

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»


Інженерно-технічний факультет
кафедра електронних систем

кваліфікаційна робота бакалавра

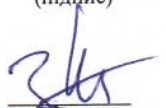
На тему: Електронний прилад для моніторингу якості повітря в приміщеннях

Студента 4 курсу

Бігана Івана Михайловича
(прізвище та ініціали)


(підпис)

Керівник кандидат фіз.-мат. наук Заяць Тарас Михайлович
(прізвище, ініціали, вчені ступінь та звання.)


(підпис)

Голова ЕК:

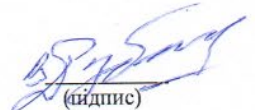
Симулик В. М. д.ф.-м.н., проф ІЕФ НАНУ
(прізвище, ініціали, вчені ступінь та звання.)


(підпис)

Заяць Т. М.-канд. фіз.-мат. наук, доц.ККабедри ЕС
(прізвище, ініціали, вчені ступінь та звання.)


(підпис)

Рубіш В.М. – д.ф.-м.н., проф. кафедри ЕС
(прізвище, ініціали, вчені ступінь та звання.)


(підпис)

Юркін І. М.-канд. фіз.-мат. наук, доц. кафедри ЕС
(прізвище, ініціали, вчені ступінь та звання.)


(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент 
(підпис)

Ужгород - 2024

ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

Факультет: Інженерно-технічний

Кафедра: Електронних систем

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедрою,

доц. ЗТ (Заяць Т. М.)

“13” червня 2023 року

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну бакалаврську роботу
студенту Бігану Івану Михайловичу

1. Тема роботи: Електронний прилад для моніторингу якості повітря в приміщеннях .

Затверджена на засіданні кафедри (протокол № 3 від 10 жовтня 2023 р.)

2. Термін закінчення роботи: 10 червня 2024 року.

3. Вихідні дані до роботи.

1. Створити ефективний електричний пристрій, який забезпечує постійний моніторинг якості повітря в різних середовищах з метою виявлення та відстеження забруднень та шкідливих речовин у повітрі.

Забезпечити слідуючі характеристики контролера:

1. Тактова частота микро контролера: 0- 20 МГц ;
2. Напруга живлення: 5 В ;
3. Струм в режимі роботи не більше: ~1,4 мА;
4. Струм в режимі сну не більше: ~1 мкА;
5. Робоча температура, °С -10 ÷ +65 ;
6. В системі повинен використовуватись датчик газу і датчик пилу.

4. Зміст роботи (перелік питань, що підлягають розробці).

ВСТУП

1. Огляд і аналіз існуючих аналогів об'єкту проектування
2. Огляд і аналіз існуючих методів та схемотехнічних рішень поставленого завдання
3. Проектно-конструкторський розділ
 - 3.1. Синтез та аналіз структурної схеми
 - 3.2. Синтез та аналіз електричної принципової схеми
 - 3.3. Розрахунки режимів роботи елементів принципової схеми. Вибір елементів

Висновки

Перелік посилань

ДОДАТКИ

Додаток А. структурна схема КРБ.ЕС. 20050053.001.Е1

Додаток Б. принципова схема КРБ.ЕС. 20050053.001.Е3

Додаток В. перелік елементів КРБ.ЕС. 20050053.001.ПЕ

Додаток Г. специфікація КРБ.ЕС. 20050053.001.СП

5. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Нормоконтроль	доц. Паша О. В.		

Дата видачі завдання 10 жовтня 2023 року.

Керівник роботи _____ (доц. Заяць Т.М.)
(підпис)

Завдання прийняв на виконання _____ (Біган І.М.)
(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Найменування етапів виконання КБР	Термін виконання етапів	Примітки
1.	Пошук та аналіз аналогів об'єкта досліджень.	до 20.12.2023 року	
2.	Огляд та аналіз аналогів.	до 20.02.2024 року	
3.	Вибір технічного рішення та обґрунтування технічної пропозиції.	до 20.03.2024 року	
4.	Синтез структурної та принципової схем, їх розрахунок.	до 20.04.2024 року	
5.	Виготовлення конструкторської документації.	до 20.05.2024 року	
6.	Оформлення кваліфікаційної бакалаврської роботи.	до 10.06.2024 року	
7.	Захист на державній екзаменаційній комісії.	Згідно з графіком захисту	

Студент _____ (Біган І.М.)
(підпис)

Керівник роботи _____ (доц. Заяць Т.М.)
(підпис)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна бакалаврська робота на тему «Розробка електронного приладу для моніторингу якості повітря в приміщеннях» / УжНУ; Керівник Заяць Т. М.; Студент Біган І.М., група ЕС.

Пояснювальна записка: 63 сторінок, 4 рисунків, 5 таблиць, 9 джерел, 4 додатки.

Графічна частина: 2 листи формату А1.

Об'єкт розробки – створення структурної та принципової схеми системи для моніторингу якості повітря в приміщенні.

Метод дослідження – аналіз прототипів та аналогічних систем, синтез структурної та принципової схеми, а також її реалізація у вигляді електронної принципової схеми.

У процесі виконання цієї роботи було проведено пошук та аналіз аналогів проєктованого об'єкта. Відповідно до отриманих даних і вимог технічного завдання були розроблені структурна та принципова схеми. Проектно-конструкторський розділ включає синтез структурної та принципової схеми, опис роботи пристрою та відповідні розрахунки.

МОНІТОРИНГ, ПОВІТРЯ, ПРИЛАД, РОЗРАХУНКИ, СХЕМА

ABSTRACT

Qualification bachelor's thesis on 'Development of an electronic device for monitoring indoor air quality

» / UzhNU; Supervisor Zayats T. M.; Student Began I. M., ES group.

Explanatory note: 63 pages, 4 figures, 5 tables, 9 sources, 4 appendices.

Graphic part: 2 sheets of A1 format.

Object of development - creation of a structural and schematic diagram of a system for monitoring indoor air quality.

Research method - analysis of prototypes and similar systems, synthesis of the structural and schematic diagram, as well as its implementation in the form of an electronic circuit diagram.

In the process of performing this work, a search and analysis of analogues of the projected object was carried out. In accordance with the data obtained and the requirements of the technical task, the structural and circuit diagrams were developed. The design and development section includes a synthesis of the structural and circuit diagrams, a description of the device operation and relevant calculations.

MONITORING, AIR, DEVICE, CALCULATIONS, SCHEME

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

Інженерно-технічний факультет
Кафедра електронних систем

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедрою,
доц. ЗТМ (Заяць Т. М.)
«13» червня 2024 року

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

На кваліфікаційну бакалаврську роботу
на тему:

Електронний прилад для моніторингу якості повітря в приміщеннях

КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Арк.	Акрушіє
Розроб.		Біган І.М.	<u>Біган</u>	24.06			
Перевір.		Заяць Т.М.	<u>ЗТМ</u>	24.06		6	63
Реценз.							
Н. Контр.		Пап О.В.	<u>Пап</u>	24.06			
Затверд.		Заяць Т.М.	<u>ЗТМ</u>	24.06			

Електронний прилад для моніторингу якості повітря в приміщеннях

УжНУ, ІТФ
група ЕС, 4 курс

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1. Огляд і аналіз існуючих аналогів об'єкту проектування	9
2. Огляд і аналіз існуючих методів та схемотехнічних рішень поставленого завдання	21
3. Проектно-конструкторський розділ	38
3.1. Синтез та аналіз структурної схеми	38
3.2. Синтез та аналіз електричної принципової схеми	45
3.3. Розрахунки режимів роботи елементів принципової схеми. Вибір елементів	48
Висновки	62
Перелік посилань	63
ДОДАТКИ	
Додаток А. структурна схема КРБ.ЕС. 20050053.001.Е1	
Додаток Б. принципова схема КРБ.ЕС. 20050053.001.Е3	
Додаток В. перелік елементів КРБ.ЕС. 20050053.001.ПЕ	
Додаток Г. специфікація КРБ.ЕС. 20050053.001.СП	

					КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

З виробництвом та швидким розвитком технологій, зростає увага до якості навколишнього середовища, зокрема повітря, яке ми дихаємо. У зв'язку з цим, створення пристроїв для моніторингу якості повітря в приміщеннях стає актуальною та важливою задачею. Ця бакалаврська робота спрямована на створення такого пристрою, який забезпечує точний та надійний моніторинг різних параметрів повітря, що є ключовими для здоров'я та комфорту людей.

В основі роботи лежить аналіз існуючих методів та технологій у сфері моніторингу якості повітря, а також вибір оптимальних компонентів та синтез їх у єдину функціональну систему. На основі цього аналізу було створено електронний пристрій, який включає в себе датчики для вимірювання рівнів CO₂, температури, вологості, атмосферного тиску та концентрації пилу в повітрі.

У цій роботі буде розглянуто технічні характеристики використаних компонентів, принцип їх роботи, а також процес Створення та функціональні можливості Створеного пристрою. Крім того, буде проведено аналіз можливостей для подальшого вдосконалення пристрою та його потенційного застосування в різних галузях, що стосуються контролю та підтримки якості повітря в приміщеннях.

					КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.Огляд і аналіз існуючих аналогів об'єкту проектування

Аналіз аналогів об'єкту проектування

AirHome



рис.1.1. AirHome

AirHome - компактний пристрій для моніторингу якості повітря в приміщеннях, що вимірює різні показники повітря раз на хвилину і виводить їх на дисплей. Підключаючись до Wi-Fi, пристрій надсилає дані на сервер Eco-City. Додатково, пристрій має функцію контролю вентиляцією, підтримуючи більшість вентиляційних систем.

Сенсори:

- PMS7003
- MH-Z19
- VME280

Показники:

- PM1
- PM10
- PM2.5
- CO2
- Температура

					КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Вологість
- Атмосферний тиск

Переваги AirHome:

1. **Компактність:** Пристрій невеликий і зручний для використання в будь-яких приміщеннях.
2. **Інтеграція з Wi-Fi:** Надсилання даних на сервер Eco-City дозволяє віддалено моніторити якість повітря.
3. **Функція контролю вентиляцією:** Забезпечує автоматичне управління вентиляційними системами, що підвищує ефективність вентиляції.
4. **Платформа WeMoS D1 Mini Pro:** Забезпечує стабільність і швидкість роботи.
5. **Різноманітність вимірюваних показників:** Можливість моніторингу різних параметрів повітря, що дає повну картину якості повітря в приміщенні.

Недоліки AirHome

1. **Вартість:** Використання високоякісних сенсорів та платформи WeMoS D1 Mini Pro може зробити пристрій дорогим для деяких споживачів.
2. **Потреба у стабільному Wi-Fi з'єднанні:** Для передачі даних на сервер Eco-City пристрій повинен бути постійно підключений до стабільної Wi-Fi мережі. Якщо з'єднання переривається, передача даних стає неможливою.
3. **Складність підключення до вентиляційних систем. Інтеграція з різними системами:** Хоча AirHome підтримує більшість вентиляційних систем, підключення може вимагати спеціальних знань і консультацій, що ускладнює використання для звичайних користувачів.

					КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

4. **Обмежений набір сенсорів:** Пристрій вимірює лише основні показники якості повітря. Додаткові показники, такі як рівні інших забруднювачів (наприклад, озон або оксиди азоту), не враховуються.
5. **Живлення:** Пристрій вимагає постійного джерела живлення, що може бути незручно для деяких користувачів. Хоча пристрій поставляється з блоком живлення, це обмежує його мобільність.
6. **Точність вимірювань , калібрування сенсорів:** Сенсори можуть потребувати періодичного калібрування для збереження точності вимірювань, що може бути складним для звичайного користувача.

Вартість: 2200 грн.

Монітор Eco City NDIR CO2



1Eco City NDIR CO2

рис.1.2. Монітор Eco City NDIR CO2

Інфрачервоний аналізатор повітря NDIR CO2 є монітором якості повітря, який вимірює рівень вуглекислого газу (CO2), температуру та вологість у приміщенні. Пристрій використовує інфрачервону технологію для визначення концентрації CO2, що забезпечує високу точність і стабільність вимірювань. Інформація відображається на дисплеї та дає можливість швидко оцінити якість повітря за допомогою світлодіодних індикаторів.

Технічні характеристики

					КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

- Метод відображення: загальний яскравий екран
- Корпус: пластик
- Метод виявлення CO2: інфрачервоний (NDIR)
- Час обробки: 1,5 секунди
- Розмір датчика: 80*70*35 мм
- Атмосферний тиск: 86 кПа-106 кПа (400-5000ppm)
- Температура виявлення: від-10 ° С до 50 ° С
- Відносна вологість: 20% - 85%
- Діапазон вимірів:
- Датчик для CO2: інфрачервоний (NDIR)
- Крок: 1 ppm
- Діапазон вимірювання: -10-50 ° С
- Діапазон вологості: 20% -85% відносної вологості
- Точність вимірювання: ± 1 ° С
- Точність вимірювання: $\pm 4\%$ відносної вологості
- Температура зберігання: від-10 ° С до 60 ° С;
- Одиниця концентрації CO2: ppm
- Джерело живлення: літієва батарея з ємністю 1600 мАг
- Зарядка: 5 В DC зарядка через порт micro USB
- Вага: 115 г

Переваги

1. Точність і стабільність вимірювань

- **Інфрачервона технологія (NDIR):** Забезпечує високу точність вимірювання рівня CO2, що є критично важливим для визначення якості повітря.

					КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

- **Точність температури та вологості:** Висока точність вимірювань (+/- 1°C для температури та +/- 4% для відносної вологості) забезпечує достовірні дані про умови в приміщенні.

2. Швидка реакція

- **Час обробки:** Пристрій забезпечує швидкий час обробки даних (1,5 секунди), що дозволяє майже в реальному часі контролювати зміну рівня CO₂, температури та вологості.

3. Компактність і мобільність

- **Розміри і вага:** Компактні розміри (80x70x35 мм) та легка вага (115 г) роблять пристрій зручним для перенесення та використання в різних приміщеннях.
- **Автономна робота:** Пристрій оснащений літієвою батареєю на 1600 мАг, що дозволяє йому працювати без підключення до мережі живлення.

4. Зручність використання

- **Інтерфейс:** Яскравий екран та світлодіодні індикатори ("poor", "normal", "good") дозволяють легко зчитувати та інтерпретувати дані.
- **Налаштовувані звукові сповіщення:** Користувач може налаштувати рівень CO₂ для звукових сигналів, що підвищує зручність експлуатації.

5. Широкий діапазон вимірювань

- **CO₂:** Підтримка діапазону 400-5000ppm забезпечує можливість моніторингу в умовах різної концентрації CO₂.
- **Температура і вологість:** Підтримка діапазону температур від -10°C до 50°C та відносної вологості від 20% до 85% дозволяє використовувати пристрій у різних кліматичних умовах.

Недоліки

					КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

1. Точність вимірювання вологості

- **Обмежена точність:** Точність вимірювання вологості +/- 4% може бути недостатньою для спеціалізованих застосувань, де потрібні більш точні дані.

2. Обмежений діапазон температури і вологості

- **Діапазон температур:** Вимірювання в діапазоні від -10°C до 50°C може бути недостатнім для екстремальних умов.
- **Діапазон вологості:** Підтримка відносної вологості лише від 20% до 85% може бути обмеженням для дуже сухих або вологих середовищ.

3. Залежність від батареї

- **Живлення:** Пристрій потребує періодичної зарядки літєвої батареї, що може бути незручним для тривалого використання без доступу до джерела живлення.
- **Micro USB:** Використання порту micro USB для зарядки може бути не зовсім зручним для користувачів, які звикли до сучасних стандартів USB-C.

4. Відсутність Wi-Fi підключення

- **Відсутність віддаленого моніторингу:** Пристрій не має можливості підключення до Wi-Fi, що обмежує можливість дистанційного контролю та аналізу даних через інтернет.

5. Стаціонарне використання

- **Фіксоване місце розташування:** Компактний розмір і мобільність є перевагами, але пристрій не призначений для постійного моніторингу великої кількості приміщень одночасно.

Вартість: 2109 грн.

					КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

AZ-7732



рис.1.3. AZ-7732

Монітор мікроклімату AZ-7732 призначений для вимірювання основних параметрів якості повітря в приміщеннях: температури, відносної вологості та концентрації CO₂. Пристрій має ергономічний дизайн, який добре впишеться в будь-який інтер'єр, і оснащений інфрачервоним датчиком для високоточного вимірювання концентрації CO₂.

Ключові риси монітора CO₂ RH Temp для приміщень AZ-7732

- Портативний пристрій для моніторингу основних параметрів мікроклімату в приміщеннях: температура, відносна вологість та концентрація вуглекислого газу (CO₂) в повітрі.
- Ергономічний сучасний дизайн пристрою добре впишеться в будь-який інтер'єр.
- Високоточний недисперсійний інфрачервоний датчик для визначення показників CO₂ з можливістю його калібрування.
- Великий РК-дисплей для зручного зчитування результатів вимірювання CO₂, вологості, температури точки роси і значення температури повітря.

					КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

- Звукова сигналізація сприяє своєчасному реагуванню на зміни параметрів мікроклімату і забезпеченню належного рівня комфорту.
- Програмовані 3 піктограми емодзі використовуються для індикації рівня якості повітря в приміщенні.
- Функція перегляду зареєстрованого середнього значення за 8 і 24 години та пікового значення за 24 години.
- Захист пристрою від крадіжок і модифікацій.
- Унікальна функція енергозбереження забезпечує моніторинг протягом 1 року лише від 3 батарейок типу ААА.

Переваги

1. Високоточне вимірювання CO2

- **Недисперсійний інфрачервоний датчик (NDIR):** Забезпечує високу точність вимірювань CO2 з можливістю калібрування, що критично важливо для надійного моніторингу якості повітря.
- **Широкий діапазон вимірювання:** Вимірювання до 9999 ppm з роздільною здатністю 1 ppm дозволяє точно оцінити рівень CO2 в приміщенні.

2. Зручність використання

- **Великий РК-дисплей:** Забезпечує зручне зчитування результатів вимірювання CO2, температури, вологості та точки роси.
- **Звукова сигналізація:** Сприяє своєчасному реагуванню на зміни параметрів мікроклімату, забезпечуючи належний рівень комфорту.

3. Енергозбереження

- **Тривала автономна робота:** Унікальна функція енергозбереження дозволяє моніторити мікроклімат протягом року від трьох батарейок типу ААА.

					КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- **Низьке споживання енергії:** Еко режим споживає лише 40 мкА, що значно продовжує термін служби батарей.

4. Додаткові функції

- **Програмовані піктограми емодзі:** Використовуються для індикації рівня якості повітря, що робить пристрій інтуїтивно зрозумілим у використанні.
- **Перегляд середніх та пікових значень:** Можливість перегляду зареєстрованих середніх значень за 8 і 24 години, а також пікових значень за 24 години.

5. Компактний і ергономічний дизайн

- **Портативність:** Пристрій легко переносити і встановлювати в будь-якому приміщенні завдяки компактним розмірам (86x86x25 мм) і вазі (115 г).
- **Монтажна висота:** Пристрій можна встановити на висоті 1,4-1,8 м для оптимального моніторингу параметрів мікроклімату.

Недоліки

1. Точність вимірювання вологості

- **Обмежена точність:** Точність вимірювання вологості $\pm 5\% \text{ RH}$ може бути недостатньою для застосувань, де потрібні більш точні дані.
- **Час відгуку:** Час відгуку < 20 хвилин для зміни кроку 90% може бути занадто тривалим для швидкої реакції на зміну вологості.

2. Обмежений діапазон температури

- **Температурні обмеження:** Діапазон вимірювання температури (0-50 °C) може бути недостатнім для деяких промислових або екстремальних кліматичних умов.

					<i>КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Точність вимірювання CO ₂	± 50 ppm ±3 % від показань 400~5000 ppm, 10 % від показань 5001~9999 ppm, NA для <400 ppm
Час відгуку при вимірюванні CO ₂	<5 хвилин (зміна кроку 90 %)
Час прогріву датчика при вимірюванні CO ₂	10 секунд
Діапазон вимірювання температури повітря	0 ~ 50 °C, 32 ~ 122 °F
Роздільна здатність при вимірюванні температури повітря	0,1 °C, 0,1 °F
Точність вимірювання температури повітря	± 0,6 °C, ± 1 °F
Час відгуку при вимірюванні температури повітря	<2 хвилин (зміна кроку 90 %)
Діапазон вимірювання вологості повітря	5 ~ 95 % відносної вологості
Роздільна здатність при вимірюванні відносної вологості	0,1 % відносної вологості

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ

Арк.

19

Точність вимірювання відносної вологості	$\pm 5 \% \text{ RH}$ (при $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, $10 \sim 90 \% \text{ RH}$); інші $\pm 7 \% \text{ RH}$
Час відгуку при вимірюванні відносної вологості	<20 хвилин (зміна кроку 90%)
Діапазон вимірювання точки роси	$-68,2 \sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-90,8 \sim 122\text{ }^{\circ}\text{F}$ інші $\pm 7 \% \text{ RH}$
Розмір РК-дисплея	60 x 44 мм
Розмір вимірювача	86 x 86 x 25 мм
Робоча температура повітря	$0 \sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$
Робоча відносна вологість повітря	$0 \sim 95 \% \text{ RH}$ (уникайте конденсації)
Температура повітря при зберіганні пристрою	$-20 \sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$
Відносна вологість повітря при зберіганні пристрою	$0 \sim 90 \% \text{ RH}$ (уникайте конденсації)
Джерело живлення	3 батареї типу ААА
Споживання енергії	Еко режим: 40 мкА; звичайний режим: 70 мкА

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ

Арк.

