

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні
Кафедра електроніки, мікроелектронних систем та
програмного забезпечення

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

рівень вищої освіти перший бакалаврський

(перший (бакалаврський) рівень, другий (магістерський) рівень)

на тему Розробка приладу для очищення повітря з датчиком контролю якості

Виконав: студент (ка) IV курсу, групи 6.1531-с

Ключко А.В.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Напряму підготовки 153

(шифр)

Спеціальності Мікро- та наносистемна техніка

(назва)

Керівник доцент, доцент, к.т.н.

Ніконова А.О

Рецензент інженер-конструктор Конструкторського бюро
Колосова

Григор'єва Ірина Костянтинівна

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя – 2024 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні

Кафедра електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення

Рівень вищої освіти перший бакалаврський

(перший (бакалаврський) рівень, другий (магістерський) рівень)

Напрямок підготовки 153

(шифр)

Спеціальність Мікро- та наносистемна техніка

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕІСПЗ

Критська Т.В.

“14” червня 2024 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Ключко Андрій Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Розробка приладу для очищення повітря з датчиком контролю якості

керівник проекту (роботи) Ніконова Аліна Олександрівна,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “26” грудня 2023 року №2215-с

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 14 червня 2024 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) датчик якості повітря CCS811, arduino Uno R3 (ch340), сенсорний вимикач TTP223, дисплей I2C OLED SSD1306, акумулятор 18650 LI-ION SAMSUNG

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

1. Методи контролю навколишнього середовища в приміщеннях

2. Розробка приладу для очищення повітря з вбудованим датчиком якості;

3. Охорона праці та техногенна безпека

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Л1 - порівняння відомих моделей за основними параметрами; Л2 - структурна схема приладу для очищення повітря; Л3 – підключення датчика якості повітря css811 до плати Arduino Uno(ch340); Л4 – схема електрична принципова.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
		завдання прийняв
<i>I</i>	<i>Ніконова А.О.</i>	
<i>II</i>	<i>Ніконова А.О.</i>	
<i>III</i>	<i>Ніконова А.О.</i>	

7. Дата видачі завдання 27.12.2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Аналіз методів контролю навколишнього середовища в приміщеннях</i>	<i>30.02.2024</i>	
2	<i>Обґрунтування вибору датчиків контролю параметрів навколишнього середовища</i>	<i>05.03.2024</i>	
3	<i>Дослідження основних параметрів приладів</i>	<i>15.03.2024</i>	
4	<i>Розробка приладу для очищення повітря з вбудованим датчиком якості</i>	<i>07.04.2024</i>	
5	<i>Розробка загальної структурної схеми приладу</i>	<i>28.04.2024</i>	
6	<i>Розробка принципової схеми очищувача повітря</i>	<i>01.05.2024</i>	
7	<i>Охорона праці та техногенна безпека</i>	<i>13.05.2024</i>	
8	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>	<i>04.06.2024</i>	
9	<i>Рецензування, нормоконтроль, підписання роботи</i>	<i>17.06.2024</i>	
10	<i>Оприлюднений захист бакалаврської роботи</i>	<i>20.06.2024</i>	

Студент _____
(підпис)

Ключко А.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____
(підпис)

Ніконова А.О.
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено _____
(підпис)

Верьовкін Л.Л.
(прізвище та ініціали)

Реферат

Дипломна робота містить 60 сторінок, 20 рисунки, 7 таблиць, 14 джерел літератури.

Об'єкт дослідження – пристрій для очищення повітря з датчиком контролю якості.

Мета роботи – розробка та розрахунок пристрою очищення повітря з датчиком контролю якості.

Задачі роботи - розробити електричну схему пристрою і перевірити її роботу в практичних умовах із забезпеченням неперервної роботи та надійності в умовах нестабільного енергопостачання.

Методика досліджень – моделювання пристрою за допомогою програмного забезпечення Fritzing.

Короткий виклад результатів досліджень – досліджено методи контролю навколишнього середовища в приміщеннях, та розроблено прилад із забезпеченням його стабільності та надійності при виконанні основних завдань із відображенням на дисплеї параметри та якості повітря, що дозволяє отримувати потрібну інформацію в режимі реального часу.

Результати впроваджень – результати дослідження було апробовано у I Міжнародній науково-практичній конференції Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю.М. Потєбні ЗНУ «Інженерні інновації та розбудова національної економіки» та у «Сучасні виклики та напрями вдосконалення в економічній та технічній наукових сферах».

Прогнозні пропозиції – рекомендується провести додаткові дослідження для забезпечення стабільного використання приладу.

РЕЗИСТОР, ТРАНЗИСТОР, МІКРОСХЕМА, ДАТЧИК ЯКОСТІ ПОВІТРЯ, ДИСПЛЕЙ, СЕНСОРНИЙ ВИМИКАЧ, ВЕНТИЛЯТОР

Дипломну роботу виконано на кафедрі електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення з 27.12.2023 р. по 14.06.2024 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 МЕТОДИ КОНТРОЛЮ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА В ПРИМІЩЕННЯХ.....	7
1.1 Засоби фільтрації повітря.....	8
1.2 Аналіз даних датчиків контролю параметрів навколишнього середовища.....	10
1.3 Дослідження рейтингу існуючих приладів.....	11
2 РОЗРОБКА ПРИЛАДУ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯ З ВБУДОВАНИМ ДАТЧИКОМ ЯКОСТІ.....	18
2.1 Загальна структурна схема приладу.....	18
2.2 Датчик якості повітря CCS811.....	19
2.3 БЛОК ВВЕДЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ ТА КОНТРОЛЮ.....	23
2.3.1 Arduino Uno R3 (ch340).....	23
2.4 Сенсорний вимикач ГТР223.....	28
2.5 Пристрій виводу інформації.....	31
2.5.1 Дисплей I2C OLED SSD1306.....	31
2.6 Блок живлення.....	34
2.6.1 Акумулятор 18650 LI-ION SAMSUNG.....	34
2.7 Розробка схеми очищення повітря.....	36
3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА.....	40
3.1 Пожежна безпека на підприємстві.....	40
3.2 Джерела, шляхи і засоби забезпечення пожежної безпеки об'єктів господарювання.....	41
3.3 Вимоги до освітлення на виробництві.....	47
3.4 Методи регулювання якості повітряного середовища.....	48
3.5 Системи засобів і заходів щодо електробезпеки.....	50
Висновки та рекомендації.....	51
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	52
Додаток А.....	54
Додаток Б.....	Ошибка! Закладка не определена.
Додаток В.....	55

ВСТУП

Постійне зростання кількості хворих на респіраторні захворювання, а також алергію, астму та інші захворювання - не дивлячись на розвиток медичних технологій - свідчить про те, що забруднене повітря становить реальну загрозу здоров'ю. Проблема забруднених повітряних потоків актуальна не тільки для приміщень у повсякденному житті, але також і для промислових умов проведення технологічних процесів, лабораторних досліджень. Існує багато видів систем для очищення повітря в приміщенні, якість та зручність яких можна оцінити за наявністю датчиків та пристроїв контролю якості очистки. Розробка та вдосконалення приладів для захисту повітря від забруднювачів, таких як алергени, бактерії, віруси та запахи є важливим напрямом досліджень та кроком у забезпеченні здорового мікроклімату у будь-яких умовах.

Сучасні системи очищення повітря можуть включати в себе різноманітні датчики, які вимірюють рівень забруднення повітря, автоматично регулюють роботу очисних пристроїв, мають функції контролю якості очистки повітря, що дозволяє користувачам моніторити стан повітря у реальному часі. Деякі пристрої можуть мати спеціальні фільтри або іонізатори, які допомагають у боротьбі з цими шкідливими речовинами.

Зокрема, розвиток інтернету речей (IoT) відкриває нові можливості для створення розумних систем очищення повітря. Завдяки підключенню до мережі Інтернет, такі пристрої можуть автоматично аналізувати дані про якість повітря, взаємодіяти з іншими пристроями та надсилати корисну інформацію користувачам через мобільні додатки. Актуальним є розробка конкурентноспроможних автоматичних системи очищення повітря, які адаптуються до умов приміщення та потреб користувачів, підвищуючи ефективність очистки та забезпечуючи оптимальні умови навколишнього середовища. [1]

1 МЕТОДИ КОНТРОЛЮ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА В ПРИМІЩЕННЯХ

Контроль навколишнього середовища в приміщеннях є важливим аспектом для забезпечення здоров'я та комфорту людей, які перебувають у цих приміщеннях. Існує кілька методів контролю навколишнього середовища, які можуть бути використані для покращення якості повітря та загального комфорту.

1. Вимірювання якості повітря: Важливо регулярно вимірювати рівні CO₂, вологості, пилу, алергенів та інших забруднюючих речовин у повітрі. Це може бути здійснено за допомогою спеціальних приладів, які дозволяють визначити якість повітря та вчасно виявляти будь-які проблеми.

2. Вентиляція: Забезпечення належної вентиляції у приміщенні є ключовим аспектом контролю навколишнього середовища. Це може бути досягнуто шляхом належного обслуговування систем вентиляції, встановлення вентиляційних фільтрів та регулярної очистки вентиляційних отворів.

3. Фільтрація повітря: Використання ефективних повітряних фільтрів може допомогти у видаленні пилу, алергенів та інших забруднюючих речовин з повітря у приміщенні. Важливо регулярно замінювати фільтри для забезпечення їх ефективності.

4. Контроль рівня вологості: Підтримання оптимального рівня вологості у приміщенні може допомогти у покращенні якості повітря та комфорту. Використання вологостату або вологозберезувача може бути корисним для контролю рівня вологості.

5. Виявлення радону: Радон є небезпечним газом, який може накопичуватися у приміщеннях. Важливо проводити перевірку на наявність радону та при необхідності вживати заходи для його контролю.

