ua/wpcontent/uploads/2014/09/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%8F_5.pdf) (дата звернення 17.04.2024 р.).
3. Installing the ESP32. URL: <https://randomnerdtutorials.com/installing-the-esp32-board-in-arduino-ide-windows-instructions/> - Дата звернення 18.04.2024р.
4. ESP32 Manual. URL: [https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32\\_technical\\_reference\\_manual\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_technical_reference_manual_en.pdf) (дата звернення 12.04.2024 р.).
5. DHT22 Datasheet. URL: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/DHT22.pdf> (дата звернення 18.04.2024 р.).
6. MQ7 Datasheet. URL: <https://datasheetspdf.com/pdf-file/694312/Hanwei/MQ7/1> (дата звернення 18.04.2024 р.).
7. Air Quality Monitoring. URL: <http://www.howmuchsnow.com/arduino/airquality/> (дата звернення 18.04.2024 р.).
8. Interfacing Sharp GP2Y1014AU0F Sensor. URL: <https://circuitdigest.com/microcontroller-projects/interfacing-sharp-gp2y1014au0f-sensor-with-arduino-to-build-air-quality-analyzer> (дата звернення 18.04.2024 р.)
9. Среда для разработки IoT приложений. URL: <https://www.terraelectronica.ru/news/6010> (дата звернення 18.04.2024 р.).
10. Среда разработки Arduino. URL: [http://arduino.ru/Arduino\\_environment](http://arduino.ru/Arduino_environment)

(дата звернення 18.04.2024 р.).

11. Программирование устройств. URL: [https://habr.com/ru/company/epam\\_systems/blog/522730](https://habr.com/ru/company/epam_systems/blog/522730) (дата звернення 18.04.2024 р.).

12. Програмування мікроконтролерів AVR : навч. посіб. / С. М. Цирульник та ін. Вінниця : ВНТУ, 2018. – 111 с.

13. Arduino: Велика книга рецептів : навч. посіб. / М.Марголіс та ін. Лондон, 2021. – 896 с.

14. Офіційний портал Arduino. URL: <https://www.arduino.cc/> (дата звернення 11.04.2024 р.).

15. Офіційний форум Arduino. URL: <https://forum.arduino.ua/> (дата звернення 12.04.2024 р.).

16. Офіційний проектний хаб Arduino. URL: <https://projecthub.arduino.cc/> (дата звернення 12.04.2024 р.).

17. Спільнота Arduino на Reddit. URL: <https://www.reddit.com/r/arduino/> (дата звернення 11.04.2024 р.).

18. Офіційна документація від Espressif Systems. URL: <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/stable/esp32/index.html> (дата звернення 18.04.2024 р.)

19. Спільнота ESP32 на Reddit. URL: <https://www.reddit.com/r/esp32/> (дата звернення 11.04.2024 р.).

20. Офіційний форум ESP32. URL: <https://esp32.com/> (дата звернення 18.04.2024 р.).

21. Random Nerd Tutorials. URL: <https://randomnerdtutorials.com/projects-esp32/> (дата звернення 18.04.2024 р.).

22. Програмування мікроконтролерів AVR : [навчальний посібник] / С. М. Цирульник, О. Д. Азаров, Л. В. Крупельницький, Т. І. Трояновська. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 111 с.

23. Arduino Cookbook: Recipes to Begin, Expand, and Enhance Your Projects : навч. посіб. / Michael Margolis та ін. USA, 2018. – 795 с..

24. Arduino Internals : навч. посіб. / Dale Wheat та ін. USA. 2011. – 412 с.
25. Learn Electronics with Arduino: An Illustrated Beginner's Guide to Physical Computing (Make: Technology on Your Time) : навч. посіб. / Jody Culkin та ін. USA, 2017. – 384 с.
26. Programming Arduino: Getting Started with Sketches, Second Edition (Tab) : навч. посіб. / Simon Monk та ін. USA, 2016. – 192 с.
27. The Complete ESP32 Projects Guide : навч. посіб. / Dogan Ibrahim та ін. London, 2019. – 398 с.
28. LEARN ESP32 WITH ARDUINO: Arduino Coding, ESP32 Coding, Circuit Diagram, IoT Projects, MQTT : навч. посіб. / Janani Sathish та ін. London, 2021. – 214 с.
29. Electronics Projects with the ESP8266 and ESP32: Building Web Pages, Applications, and WiFi Enabled Devices : навч. посіб. / Neil Cameron та ін. Apress, 2020. – 714 с.
30. Безкоштовні уроки по Arduino від Adafruit. URL: <https://learn.adafruit.com/> (дата звернення 11.04.2024 р.).
31. Офіційний канал Arduino на YouTube. URL: <https://www.youtube.com/user/arduinoteam> (дата звернення 18.04.2024 р.).
32. Велика кількість проектів Arduino, поділених за категоріями, з включеними інструкціями та кодом. URL: <https://www.hackster.io/arduino/projects> (дата звернення 18.04.2024 р.).
33. Вікі-сторінка Arduino. URL: <https://playground.arduino.cc/> (дата звернення 18.04.2024 р.)
34. Офіційний канал ESP32 на youtube. URL: [https://www.youtube.com/results?search\\_query=esp32+tutorial](https://www.youtube.com/results?search_query=esp32+tutorial) (дата звернення 09.04.2024 р.).
35. Офіційна документація ESP-IDF (Espressif IoT Development Framework), яка є основною платформою для програмування ESP32. URL: <https://my-esp-idf.readthedocs.io/en/latest/> (дата звернення 18.04.2024 р.).
36. GitHub репозиторій ESP-IDF, де ви можете знайти вихідний код та

прикладі для розробки програм для ESP32. URL: <https://github.com/espressif/esp-idf> (дата звернення 13.04.2024 р.).

37. Організація ESP32 на GitHub містить репозиторії з вихідним кодом, бібліотеки та інші ресурси для розробки програм для ESP32. URL: <https://github.com/espressif> (дата звернення 13.04.2024 р.).

38. Офіційна документація для ESP32 Dev Kit від Espressif містить докладні відомості про апаратні характеристики, схеми підключення та інструкції з налаштування. URL: <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/stable/esp32/hw-reference/esp32/get-started-devkitc.html> (дата звернення 18.04.2024 р.).

39. YouTube-канал Rui Santos містить відео-уроки та проекти для ESP32. Він пропонує як початкові, так і більш складні проекти. URL: [https://www.youtube.com/channel/UCZp\\_ftx6UB\\_32VfVmlS3o\\_A](https://www.youtube.com/channel/UCZp_ftx6UB_32VfVmlS3o_A) (дата звернення 18.04.2024 р.).