20

Сигналізація	Приблизно 70 дБ на відстані 10 см
Клас захисту	IP30
Монтажна висота	1,4 ~ 1,8 м
Вага пристрою	115 г

Таблиця властивостей і характеристик AZ-7732

Вартість: 4750 грн.

2.Огляд і аналіз існуючих методів та схемотехнічних рішень поставленого завдання

Організація спостережень за атмосферним повітрям

Людська діяльність неминуче призводить до змін атмосфери. З метою обмеження шкідливих впливів на атмосферне повітря необхідно здійснювати постійний моніторинг його стану.

Моніторинг атмосфери - це комплексне спостереження за станом повітря з метою попередження критичних ситуацій, які можуть негативно вплинути на здоров'я людей та стан інших живих організмів. Він є невід'ємною частиною заходів щодо охорони навколишнього середовища та підтримання екологічної рівноваги.

Моніторинг атмосфери включає такі етапи:

- визначення мети та об'єктів спостереження;
- спостереження за джерелами забруднення;
- встановлення основних видів забруднення і забруднюючих речовин;
- вивчення впливу забруднення атмосфери на живі організми;

					КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

- прогноз змін середовища в результаті забруднення атмосферного повітря;
- розробка заходів і прийняття управлінських рішень, які направлені на збереження повітря.

Під час моніторингу атмосфери визначається вологість і температура повітря, рівень шкідливих фізичних впливів. Також ведуться спостереження за такими речовинами:

1. **Оксид вуглецю (CO):** Отруйний газ, який утворюється під час неповного згоряння палива.
2. **Двооксид вуглецю (CO₂):** Основний парниковий газ, що сприяє глобальному потеплінню.
3. **Оксиди азоту (NO_x):** Включають NO і NO₂, які є шкідливими для дихальної системи і сприяють утворенню озону в нижніх шарах атмосфери.
4. **Оксиди сірки (SO_x):** Включають SO₂, що спричиняє кислотні дощі і погіршує стан дихальної системи.
5. **Аміак (NH₃):** Може спричинити подразнення дихальних шляхів і реакції в атмосфері, утворюючи вторинні забруднювачі.
6. **Озон (O₃):** В нижніх шарах атмосфери є шкідливим для здоров'я, хоча в стратосфері захищає від ультрафіолетового випромінювання.
7. **Вуглеводні (НС):** Органічні сполуки, що можуть бути канцерогенними і сприяють утворенню фотохімічного смогу.
8. **Завислі речовини (PM₁₀, PM_{2.5}):** Тверді частинки, які можуть проникати в легені і викликати серйозні захворювання дихальної та серцево-судинної системи.

Для ефективного моніторингу і контролю за поширенням шкідливих домішок як в самій атмосфері, так і між елементами системи "атмосфера – гідросфера – літосфера – біосфера", необхідні:

					КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

- характеристика забруднюючих речовин (токсичність, здатність вступати в хімічні реакції з іншими речовинами, здатність до самоочищення);
- гідрометеорологічні дані;
- результати попередніх спостережень за забрудненням атмосфери (експедиційні дослідження);
- дані про рівні забруднення навколишнього природного середовища в сусідніх країнах;
- відомості про транскордонне перенесення шкідливих домішок.

Збір цієї інформації виконує спеціальна служба спостережень, яку формують система спостережень і система контролю.

Система спостережень забезпечує спостереження за якістю атмосферного повітря в містах, населених пунктах і територіях, розміщених поза зоною впливу конкретних джерел забруднення. Спостереження здійснюють служби Держкомітету гідрометеорології, які надають дані про метеорологічні умови і концентрацію шкідливих речовин. Міністерство охорони здоров'я проводить вибіркові спостереження за рівнем забруднення в місцях проживання населення. Науковий комітет Національної академії наук України організовує авіаційно-космічні спостереження за станом озонового шару і глобальним забрудненням атмосфери. Практикуються екологічні спостереження за окремими підприємствами.

Система контролю здійснює спостереження і контроль за джерелами забруднення, викидами шкідливих речовин в атмосферу. З цією метою Міністерство охорони навколишнього природного середовища організовує спостереження за джерелами промислових викидів в атмосферу та дотриманням норм гранично допустимих викидів, контролює реалізацію заходів з охорони атмосферного повітря, дотримання відповідних вимог при розміщенні, проектуванні, будівництві та введенні в експлуатацію нових підприємств.

					КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

При організації спостережень за станом повітря використовують попередні дослідження, які передбачають обстеження території за допомогою пересувних лабораторій, що здійснюють відбір та аналіз проб з метою вивчення розміщення діючих джерел забруднення.

Після з'ясування наявного та перспективного рівнів забруднення атмосферного повітря оцінюють зміни концентрацій домішок у просторі й часі, розробляють схему розміщення стаціонарних постів спостереження на території міста та програми їх роботи.

Моніторинг забруднення атмосферного повітря також передбачає контролювання транскордонного перенесення глобальних потоків домішок на великі відстані від місця викиду.

Інформацію отриману в результаті моніторингу забруднення повітря за ступенем оперативності її поділяють на такі види:

- екстрена інформація (містить відомості про різкі зміни рівнів забруднення атмосферного повітря, негайно передається в контролюючі та господарські організації);
- оперативна інформація (містить узагальнені результати спостережень за місяць);
- режимна інформація (містить дані про середній та найбільший рівні забруднення повітря протягом тривалого часу (як правило, за рік), використовується при плануванні заходів, оцінюванні збитків, завданих народному господарству внаслідок забруднення атмосферного повітря).

Для забезпечення ефективності заходів з охорони повітря інформація повинна бути повною і достовірною. Повноту інформації забезпечують достатня кількість контрольованих інгредієнтів, тривалий термін спостережень, раціональне розміщення мережі; достовірність інформації досягається неухильним дотриманням нормативних вимог.

Пости спостережень. Програми і терміни спостережень

					КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

концентрації оксиду вуглецю і двооксиду сірки. Лабораторія забезпечує автоматичний відбір 33 проб повітря для аналізу 5 газоподібних домішок, сажі та пилу, а також ручний відбір 5 проб для визначення вмісту газоподібних домішок, сажі та пилу. Крім того, "ПОСТ-2" здійснює автоматичне вимірювання і реєстрацію напрямку та швидкості вітру, температури і вологості атмосферного повітря, а також контроль температури, вологості і тиску за допомогою переносних приладів.

Комплект технічних засобів лабораторії "ПОСТ-2" містить:

- прилади автоматичного контролю концентрацій забруднюючих речовин: газоаналізатори;
- групу приладів для автоматичного і ручного відбору проб повітря на вміст газоподібних домішок, сажі і пилу: електроаспіратори, автоматичний повітровідбирач "Компонент";
- групу приладів для автоматичного і ручного контролю метеопараметрів: анемомумбограф, датчики температури і вологості.

Лабораторію "ПОСТ-2" обслуговує оператор. Лабораторія може працювати в безперервному режимі або з перервами. За одне обслуговування забезпечується одночасний відбір 38 проб (33 при автоматичному відборі, 5 – при ручному). "ПОСТ-2" контролює 7 метеопараметрів. Середній термін служби – 10 років.

Стаціонарні пости поділяють на опорні стаціонарні пости (призначені для виявлення довготривалих змін вмісту основних або найбільш поширених забруднюючих речовин) та неопорні стаціонарні пости (призначені для спостережень за спеціальними шкідливими речовинами, що характерні для контрольованої місцевості).

Кількість стаціонарних постів визначають залежно від чисельності населення (таблиця 1), рельєфу місцевості, особливостей промисловості, змін концентрацій забруднюючих речовин.

					КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

забруднення відбирають щонайменше 60 проб повітря, а в інших зонах – до 25 проб на висоті 1,5 м від поверхні землі протягом 20–30 хвилин.

Залежно від виду постів спостережень та їх завдань визначають програми і терміни спостережень. На стаціонарних постах спостереження за забрудненням атмосферного повітря та метеорологічними параметрами проводять за повною, неповною, скороченою програмами спостережень.

Спостереження за станом повітря за повною програмою здійснюються щодня (неділя – вихідний, субота – черговий день) о 1, 7, 13 та 19 годині за місцевим часом або за змінним графіком. Ця програма передбачає вимірювання вмісту в повітрі пилу, двооксиду сірки, оксиду вуглецю, оксидів азоту та інших речовин, концентрація яких перевищує гранично допустиму концентрацію (ГДК).

Спостереження за неповною програмою проводяться щодня (субота і неділя чергуються) о 7, 13 та 19 годині.

Спостереження за скороченою програмою здійснюються в місцях, де середньомісячні концентрації забруднювачів менші за 1/20 від максимально разових ГДК.

Усі програми спостережень обов'язково охоплюють спостереження за метеопараметрами.

Діюча мережа спостережень за станом атмосферного повітря, сформована зі стаціонарних, маршрутних та підфакельних постів дає змогу контролювати забруднення повітря в населених пунктах, виявляти вплив джерел забруднення на певні території та визначати викиди від стаціонарних джерел забруднення.

Автоматизовані системи спостережень і контролю за атмосферним повітрям

Автоматизовані системи моніторингу та контролю якості атмосферного повітря (АСМКЯП або АНКЯП) призначені для постійного відстеження

					КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

змінних у часі та просторі параметрів забруднення та метеорологічних умов повітряного середовища.

Завдання автоматизованої системи спостереження і контролю атмосферного повітря:

- автоматичне спостереження і реєстрація концентрацій забруднюючих речовин;
- аналіз отриманої інформації для визначення фактичного стану забруднення повітря;
- прогноз рівня забруднення;
- здійснення екстремальних заходів для зменшення забруднення атмосфери;
- створення рекомендацій для покращення стану атмосферного повітря і природного середовища в цілому;
- уточнення і перевірка розрахункових даних.

Стаціонарні системи АСКОС обладнані пристроями для безперервного відбору та аналізу проб повітря в автоматичному режимі, а також для передавання даних через канали зв'язку до центру управління. Методи, які використовуються в АСКЗП, включають електрохімічні, амперометричні, фотоколориметричні та біосенсорні методи.