Ці методи контролю навколишнього середовища можуть бути ефективними для забезпечення здорового та комфортного середовища у приміщеннях. Регулярне використання цих методів допоможе у покращенні

якості повітря та загального благополуччя користувачів приміщень. [1]

1.1 Засоби фільтрації повітря

Існує багато різних засобів фільтрації повітря, які використовуються для очищення повітря в приміщеннях (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 - Засоби фільтрації повітря, які використовуються для очищення повітря в приміщеннях

HEPA-фільтри	Здатні усувати частинки розміром до мікронів з повітря.
Активоване вугілля	Видалення запахів і хімічних речовин.
Ультрафіолетові очисники повітря	Видалення бактерій та вірусів.
Іонізатори	Випускають іони, які взаємодіють з частинками в повітрі, що зменшує кількість забруднень і так далі.
Озонатори	Виробляють озон для знищення запахів та бактерій у повітрі.
Активні очисники повітря з вентиляцією	Поєднують у собі функції очищення повітря від забруднень та вологи, та забезпечують рух повітря за допомогою вбудованої вентиляційної системи.
Електростатичні фільтри	Працюють за принципом притягування забруднень до зарядженої поверхні фільтра за допомогою електростатичного поля.

HEPA-фільтри - це високоефективні частинкові фільтри, які здатні усувати 99,97% часток розміром 0,3 мікрона з повітря.

Активоване вугілля використовується для усунення запахів, газів та шкідливих хімічних сполук з повітря.

Ультрафіолетові (УФ) очисники повітря використовують УФ-випромінювання для усунення бактерій, вірусів та інших мікроорганізмів з

повітря.

Іонізатори - це пристрої які випромінюють негативно заряджені іони, які притягують позитивно заряджені частки, такі як пил та дим, і відкладають їх на поверхні.

Озонатори - це прилади, які виробляють озон, що використовується для знищення запахів та бактерій у повітрі. Озонатори також можуть використовуватися для очищення води та дезінфекції різних поверхонь.

Активні очисники повітря з вентиляцією - це пристрої, які об'єднують в собі очищення повітря та вентиляційні функції, що дозволяє не лише видаляти забруднення, але й постійно підтримувати свіже повітря в приміщенні.

Електростатичні фільтри – ці фільтри використовують електричний заряд для привертання та утримання часток пилу та інших забруднень, що дозволяє підвищити ефективність очищення повітря.

Кожен з цих засобів має свої переваги і обмеження, тому вибір залежить від конкретних потреб очищення повітря в конкретному приміщенні.

Класифікація засобів фільтрації повітря в приміщеннях може бути здійснена за кількома критеріями, такими як типи забруднень, ефективність фільтрації, типи фільтрів та застосування. Основні класифікації засобів фільтрації повітря в приміщеннях включають:

- За типом забруднень: Фільтри можуть бути класифіковані за їх здатністю видаляти різні типи забруднень, такі як пил, дим, бактерії, віруси, алергени та інші шкідливі речовини.
- За типом фільтрів: Різні типи фільтрів, такі як механічні, електростатичні, вугільні, HEPA-фільтри, ультрафіолетові та іонізаційні фільтри, можуть бути класифіковані за їх робочим принципом та здатністю до очищення повітря.
- За ефективністю: Фільтри можуть бути класифіковані за їх ефективністю у видаленні часток різних розмірів та типів забруднень. Наприклад, HEPA-фільтри вважаються дуже ефективними у видаленні часток різних розмірів, в той час як активоване вугілля ефективно усуває запахи та

гази.

- За застосуванням: Фільтри можуть бути класифіковані за їх специфічними застосуваннями, такими як для використання в побуті, комерційних приміщеннях, лікарнях, лабораторіях та інших місцях.

Класифікація засобів фільтрації повітря в приміщеннях допомагає вибрати належний тип фільтра для конкретних потреб очищення повітря в залежності від умов та типу забруднень. [1; 2]

1.2 Аналіз даних датчиків контролю параметрів навколишнього середовища

Аналіз даних з датчиків контролю параметрів навколишнього середовища є важливою частиною систем управління якістю повітря та загального комфорту в будь-якому приміщенні. Датчики можуть вимірювати такі параметри, як температура, вологість, рівень CO₂, рівень VOC (органічних речовин), рівень пилу, тиск, рівень звуку та інші.

Отримання даних може здійснюватися за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення, яке враховує вимоги та налаштування конкретної системи. Дані з датчиків можуть бути зібрані, оброблені та використані для прийняття рішень щодо оптимізації умов в приміщенні.

Аналіз даних з датчиків дозволяє вчасно виявляти відхилення в параметрах навколишнього середовища та при потребі автоматично вживати заходи для покращення цих параметрів, такі як регулювання систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря. Такий аналіз також може використовуватися для створення звітів про якість повітря, виявлення тенденцій та планування профілактичних заходів для підтримання здорових умов приміщення.

Аналіз даних з датчиків контролю параметрів навколишнього

середовища дозволяє не лише виявляти відхилення в параметрах, але й відслідковувати тенденції та зміни в умовах приміщення з часом. Це дозволяє забезпечити ефективне управління енергоефективністю та комфортом для користувачів.

Особливість аналізу даних з датчиків полягає в можливості автоматизованого реагування на зміни параметрів навколишнього середовища. Наприклад, при збільшенні рівня CO₂ в приміщенні система вентиляції може автоматично почати подавати більше свіжого повітря для зниження рівня CO₂ до оптимального рівня. Також можливе автоматичне регулювання опалення та кондиціонування повітря в залежності від вимірюваних параметрів, що дозволяє забезпечити комфортні умови для праці та перебування в приміщенні.

Крім того, аналіз даних датчиків може допомагати виявляти проблеми з системами вентиляції, опалення та кондиціонування повітря, що дозволяє проводити своєчасний ремонт та обслуговування для забезпечення надійності та ефективності цих систем.

1.3 Дослідження рейтингу існуючих приладів

Проаналізувавши характеристики та рейтинги приладів, які представлені на ринку, можна виділили 3 кращі моделі (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Прилад Philips AC0850/11

Повітроочисник із вбудованим фільтром. Основні параметри та характеристики цього пристрою включають в себе:

- Площа очищення: до 49 кв.м.
- Система фільтрації: включає в себе фільтр протівірусний та фільтр True HEPA
- Швидкості очищення: має різні режими швидкості для різних умов
- Тиха робота: можливість роботи в тихому режимі навіть вночі
- Сенсори якості повітря: можливість моніторингу якості повітря та автоматична адаптація швидкості роботи

Переваги:

- Ефективна фільтрація повітря від пилу, алергенів та бактерій
- Наявність різноманітних режимів роботи
- Зручне управління та моніторинг за допомогою додатку

Недоліки:

- Висока вартість
- Обмежена площа очищення



Рисунок 1.2 – Прилад WetAir WAP-25

13 ще один компактний пристрій, який забезпечує ефективну фільтрацію повітря у приміщенні. Ось основні параметри та характеристики цього приладу:

Площа очищення: до 25 кв.м.

- Система фільтрації: включає вугільний фільтр та фільтр HEPA H13
- Режим роботи: наявність кількох швидкостей вентилятора
- Тиха робота: здатність працювати безшумно, що робить його зручним для використання навіть уночі
- Датчики якості повітря: моніторинг якості повітря та автоматичне регулювання швидкості роботи.

Переваги:

- Ефективна фільтрація повітря від пилу, алергенів та забруднюючих речовин
- Компактний розмір та портативність
- Доступна цінова пропозиція

Недоліки:

- Найменша площа очищення в порівнянні з іншими моделями
- Обмежені здібності у регулюванні роботи



Рисунок 1.3 – AENO AP2S

Пристрій для покращення якості повітря у будь-якому будинку.

Параметри та характеристики пристрою:

- площа очищення: до 50 кв.
- Система фільтрації: оснащений фільтром HEPA H13 та вугільним фільтром
- Режим роботи: має кілька режимів роботи для різних умов
- Тиха робота: низький рівень шуму, що дозволяє використовувати пристрій навіть уночі
- Датчики якості: автоматичне регулювання швидкості роботи залежно від якості повітря
- Спосіб встановлення: Настінний або підлоговий

Переваги:

- ефективна фільтрація повітря від пилу, алергенів та інших забруднювачів.
- компактний розмір та стильний дизайн
- Зручне керування за допомогою кнопок на корпусі
- Високе співвідношення ціни та якості

Недоліки:

- обмежена площа очищення

– Може не підійти до великих помешкань.

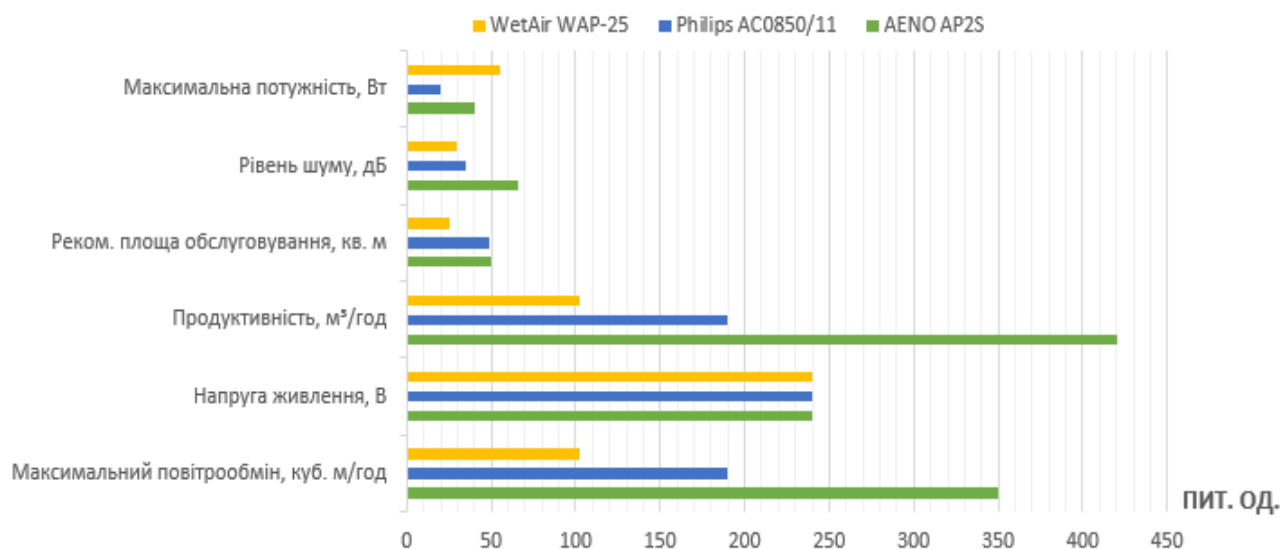


Рисунок 1.4 – Порівняння відомих моделей за основними параметрами

На основі результатів проведеного аналізу приладів Philips AC0850/11, WetAir WAP-25 та AENO AP2S можна зробити такі висновки:

1. Прилад Philips AC0850/11 є надійним та ефективним повітря очищувачем. Користується попитом завдяки наявності широкого спектру функцій, таких як фільтрація повітря, вологе очищення, датчики якості повітря і т.д.