40. Maker Pro - це онлайн-спільнота для розробників, де ви можете знайти статті, проекти та поради, пов'язані з Arduino та іншими платформами. URL: <https://maker.pro/> (дата звернення 14.04.2024 р.).

41. Hackster.io - це спільнота та платформа для розробників, де ви знайдете безліч проектів та інструкцій для Arduino, а також зможете поділитися своїми власними проектами. URL: <https://www.hackster.io/> (дата звернення 11.04.2024 р.).

42. Studying the space of microclimate parameters of production premises. URL: <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-1c632987-7884-4e67-9e8f-b335e065c989> (дата звернення: 01.04.2024р).

43. Increasing Economic Efficiency When Creating a Dynamic Microclimate in Compressed Conditions of Production Premises. URL: <https://ojs.bonviewpress.com/index.php/GLCE/article/view/1598> (дата звернення: 01.03.2024р).

44. Energy-saving automated system for microclimate in agricultural premises with utilization of ventilation air. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11276-019-01946-3> (дата звернення: 11.04.2024р).

45. Energy-efficient thermoelectric unit for microclimate control on

cattlebreeding premises. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S235248472031307X> (дата звернення: 01.04.2024р).

46. Investigation of Microclimate Parameters in the Industrial Environments. URL: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-36115-9\\_41](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-36115-9_41) (дата звернення: 01.04.2024р).

47. Microclimate control system at poultry enterprises of closed type. URL: [https://www.e3sconferences.org/articles/e3sconf/abs/2021/58/e3sconf\\_efsc2021\\_07024/e3sconf\\_efsc2021\\_07024.html](https://www.e3sconferences.org/articles/e3sconf/abs/2021/58/e3sconf_efsc2021_07024/e3sconf_efsc2021_07024.html) (дата звернення: 01.04.2024р).

48. Use of energy-efficient systems for ensuring the microclimate of the premises. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/40048> (дата звернення: 01.04.2024р).

49. Technology of Microclimate Regulation in Organic and Energy-Sustainable Livestock Production. URL: <https://www.mdpi.com/2077-0472/12/10/1563> (дата звернення: 01.04.2024р).

50. Dual-channel digital control of energy consumption and air supply in microclimate systems of livestock premises. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/937/3/032002/meta> (дата звернення: 07.04.2024р).

51. The Accounting of heat losses and infiltration during the work with a microclimate of rooms in broiler production. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/457/1/012008/meta> (дата звернення: 07.04.2024р).

52. Automated Microclimate Regulation in Agricultural Facilities Using the Air Curtain System. URL: [https://www.mdpi.com/1424-8220/21/24/8182?type=check\\_updateversion%3D1](https://www.mdpi.com/1424-8220/21/24/8182?type=check_updateversion%3D1) (дата звернення: 07.04.2024р).

53. Розроблення інформаційно-вимірювальної системи автоматичного регулювання мікроклімату тепличних приміщень. URL: <https://eforum.lntu.edu.ua/index.php/jurnal/article/view/410> (дата звернення: 06.04.2024р).

54. Microclimate influence investigation on broilers industrial production

intensification by information technology methods. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/839/3/032044/meta> (дата звернення: 06.04.2024р).

55. A system for monitoring the microclimate parameters of premises based on the Internet of Things and edge devices URL: <https://acnsci.org/journal/index.php/jec/article/view/614> (дата звернення: 06.03.2024р).

56. Digital intelligent microclimate control of livestock farms. URL: [https://www.e3sconferences.org/articles/e3sconf/abs/2020/35/e3sconf\\_interagromash2020\\_11012/e3sconf\\_interagromash2020\\_11012.html](https://www.e3sconferences.org/articles/e3sconf/abs/2020/35/e3sconf_interagromash2020_11012/e3sconf_interagromash2020_11012.html) (дата звернення: 06.03.2024р).

57. Decision support system for microclimate control at large industrial enterprises. URL: [https://www.researchgate.net/profile/Bidyuk-Petro/publication/360177678\\_XXX-X-XXXX-XXXX-XXXXX00\\_C20XX\\_IEEE\\_Decision\\_support\\_system\\_for\\_microclimate\\_control\\_at\\_large\\_industrial\\_enterprises/links/6266c9598e6d637bd1fd146b/XXX-X-XXXX-XXXX-X-XX-XX00-C20XX-IEEE-Decision-support-system-for-microclimate-control-at-large-industrial-enterprises.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Bidyuk-Petro/publication/360177678_XXX-X-XXXX-XXXX-XXXXX00_C20XX_IEEE_Decision_support_system_for_microclimate_control_at_large_industrial_enterprises/links/6266c9598e6d637bd1fd146b/XXX-X-XXXX-XXXX-X-XX-XX00-C20XX-IEEE-Decision-support-system-for-microclimate-control-at-large-industrial-enterprises.pdf) (дата звернення: 02.03.2024р).

58. APPROACHES TO THE EVALUATION OF WORKSHOP MICROCLIMATE CONDITIONS. URL: [https://www.researchgate.net/profile/Frantisek-Koblasa/publication/325610701\\_Approaches\\_to\\_the\\_evaluation\\_of\\_workshop\\_microclimate\\_conditions/links/5b1a6284a6fdcca67b669cb4/Approaches-to-the-evaluation-of-workshop-microclimate-conditions.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Frantisek-Koblasa/publication/325610701_Approaches_to_the_evaluation_of_workshop_microclimate_conditions/links/5b1a6284a6fdcca67b669cb4/Approaches-to-the-evaluation-of-workshop-microclimate-conditions.pdf) (дата звернення: 02.03.2024р).

59. Optimization of Microclimate Parameters Inside Livestock Buildings. URL: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-00979-3\\_35](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-00979-3_35) (дата звернення: 02.03.2024р).

60. Efficiency Optimization of Indoor Air Disinfection by Radiation Exposure for Poultry Breeding Rational for Microclimate Systems Modernization for Livestock Premises. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9781119771524.ch11> (дата звернення: 02.03.2024р).

61. Formation of a Microclimate in a Room for Keeping Cattle. URL:

[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-21432-5\\_2](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-21432-5_2) (дата звернення: 12.04.2024р).

62. The Working Principles of ESP32 and Analytical Comparison of using Low-Cost Microcontroller Modules in Embedded Systems Design. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9464217> (дата звернення: 12.04.2024р).

63. ESP32 Based Smart Surveillance System. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8673463> (дата звернення: 12.04.2024р).