Залежно від характеру та об'єму робіт їх поділяють на такі типи:

- промислові системи. Вони контролюють викиди промислових підприємств, ступінь забруднення промислових майданчиків і прилеглих до них територій. Оснащені датчиками для фіксування характерних інгредієнтів викидів підприємств, а також метеодатчиками, які розміщують з урахуванням шкідливості викидів, рози вітрів, особливостей розміщення житлових масивів. За звичай, такі системи функціонують у структурі підприємств;

					КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

- міські системи, їх призначено для контролювання рівня забруднення повітря міста викидами підприємств, транспорту, для вимірювання метеопараметрів. Завдяки їх функціонуванню встановлюють розмір забруднення територій з урахуванням сезону року і кліматичних факторів, параметри і частку кожного джерела забруднення, прогнозують небезпечність ситуації. Системи формуються з двох рівнів.

На першому рівні здійснюються вимірювання концентрацій забруднюючих речовин і деяких метеорологічних параметрів, перетворення отриманих значень фізичних величин, їх реєстрація на електронних носіях, формування повідомлень і збереження інформації.

На другому рівні інформація надходить від пересувних постів і стаціонарних газоаналітичних лабораторій. Тут обробляються результати, прогнозуються небезпечні ситуації, проводяться необхідні розрахунки і передаються результати споживачам.

Міська система автоматичного спостереження і центр обробки даних забезпечують систематичне вимірювання заданих параметрів, автоматичний збір інформації з автоматизованих станцій, збирання даних від неавтоматизованих спостережних пунктів, оперативне оцінювання ситуації та короткостроковий прогноз.

У міську систему включені промислові автоматизовані підсистеми:

- регіональні системи. Переважно вони не мають своїх контрольно-змірювальних станцій, а отримують інформацію з міських і промислових систем. Призначені для статистичної обробки і аналізу даних про забруднення навколишнього природного середовища на значних територіях, на базі яких проводять дослідження та прогнозування, розробляють науково обґрунтовані рекомендації щодо його охорони;

					КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- загальнодержавні системи. Вони отримують відомості про забруднення та стан атмосферного повітря від регіональних систем, супутників Землі та космічних орбітальних станцій;
- глобальні системи, їх використовують для досліджень атмосферних змін на основі міжнародних спостережень.

Автоматизовані системи спостереження і контролю атмосферного повітря обов'язково оснащені автоматичними системами відбору проб та приладами для автоматичного визначення забруднюючих речовин, тобто газоаналізаторами.

На стаціонарних пунктах спостереження за забрудненням атмосферного повітря (ПСЗ) найчастіше використовують газоаналізатори. Це прилади, які дозволяють визначати якісний та кількісний склад газової суміші. Вони працюють в автоматичному режимі, забезпечуючи запис концентрацій певних речовин на діаграмну стрічку протягом доби. Найчастіше використовуються газоаналізатори різних типів для визначення концентрацій двооксиду сірки, оксиду вуглецю, оксидів азоту, вуглеводнів і озону.

Методи оцінювання забруднення атмосферного повітря, прилади і способи відбору проб

Аналіз забруднення повітря є одним із найскладніших завдань аналітичної хімії, оскільки повітря є динамічною системою з постійно змінюваним складом. Одна проба повітря може містити десятки або навіть сотні різних органічних і неорганічних сполук одночасно. Крім того, концентрація токсичних речовин в атмосфері може бути мізерно малою (10^{-4} – 10^{-7} % і нижче).

Для оцінювання забруднення повітря використовують три основні методи: лабораторні, експресні та автоматичні. Лабораторні методи, які характеризуються високою точністю, є незамінними для детальних досліджень і включають хроматографічні, мас-спектрометричні, спектральні та електрохімічні методи аналізу. Експресні методи передбачають

					<i>КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

використання універсальних газоаналізаторів для швидкого оцінювання, а автоматичні методи забезпечують безперервний контроль забруднення атмосферного повітря. Завдяки широкому спектру методів оцінювання забруднень атмосфери можна з високою точністю визначати якісні та кількісні характеристики речовин і сумішей, наявних у повітрі.

Методи відбору проб атмосферного повітря для лабораторного аналізу. Одним з основних елементів аналізу якості атмосферного повітря є відбір проб, оскільки неправильний відбір проб може зробити результати аналізу недостовірними. Проби повітря відбирають аспіраційним способом, при якому повітря пропускають через поглинальний прилад з визначеною швидкістю, або способом заповнення посудин обмеженого об'єму. Обидва способи підходять для дослідження газоподібних домішок, але для дослідження аерозольних домішок і пилу підходить лише аспіраційний спосіб. **Аспіраційний спосіб відбору проб повітря.** У результаті пропускання повітря через поглинальний прилад відбувається концентрування аналізованої речовини в поглинальному середовищі. Для точного визначення концентрації речовини витрата повітря повинна становити десятки і навіть сотні літрів за хвилину. Проби поділяють на разові, з періодом відбору 20–30 хвилин, і середньодобові, які складаються з не менше чотирьох разових проб, взятих через однакові проміжки часу протягом доби о 1, 7, 13 і 19 годині. Найкращим способом отримання середньодобових значень є безперервний відбір проб повітря протягом 24 годин. Важливим елементом системи аспіраційного пробовідбору є поглинальні пристрої, призначені для вбирання газоподібних речовин, аерозолів і пилу.

Відбір проб повітря способом заповнення посудин обмеженого об'єму. Використання цього способу зумовлено значною агресивністю хімічних речовин, які вловлюють з повітря поглинальні пристрої. Звичайні скляні ємності найчастіше використовують для відбору проб повітря з метою визначення оксиду вуглецю та інших газових домішок. Скляний посуд

					КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

заповнюють аналізованим повітрям шляхом продування через нього повітря об'ємом, що вдесятеро перевищує об'єм посудини, після чого посудину герметично закривають. Також використовують метод вакуумного заповнення, коли з герметично закритих посудин відкачують повітря, відкривають їх у місці відбору проби, а потім знову закривають. Ще один метод — заміщення попередньо залитої в посудину інертної рідини повітрям, після чого посудину закривають, коли рідина виливається.

Ці методи відбору проб дають змогу відбирати повітря для лабораторного аналізу за різних умов. Вибір конкретного методу залежить від мети дослідження та якісного складу проби повітря. Правильний відбір проби критично впливає на достовірність лабораторних визначень концентрації забруднюючих речовин у повітрі.

У зв'язку з тим, що метеорологічні чинники зумовлюють перенесення і розсіювання шкідливих речовин в атмосферному повітрі, відбір проб повітря повинен супроводжуватися спостереженнями за димовими факелами джерел викидів і такими метеорологічними параметрами, як швидкість і напрям вітру, температура і вологість повітря, атмосферні явища, стан погоди і підстилаючої поверхні. Результати спостережень записують у робочий журнал гідрометеоспостерігача, а оброблені результати — у книгу запису спостережень за забрудненням атмосферного повітря і метеорологічними елементами (КЗА-1).

Екологічне нормування якості атмосферного повітря

З метою обмеження і контролювання антропогенних впливів на навколишнє середовище запроваджують екологічне нормування. Це комплекс заходів, спрямованих на встановлення граничних меж, в яких можуть коливатися параметри показників, що характеризують стан природного середовища. Екологічному нормуванню підлягають усі небезпечні речовини. До них належать речовини, які потрапляють у навколишнє середовище як продукти або супутні утворення людської діяльності і становлять пряму чи

					КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

опосередковану загрозу суспільству або довкіллю в цілому. Знешкодження таких речовин у поточний час може бути здійснено лише за допомогою значних техніко-економічних та організаційних витрат.

Кількісну оцінку вмісту речовин в атмосфері позначають поняттям "концентрація", що означає кількість речовини, яка міститься в одиниці об'єму повітря, приведеного до нормальних умов.

Якість атмосферного повітря — це сукупність властивостей повітря, яка визначає ступінь впливу фізичних, хімічних і біологічних факторів на людей, рослинний і тваринний світ, а також на матеріали, конструкції та довкілля в цілому. Рівень забруднення середовища та його якість оцінюють, використовуючи показники гранично допустимих концентрацій (ГДК). Основним критерієм якості середовища є гранично допустима концентрація забруднюючої речовини.

Гранично допустима концентрація (ГДК) – це кількість забруднюючої речовини в природному середовищі, віднесена до маси чи об'єму його конкретного компонента, яка при постійному контакті чи при тимчасовій дії практично не впливає на здоров'я людини і не викликає негативних змін у нащадків.

Отже, основним критерієм встановлення нормативів ГДК для оцінювання якості атмосферного повітря є обсяг і особливості дії наявних у повітрі забруднюючих речовин на організм людини. Для визначення якості атмосферного повітря послуговуються двома ГДК – максимально разовою (ГДК_{м.р}) і середньодобовою (ГДК_{с.д}).

Максимально разова гранично допустима концентрація (ГДК_{м.р}) – основна характеристика небезпечності шкідливої речовини, яка встановлюється для попередження рефлекторних реакцій у людини (відчуття запаху, світлової чутливості, біоелектричної активності головного мозку) при короткотривалому впливі атмосферних домішок.

					КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Максимально разові ГДК застосовують, оцінюючи умови праці у забруднених приміщеннях.

Середньодобова гранично допустима концентрація (ГДК_{с.д.}) – характеристика небезпечності шкідливої речовини, встановлена для попередження загальнотоксичного, канцерогенного, мутагенного та інших впливів речовин на організм людини.

Речовини, які оцінюють за цим нормативом, здатні тимчасово або постійно накопичуватися в організмі людини.

ГДКМ.Р встановлюють для промислових підприємств, а ГДКС.Д – для зон житлової забудови. Різниця між цими показниками зумовлена тим, що на підприємствах до роботи допускають, як правило, здорових людей, які пройшли медичний огляд і стійкіші до дії на організм шкідливих речовин. Отже, ГДКМ.Р більші, ніж ГДКС.Д.

Також виділяють гранично допустима концентрація робочої зони (ГДКР.З).

Гранично допустима концентрація робочої зони (ГДКР.З) – це концентрація шкідливої речовини, яка при щоденному впливі протягом 8 год. (41 год. На тиждень) не впливає на здоров'я.

При умові присутності у повітрі декількох речовин їх сумарна концентрація не повинна перевищувати одиницю.

Різні види ГДК лежать в основі принципу роздільного нормування забруднень у повітрі.

На основі ГДК інженерні служби розраховують розміри гранично допустимих викидів (ГДВ) речовин в атмосферу.

Гранично допустимий викид (ГДВ) – це максимальна кількість викидів за одиницю часу, яка не призводить до перевищення їх ГДК на межі санітарно захисної зони. Встановлюється в метрах кубічних за годину (м³/год).

					КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

При визначенні ГДВ враховують кількість джерел викидів, їх висоту розташування, стан атмосфери, фонові концентрації речовин, викиди від інших джерел. Нормативи ГДВ встановлюють на 10 років.

Для речовин ГДВ яких не встановлені використовують нормативи тимчасово узгоджених викидів (ТУВ).