2. WetAir WAP-25 також є ефективним очищувачем з можливістю вологого очищення повітря. Особливо може бути корисним для людей з алергіями або проблемами з диханням завдяки наявності відповідних фільтрів. Проте деякі відгуки користувачів вказують на проблеми з якістю роботи.

3. AENO AP2S виглядає як компактний і стильний повітря очищувач з базовими функціями. Проте інформація про його ефективність та надійність обмежена, тому рекомендується провести додатковий дослідження перед покупкою.

Перед вибором конкретного приладу рекомендується порівняти їх характеристики, вартість та відгуки користувачів, щоб зробити правильне рішення.

Аналіз приладів Philips AC0850/11, WetAir WAP-25 та AENO AP2S

дозволяє зробити наступні висновки щодо їх продажів, ціни та важливих параметрів:

- Попит може бути стабільним завдяки ефективності та привабливому дизайну (на прикладі приладу марки Philips AC0850/11).

- Цінова конкурентоспроможність надає перевагу приладам фірми WetAir WAP-25, хоча його продажі є менш стабільними через розділені відгуки користувачів.

- Поєднання функціональності та доступної ціни приладів AENO AP2S, незважаючи на менш відомий бренд, надає попит серед великої кількості приладів.

Отже найважливішими параметрами при проектуванні очищувача повітря є:

- ефективність очищення повітря;
- дизайн та розширені функціональні можливості;
- ціна. Важливо забезпечити баланс між ціною та якістю для задоволення потреб споживачів.

Для розробки конкурентоспроможного приладу слід звернути увагу на:

1. Покращення функціоналу. Додавання нових корисних функцій, таких як:

- автоматичний режим роботи;
- іонізація повітря або вбудований датчик якості повітря;
- програмування таймера

можуть зробити прилади ще більш привабливими для клієнтів.

2. Рекламна кампанія. Збільшення реклами та позиціонування бренду може допомогти залучити більше покупців.

3. Постійне вдосконалення. Наявність постійних оновлень, таких як покращення системи фільтрації для ще кращої очистки повітря від шкідливих речовин, зменшення рівня шуму для комфортного використання вдома або на робочому місці; покращення енергоефективності приладу яке може зменшити споживання електроенергії та вплинути на його екологічну дружність. [2]

4. Використання високоякісних матеріалів може позитивно вплинути на тривалість та надійність приладу.

5. Розробка нових моделей з різними характеристиками та функціями для задоволення потреб різних груп споживачів.

З урахуванням усіх вищезазначених аспектів можна визначити ключові принципи, які необхідно дотримуватися при розробці конкурентоспроможного очищувача повітря. Зосередження на цих принципах допоможе покращити якість та конкурентоспроможність продукту в цьому сегменті ринку.

Отже метою кваліфікаційної роботи є розробка пристрою з вбудованим датчиком для моніторингу та покращення якості повітря. Для досягнення мети необхідно вирішити наступні завдання:

- проаналізувати наявні моделі очищувачів повітря, визначити ключові характеристики, які зроблять пристрій конкурентоспроможним на українському ринку.

- розробити загальну структурну схему приладу;

- обрати та обґрунтувати вибір елементів та пристроїв для реалізації основних функцій приладу;

- перевірити роботу окремих блоків схеми з основними компонентами, що підключені до МК;

- розрахувати блок керування для вентиляторів з напругою 5 вольт;

- зібрати принципову схему пристрою та перевірити її працездатність;

2 РОЗРОБКА ПРИЛАДУ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯ З ВБУДОВАНИМ ДАТЧИКОМ ЯКОСТІ

2.1 Загальна структурна схема приладу

Загальна структурна схема приладу представлена на рисунку 2.1 та включає наступні основні блоки:

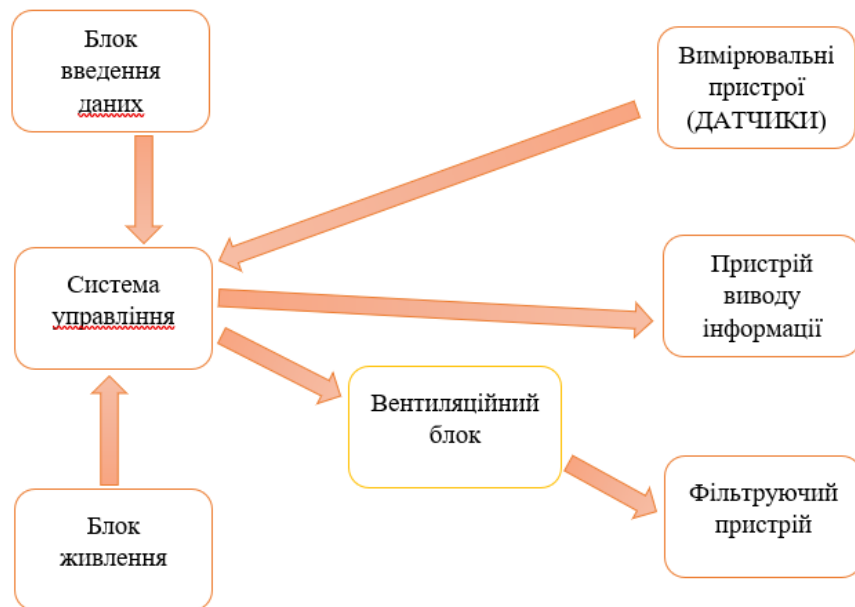


Рисунок 2.1 – Загальна структурна схема приладу для очищення повітря

Блок введення даних - ключовий компонент системи, що забезпечує отримання та обробку необхідної інформації для подальшого використання пристроєм.

Система управління відповідає за координацію та контроль усіх його функцій, обробляє дані, отримані від блоку введення, і керує всіма іншими компонентами пристрою. Виконує обчислювальні операції та забезпечує виконання програмного забезпечення.

Вимірювальні датчики використовуються для визначення температури приміщення та надання повідомлень про можливі відхилення від норми.

Пристрої виведення інформації відображають температуру повітря на головному екрані, а також дозволяють користувачам регулювати оберти кулера.

Фільтруючий пристрій є необхідним для затримання дрібних часток забруднення, таких як пил, і підтримання чистоти повітря.

Блок живлення забезпечує стабільне електроживлення всієї системи, що є критично важливим для її надійної роботи.

Вентиляційний блок потрібен для того, щоб забезпечити нормальний обмін повітря в приміщенні, а також очищати повітря від забруднень, таких як пил, бактерії та інші забруднення.

2.2 Датчик якості повітря CCS811

Датчик якості повітря CCS811 - це цифровий газовий датчик, який включає в себе оксидно-металевий датчик газу, що виявляє широкий спектр летких органічних сполук (ЛОС) для моніторингу якості повітря за допомогою мікроконтролера з АЦП та інтерфейсом I2C (рис.2.2).



Рисунок 2.2 – Зовнішній вигляд датчика якості повітря CCS811

Оптичний датчик CCS811 є найкращим цифровим датчиком газу - датчиком, який дозволяє здійснювати точний моніторинг якості за допомогою Arduino, STM32 і Raspberry Pi.

Датчик призначений для відстеження якості повітря в приміщенні за допомогою персональних гаджетів, таких як смарт-годинники та мобільні телефони. Для зручності доступу рекомендується модуль CJMCU-811, який можна використовувати як стандартний пристрій I2C.

Таблиця 2.1 - Основні параметри датчика повітря CCS811

Характеристики	Опис
Визначення загальної кількості летких органічних сполук (TVOC) за допомогою	Від 0 до 32768 частин на мільярд
Вимір eCO ₂ від	Від 400 частин на мільйон до 29 206 частин на мільйон
Розмір модуля:	15мм*21мм
Робоча напруга	1,8 В ~ 3,3 В постійного струму
Струм живлення	30ма
Температура зберігання	-40-125°C
Потужність	60 мВт

Використання датчика якості повітря CCS811.

Цей пристрій може використовуватися для обладнання контролю якості повітря у приміщенні, такого як:

Особливості датчика якості повітря CCS811:

- Інтерфейс шини I2C
- Наднизьке енергоспоживання (можна використовувати в обладнанні з батарейним живленням)
- Висока чутливість
- Інтегрований мікроконтролер

- П'ять режимів роботи

Роз'єми для підключення модуля до зв'язку I2C.

1. **VCC**: Це джерело живлення модуля, і зазвичай використовується напруга 3,3 В.
2. **GND**: Це земля модуля, і його потрібно підключити до землі.
3. **SCL**: Це послідовна лінія синхронізації, яка використовується для подачі тактового імпульсу зв'язку I2C.
4. **SDA**: Це адреса послідовних даних, яка використовується для передачі даних через зв'язок I2C.
5. **WAK**: Це сигнал пробудження (активний низький рівень).
6. **INT**: Це сигнал переривання (активний низький рівень).
7. **RST**: Це сигнал скидання (активний низький рівень).
8. **ADD**: Це один біт вибору адреси, який дозволяє вибрати альтернативну адресу.

Для підключення модуля CJMCU-811 до Arduino потрібно лише чотири перемички, щоб отримати базові показники якості повітря з датчика.