64. Measurement and data processing from Internet of Things modules by dual-core application using ESP32 board. URL: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0020294019857748> (дата звернення: 01.04.2024р).

65. Internet of Things (IoT) Security Alarms on ESP32-CAM. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2096/1/012109/meta> (дата звернення: 11.03.2024р).

66. Design and Implementation of ESP32-Based IoT Devices. URL: <https://www.mdpi.com/1424-8220/23/15/6739> (дата звернення: 11.03.2024р).

67. Microclimate Monitoring System for a Home Greenhouse as Part of ESP32. URL: <https://www.kaznu.kz/content/files/pages/folder23485/11%20%D0%A1%D0%BA%D0%BE%D0%BF%D1%83%D1%81%20Test%20Engineering%20and%20Menegement.pdf> (дата звернення: 12.03.2024р).

68. ESP32 Microcontroller. URL: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4842-9376-8\\_1](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4842-9376-8_1) (дата звернення: 11.03.2024р).

69. ESP32 Microcontroller Based Smart Power Meter System Design and Implementation. URL: [https://rengj.mosuljournals.com/article\\_167292\\_13099.html](https://rengj.mosuljournals.com/article_167292_13099.html) (дата звернення: 01.04.2024р).

70. Design and implementation of a low cost web server using ESP32 for real-time photovoltaic system monitoring. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8286184> (дата звернення: 02.03.2024р).

71. Microcontrollers on the Edge – Is ESP32 with Camera Ready for Machine

Learning?. URL: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-51935-3\\_23](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-51935-3_23) (дата звернення: 05.03.2024р).

72. MicroPython or Arduino C for ESP32 - Efficiency for Neural Network Edge Devices. URL: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-43364-2\\_4](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-43364-2_4) (дата звернення: 01.03.2024р).

73. The working principle of an Arduino. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6997578> (дата звернення: 01.04.2024р).

74. Arduino as a learning tool. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6997577> (дата звернення: 11.04.2024р).

75. Arduino for Robotics. URL: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4302-3184-4\\_2](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4302-3184-4_2) (дата звернення: 02.04.2024р).

76. A review of Arduino board's, Lilypad's & Arduino shields. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7724514> (дата звернення: 02.04.2024р).

77. Arduino C. URL: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4842-0940-0\\_2](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4842-0940-0_2) (дата звернення: 02.04.2024р).

78. Arduino Basics. URL: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4302-4168-3\\_1](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4302-4168-3_1) (дата звернення: 04.04.2024р).

79. A systematic literature review on prototyping with Arduino: Applications, challenges, advantages, and limitations. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1574013721000046> (дата звернення: 04.04.2024р).

80. Arduino Debugger. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7604092> (дата звернення: 01.03.2024р).

## ДОДАТОК А

(обов'язковий)

Програмний код

```
#include <Arduino.h>
#include
<GP2Y1010AU0F.h>
#include <U8g2lib.h>
#include "DHT.h"

#ifdef
U8X8_HAVE_HW_I2C
#include <Wire.h>
#endif

// визначення пінів
#define analogSensorMQ2 14 // аналоговий вихід, до якого під'єднаний
давачгазу MQ-2
#define analogSensorMQ7 12 // аналоговий вихід, до якого під'єднаний
даваччадного газу MQ-7
#define Buzzer 4 // цифровий вихід, до якого під'єднаний активний
динамік#define Led 23 // цифровий вихід, до якого під'єднаний
активний динамік #define DHT_22 15 // цифровий вихід, до якого
під'єднаний давач вологостіта температури DHT22
#define sharpLEDPin 2 // цифровий вихід, до якого під'єднаний LED
давачапили
#define sharpVoPin 27 // аналоговий вихід, до якого під'єднаний давач
пили#define button_1 5 // вихід, до якого під'єднана кнопка "1"
#define button_2 18 // вихід, до якого під'єднана кнопка
"2"#define button_3 19 // вихід, до якого під'єднана
кнопка "3"

// розмір ширини і висоти
зображення#define cloud_width 64
#define cloud_height 32

// масив зображення
static const unsigned char cloud_bits[] U8X8_PROGMEM
= {0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x08,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x60,0x08,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x40,0x0C,0x01,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x40,0x84,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x82,0x5F,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0xCC,0x30,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x30,0x00,0x7F,0x00,0x00,0x00,
```

```

0x00,0x00,0x10,0xC0,0x81,0x01,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x10,0x60,0x00,0x06,0x00,0x00,
0x00,0x80,0x1F,0x30,0x00,0x0C,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x18,0x18,0x00,0x08,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x10,0x08,0x00,0x3C,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x18,0x08,0x00,0xE7,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x0E,0x0F,0xC0,0x80,0x01,0x00,
0x00,0x00,0xE1,0x30,0x00,0x00,0x02,0x00,
0x00,0x00,0x30,0x00,0x00,0x00,0x06,0x00,
0x00,0x00,0x10,0x00,0x00,0x00,0x04,0x00,
0x00,0x00,0x08,0x00,0x00,0x00,0x04,0x00,
0x00,0x00,0x08,0x00,0x00,0x00,0x04,0x00,
0x00,0x00,0x08,0x00,0x00,0x00,0x04,0x00,
0x00,0x00,0x08,0x00,0x00,0x00,0x06,0x00,
0x00,0x00,0x18,0x00,0x00,0x00,0x02,0x00,
0x00,0x00,0x30,0x00,0x00,0x00,0x01,0x00,
0x00,0x00,0x60,0x00,0x00,0xC0,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x80,0xFF,0xFF,0x7F,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
};

```

```

U8G2_SH1106_128X64_NONAME_F_HW_I2C u8g2(U8G2_R0, /* reset=*/ -
1); //ініціалізація дисплея

```

```

// змінна для зберігання кольору
зображенняbool color = false;

```

```

DHT pis(DHT_22, DHT22); // ініціалізація піна та типу давача в
підключенійбібліотеці DHT

```

```

#define USE_AVG

```

```

// для усереднення останніх N показань вихідної
напруги#ifdef USE_AVG

```

```

#define N 100

```

```

static unsigned long VoRawTotal
= 0;static int VoRawCount = 0;

```

```

#endif // USE_AVG

```

```

// встановити типову вихідну напругу в Вольтах, коли немає
пилуstatic float Voc = 0.6;

```

```

// використовується типову чутливість в одиницях V на 100 мкг
/ мЗconst float K = 0.5;