Принципи роботи датчиків якості повітря

Датчики повітря — це пристрої, які вимірюють різні параметри атмосферного повітря, такі як температура, вологість, тиск, рівень різних газів або концентрація пилу. Вони відіграють ключову роль у визначенні якості повітря в промислових, комерційних та побутових середовищах. Принцип роботи датчиків повітря може бути різним залежно від їхньої конструкції та призначення.

Термоелектричний принцип. Цей принцип базується на тому, що температура впливає на електричні властивості деяких матеріалів. Термопари і термістори використовуються для вимірювання температури повітря. Термопара складається з двох різних металів, які стикаються між собою. При зміні температури виникає різниця потенціалів між металами, яка може бути виміряна. Термістори, зазвичай зі спеціальних полімерних або керамічних матеріалів, змінюють свій електричний опір змінною температури.

Капацитивний принцип. Датчики вологості, що базуються на цьому принципі, використовують конденсатор, який змінює ємність залежно від вологості повітря. При збільшенні вологості ємність конденсатора зростає, що може бути виміряно електронічно.

Оптичний принцип. Датчики газів, що працюють на оптичному принципі, використовують світлові датчики або фотодетектори, які реагують на зміну світла, поглинутого або розсіяного газом. Зміна інтенсивності світла вказує на концентрацію газу в повітрі.

Резистивний принцип. Датчики газів, які працюють на цьому принципі, мають провідник, який змінює свій опір при контакті з певними

					КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

газами. Зміна опору може бути виміряна електронічно і вказує на концентрацію газу.

Масовий принцип. Датчики, що працюють на масовому принципі, використовуються для вимірювання маси або моменту інерції, які змінюються в залежності від концентрації частинок або газів у повітрі. Наприклад, мас-спектрометри вимірюють масу іонів для визначення складу газів.

Електрохімічний принцип. Цей принцип базується на тому, що певні хімічні реакції відбуваються на електродах при контакті з певними газами. Зміна струму або потенціалу електрода вказує на концентрацію газу.

П'єзоелектричний принцип. Датчики тиску, які працюють на цьому принципі, використовують п'єзоелектричні матеріали, які змінюють свої механічні властивості при зміні тиску. Зміна вимірюється за допомогою електронних схем.

Ультразвуковий принцип. Датчики, що використовують ультразвук, генерують і вимірюють ультразвукові хвилі, які відбиваються від об'єктів у повітрі. Зміни в часі проліту хвиль дозволяють вимірювати рівень рідини або твердих частинок у повітрі.

Методи вимірювання концентрації пилу

Методи вимірювання концентрації пилу в повітрі можуть бути різними, проте гравіметрія вважається найпоширенішим. Вона полягає у вимірюванні різниці маси фільтру до та після проходження повітря через нього, що дозволяє оцінити концентрацію пилу. Цей метод, хоча вимагає тривалого збору проб повітря, дозволяє точно визначити високі концентрації пилу в робочих зонах. Щоб досліджувати пил різних фракцій, використовують імпактори, які дозволяють розділити частинки за їхнім розміром.

Інший метод - оптичний, використовує аналізатор пилу для реального вимірювання концентрації пилу за різними фракціями. Цей метод дозволяє швидко та з прийнятною точністю вимірювати низькі концентрації пилу в

					КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

повітрі. Для калібрування приладу використовують гравіметрію або імпактор, що забезпечує високу точність вимірювання.

Оптичний метод особливо підходить для аналізу повітря в будинках та офісах, де низькі концентрації пилу важливі для здоров'я та комфорту проживання.

3.Проектно-конструкторський розділ

3.1. Синтез та аналіз структурної схеми.

Схема складається з кількох основних компонентів, кожен з яких виконує свою роль. Ми розглянемо детально роботу кожного блоку та їх взаємодію.

Блок живлення

1. Джерело живлення:

Схема підключається до джерела живлення через роз'єм P1. Джерело живлення має подавати напругу, більшу за 5 В.

2. Стабілізатор напруги L7805 (TS1):

- Знижує вхідну напругу до 5 В.
- Забезпечує стабільне живлення для компонентів, що працюють від 5 В.
- Конденсатори C5 та C6 встановлені для фільтрації шуму та згладжування пульсацій на виході стабілізатора.

3. Лінійний стабілізатор AMS1117-3.3 (TS2):

- Знижує напругу з 5 В до 3.3 В.
- Забезпечує стабільне живлення для Wi-Fi модуля ESP8266, який працює від 3.3 В.

					<i>КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

- Конденсатори C13 та C14 встановлені для фільтрації шуму та згладжування пульсацій на виході стабілізатора.

Мікроконтролер ATmega328 (DD1)

Мікроконтролер є центральним компонентом системи, що виконує основні обчислення і керування іншими компонентами.

1. Живлення та тактування:

- Мікроконтролер живиться від 5 В (пін VCC) та заземлений через пін GND.

- Кварцовий резонатор XTAL1 та XTAL2 (C2 та C3) забезпечують стабільну тактову частоту.

2. Скидання (Reset):

- Резистор R2 підтягує пін RESET до високого рівня для нормальної роботи мікроконтролера.

- Конденсатор C6 фільтрує перехідні процеси при включенні живлення.

3. Аналогові входи:

- Датчик MQ135 підключений до аналогового входу A0 (ADC0).

- Датчик GP2Y1014AU0F підключений до аналогового входу A1 (ADC1).

4. Комунікація з периферією:

- Мікроконтролер взаємодіє з дисплеєм та Wi-Fi модулем через відповідні інтерфейси.

Датчики

1. Датчик газу MQ135 (A2):

- Живиться від 5 В.

						КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ	Арк.
							39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

- Вихідний аналоговий сигнал, пропорційний концентрації газів, подається на пін A0 мікроконтролера.

- Резистор R4 підтягує вихідний сигнал до землі.

2. Датчик пилу GP2Y1014AU0F (A4):

- Живиться від 5 В.

- Вихідний аналоговий сигнал, пропорційний концентрації пилу, подається на пін A1 мікроконтролера.

- Резистор R5 підтягує вихідний сигнал до землі.

Wi-Fi модуль ESP8266 (A1)

Wi-Fi модуль ESP8266 використовується для передачі зібраних даних на віддалений сервер або інший пристрій.

1. Живлення:

- Живиться від 3.3 В через стабілізатор AMS1117-3.3 (TS2).

- Піни VCC та GND підключені до відповідних живлення і заземлення.

2. Комунікація з мікроконтролером:

- Піни RX та TX модуля підключені до відповідних TX та RX мікроконтролера.

- Резистори R10 та R11 використовуються для забезпечення надійної комунікації через послідовний інтерфейс.

LCD дисплей 1602 (A3)

LCD дисплей використовується для відображення інформації, зібраної датчиками.

1. Живлення:

					КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

- Живиться від 5 В.

- Піни VDD та GND підключені до відповідних живлення і заземлення.

2. Підключення до мікроконтролера:

- Піни даних (DB0-DB7) підключені до відповідних пінів мікроконтролера.

- Піни керування (RS, E, RW) підключені до відповідних пінів мікроконтролера.

- Контраст дисплея регулюється за допомогою змінного резистора (не показано на схемі).

Взаємодія компонентів

1. Живлення:

- Джерело живлення підключене до P1 забезпечує вхідну напругу.

- Стабілізатори напруги (L7805 та AMS1117-3.3) знижують вхідну напругу до відповідних значень для компонентів.

2. Сигнальна взаємодія:

- Датчики MQ135 та GP2Y1014AU0F зчитують навколишнє середовище та передають аналогові сигнали на відповідні пін аналогових входів мікроконтролера.

- Мікроконтролер обробляє ці сигнали та перетворює їх на числові значення.

3. Відображення даних:

- Мікроконтролер передає оброблені дані на LCD дисплей для відображення в реальному часі.

- Дисплей відображає поточні значення концентрації газів та пилу.

4. Передача даних через Wi-Fi:

					КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

- Мікроконтролер передає зібрані дані через послідовний інтерфейс на Wi-Fi модуль ESP8266.

- Wi-Fi модуль передає ці дані на віддалений сервер або інший пристрій через мережу Wi-Fi.

Схема призначена для моніторингу якості повітря, зокрема концентрації газів та пилу. Кожен компонент виконує свою функцію у забезпеченні загальної роботи системи. Мікроконтролер ATmega328 є основним керуючим елементом, який отримує дані від датчиків, обробляє їх, відображає на LCD дисплеї та передає через Wi-Fi модуль. Стабілізатори напруги забезпечують необхідні рівні напруги для всіх компонентів, що робить систему стабільною та надійною.

Переваги приладу

Переваги приладу моніторингу якості повітря

Прилад моніторингу якості повітря, створений з використанням сучасних технологій, має кілька ключових переваг, що роблять його надзвичайно корисним для різних категорій користувачів. Завдяки цим перевагам, прилад може бути використаний як у домашніх умовах, так і для професійного екологічного моніторингу.

Можливість передачі даних через Wi-Fi

Одна з головних переваг приладу полягає в його здатності передавати дані через Wi-Fi. Вбудований модуль Wi-Fi ESP8266 забезпечує з'єднання пристрою з Інтернетом, що дозволяє користувачам отримувати інформацію про якість повітря в реальному часі. Це відкриває широкі можливості для віддаленого моніторингу. Користувачі можуть перебувати в будь-якому місці, але при цьому мати доступ до даних про якість повітря в своєму будинку, офісі або іншому приміщенні.

					КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Віддалений моніторинг дозволяє миттєво реагувати на зміни якості повітря. Наприклад, якщо в приміщенні підвищується рівень забруднення, користувач може негайно вжити необхідних заходів для поліпшення якості повітря, таких як провітрювання приміщення або включення очисника повітря.

Висока точність вимірювань

Прилад оснащений високоякісними датчиками, які забезпечують точні та надійні вимірювання. Зокрема, використовується датчик газу MQ135 та датчик пилу GP2Y1014AU0F. Датчик MQ135 дозволяє визначати концентрацію різних шкідливих газів у повітрі, таких як аміак, бензол, спирт, дим та інші. Датчик GP2Y1014AU0F вимірює рівень пилу в повітрі, що особливо важливо для людей з респіраторними захворюваннями або алергіями.

Точність вимірювань дозволяє виявляти навіть незначні зміни в якості повітря. Це допомагає користувачам своєчасно вживати заходів для поліпшення повітря в приміщенні, що сприяє збереженню здоров'я та покращенню загального комфорту.

Зручність у використанні

Прилад має компактний дизайн, що робить його зручним для використання в будь-якому приміщенні. Невеликий розмір дозволяє легко встановити прилад на столі, полиці або закріпити на стіні. Завдяки цьому він не займає багато місця і може бути використаний у різних умовах, як у житлових, так і в офісних приміщеннях.

Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс та прості інструкції роблять налаштування та експлуатацію приладу легкими навіть для некваліфікованих користувачів. Користувачеві не потрібно мати спеціальні технічні знання, щоб почати використовувати пристрій. Все, що потрібно – це підключити прилад до

					КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

джерела живлення та налаштувати Wi-Fi з'єднання, після чого він готовий до роботи.

Інформаційний дисплей

Прилад оснащений РК-дисплеєм 1602, який відображає дані про якість повітря в реальному часі. Дисплей забезпечує чітке та зрозуміле відображення інформації, що дозволяє користувачам швидко оцінити стан навколишнього середовища. На дисплеї можна побачити рівень концентрації різних газів та пилу, що допомагає в прийнятті обґрунтованих рішень щодо необхідності поліпшення якості повітря.

Енергоефективність

Прилад моніторингу якості повітря споживає мало енергії, завдяки використанню енергоефективних компонентів, таких як стабілізатори напруги AMS1117 та L7805. Це забезпечує тривалу роботу приладу і довговічність.

Висока надійність використаних компонентів також знижує потребу в частому технічному обслуговуванні та заміні деталей, що робить прилад економічно вигідним у довгостроковій перспективі.

Цей прилад моніторингу якості повітря є надійним і корисним інструментом для всіх, хто піклується про стан навколишнього середовища та своє здоров'я. Завдяки можливості передачі даних через Wi-Fi, високій точності вимірювань, зручності у використанні та енергоефективності, цей прилад відповідає потребам як домашніх користувачів, так і професіоналів, що працюють у сфері екологічного моніторингу.

Прилад дозволяє своєчасно виявляти зміни в якості повітря та оперативно реагувати на них, що сприяє створенню здорового та комфортного середовища. Його компактний дизайн та простота використання роблять його

					КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

ідеальним вибором для щоденного моніторингу якості повітря у будь-якому приміщенні.

3.2. Синтез та аналіз електричної принципової схеми

Мікроконтролер ATmega328

- Робоча напруга: 1.8V - 5.5V
- Тактова частота: До 20 МГц
- Струм в режимі роботи: ~0.2 мА (1 МГц, 1.8 В)
- Струм в режимі сну: ~0.75 мкА (1 МГц, 1.8 В)

Аргументація вибору:

ATmega328 є відомим мікроконтролером серії AVR, який підтримує широкий діапазон напруги живлення. Завдяки своїй високій тактовій частоті до 20 МГц, цей мікроконтролер може обробляти складні обчислення та взаємодію з численними периферійними пристроями.

Датчики

1. Датчик газу MQ135

- Напруга живлення: 5 В
- Споживаний струм: 130 мА

Аргументація вибору:

MQ135 широко використовується для вимірювання якості повітря. Він може детектувати різні гази, такі як аміак, спирт, толуол, що дозволяє отримати комплексну інформацію про склад повітря. Високий струм споживання вказує на чутливий елемент, що дозволяє отримувати точні вимірювання концентрації газів.

						КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			45

2. Датчик пилу GP2Y1014AU0F

- Напруга живлення: 5 В
- Споживана потужність: приблизно 20 мА
- Діапазон вимірювання: Від 0 до 1 мг/м³
- Робоча температура: Від -10°C до +65°C

Аргументація вибору:

GP2Y1014AU0F є високоточним датчиком пилу, що дозволяє вимірювати концентрацію частинок в повітрі. Його низьке енергоспоживання та широкий діапазон робочих температур роблять його ідеальним для систем моніторингу якості повітря.

Комунікаційний модуль

- Wi-Fi модуль ESP8266
- Робоча напруга: 3.3V

Аргументація вибору:

ESP8266 є потужним Wi-Fi модулем, який забезпечує підключення до бездротової мережі. Це дозволяє передавати дані з датчиків до віддалених серверів або мобільних додатків для моніторингу та аналізу в реальному часі. Висока продуктивність та низька вартість роблять його популярним вибором для ІТ проектів.

Відображення даних

- ЖК-дисплей 16x2 LCD 1602
- Інтерфейс: HD44780
- Напруга живлення: 5 В

Аргументація вибору:

					КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

LCD 1602 є простим у використанні дисплеєм, який дозволяє виводити текстову інформацію. Це зручно для локального відображення даних сенсорів або стану системи.

Стабілізатори напруги

1. L7805

- Максимальна вхідна напруга: 35 В
- Вихідна напруга: 5 В
- Максимальний струм навантаження: 1.5 А

Аргументація вибору:

L7805 забезпечує стабільну напругу 5 В, що необхідно для живлення більшості компонентів системи, включаючи датчики і дисплей.

2. AMS1117-3.3

- Тип: Лінійний стабілізатор напруги
- Корпус: SOT-223
- Серія: AMS1117
- Напруга на виході: 3.3 В
- Вхідне напруження: 1.5-15 В
- Максимальний вихідний струм: 800 мА

Аргументація вибору:

AMS1117-3.3 забезпечує стабільну напругу 3.3 В, необхідну для живлення Wi-Fi модуля ESP8266. Висока стабільність і низький рівень шуму є важливими для забезпечення надійної роботи модуля.

					КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

3.3. Розрахунки режимів роботи елементів принципової схеми. Вибір елементів

Блок живлення

Вхід живлення та захист від зворотної полярності

VD1 - Діод захисту від зворотної полярності:

Діод повинен мати достатній струм та зворотну напругу, що відповідає вхідній напрузі. Припустимо, вхідна напруга становить 12V і максимальний струм споживання системи складає 1A, тому був вибраний діод з параметрами:

Зворотна напруга: ($\geq 12V$)

Прямий струм: ($\geq 1A$)

Приклад: діод 1N4007 (зворотна напруга 1000V, прямий струм 1A).

Стабілізація напруги 5V

TS1 - Стабілізатор напруги L7805:

Вхідна напруга: 12V (мінімум 7V для стабільної роботи)

Вихідна напруга: 5V

Максимальний струм: 1.5A

Конденсатори для стабілізатора L7805:

C11, C17: 100 μ F (для фільтрації вхідної напруги)

C5, C7: 0.1 μ F (для фільтрації високочастотних шумів на виході)

Стабілізація напруги 3.3V

TS2 - Стабілізатор напруги AMS1117-3.3:

Вхідна напруга: 5V

					КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вихідна напруга: 3.3V

Максимальний струм: 800mA

Конденсатори для стабілізатора AMS1117-3.3:

C19: 10 μ F (вхідний конденсатор)

C18: 22 μ F (вихідний конденсатор)

Основний блок мікроконтролера

Живлення та скидання

DD1 - Мікроконтролер ATmega328:

Робоча напруга: 5V

C6: 0.1 μ F (декуплюючий конденсатор для зменшення шумів на лінії живлення)

Скидання:

R2: 10k Ω (підтягувальний резистор для забезпечення стабільного стану на лінії RESET)

Тактовий генератор

Q1 - Кварцовий резонатор: 16MHz (або інший відповідно до вимог проекту)

C2, C3: 22pF (конденсатори для забезпечення стабільної роботи генератора)

Інтерфейс з периферійними пристроями

Wi-Fi модуль ESP8266 (A1)

Живлення:

Робоча напруга: 3.3V

Інтерфейс з мікроконтролером:

					КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

R10, R11: 4.7kΩ (резистори для зменшення рівня сигналу RX модуля до 3.3V)

Датчик газу MQ135 (A2)

Живлення:

Робоча напруга: 5V

Споживаний струм: 130mA

Фільтрація сигналу:

C13, C14: 0.1μF (для зменшення шуму на лінії живлення датчика)

Датчик пилу GP2Y1014AU0F (A4)

Живлення:

Робоча напруга: 5V

Споживана потужність: приблизно 20mA

Фільтрація сигналу:

R3: 10kΩ (опір між виходом і аналоговим входом)

C16: 0.1μF (для зменшення шуму на вихідному сигналі)

ЖК-дисплей 16x2 (A3)

Живлення:

Робоча напруга: 5V

Контраст:

R9: 10kΩ (регулює контраст дисплея)

Інтерфейс з мікроконтролером:

Підключення в 4-бітному режимі: Pin 4 (RS), Pin 6 (E), Pin 11-14 (D4-D7)

					КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Інтенсивність відмов (λ)

Середній час до відмови (*MTBF*)

2. Складання структурної схеми надійності

Для розрахунку надійності електронної схеми ми розглянемо основні блоки:

1. Блок живлення:

Стабілізатор напруги L7805

Стабілізатор напруги AMS1117-3.3

2. Мікроконтролер:

- ATmega328

3. Датчики:

MQ135 (датчик газу)

GP2Y1014AU0F (датчик пилу)

4. Комунікаційний модуль:

ESP8266 (Wi-Fi модуль)

5. Дисплей:

- LCD 1602

3. Складання математичної моделі

Аналітичний метод розрахунку надійності

Імовірність безвідмовної роботи для кожного компонента визначається за формулою:

$$[P(t) = e^{-\lambda t}] \quad (2.1)$$

де (λ) – інтенсивність відмов.

									КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ	Арк.
										53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Інтенсивності відмов для основних компонентів

Інтенсивність відмов (λ) компонентів оцінюється за довідковими даними:

Компонент	Інтенсивність відмов (λ) (відмов/год)
L7805	0.00001
AMS1117-3.3	0.00002
Atmega328	0.00003
MQ135	0.00005
GP2Y1014AU0F	0.00004
ESP8266	0.00006
LCD 1602	0.00002

Таблиця 2.1.