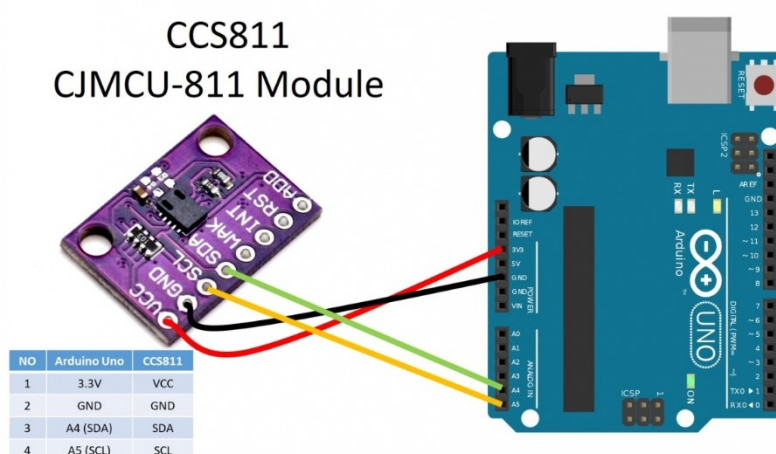


Рисунок 2.3 - Підключення датчика до плати Arduino Uno

Цифрові виходи модуля датчика якості CJMCU-811 обмінюються даними через шину I2C. Вивід 3.3 на платі датчика підключений до виводу 3.3V на Arduino, вивід Gnd - до виводу Gnd на Arduino, вивід SDA на шині I2C - до виводу A4 на платі Arduino, а вивід SCL - до виводу A5. [4]

Для Arduino Mega можна використовувати виводи 20-SDA і 21-SCL.

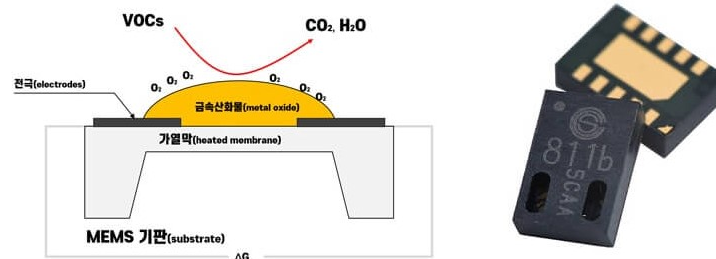


Рисунок 2.4 - Принцип роботи датчика CCS811

CCS811 оснащений датчиком оксиду металу (MOX) і невеликим мікроконтролером для керування живленням пластини, зчитування аналогових напруг і зчитування через інтерфейс I2C. 10K NTC-термістор інтегрований і може бути зчитаний з CCS811, щоб наближено визначити Це відповідає рівноважному опору, для якого можна розрахувати температуру.

Як і інші датчики оксидів металів (MOX), CCS811 вимірює опір ділянки, що контактує з навколишнім повітрям. Ця ділянка нагрівається нагрівальним елементом (опором) до кількох сотень °C, де відбувається кілька реакцій окислення. Характер зони вимірювання, тривалість впливу різних хімічних компонентів і умови навколишнього середовища варіюються від датчика до датчика. Тому властивості окремих датчиків дуже складні, а відносні вимірювання використовують внутрішню обробку для контролю еталонного опору датчика (опір чутливого шару під впливом чистого повітря). Датчики зазвичай піддаються впливу забруднень, які можуть окислюватися на підкладці датчика. Цей процес окислення змінює опір датчика; чим більше реакцій окислення, тим нижчий опір. Поняття еталонного опору може бути складним для розуміння, але в принципі, чим вищий опір, тим чистіше навколишнє середовище. Температура і вологість використовуються для внутрішньої корекції виміряних значень, оскільки датчик порівнює фактичний опір з опором чистого повітря (еталонним рівнем) і використовує умови навколишнього середовища під час калібрування. [5]

2.3 Блок введення інформації та контролю

2.3.1 Arduino Uno R3 (ch340)

Плати Arduino Uno є головним елементом компанії Arduino і є самими популярними та найдоступнішими пристроями. Остання версія, Arduino Uno R3, використовує чіп ATmega328, також на ринку є у доступі UNO з ATmega168. Більшість Arduino починаються з плати UNO.

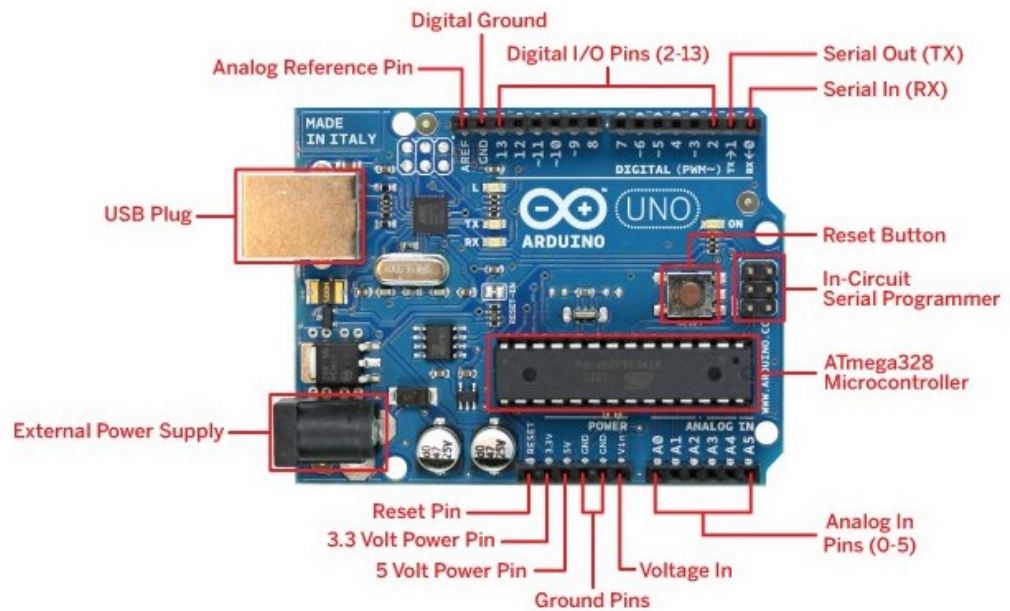


Рисунок 2.5 - Плата Arduino Uno R3

Контролери Uno мають зручний розмір, не надто великі, як Mega, і не надто малі, як Nano, досі мають доступну ціну, щоб була можливість їх масового виробництва. Основні параметри представлені в таблиці 3.2.

Таблиця 2.2 - Основні параметри Arduino Uno R3

Характеристики	Опис
Мікроконтролер	ATmega328
Робоча напруга	5В
Напруга живлення (рекомендована)	7-12В
Напруга живлення (гранична)	6-20В
Цифрові входи/виходи	14 (з них 6 можуть використовуватися як ШИМ-виходи)

Аналогові входи	6
Максимальний струм одного виводу	40 мА
Максимальний вихідний струм виведення	3.3В 50 мА
Flash-пам'ять	32 КБ (АТmega328), з яких 0.5 КБ використовуються завантажувачем
SRAM	2 КБ (АТmega328)
EEPROM	1 КБ (АТmega328)
Тактова частота	16 МГц

Виводи Arduino можуть підключати зовнішні пристрої та працювати як в режимі вводу (INPUT), так і в режимі виводу (OUTPUT). Використовуючи команду `pinMode()` з параметром `INPUT_PULLUP`, можна підключити до кожного входу внутрішній резистор, який має опір від 20 до 50 кОм. Допустимий струм на кожному виході становить 20 мА, а максимальний піковий струм не повинен перевищувати 40 мА.

Деякі виводи виконують кілька функцій для зручності:

- Виводи 0 і 1 використовуються для UART (RX і TX відповідно).
- Виводи 10-13 працюють з SPI (SS, MOSI, MISO і SCK відповідно).
- Виводи A4 і A5 призначені для I2C (SDA і SCL відповідно).

Найпростіші датчики потребують щонайменше три контакти: два для живлення і один для сигналу.

Підключаємо зовнішній пристрій до плати Arduino будь-яким способом. При цьому плата може бути джерелом живлення лише за умови, що пристрій не перевищує допустиму межу струму для контролера.

Робоча напруга плати Arduino Uno складає 5 В. Завдяки вбудованому стабілізатору напруги плата може житися від різних джерел. Крім того, її можна живити від USB-пристрою. Вибір джерела живлення здійснюється автоматично:

При використанні зовнішнього адаптера рекомендована напруга становить 7-12 В, а максимальна - 20 В. Напруга понад 12 В може швидко вивести плату з ладу, а при напрузі нижче 7 В вхідний каскад може втратити 1-2 В, що призведе до нестабільної роботи. Живлення можна подавати через вбудований роз'єм постійного струму 2,1 мм або безпосередньо через вхід VIN, використовуючи провід для підключення.

До виводів живлення входить:

5V - Arduino може подавати 5V для живлення зовнішніх пристроїв.

3.3V - 3.3V подається з внутрішнього стабілізатора.

GND - вивід заземлення.

VIN - вивід зовнішнього живлення.

IREF - вивід для інформування зовнішніх пристроїв про робочу напругу плати. [6]

За замовчуванням плата Arduino Uno підтримує три типи пам'яті:

1. Flash-пам'ять – 32 кБ. Це основне сховище команд. Коли скетч прошивається до контролера, він записується саме сюди. Із цього об'єму 2 кБ виділяється під завантажувач – програму, яка ініціалізує систему, завантажується через USB та виконує скетч.

2. Оперативна пам'ять (SRAM) – 2 кБ. Тут за замовчуванням зберігаються змінні та об'єкти, створені під час виконання програми. Ця пам'ять енергозалежна, і всі дані в ній стираються при вимкненні живлення.

3. Енергонезалежна пам'ять (EEPROM) – 1 кБ. Вона використовується для зберігання даних, які не стираються при вимкненні контролера. Запис та читання EEPROM вимагають використання додаткових бібліотек, передбачених в Arduino IDE. Важливо пам'ятати про обмеження циклів запису, характерні для EEPROM.

За допомогою деяких модифікацій стандартну плату Uno можна зробити здатною підтримувати більше пам'яті.

Відмінності від інших плат: Серед різноманіття плат Arduino, найбільш популярними конкурентами Uno є плати Nano та Mega. Nano підходить для проектів, де важливий компактний розмір, тоді як Mega ідеальна для складних схем, що вимагають багато вхідних даних.