```

```

////////////////////////////////////
//
///

```

```

// допоміжні функції для друку значення даних на послідовному

```

```

moni void printValue(String text, unsigned int value, bool isLast
= false) {
    Serial.print(text); Serial.print("="); Serial.print(value);if
    (!isLast) { Serial.print(", ");
    }
}
void printFValue(String text, float value, String units, bool
isLast =false) {
    Serial.print(tex
t);
    Serial.print("="
);
    Serial.print(val
ue);
    Serial.print(uni
ts);if (!isLast)
    {
        Serial.print(", ");
    }
}

```

```

void
  setup(void
  ) {
    pis.begin(
    );
    Serial.begin(57600); // швидкість передачі
    даних(біт/с)Serial.println("TEST!");
    pinMode(Led, OUTPUT);
    pinMode(Buzzer, OUTPUT);
    pinMode(button_1, INPUT);
    pinMode(button_2, INPUT);
    pinMode(button_3, INPUT);
    pinMode(sharpLEDPin,
    OUTPUT);

    // час прогріву давачів
    Serial.println("warming-
up");delay(1000);

    Serial.println("measurement");
    u8g2.begin(); // початок роботи бібліотеки з дисплеєм
    u8g2.enableUTF8Print(); // ввімкнення підтримки UTF8-
    ВИВОДУ

    // зачекати дві секунди для
    запускуdelay(2000);
    Serial.println("");
    Serial.println(" START
    GP2Y1014AU0F");
    Serial.println("=====")

```

```

    );
}
void loop(void) {

    // увімкнути світлодіод давача пилю, встановивши цифровий пін в
    HIGHdigitalWrite(sharpLEDPin, HIGH);

    // відповідно до даташиту зачекати 0,28 мс, перш ніж виміряти
    вихіднунапругу
    delayMicroseconds(280);

    // записування вихідної напруги, ця операція займає близько
    100мікросекунд
    int VoRaw = analogRead(sharpVoPin); // вимкнути світлодіод
    давача пилю, встановивши цифровий пін в LOW
    digitalWrite(sharpLEDPin, LOW);

    // зачекати залишок циклу 10 мс = 10000 - 280 - 100
    мікросекундdelayMicroseconds(9620);

    // вивести значення вихідної напруги (число від 0 до
    1023)#ifdef PRINT_RAW_DATA
    printValue("VoRaw", VoRaw,
    true);Serial.println("");
#endif // PRINT_RAW_DATA

    // за потреби використовувати
    усередненняfloat Vo = VoRaw;
#ifdef USE_AVG
    VoRawTotal +=
    VoRaw;
    VoRawCount++;
    if (VoRawCount >= N) {
        Vo = 1.0 * VoRawTotal
        / N;VoRawCount = 0;
        VoRawTotal = 0;
    }
    else {
        return;
    }
#endif // USE_AVG

    // обчислити вихідну напругу у
    вольтахVo = Vo / 1024.0 * 5.0;
    printFValue("Vo", Vo * 1000.0, "mV");

    // перевести щільність пилю в одиниці
    мкг/м3float dV = Vo - Voc;
    if (dV < 0) {
        dV = 0;
        Voc = Vo;
    }
}

```

```

}
analogReadResolution(10);
float dustDensity = dV / K * 100.0;
printfValue("DustDensity", dustDensity, "ug/m3",
true);Serial.println("");

float h =
pis.readHumidity(); float t
= pis.readTemperature();
// якщо це не число видає
помилкуif (isnan(t) ||
isnan(h)) {
    Serial.println("Failed to read from DHT");
}
else {
    Serial.print("Humidity:
"); Serial.print(h, 1);
    Serial.print(" %\t");
    Serial.print("Temperature:
");Serial.print(t, 1);
    Serial.println(" *C");
}

analogReadResolution(10);
int analogMQ2 = analogRead(analogSensorMQ2); // зчитуємо значення
АЦПз аналогового входу до якого під'єднано давач газу
Serial.print("Gas_value = ");
Serial.println(analogMQ2); // виводим в порт значення АЦП
сигналу здавача
// Перевіряємо чи досягнуто порогове значення
if (analogMQ2 > 300) { // якщо значення більше
    допустимого...Serial.println(" Gaz!"); // виводим
    в порт запис, що газ є digitalWrite(Buzzer, HIGH); //
    надіслати ТОН
    digitalWrite(Led, HIGH); // світлодіод
    ввімкнути delay(800); // затримка в
    0,800 мсdigitalWrite(Buzzer, LOW); // без тону
    digitalWrite(Led, LOW); // світлодіод
    вимкнути
}
else {
    Serial.println("No Gas"); // виводим в порт запис, що газу
немає
}

analogReadResolution(10); // бітність зчитувального значення,
якавстановлена як для ардуїно мікроконтролерів
int analogMQ7 = analogRead(analogSensorMQ7); // змінна для
зберіганнязначення давача
Serial.print("CO_value = ");

```

```

Serial.println(analogMQ7);    // друк в послідовний порт

if (analogMQ7 > 200) {        // якщо значення більше
    допустимого...Serial.println(" Gaz CO!"); // виводим в
    порт запис, що газ є digitalWrite(Buzzer, HIGH); //
    надіслати ТОН
    digitalWrite(Led, HIGH);    // світлодіод
    ввімкнути delay(800);        // затримка в
    0,800 мсdigitalWrite(Buzzer, LOW); // без тону
    digitalWrite(Led, LOW);    // світлодіод
    вимкнути
}
else {
    Serial.println("CO normal"); // виводим в порт запис, що газу
    не
    має
}

Serial.println("

"); if (!digitalRead(button_1) == 1 and !digitalRead(button_2)
== 0 and
!digitalRead(button_3) ==
0) {
    u8g2.firstPage();
    do {
        u8g2.setFont(u8g2_font_cu12_t_cyrill
ic);
        u8g2.drawUTF8(0, 15, "Вологість:

%");u8g2.setCursor(70, 15);
        u8g2.print(h, 1);
        u8g2.setFont(u8g2_font_cu12_t_cyrill
ic);u8g2.setCursor(0, 30);
        u8g2.print("Температура:");
        u8g2.setCursor(92, 30);
        u8g2.print(t, 1);
        u8g2.print("C");
        u8g2.setCursor(0, 45);
        u8g2.print("Значення
mq2:");
        u8g2.setCursor(100, 45);
        u8g2.print(analogMQ2);
        u8g2.setCursor(0, 60);
        u8g2.print("Значення
mq7:");
        u8g2.setCursor(100, 60);
        u8g2.print(analogMQ7);
        u8g2.sendBuffer();
        delay(1000);
    } while (u8g2.nextPage());
}