Розрахунок надійності по блоках

Для розрахунку надійності по блоках було розділено схему на такі основні блоки:

1. Блок живлення:

Стабілізатор напруги L7805

Стабілізатор напруги AMS1117-3.3

2. Мікроконтролер:

- ATmega328

3. Датчики:

MQ135 (датчик газу)

GP2Y1014AU0F (датчик пилу)

					КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

4. Комунікаційний модуль:

ESP8266 (Wi-Fi модуль)

5. Дисплей:

LCD 1602

Інтенсивності відмов по блоках

Інтенсивність відмов датчиків (паралельне з'єднання)

Для паралельного з'єднання датчиків використаємо формулу:

$$[\lambda_{\text{датч}} = \lambda_{MQ135} \cdot P_{GP2Y1014AU0F} + \lambda_{GP2Y1014AU0F} \cdot P_{MQ135}] \quad (2.2)$$

Імовірність безвідмовної роботи кожного датчика за 1000 годин ми вже обчислили:

$$[P_{MQ135}(1000) = 0.9512] \quad (2.3)$$

$$[P_{GP2Y1014AU0F}(1000) = 0.9608] \quad (2.4)$$

Інтенсивності відмов:

$$[\lambda_{MQ135} = 0.00005] \quad (2.5)$$

$$[\lambda_{GP2Y1014AU0F} = 0.00004] \quad (2.6)$$

Тоді загальна інтенсивність відмов для паралельного з'єднання датчиків буде:

$$[\lambda_{\text{датч}} = 0.00005 \cdot 0.9608 + 0.00004 \cdot 0.9512] \quad (2.7)$$

$$[\lambda_{\text{датч}} = 0.00004804 + 0.000038048] \quad (2.8)$$

$$[\lambda_{\text{датч}} = 0.000086088] \quad (2.9)$$

Розрахунок загальної інтенсивності відмов системи

Інтенсивності відмов для інших компонентів:

- Блок живлення: ($\lambda_{\text{жив}} = 0.00003$)

					КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

- Мікроконтролер: ($\lambda_{\text{мікро}} = 0.00003$)
- Комунікаційний модуль: ($\lambda_{\text{ком}} = 0.00006$)
- Дисплей: ($\lambda_{\text{дисп}} = 0.00002$)

Загальна інтенсивність відмов системи (серійне з'єднання):

$$[\lambda_{\text{заг}} = \lambda_{\text{жив}} + \lambda_{\text{мікро}} + \lambda_{\text{датч}} + \lambda_{\text{ком}} + \lambda_{\text{дисп}}] \quad (2.10)$$

$$[\lambda_{\text{заг}} = 0.00003 + 0.00003 + 0.000086088 + 0.00006 + 0.00002]$$

$$[\lambda_{\text{заг}} = 0.000226088]$$

Оцінка інтенсивності відмов по кожному блоку проводиться з урахуванням компонентів, що входять до їх складу.

Блок	Компоненти	Загальна інтенсивність відмов (λ) відмов/год
Блок живлення	Стабілізатор напруги L7805, Стабілізатор напруги AMS1117-3.3	$\lambda_{\text{жив}} = 0.00003$
Мікроконтролер	ATmega328	$\lambda_{\text{мікро}} = 0.00003$
Датчики	MQ135, GP2Y1014AU0F	$\lambda_{\text{датч}} = 0.000086088$
Комунікаційний модуль	ESP8266	$\lambda_{\text{ком}} = 0.00006$
Дисплей	LCD 1602	$\lambda_{\text{дисп}} = 0.000226088$

Таблиця 2.2

Тип з'єднання компонентів

З точки зору надійності, для правильної оцінки потрібно визначити, як компоненти впливають на загальну систему у разі відмови.

Блок живлення: якщо цей блок виходить з ладу, то вся схема перестане працювати. Тобто, цей блок є критично важливим.

Мікроконтролер: якщо цей блок виходить з ладу, то система не зможе обробляти дані, що також зупиняє роботу всієї схеми.

Датчики: якщо один з датчиків виходить з ладу, то система втрачає частину функціональності, але не повністю припиняє роботу. Тут важливо врахувати їх у моделі з резервуванням.

Комунікаційний модуль: якщо цей модуль виходить з ладу, дані не зможуть бути передані, але інші функції можуть працювати.

Дисплей: якщо дисплей виходить з ладу, дані не можуть бути відображені локально, але можуть бути передані на інші пристрої.

Перегляд моделі надійності

Узгодимо наш розрахунок на основі типу з'єднання:

Блок живлення і мікроконтролер - серійно (послідовно), бо їх відмова зупиняє всю систему.

Датчики - паралельно (резервування), бо вони працюють незалежно один від одного.

Комунікаційний модуль і дисплей - серійно (послідовно) з точки зору передачі та відображення даних.

Перерахунок надійності з урахуванням резервування

Розглянемо детальніший розрахунок.

Імовірність безвідмовної роботи датчиків (паралельне з'єднання)

					КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

$$P_{\text{датч}}(t) = 1 - \left[(1 - P_{MQ135}(t)) \cdot (1 - P_{GP2Y1014AU0F}(t)) \right] \quad (2.11)$$

Перерахунок імовірності

1. Імовірність безвідмовної роботи датчиків за 1000 годин:

$$P_{MQ135}(1000) = e^{-0.00005 \cdot 1000} = e^{-0.05} \approx 0.9512 \quad (2.12)$$

$$P_{GP2Y1014AU0F}(1000) = e^{-0.00004 \cdot 1000} = e^{-0.04} \approx 0.9608 \quad (2.13)$$

$$P_{\text{датч}}(1000) = 1 - [(1 - 0.9512) \cdot (1 - 0.9608)] \quad (2.14)$$

$$P_{\text{датч}}(1000) = 1 - [0.0488 \cdot 0.0392]$$

$$P_{\text{датч}}(1000) = 1 - 0.00191 \approx 0.9981$$

2. Загальна імовірність безвідмовної роботи за 1000 годин:

$$[P_{\text{заг}}(1000) = P_{\text{жив}}(1000) \cdot P_{\text{мікро}}(1000) \cdot P_{\text{датч}}(1000) \cdot P_{\text{ком}}(1000) \cdot P_{\text{дисп}}(1000)] \quad (2.15)$$

$$[P_{\text{заг}}(1000) = 0.9704 \cdot 0.9704 \cdot 0.9981 \cdot 0.9418 \cdot 0.9802]$$

$$[P_{\text{заг}}(1000) \approx 0.8628]$$

Блок	Імовірність безвідмовної роботи за 1000 годин	Середній час до відмови (MTBF) $\left(\frac{1}{\lambda}\right)$ (години)
Блок живлення	0.9704	33333
Мікроконтролер	0.9704	33333
Датчики	0.9981	11111
Комунікаційний модуль	0.9418	16667
Дисплей	0.9802	50000
Загальна система	0.8628	4348

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ

Арк.

58

Таблиця 2.2

Підсумок

Загальна імовірність безвідмовної роботи протягом 1000 годин становить близько 0.8628. Це значення свідчить про покращену надійність системи за рахунок резервування датчиків. Інші компоненти, такі як блок живлення, мікроконтролер, комунікаційний модуль та дисплей, продовжують грати критичну роль у забезпеченні безперервної роботи системи.

Викорестані Компоненти і їх характеристики

Мікроконтролер ATmega328

- Робоча напруга: 1.8V - 5.5V
- Тактова частота: До 20 МГц
- Струм в режимі роботи: ~0.2 мА (1 МГц, 1.8 В)
- Струм в режимі сну: ~0.75 мкА (1 МГц, 1.8 В)

Датчики

- Датчик газу MQ135
 - Напруга живлення: 5 В
 - Споживаний струм: 130 мА
- Датчик пилу GP2Y1014AU0F
 - Напруга живлення: 5 В
 - Споживана потужність: Приблизно 20 мА (в робочому режимі)
 - Діапазон вимірювання: Від 0 до 1 мг/м³
 - Робоча температура: Від -10°C до +65°C

Комунікаційний модуль

- Wi-Fi модуль ESP8266
 - Робоча напруга: 3.3V

Відображення даних

- ЖК-дисплей 16x2 LCD 1602
 - Інтерфейс: HD44780

					КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

- R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9: 10 kΩ (підтягувальні резистори)
- R10, R11: 4.7 kΩ (для інтерфейсу з ESP8266)

Індуктивності

- L1, L2: 10 μH (фільтруючі індуктивності)

Додаткові компоненти

- Кварцовий резонатор: 16 МГц
- Діод світловипромінюючий (LED): для індикації стану

Схема роботи приладу структурно принципова

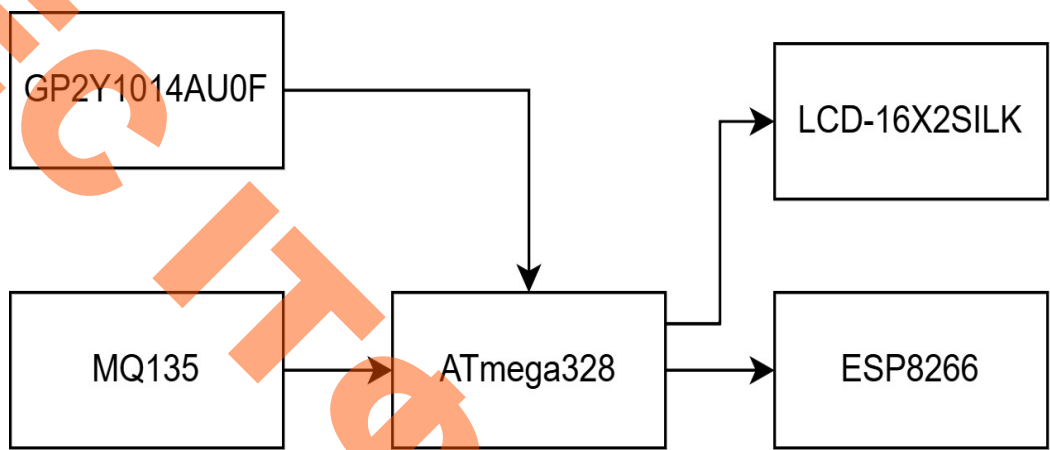


рис.2.структурно принципова схема

					КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Висновки

Виконуючи бакалаврську роботу, мною було проведено аналіз аналогів об'єкту проектування. Користуючись вимогами, що були поставлені у технічному завданні та в результаті аналізу існуючих аналогів, було спроектовано електричну структурну та принципову схеми. Проведено повний електричний розрахунок принципової схеми. Отримані результати: розроблено систему моніторингу якості повітря з наступними параметрами:

- Стабільна робота від джерела живлення 5V з захистом від зворотної полярності та стабілізаторами напруги 5V та 3.3V.
- Використання мікроконтролера ATmega328 (частота 0 - 20 МГц) з зовнішнім кварцовим резонатором на 16 МГц для забезпечення необхідної точності обчислень.
- Вбудований Wi-Fi модуль ESP8266 для передачі даних на сервер.
- Підключення сенсорів MQ135 та GP2Y1014AU0F для вимірювання рівня газів та пилу в повітрі.
- Виведення інформації на ЖК-дисплей 16x2.
- Проведено розрахунок потужності та струму споживання всіх компонентів системи, забезпечено їх оптимальний вибір для стабільної роботи.
- Розраховано надійність системи, яка показала високу ймовірність безвідмовної роботи протягом 1000 годин ($P(1000) \approx 0.8139$).

Розроблена система відповідає всім технічним вимогам, має високу надійність та забезпечує точне вимірювання параметрів якості повітря з можливістю їх дистанційного моніторингу.