Arduino Uno та Arduino Nano у версії R3 оснащені мікроконтролером ATmega328. Основні відмінності полягають у розмірах та типах контактних майданчиків. Arduino Uno має розміри 6,8 x 5,3 см, використовує роз'єм типу "мама", а Arduino Nano - 4,2 см x 1,85 см, з ніжками типу "гребінь" або без припаяних контактних майданчиків. Розмір Uno може бути перевагою або недоліком залежно від проекту. Uno зазвичай має роз'єм TYPE-B або Micro USB, тоді як Nano використовує стандарт Mini чи Micro USB. Uno має вбудований роз'єм постійного струму, що відсутній на Nano.

А плата Arduino Mega відрізняється від плат Arduino Uno та Nano в декількох аспектах. По-перше, Arduino Mega використовує інший мікроконтролер, ATmega 2560, зі швидкістю 16 МГц, що відрізняється від контролера ATmega328, що використовується в Uno та Nano. Крім того, Arduino Mega має значно більше цифрових та аналогових виводів - 54 та 16 відповідно, порівняно з 14 та 6 в Uno. Крім того, плата Mega має більше виводів для підтримки апаратних переривань (6 проти 2) та послідовних портів (4 проти 1). Щодо об'єму пам'яті, Mega має значно більший обсяг флеш-пам'яті (256КБ проти 32КБ), SRAM (8КБ проти 2КБ) та EEPROM (4КБ проти 1КБ) порівняно з Uno.

У зв'язку з цим, Arduino Mega є кращим вибором для складних проектів

з великими програмами та активним використанням різних комунікаційних портів. Однак, через більшу ціну та розмір, Uno може бути достатнім для невеликих проектів, які не потребують всіх можливостей Mega. [7; 8]

2.4 Сенсорний вимикач TTP223

Сенсорний вимикач TTP223, підключений до Arduino Uno у проекті очищення повітря, може виконувати такі функції, як: управління ввімкненням та вимкненням очисника повітря дотиком, регулювання параметрів очисника повітря через сенсорний вимикач, автоматичне ввімкнення очисника при перевищенні рівня забруднення повітря, відображення інформації на дисплеї про стан очисника повітря при дотику до сенсорного вимикача, та інтеграція з іншими сенсорами для автоматичного керування системою очищення повітря.

Модуль сенсорного датчика Arduino використовує спеціальний датчик TTP223, який забезпечує єдину інтегровану зону сенсора розміром 11 x 10,5 мм з радіусом дії близько 5 мм. Ємнісний сенсорний перемикач має вбудований світлодіод, який світиться при спрацюванні сенсора, переключаючи вихід модуля з низького стану очікування на високий (робочий режим). На модулі є перемички для переналаштування режиму роботи на активний низький рівень або перемикання виходу.

Основні характеристики модуля TTP223 включають:

- Максимальний час відгуку до 60 мс у швидкому режимі та до 220 мс у режимі низького енергоспоживання при $VDD = 3 \text{ В}$.
- Можливість регулювання чутливості за допомогою зовнішньої ємності (від 0 до 50 пФ).
- Два типи довжини зразка залежно від опції контактної площадки (контакт SLRFTB).
- Стабільне розпізнавання дотиків до тіла людини.

- Вибір швидкого або режиму низького енергоспоживання через панель (контакт LPMB).
- Пряме перемикання режимів за допомогою опції контактної площадки (контакт TOG).
- Можливість вибору вихідних режимів як активний високий або активний низький через панель (AHLB).
- Максимальний час увімкнення 100 секунд з опцією колодки (контакт MOTB).
- Зовнішній контакт скидання при включенні живлення (контакт RST).
- Автоматичне калібрування протягом усього терміну служби.

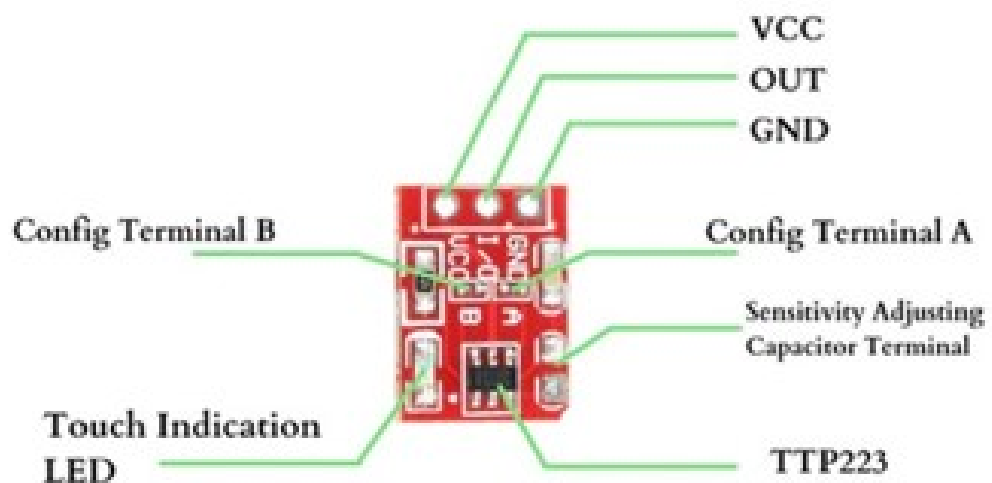


Рисунок 2.7 - Розпиновка сенсорного модуля TTP223

Таблиця 2.3 - Опис контактів сенсорного вимикача TTP223

Назва контакта	Опис
VCC	Вивід джерела живлення
GND	Мінусовий контакт
IO	Контакт введення-виведення

Таблиця 2.4 - Технічні характеристики датчика ТТР223:

Характеристика	Опис
Напруга живлення від	2,5 до 5,5 В
Максимальний діапазон датчика	~5 мм
Розмір модуля	14,5 мм x 11 мм
Площа сенсора	11 x 10,5 мм
Струм живлення: ($V_{cc} = 5V$)	6μA (неактивний) 16mA (активний)

Переваги сенсорного вимикача ТТР223 включають його простоту використання: для активації потрібно лише доторкнутися до сенсорної площадки. Також він відомий своєю надійністю, оскільки відсутність механічних деталей зменшує ризик поломки. Естетичний вигляд є ще однією перевагою, оскільки сенсорний вимикач може додати сучасності та стилю будь-якому інтер'єру. Крім того, можливість керування вимикачем без фізичного контакту може бути зручною у певних ситуаціях.

Щодо недоліків, слід зазначити, що сенсорний вимикач ТТР223 може бути чутливим до зовнішніх факторів, що може призводити до випадкової активації при дотику або через електромагнітний вплив. Також важливо враховувати, що для роботи сенсорний вимикач потребує живлення, що може бути незручним у випадку відключення електроенергії. Іншим недоліком є обмежена функціональність порівняно з традиційними механічними вимикачами.

В результаті сенсорний вимикач ТТР223 може бути зручним та стильним рішенням для керування очищувача повітря. [8; 9]

2.5 Пристрій виводу інформації

2.5.1 Дисплей I2C OLED SSD1306

OLED - дисплеї вважаються одними з найбільш привабливих та передових технологій дисплеїв на сьогоднішній день. Незважаючи на їх компактний розмір та енергоефективності, вони забезпечують яскравий контраст та насичені кольори. Ці дисплеї, як правило, використовують мікросхему SSD1306 та працюють через інтерфейс I2C, який вимагає всього два проводи для підключення, що спрощує процес інтеграції та початок використання.

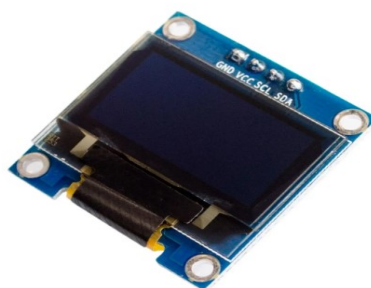


Рисунок 2.8 - Зовнішній вигляд дисплея I2C OLED SSD1306

Таблиця 2.5 - Основні параметри дисплея I2C OLED SSD1306

Характеристика	Опис
Технологія дисплея	OLED (Organic LED)
Інтерфейс	I2C / SPI
Розмір екрана	0,96 дюйма
Роздільна здатність	128×64 пікселів
Робоча напруга	3,3 В - 5 В
Робочий струм	20 мА макс
Кут огляду	160°
Символів в рядку	21

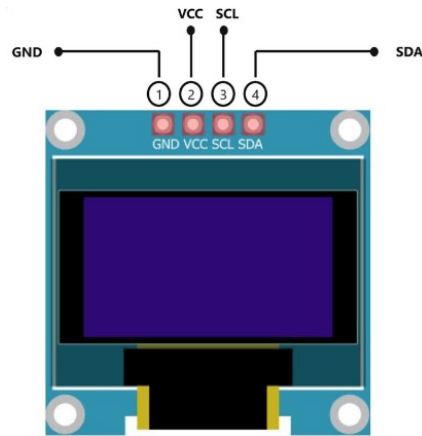


Рисунок 2.9 - Розпинування модуля дисплея I2C OLED SSD1306

Розшифрування даного модуля дисплея:

GND - контакт заземлення живлення.

VCC - контакт живлення, що може подавати 3,3 В або 5 В для живлення дисплея.

SCL - сигнал синхронізації. Дані передаються на інші пристрої у відповідності до сигналу годинника, який генерується головним пристроєм.

SDA - контакт для обміну даними та підтвердженнями між підлеглими та головними пристроями.

Особливості дисплея I2C OLED SSD1306 такі:

1. Тип дисплея - OLED (органічний світлодіод), що забезпечує високу яскравість та контрастність зображення.

2. Підтримка інтерфейсу I2C, що спрощує підключення до мікроконтролера або іншого пристрою.

3. Роздільна здатність зазвичай складає 128x64 або 128x32 пікселів, що забезпечує чітке зображення.

4. Компактність та низьке споживання енергії роблять цей дисплей ідеальним для портативних пристроїв.

5. Відображає зображення лише у чорно-білому кольорі, що може бути обмежене для деяких програм.