```

```

}

else if (!digitalRead(button_3) == 1 and !digitalRead(button_1)
== 0 and !digitalRead(button_2) == 0) {
  u8g2.firstPage();
  do {
    u8g2.setFont(u8g2_font_cu12_t_cyrillic);
    u8g2.drawUTF8(0, 15, "Вологість:");

    u8g2.setCursor(70, 15);
    u8g2.print(h, 1);
    delay(1000);
  } while (u8g2.nextPage());

  u8g2.nextPage();
  do {
    u8g2.setFont(u8g2_font_cu12_t_cyrillic);
    u8g2.setCursor(0, 30);
    u8g2.print("Температура:");
    u8g2.setCursor(92, 30);
    u8g2.print(t, 1);
    u8g2.print("C");
    delay(1000);
  } while (u8g2.nextPage());

  u8g2.nextPage();
  do {
    u8g2.setCursor(0, 45);
    u8g2.print("Значення mq2:");
    u8g2.setCursor(100, 45);
    u8g2.print(analogMQ2);
    delay(1000);
  } while (u8g2.nextPage());

  u8g2.nextPage();
  do {
    u8g2.setCursor(0, 60);
    u8g2.print("Значення mq7:");
    u8g2.setCursor(100, 60);
    u8g2.print(analogMQ7);
    delay(1000);
  } while (u8g2.nextPage());
}

else if (!digitalRead(button_2) == 1 and !digitalRead(button_1)
== 0 and !digitalRead(button_3) == 0) {

  u8g2.clearBuffer();

```

```

    u8g2.setFont(u8g2_font_cu12_t_cyrill
ic);u8g2.drawUTF8(0, 30, "Щільність
пилу:");u8g2.setCursor(20, 60);
u8g2.print(dustDensity * 2);
u8g2.drawUTF8(70, 60,
"мкг/м3");u8g2.sendBuffer();
delay(1000);
}

else if (!digitalRead(button_3) == 0 and !digitalRead(button_1)
== 0and !digitalRead(button_2) == 0) {
u8g2.firstPage
e();do {
// очищення
дисплея
u8g2.clearBuffe
r();
// встановлення
кольору
u8g2.setDrawColor(!col
or);
// вивід картинки
u8g2.drawXBMP(0, 0, cloud_width, cloud_height, cloud_bits);
// відправка
даних
u8g2.sendBuffe
r();
delay(1000);
} while (u8g2.nextPage());

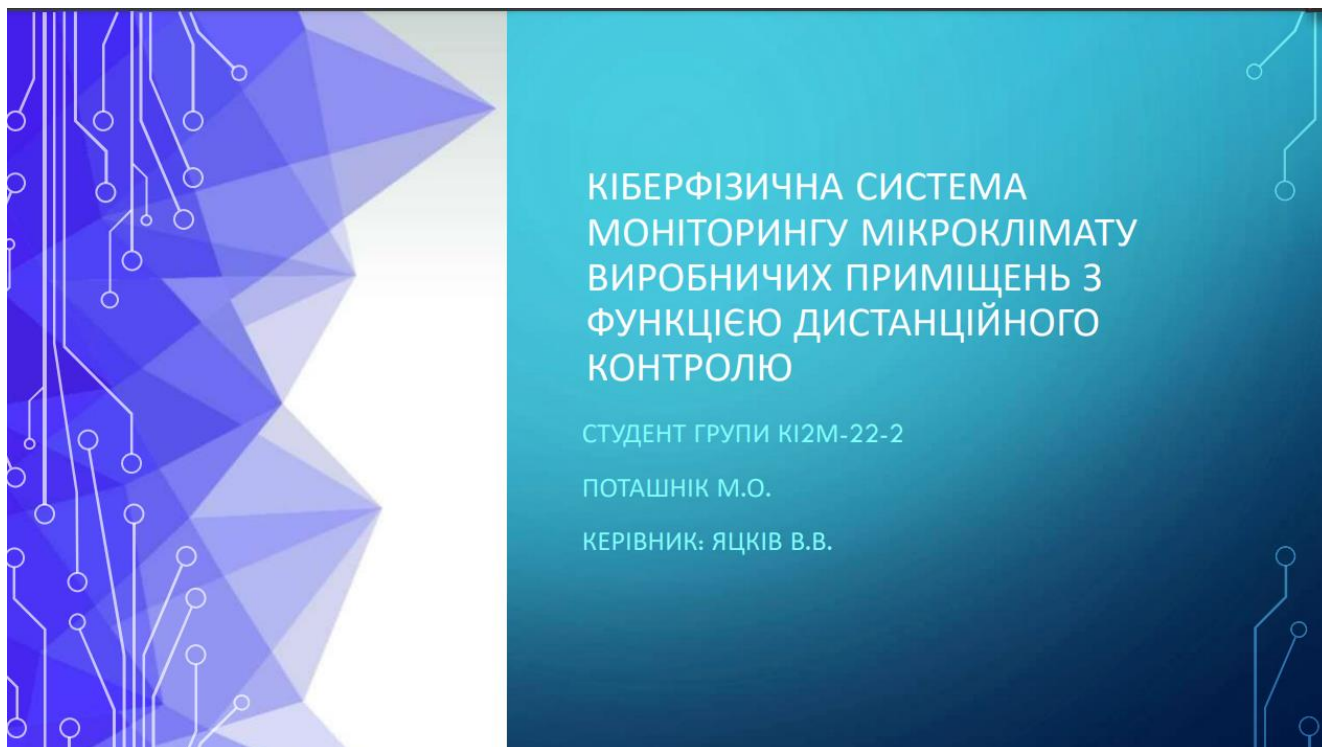
u8g2.nextPage
e();do {
u8g2.setFont(u8g2_font_cu12_t_cyrill
ic);u8g2.setCursor(70, 15);
u8g2.print(h, 1);
u8g2.print("%");u8g2.setCursor(70, 30);
u8g2.print(t, 1);
u8g2.setFont(u8g2_font_unifont_t_symbols);u8g2.print("°C");
u8g2.sendBuffer();
} while (u8g2.nextPage());

u8g2.nextPage
e();do {
u8g2.setFont(u8g2_font_cu12_t_cyrill
ic);u8g2.setCursor(0, 45);
u8g2.print("Значення mq2:");
u8g2.setCursor(100, 45);
u8g2.print(analogMQ2);
delay(1000);
} while (u8g2.nextPage());