									Арк.
									62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ

Перелік посилань

1. [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%86%D0%BD%D0%B4%D0%B5%D0%BA%D1%81_%D1%8F%D0%BA%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%96%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D1%96%D1%82%D1%80%D1%8F#:~:text=%D0%86%D0%BD%D0%B4%D0%B5%D0%BA%D1%81%20%D1%8F%D0%BA%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%96%20%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D1%96%D1%82%D1%80%D1%8F%20\(%D0%B0%D0%BD%D0%B3%D0%BB.,%D1%81%D0%B5%D1%80%D0%B9%D0%BE%D0%B7%D0%BD%D0%B8%D0%BC%D0%B8%20%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%BB%D1%96%D0%B4%D0%BA%D0%B0%D0%BC%D0%B8%20%D0%B4%D0%BB%D1%8F%20%D0%B7%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B2%D1%8F.](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%86%D0%BD%D0%B4%D0%B5%D0%BA%D1%81_%D1%8F%D0%BA%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%96%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D1%96%D1%82%D1%80%D1%8F#:~:text=%D0%86%D0%BD%D0%B4%D0%B5%D0%BA%D1%81%20%D1%8F%D0%BA%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%96%20%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D1%96%D1%82%D1%80%D1%8F%20(%D0%B0%D0%BD%D0%B3%D0%BB.,%D1%81%D0%B5%D1%80%D0%B9%D0%BE%D0%B7%D0%BD%D0%B8%D0%BC%D0%B8%20%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%BB%D1%96%D0%B4%D0%BA%D0%B0%D0%BC%D0%B8%20%D0%B4%D0%BB%D1%8F%20%D0%B7%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B2%D1%8F.)
2. <https://de.khnu.km.ua/labrun.aspx?a=257&b=2&c=65.>
3. <https://electronoff.ua/academy/post/kvarczevye-rezonatory-chto-eto-takoe-i-gde-oni-primenyayutsya.php.>
4. <https://nurdSPACE.nl/ESP8266.>
5. <https://ardushop.in.ua/arduino/wi-fi-module-esp8266-version-esp-12e.>
6. <https://microkontroller.ru/arduino-projects/kak-rabotaet-datchik-pyli-gp2y1014au0f-i-kak-ego-podklyuchit-k-arduino/.>
7. [https://beegreen.com.ua/.](https://beegreen.com.ua/)
8. [https://www.promsystem.com.ua/.](https://www.promsystem.com.ua/)
9. [https://prezi.com/bw6jhe8ivh_p/presentation/.](https://prezi.com/bw6jhe8ivh_p/presentation/)

					КРБ.ЕС.20050053.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітка
<i>Резистори</i>			
R1	Резистор 220 Ω		
R2	Резистор 10 kΩ		
R3- R9	Резистор 10 kΩ	7	
R10,R11	Резистор 4.7 kΩ	2	
<i>Конденсатори</i>			
C1	Конденсатор 0.1 μF		
C2,C3	Конденсатор 22 pF	2	
C4	Конденсатор 0.1 μF		
C5,C6	Конденсатор 0.1 μF	2	
C7	Конденсатор 100 μF		
C8-C12	Конденсатор 0.1 μF	5	
C13	Конденсатор 10 μF		
C14	Конденсатор 22 μF		
<i>Котушки Індуктивності</i>			
L1,L2	Катушка індуктивності. 10 μH	2	
<i>Інші компоненти</i>			
A2	MQ135		
A4	GP2Y1014AU0F		
DD1	ATmega328		
A1	ESP8266		
A3	LCD1602		
TS1	L7805		
TS2	AMS1117-3.3		
Q1	Кварцовий резонатор 16 МГц		
VD1	Світловипромінюючий діод		
BA1	Гучномовець		
VD2	Диод		

КБР.ЕС.20050053.001.ПЕ

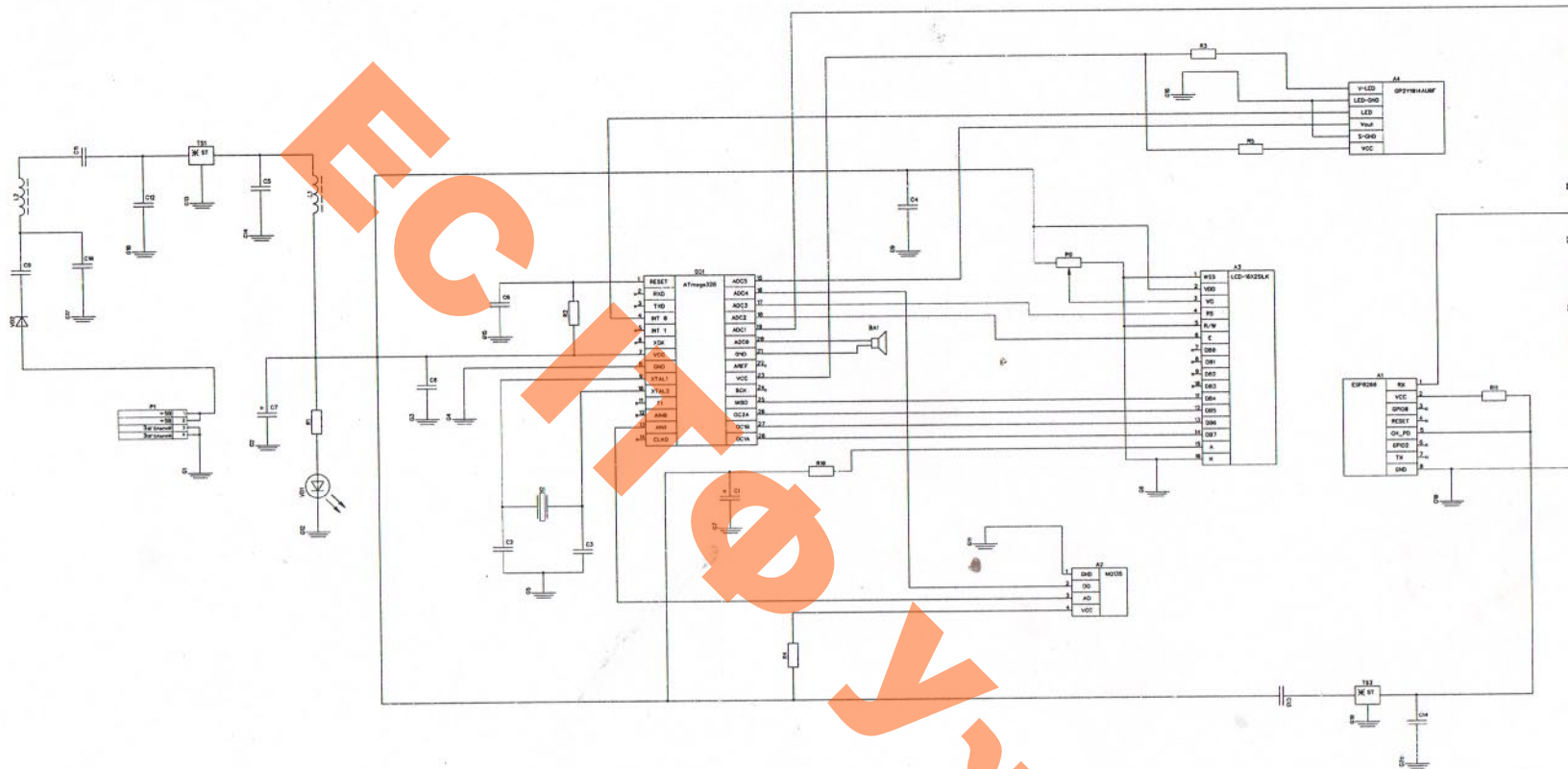
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Біган І.М.	<i>[Signature]</i>	24.08
Перевір.		Зяць Т. М.	<i>[Signature]</i>	24.08
Реценз.				
Н. Контр.		Папп О. В.	<i>[Signature]</i>	24.08
Затверд.		Зяць Т. М.	<i>[Signature]</i>	24.08

Перелік елементів

Літ.	Арк.	Аркуші
	1	1

УжНУ, ІТФ група ЕС, 4 курс

КРБ.ЕС.20050053.001.Е3



					КРБ.ЕС.20050053.001.Е3			
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Електронний прилад для моніторингу якості повітря в приміщеннях	Літ.	Масса	Масшт.
								1:1
Розроб.		Біган І.М.	<i>[Signature]</i>	24.08				
Перевір.		Заяць Т.М.	<i>[Signature]</i>	24.08				
Реценз.								
Н.Контр.		Папп О.В.	<i>[Signature]</i>	24.08	Електрична принципова схема	УжНУ ІТФ		
Затверд.		Заяць Т.М.	<i>[Signature]</i>	24.08		гр. ЕС 4 курс		

Завідувачу кафедри ЕС ІТФ ДНВЗ УжНУ

Засидь Марас Михайлович

Студента (-ки) 4 курсу
спеціальності 171 Електроніка
Біган І.М.
(прізвище, ініціали)

ЗАЯВА

щодо самостійного виконання
навчальної/кваліфікаційної роботи здобувачем освіти

Я, Біган Іван Михайлович
(прізвище, ім'я, по батькові),

Студент(-ка) очна, інженерно-технічний, 4-ий
(форма навчання, факультет, курс)

заявляю: моя письмова робота на тему: Електронний прилад для моніторингу якості повітря в приміщеннях

виконана самостійно і в ній не міститься елементів плагіату.

Всі запозичення з друкованих та електронних джерел, а також із захищених раніше робіт мають відповідні посилання. Я ознайомлений(а) з діючим Положенням, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску навчальної/кваліфікаційної роботи до захисту та притягнення до академічної відповідальності.

18.06.2024
Дата

[Підпис]
Підпис

Додаток 2.

ДОВІДКА
про результати перевірки на унікальність
кваліфікаційної, навчальної (курсової) роботи

Автор роботи	Білан Жан Михайлович
Назва роботи	Електронний прилад для моніторингу якості повітря в приміщеннях
Спеціальність	171 Електрофізика
Курс	4-й
Факультет	Механіко-термічний
Кафедра	Електрофізика
Керівник роботи	Зачує Тарас Михайлович
Роботу перевірено в програмі	Antipla
Додано до бази даних	
Ідентифікаційний номер роботи	КРБ.ЕС.20050053.001
Результати перевірки	
Показник унікальності тексту через перевірку роботи у внутрішній базі кафедри ЕС ІТФ ДНВЗ УжНУ	
Показник унікальності тексту в мережі Інтернет	92%

Відповідальна особа/
Науковий керівник роботи

Зачує Т.М.
(прізвище, ініціали)

28.06.2024
Дата

Зачує
Підпис



Автентифіковано засобом перевірки на плагіат ANTIPLA
Дата видачі: вівторок, 18 червня 2024, 17:24
Доступно через www.antip.la

Плагіатограма

Результат (відсоток плагіату)	8%
Назва документу	2024-КРБ-Біган, Іван, Михайлович.pdf
Кількість символів	22,581
Кількість спеціальних символів	213
Кількість слів	3,367
Унікальна кількість слів	1,876
Кількість речень	477
Найпоширеніші слова	для, та, Арк., що
Середня довжина слова	5.7
Середня кількість слів у реченні	5.2
Всього посилань	0
Кількість слів із плагіатом	269

18.06.2024

(дата)

Біган Іван

(перевірів)