6. Можливість налаштування параметрів відображення, таких як яскравість, контрастність, розмір шрифту тощо.

Загалом, дисплей I2C OLED SSD1306 надійний та зручний у

використанні для виведення інформації з мінімальним споживанням енергії.
[9; 10]

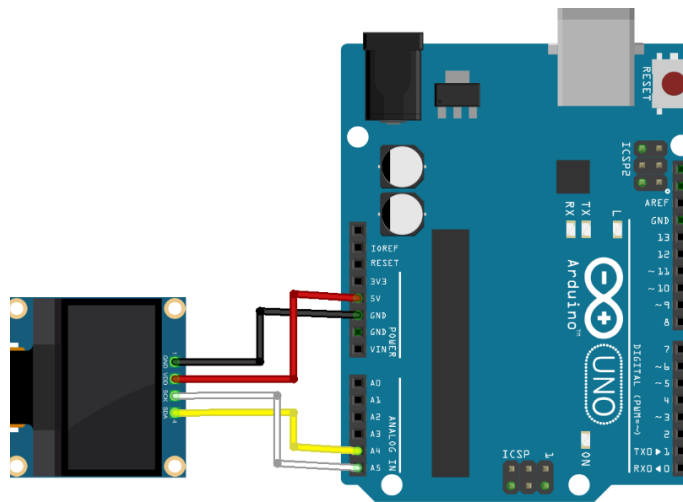


Рисунок 2.10 - Схема підключення дисплея I2C OLED до Arduino

Для підключення дисплея I2C OLED SSD1306 до Arduino слід підключити дроти SDA та SCL дисплея з контактами A4 та A5 на Arduino, а також підключити VCC до 5V та GND до GND. Необхідно встановити бібліотеку Adafruit SSD1306 у Arduino IDE та використовувати приклади коду для виведення інформації на дисплей. Модуль може отримувати живлення джерела напругою 3,3 або 5 вольт.

Дисплей I2C OLED SSD1306 працює за принципом відображення тексту, зображень та інших елементів на своєму екрані через команди, що передаються шиною I2C від Arduino або іншого мікроконтролера.

Основні етапи роботи дисплея I2C OLED SSD1306 Arduino включають:

- Ініціалізація. Arduino відправляє команди та дані на дисплей через I2C для його ініціалізації та налаштування перед початком відображення інформації.

- Відображення інформації. Arduino передає дані (текст, зображення, графіку) на екран через I2C. Дисплей інтерпретує дані та відображає їх на екрані OLED.

- Оновлення. Для оновлення інформації на дисплеї Arduino надсилає нові дані через I2C, що відображається на екрані.

- Управління. Arduino може керувати параметрами дисплея, такими як

яскравість та розмір шрифту, надсилаючи відповідні команди через I2C.

Таким чином, дисплей I2C OLED SSD1306 взаємодіє з Arduino по шині I2C для відображення інформації, що робить його простим у використанні для різних проектів. [11]

2.6 Блок живлення

2.6.1 Акумулятор 18650 LI-ION SAMSUNG

Акумулятор 18650 є циліндричним літій-іонним акумулятором, що знаходить широке застосування в електронних пристроях, включаючи Arduino Uno. Завдяки високій ємності та тривалому терміну служби ці акумулятори користуються популярністю в проектах, що потребують тривалої автономної роботи. Вони здатні забезпечити стабільне живлення і мають високий коефіцієнт енергоефективності.

Використання акумулятора 18650 в проекті очищувача повітря на Arduino включає:

Портативність: Очищувач повітря з живленням від акумулятора стає мобільним.

Незалежність від розетки: Акумулятор дозволяє використовувати очищувач повітря там, де немає доступу до мережі.

Достатня потужність: Акумулятори 18650 мають високу енергетичну щільність, що дозволяє їм забезпечувати достатню потужність для роботи вентилятора та інших компонентів очищувача повітря протягом тривалого часу. Також надає гнучкість, високу продуктивність та зручність, що робить їх оптимальним вибором для цього проекту.



Рисунок 2.11 – Вигляд акумулятора 18650 LI-ION SAMSUNG

Принцип роботи акумулятора 18650

Акумулятори 18650 функціонують завдяки хімічній реакції між двома електродами – позитивним (катодом) та негативним (анодом), розділеним електролітом. Під час заряджання акумулятора літія рухаються від катода до анода, а при розрядці - у зворотному напрямку.

Використання акумулятора 18650 з Arduino Uno.

Для використання акумулятора 18650 з Arduino Uno потрібні такі компоненти, як:

- Тримач для акумулятора 18650.
- Модуль для заряджання акумулятора 18650.
- З'єднувальні дроти.

Спочатку підключаємо акумулятор 18650 до утримувача, а потім утримувач до модуля зарядки. З'єднуємо модуль зарядки з Arduino Uno через контакти живлення (5 та GND).

Що стосується використання акумулятора 18650 для живлення приладу для очищення повітря, нам знадобиться вентилятор, сумісний з напругою акумулятора 18650 (зазвичай 3,7 В). Підключаємо вентилятор до Arduino Uno і написаний код для керування ним та іншими функціями очищувача повітря. За допомогою акумулятора 18650 можна створити переносний пристрій для очищення повітря. [10]

2.7 Розробка схеми очищення повітря

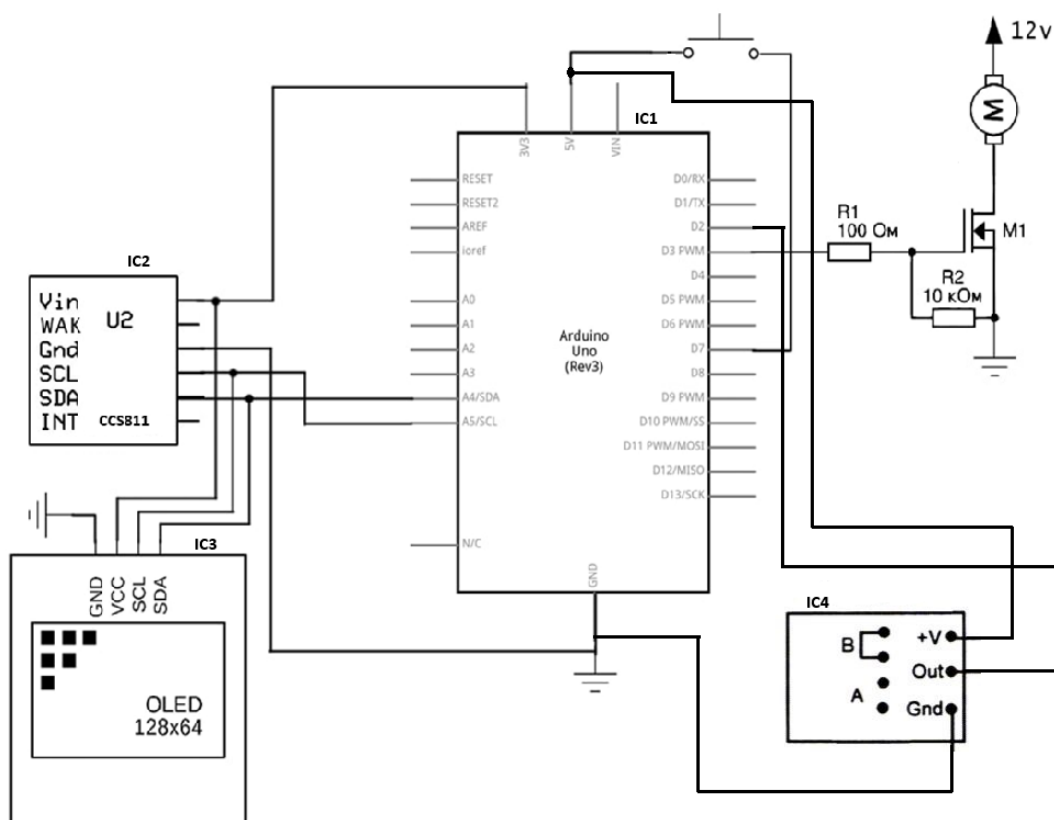


Рисунок 2.12 - Принципова схема очищувача повітря на платі Arduino Uno

Схема показує принцип управління вентиляторами постійного струму за допомогою польового транзистора.

При подачі напруги 12 В на затвор польового транзистора M1, він відкривається і пропускає струм від джерела до стоку. В результаті чого вентилятор починає обертатися.

Резистор R1 обмежує струм, що протікає через затвор польового транзистора.

Резистор R2 підтягує затвор польового транзистора до землі, коли відсутня напруга на затворі. Це необхідно для того, щоб польовий транзистор був закритий, коли відсутня напруга на затворі.

Виконує функцію керування навантаженням на 12 вольт за допомогою мікроконтролера, який живиться від 5 вольт. Дозволяє інтегрувати компоненти з різними напругами в одну систему та ефективно керувати

високою напругою з низьковольтного контролера. [9; 10]

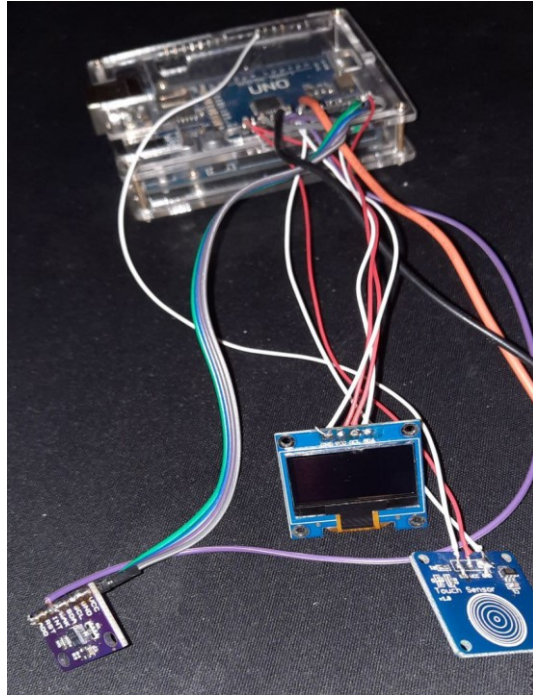


Рисунок 2.13 – Зовнішній вигляд елементів

На фото представлені всі складові частини пристрою для очищення повітря, а саме: головний контролер Arduino Uno, датчик якості повітря, модуль відображення інформації та кнопка управління, що забезпечує взаємодію з інтерфейсом.