```

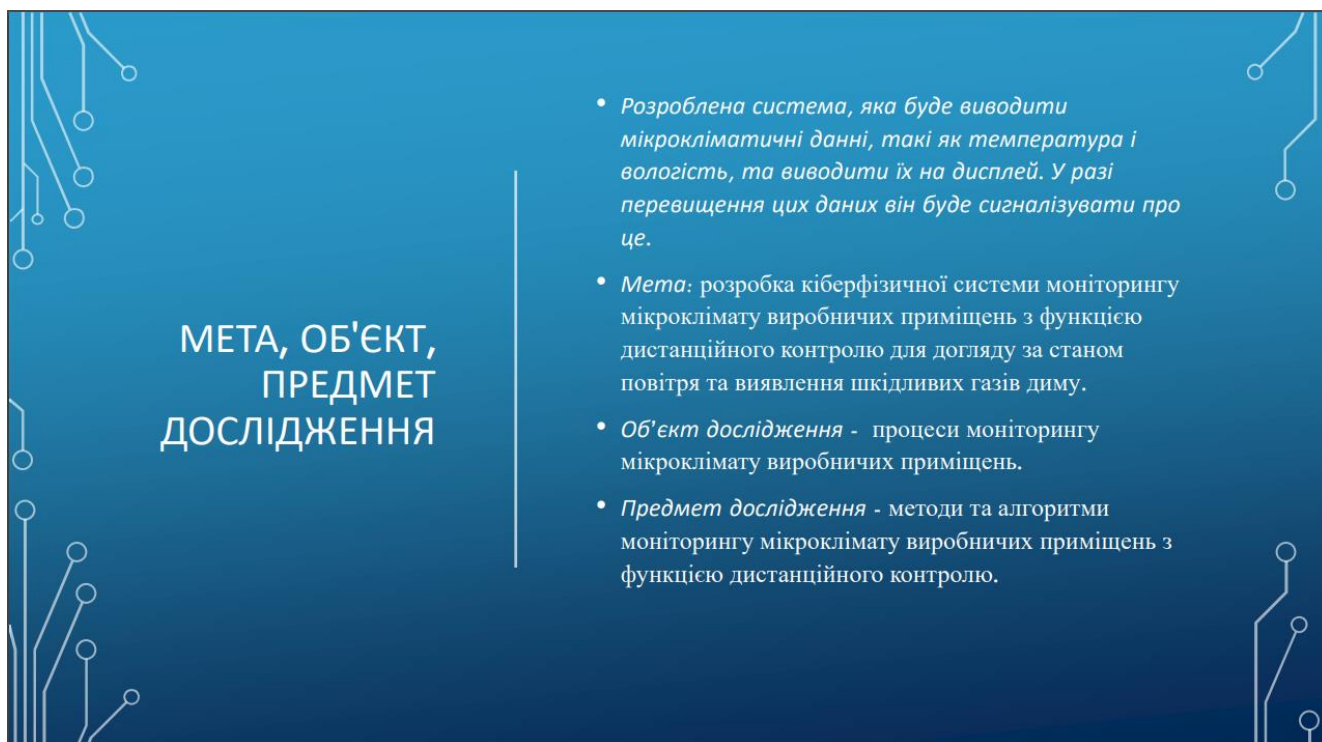
```
u8g2.nextPage  
e());do {  
    u8g2.setCursor(0, 60);  
    u8g2.print("Значення  
mq7:");  
    u8g2.setCursor(100, 60);  
    u8g2.print(analogMQ7);  
    delay(1000);  
} while (u8g2.nextPage());  
}  
}
```

**ДОДАТОК Б**  
**(обов'язковий)**  
**Презентація**



**КІБЕРФІЗИЧНА СИСТЕМА  
МОНІТОРИНГУ МІКРОКЛІМАТУ  
ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ З  
ФУНКЦІЄЮ ДИСТАНЦІЙНОГО  
КОНТРОЛЮ**

СТУДЕНТ ГРУПИ КІ2М-22-2  
ПОТАШНІК М.О.  
КЕРІВНИК: ЯЦКІВ В.В.



**МЕТА, ОБ'ЄКТ,  
ПРЕДМЕТ  
ДОСЛІДЖЕННЯ**

- *Розроблена система, яка буде виводити мікрокліматичні данні, такі як температура і вологість, та виводити їх на дисплей. У разі перевищення цих даних він буде сигналізувати про це.*
- *Мета:* розробка кіберфізичної системи моніторингу мікроклімату виробничих приміщень з функцією дистанційного контролю для догляду за станом повітря та виявлення шкідливих газів диму.
- *Об'єкт дослідження* - процеси моніторингу мікроклімату виробничих приміщень.
- *Предмет дослідження* - методи та алгоритми моніторингу мікроклімату виробничих приміщень з функцією дистанційного контролю.

## ДЕТАЛІ

- Мікроклімат виробничих приміщень відіграє ключову роль у забезпеченні комфорту працівників і ефективності виробничих процесів. Він визначається параметрами повітря, такими як температура, вологість, швидкість руху повітря, чистота та склад хімічних речовин.
- Багато факторів впливають на умови у виробничому процесі, таких як будова приміщень, площа приміщення, кількість працівників, вентиляція, різні види обладнання.
- Потрібно, щоб мікроклімат був у нормі, для того, щоб працівники не псували своє здоров'я і комфортно себе відчували. Для цього потрібно контролювати норми мікроклімату і повідомляти про відхилення якщо такі є.



## СУТЬ РОБОТИ

- Була розроблена система на базі мікроконтролера ESP32. У цьому пристрої є датчик температури та вологості, датчик широкого спектру виявлення газів, димів та чадного газу, також є датчик пилу. Був написаний код у Arduino IDE, за допомогою якого це все функціонує.