Рисунок 2.14 – Вигляд готового пристрою для очищення повітря

На фото зображений саморобний пристрій для очищення повітря. Він виготовлений з пластикового контейнера з кришкою. У кришці зроблені отвори, в які вставлені комп'ютерні вентилятори. У середині контейнера розташований фільтр із активованого вугілля, воздушний фільтр та всі необхідні компоненти для його роботи, які зображені на рисунку 2.13. Повітря всмоктується вентиляторами та проходить через фільтр, що виходить з пристрою очищеним через повітряний фільтр. Такий пристрій можна використовувати для очищення повітря у невеликих приміщеннях, таких як кімнати або офіси. [10; 11]

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

3.1 Пожежна безпека на підприємстві

Горіння – екзотермічна реакція окислення речовини, яка супроводжується виділенням диму та виникненням полум'я або світінням. Для виникнення горіння необхідна одночасна наявність трьох чинників – горючої речовини, окисника та джерела запалювання. При цьому, горюча речовина та окисник повинні знаходитися в необхідному співвідношенні один до одного і утворювати таким чином горючу суміш, а джерело запалювання повинно мати певну енергію та температуру, достатню для початку реакції. Горючу суміш визначають терміном “горюче середовище”.

Це – середовище, що здатне самостійно горіти після видалення джерела запалювання. Горючі суміші, залежно від співвідношення горючої речовини та окисника, поділяються на бідні і багаті. За походженням та деякими зовнішніми особливостями розрізняють такі форми горіння:

- спалах – швидке загоряння горючої суміші під впливом джерела запалювання без утворення стиснутих газів, яке не переходить у стійке горіння;
- займання – стійке горіння, яке виникає під впливом джерела запалювання;
- спалахування – займання, що супроводжується появою полум'я;
- самозаймання – горіння, яке починається без впливу джерела запалювання;

- самоспалахування – самозаймання, що супроводжується появою полум'я;
- тління – горіння без випромінювання світла, що, як правило, розпізнається за появою диму.

Залежно від агрегатного стану й особливостей горіння різних горючих речовин і матеріалів пожежі поділяються на відповідні класи та підкласи: клас А – горіння твердих речовин, що супроводжується (підклас А1) або не супроводжується (підклас А2) тлінням; клас В – горіння рідких речовин, що розчиняються (підклас В1) та не розчиняються (підклас В2) у воді; клас С – горіння газів; клас Д – горіння металів легких, за винятком лужних (підклас Д1), лужних (підклас Д2), а також металовмісних сполук (підклас Д3); клас Е – горіння електроустановок під напругою. [12]

Пожежовибухонебезпека речовин і матеріалів визначається їх властивостями щодо схильності до горіння, обмеження поширення вогню та здатності до гасіння. Речовини поділяються на негорючі (наприклад, мінеральні матеріали), важкогорючі (які можуть тліти або обвуглюватись, але не горять самостійно) та горючі (здатні самозайматися і горіти після видалення джерела запалювання). Кількісні та якісні критерії пожежної безпеки враховують умови формування горючого середовища, потенційні джерела запалювання та можливість розповсюдження вогню.

Таблиця 3.1 - Основні показники, що характеризують пожежонебезпечні властивості речовин різного агрегатного і дисперсного стану

Агрегатний (дисперсний) стан речовини	Показники пожежонебезпеки						
	$t_{сп}$	$t_{займ}$	$t_{сзайм}$	НКМПП	ВКМПП	$t_{нкмпп}$	$t_{вкмпп}$
Тверда речовина	-	+	+	-	-	-	-
Рідини	+	+	+	+	+	+	+
Гази	-	-	+	+	+	-	-
Пил	-	+	+	+	-	-	-

Таблиця містить значення температур спалаху ($t_{сп}$), займання ($t_{займ}$) та самозаймання ($t_{сзайм}$) різних речовин у різних агрегатних станах.

НКМПП і ВКМПП визначають межі концентрацій горючої речовини у суміші з окиснювачем, при яких можливе поширення полум'я від джерела запалювання. Ці межі також залежать від температур матеріалу, коли його пари чи горючі леткі речовини утворюють у окислювальному середовищі концентрації, що відповідають цим межам. Суміші з горючою речовиною, що містяться в межах поза НКМПП чи ВКМПП, не згорять через недостатність горючої речовини або окиснювача. Наявність негорючих діапазонів концентрацій дозволяє вибирати безпечні умови для зберігання, транспортування та використання матеріалів, що мінімізує ризик пожежі чи вибуху. [13]

3.2 Джерела, шляхи і засоби забезпечення пожежної безпеки об'єктів господарювання

Пожежна безпека забезпечується наступними системами (рис. 3.1):

- система попередження пожежі;
- система протипожежного захисту;
- організаційно-технічні заходи.

Для забезпечення необхідного рівня пожежної безпеки об'єкту важливо передусім визначити рівень вибухопожежонебезпеки. Це вимагає аналізу речовин та матеріалів, що знаходяться на об'єкті, з оцінкою їх кількості та специфіки виробництва. Методика аналізу вибухопожежонебезпеки включає виявлення умов формування горючого середовища, потенційних джерел запалювання, умов виникнення контакту горючого середовища з джерелом запалювання, умов розповсюдження вогню та масштабів можливої пожежі. Для об'єктивної оцінки існують два підходи: ймовірнісний (заснований на концепції допустимого ризику) і детермінований.

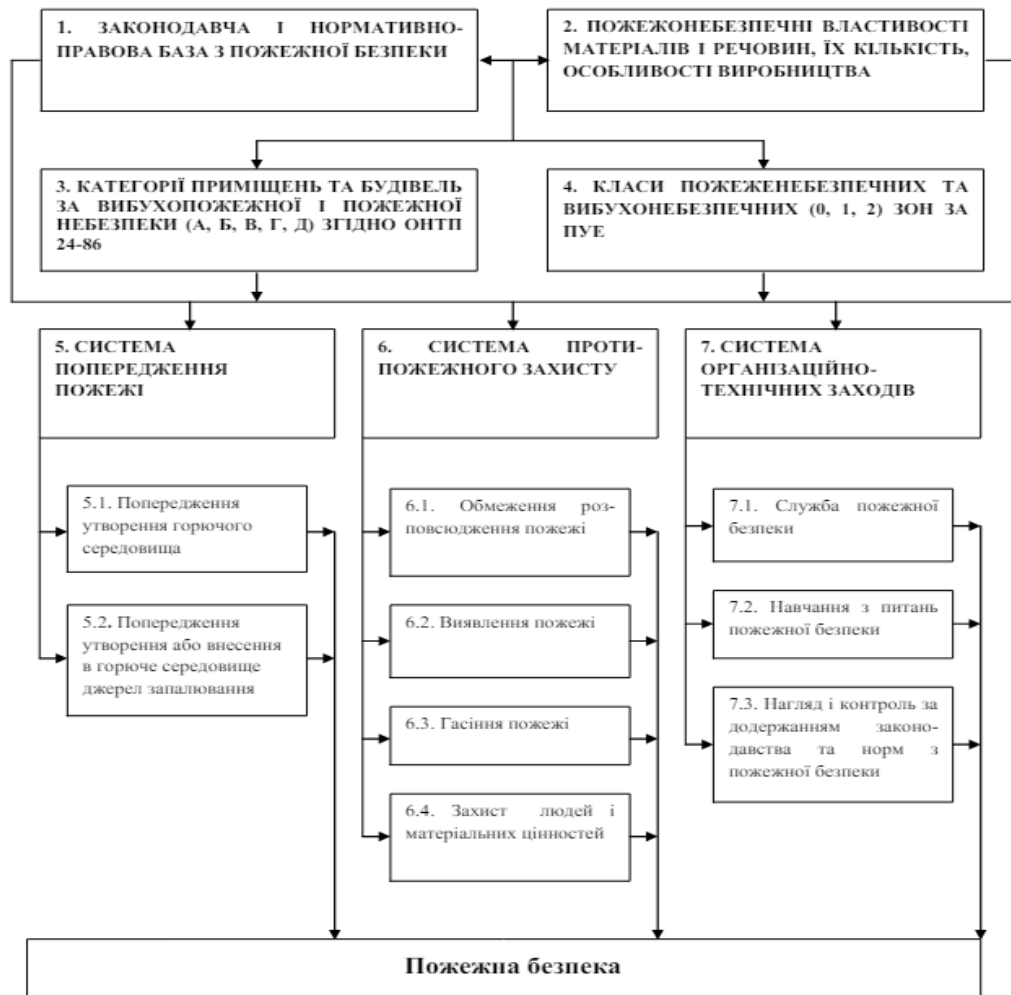


Рисунок 3.1 - Схема забезпечення пожежної безпеки об'єкту

Для визначення пожежної небезпеки приміщень використовується детермінований підхід, що базується на розподілі об'єктів за ступенем небезпеки. Цей підхід визначає категорії приміщень залежно від кількості та властивостей пожежонебезпечних речовин і технологічних процесів на об'єкті. Відповідно до НАПБ Б.03.002-2007 існують п'ять категорій: А, Б, В, Г, Д, які визначаються якісними та кількісними критеріями вибухопожежної небезпеки. Після визначення категорій приміщень встановлюється загальна категорія будівлі, що враховує відсоток площі приміщень відповідних категоріям. На основі цієї оцінки приймаються рішення щодо планування і заходів з профілактики пожеж.

Класифікація пожежонебезпечних та вибухонебезпечних зон згідно з ДНАОП 0.00-1.32-01 може бути загальною для всього приміщення або різною в окремих його частинах. Пожежонебезпечна зона – це простір, де знаходяться

горючі речовини, які потребують спеціальних заходів для електрообладнання.