## ВИГЛЯД ПРИСТРОЮ

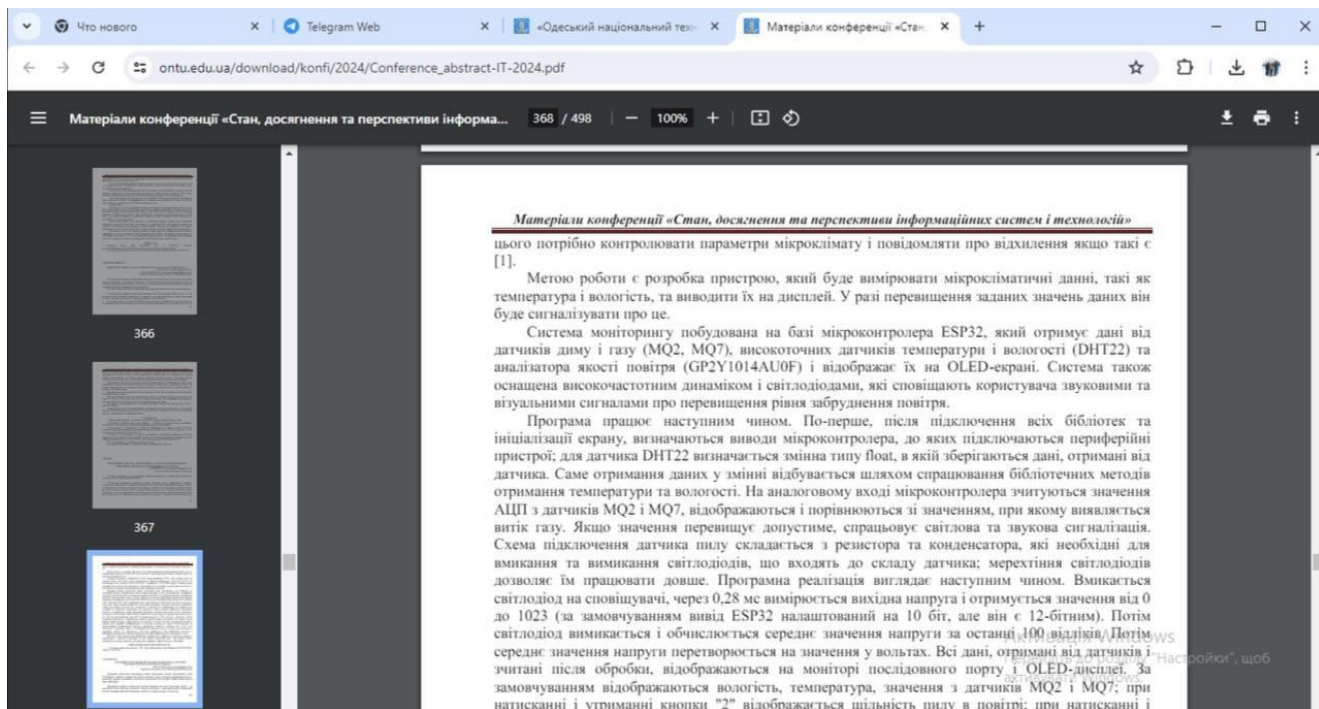
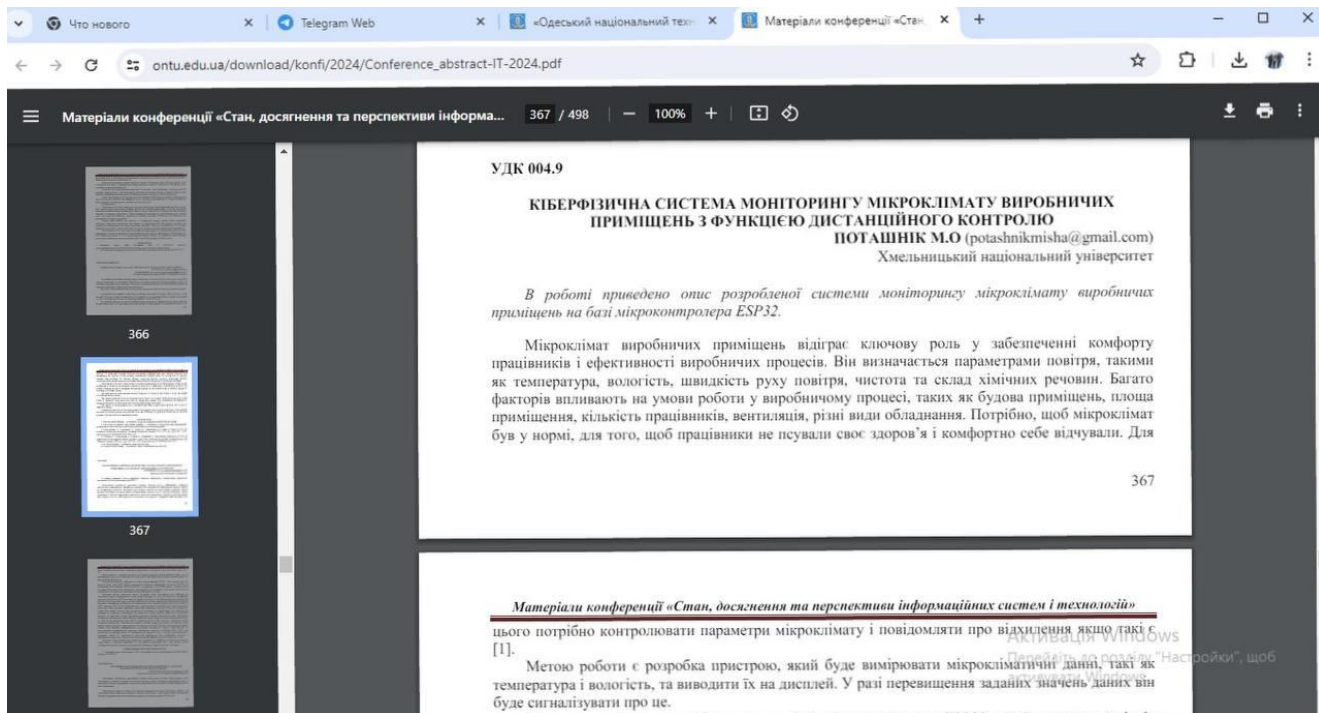


ДЯКУЮ ЗА УВАГУ

# ДОДАТОК В

## (обов'язковий)

### Опублікована теза



Матеріали конференції «Стан, досягнення та перспективи інформа... 368 / 498 — 100% +

ontu.edu.ua/download/konfi/2024/Conference\_abstract-IT-2024.pdf

366

367

датчиків диму і газу (MQ2, MQ7), високоточних датчиків температури і вологості (DHT22) та аналізатора якості повітря (GP2Y1014AU0F) і відображає їх на OLED-екрані. Система також оснащена високочастотним динаміком і світлодіодами, які сповіщають користувача звуковими та візуальними сигналами про перевищення рівня забруднення повітря.

Програма працює наступним чином. По-перше, після підключення всіх бібліотек та ініціалізації екрану, визначаються виводи мікроконтролера, до яких підключаються периферійні пристрої; для датчика DHT22 визначається змінна типу float, в якій зберігаються дані, отримані від датчика. Саме отримання даних у змінні відбувається шляхом спрацювання бібліотечних методів отримання температури та вологості. На аналоговому вході мікроконтролера зчитуються значення АЦП з датчиків MQ2 і MQ7, відображаються і порівнюються зі значенням, при якому виявляється витік газу. Якщо значення перевищує допустиме, спрацьовує світлова та звукова сигналізація. Схема підключення датчика пилу складається з резистора та конденсатора, які необхідні для вмикання та вимкання світлодіодів, що входять до складу датчика: мерехтіння світлодіодів дозволяє їм працювати довше. Програмна реалізація виглядає наступним чином. Вмикається світлодіод на сповіщувачі, через 0,28 мс вимірюється вихідна напруга і отримується значення від 0 до 1023 (за замовчуванням вивід ESP32 налаштований на 10 біт, але він є 12-бітним). Потім світлодіод вмикається і обчислюється середнє значення напруги за останні 100 відліків. Потім середнє значення напруги перетворюється на значення у вольтах. Всі дані, отримані від датчиків і зчитані після обробки, відображаються на моніторі послідовного порту і OLED-дисплеї. За замовчуванням відображаються вологість, температура, значення з датчиків MQ2 і MQ7; при натисканні і утриманні кнопки "2" відображається щільність пилу в повітрі; при натисканні і утриманні кнопки "3" відбувається поступове перемикання між показаннями датчиків і обробленими значеннями. Дані оновлюються на дисплеї в реальному часі з затримкою в 1 сек.

**Висновок.** Дана система буде незамінним приладом для виробництва, оскільки моніторинг мікроклімату є критично важливим як для роботи працівників так і для роботи всього виробництва. Прилад є простим у використанні і дешевим у виробництві, що є важливим.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Санітарні норми мікроклімату. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99#Text> (Доступ 10.04.2024)

Активация Windows  
Перейдіть до розділу "Налаштування", щоб активувати Windows.

Ім'я користувача:  
Кафедра КІ

Дата перевірки:  
23.05.2024 09:29:27 EEST

Дата звіту:  
23.05.2024 09:33:03 EEST

ID перевірки:  
1016275577

Тип перевірки:  
Doc vs Internet + Library

ID користувача:  
100005591

Назва документа: Поташнік\_Кіберфізична система моніторингу мікроклімату виробничих приміщень з функ...

Кількість сторінок: 88 Кількість слів: 15187 Кількість символів: 118771 Розмір файлу: 2.50 MB ID файлу: 1016066731

## 6.77% Схожість

Найбільша схожість: 0.77% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1015706507)

6.47% Джерела з Інтернету 723 ..... Сторінка 90

2.32% Джерела з Бібліотеки 109 ..... Сторінка 96

## 0.28% Цитат

Цитати 4 ..... Сторінка 97

Не знайдено жодних посилань

## 0% Вилучень

Немає вилучених джерел

## Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи 21

## Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальне співпадіння з одним документом 0.0%

Словники перевірки: en\_US, ru\_RU, ua\_UA. Помилки в документах: 11%

ID: 126951 Назва: МКР Кіберфізична система моніторингу мікроклімату виробничих приміщень з функцією дистанційного контролю Додано в БД: 2024-05-23 Автора: Поташнік М.О. Керівники: Яцків В.В. Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	95984	915	1094 (1%)	18 (2%)

### Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Поташнік Михайло Олександрович

Тема: **Кіберфізична система моніторингу мікроклімату виробничих приміщень з функцією дистанційного контролю**

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість сторінок записки 99

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою кваліфікаційної роботи магістра є розробка кіберфізичної системи моніторингу мікроклімату виробничих приміщень з функцією дистанційного контролю для догляду за станом повітря та виявлення шкідливих газів диму.

2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота відповідає поставленому завданню.

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому розділі було встановлено цілі дослідження, проведено огляд на характеристики мікроклімату та їх значущість, визначено проблеми відомих рішень поставленого завдання.

У другому розділі проаналізовано особливості системи контролю повітря та зменшення небажаного впливу токсичних речовин на працівників. Розроблено структуру кіберфізичної системи моніторингу мікроклімату.

У третьому розділі вибрано апаратні складові, розроблено принципову схему.

У четвертому розділі розглянуті питання реалізації та тестування кіберфізичної системи моніторингу мікроклімату.

4. Позитивні сторони роботи: Розроблена кіберфізична система системи моніторингу мікроклімату з дистанційним контролем параметрів в режимі реального часу ураховує негативні аспекти відомих рішень та усуває їх.

5. Негативні сторони роботи: Огляд існуючих пристроїв для моніторингу доцільно було розглянути в першому розділі.

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи:  
Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно з діючими стандартами оформлення документації.

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на оцінку добре.

8. Інші зауваження: \_\_\_\_\_

9. Оцінка дипломної роботи: Розглянувши позитивні та негативні сторони представленої кваліфікаційної роботи вважаю, що робота заслуговує оцінки «добре» 4 (С).

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

Марченко Валерій Володимирович, завідувач  
кафедрою АКТІ та Р ХНУ

“ 27 ” 05 2024 р.

 (підпис)

Завідувачу кафедри КІС  
д-р.техн.наук, проф. Говорущенко Т. О.

Поташнік Михайло Олександрович

ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 2 курсу, групи КІ2М-22-2

### ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про дотримання академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті» від 26.09.2020 (зі змінами від 26.11.2020), згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіатоповіщений (а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

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

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

17.05.2024

дата

Киш

підпис

**РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ**  
**КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОМАЦІЙНИХ СИСТЕМ**  
**ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ**

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

Назва: Кіберфізична система моніторингу мікроклімату виробничих приміщень з функцією дистанційного контролю

Автор: Поташнік Михайло Олександрович

Спеціальність: 123 – Компютерна інженерія

Освітня програма: освітньо-наукова

Науковий керівник: Яцків В.В, д.т.н, професор

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

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

Підтвердження:

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

- 1) запозичення розміщені в розділах аналізу існуючих аналогів та прототипів, які не описують безпосередньо авторське дослідження і не стосуються результатів роботи;
- 2) усі запозичення фрагментарні, або мають належним чином оформленні посилання;
- 3) окремі виявлені збіги є загальноживаними фразами або виразами, про що свідчить посилання системи на збіг з 10-40 джерелами на один фрагмент речення;
- 4) в якості запозичень в окремих місцях системою зафіксовано послідовності чотирьохрозрядних двійкових кодів, які є вхідними даними до великої кількості задач і не можуть розглядатися як об'єкт авторських прав і, відповідно, їх порушення;
- 5) всі зафіксовані системою ознаки модифікації тексту відносяться до комбінування латинських символів зі україномовними скороченнями індексів в формулах, що не є модифікацією тексту.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості, складає 6.77% і адресується до 80 першоджерела, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи

Гарант ОП

Завідувач кафедри КПСч


В. В. Яцків

О. С. Савенко

Т. О. Говорущенко