Зони поділяються на чотири класи:

- **П-I:** приміщення з горючими рідинами, що мають температуру спалаху більше $+61^{\circ}\text{C}$.
- **П-II:** приміщення з накопиченням горючого пилу або волокон з концентраційною межею спалахування більше 65 г/м^3 .
- **П-IIa:** приміщення з твердими горючими речовинами та матеріалами.
- **П-III:** зовнішні простори з горючими рідинами, пилом, волокнами або твердими горючими речовинами.

Вибухонебезпечна зона – це простір, де можуть утворюватися вибухонебезпечні суміші. Клас зони визначають технологи з електриками проектної або експлуатаційної організації. Газо-пароповітряні середовища утворюють вибухонебезпечні зони класів 0, 1, 2, а пилоповітряні – класів 20, 21, 22. Зони, де спалюються горючі речовини, не належать до пожежонебезпечних та вибухонебезпечних зон, як і зони до 5 м від апаратів з відкритим вогнем чи нагрітими поверхнями.

Вибір електроустаткування здійснюється за вимогами ДНАОП 0.00-1.32-01, залежно від класу зони. Устаткування повинно мати відповідне маркування вибухозахисту і ступеня захисту оболонки. Визначення категорії приміщення та класу зони з вибухопожежонебезпеки є важливим результатом аналізу, який виявляє джерела можливого спалахування і розробляє заходи для забезпечення пожежної безпеки об'єкта. [13]

Забезпечення пожежної безпеки об'єкту

ПБ об'єкту забезпечується за трьома напрямками: 1 – попередження пожежі; 2 – протипожежний захист; 3 – організаційні заходи.

Система попередження вибухів і пожеж (рис. 3.1, блоки 5, 5.1, 5.2) базується на усуненні одного з трьох чинників: горючої речовини, окиснювача або джерела запалювання. Згідно ГОСТ 12.1.004-91, попередження утворення горючого середовища досягається наступними заходами:

- Використання негорючих матеріалів.
- Обмеження маси та об'єму горючих речовин.
- Ізоляція горючого середовища.
- Підтримання безпечної концентрації середовища.
- Використання флегматизаторів.
- Контроль температури та тиску.
- Механізація та автоматизація процесів.
- Розміщення устаткування в ізольованих приміщеннях.
- Захист устаткування від пошкоджень.
- Видалення пожежонебезпечних відходів.
- Використання пожежонебезпечних миючих засобів.

Основні джерела запалювання включають: відкритий вогонь, розжарені продукти, тепловий прояв електричної та механічної енергії, хімічні реакції, сонячну та ядерну енергію. Попередження утворення джерел запалювання досягається шляхом:

- Використання безпечних машин та устаткування.
- Використання засобів захисного відключення.
- Влаштування блискавкозахисту та заземлення.
- Використання статично безпечного устаткування.
- Контроль температури нагрівання.
- Виключення іскрових розрядів.
- Використання безіскрового інструменту.
- Ліквідація умов самозаймання.
- Виконання стандартів пожежної безпеки.
- Використання електроустаткування, що відповідає вимогам ДНАОП 0.00-1.32-01.

Система протипожежного та противибухового захисту (див. рис. 3.1, блоки 6, 6.1-6.4) спрямована на обмеження поширення пожеж і вибухів, їх

виявлення та ліквідацію, а також захист людей і матеріальних цінностей.

Основні завдання:

- **Виявлення та інформування:** швидке виявлення займання та інформування персоналу за допомогою систем пожежної сигналізації (див. рис. 3.1, блок 6.2), відповідно до категорії вибухопожежонебезпеки за НАПБ Б.03.002-2007.

- **Пожежна сигналізація:** повинна швидко виявляти пожежу, передавати сигнал на приймально-контрольний прилад і пункт приймання сигналів про пожежу, активувати стаціонарні системи пожежогасіння та забезпечувати самоконтроль.

- **Гасіння пожежі:** забезпечення умов для швидкого та ефективного гасіння пожежі (див. рис. 3.1, блок 6.3). Використання первинних засобів пожежогасіння (вогнегасники, пожежний інвентар) і стаціонарних систем (спринклерні, дренчерні установки, САМ).

- **Стаціонарні установки:** спринклерні або дренчерні системи використовують воду, піну або гази для гасіння пожеж. САМ (Системи Автоматичні Модульні) використовують вогнегасні порошки, активуються тепловим замком при досягненні певної температури.

Ці заходи забезпечують ефективний протипожежний захист об'єктів без участі людини.



Рисунок 3.2 - Загальний вид автоматичних модульних систем

Вибір та кількість первинних засобів пожежогасіння визначаються категорією вибухопожежонебезпеки приміщень та їх площею. Гасіння пожеж в електроустановках (ЕУ) може виконуватись після відключення ЕУ або під напругою. Пожежі в ЕУ під напругою до 1 кВ гасяться порошковими та

вуглекислотними вогнегасниками, при напрузі до 10 кВ – лише порошковими, з відстанню від насадки не менше 1 м від струмопровідних частин.

Обмеження поширення пожежі (див. рис. 3.1, блок 6.1) включає:

- Запобігання розливу пожежонебезпечної рідини;
- Використання вогнеперешкоджуючих пристроїв;
- Вогнестійкість будівельних конструкцій;
- Використання негорючих матеріалів для оздоблення;
- Використання антипіренів;
- Дотримання протипожежних відстаней та перешкод;
- Автоматичні установки пожежогасіння.

Захист людей при пожежі здійснюється через евакуацію, яка проводиться через безпечні шляхи до евакуаційних виходів. Евакуаційні виходи ведуть:

- З першого поверху безпосередньо назовні або через коридор, сходову клітку;
- З інших поверхів до коридору, що веде на сходову клітку або вихід назовні.

Двері на шляхах евакуації повинні відчинятися за напрямком виходу, мінімальна ширина – 0,8 м. Для забезпечення організованої евакуації потрібні інструктаж та навчання персоналу, а також плани евакуації, що включають графічну та текстову частини. План евакуації позначає шляхи руху, місця розташування засобів оповіщення та пожежогасіння.

Протидимний захист включає обмеження розповсюдження диму, ізоляцію місць пожежі та примусове видалення диму. Служба пожежної безпеки (СПБ) координує та контролює протипожежні заходи. Навчання з питань пожежної безпеки повинно проводитися безперервно на всіх етапах навчання та трудової діяльності. [14]

3.3 Вимоги до освітлення на виробництві

Природне освітлення, особливо його ультрафіолетова частина, важливе для здоров'я людини: воно стимулює біохімічні процеси, покращує обмін речовин, загартовує тіло і має протибактерицидну дію. У разі недостатнього природного освітлення використовуються джерела з підвищеною ультрафіолетовою складовою, як-от еритемні лампи.

Основні вимоги до виробничого освітлення:

- Освітленість має відповідати характеру роботи.
- Рівномірність та постійність освітленості.
- Відсутність засліплювальної дії.
- Відсутність глибоких тіней на робочій поверхні.
- Достатній контраст для розрізнення деталей.
- Безпека та надійність експлуатації.

Види виробничого освітлення:

1. Природне (сонячне та розсіяне світло).
2. Штучне (електричні джерела світла).
3. Суміщене (природне доповнене штучним).

Природне освітлення:

- Сприятливо впливає на організм, знезаражує повітря.
- Має психологічний ефект.
- Недоліки: непостійність, нерівномірний розподіл, можливе засліплення.

Штучне освітлення:

- Використовується при недостатньому природному світлі.
- Буває загальним і комбінованим (загальне + місцеве).
- За призначенням поділяється на робоче, аварійне, евакуаційне, охоронне та чергове.

Найменша освітленість регламентується нормами і залежить від характеру роботи. Неправильне освітлення може викликати втому очей, зниження продуктивності та підвищення ризику нещасних випадків. Надмірна

яскравість може призвести до головного болю та тимчасового засліплення. Виробниче освітлення повинне відповідати зазначеним вимогам для створення сприятливих умов роботи. [12]

3.4 Методи регулювання якості повітряного середовища

Методи регулювання параметрів повітряного середовища є важливою складовою стратегії управління навколишнім середовищем. Важливими є механізація, автоматизація та дистанційне керування виробничими процесами для захисту від шкідливих речовин і теплового випромінювання.

Методи керування якістю повітря класифікуються за рівнем значимості:

Глобальний рівень:

- «Безвідходні» технології.
- Нові види палива та енергії.
- Міжнародне квотування викидів.
- Міжнародні екологічні угоди.

Регіональний рівень:

- Вибір території для промислових об'єктів.
- Ліцензування діяльності, квотування викидів, штрафи, страхування екологічних ризиків, пільги.
- Встановлення гранично допустимих концентрацій і викидів, нормування технологічних викидів, інвентаризація викидів.
- Вибір технологій та палива, ефективні методи очищення та уловлювання забруднень.

Рівень підприємств:

- Зниження викидів на джерелі утворення.
- Автоматизація процесів, герметизація обладнання, очищення забрудненого повітря, вентиляція, контроль якості повітря.

- Відбір персоналу та контроль стану його здоров'я.

На робочому місці:

- Герметизація робочого місця, створення нормальних параметрів повітряного середовища.

- Засоби індивідуального захисту, організаційні методи роботи.

Для сучасних підприємств найпоширенішим методом впливу на атмосферу є вентиляція приміщень, локалізація джерел викидів та очищення забрудненого повітря (аспірація). [13]

3.5 Системи засобів і заходів щодо електробезпеки

Системи електробезпеки включають різноманітні методи та засоби захисту від електричних небезпек. Основні категорії включають:

Засоби електрозахисту:

- **Ізоляція:** Електрична і подвійна ізоляція для захисту проводів та компонентів.
- **Заземлення:** Робоче та захисне заземлення для відводу електричних зарядів.
- **Захист від перенапруг:** Громовідвід та захисні пристрої для імпульсних перенапруг.

Заходи електробезпеки:

- **Організаційні заходи:** Навчання персоналу, регулярна перевірка та обслуговування.
- **Технічні заходи:** Використання автоматичних вимикачів, захисних реле.
- **Огляд і контроль:** Періодичні огляди, вимірювання опору ізоляції.

Засоби захисту:

- **Індивідуальний захист:** Діелектричні рукавиці, килимки, спеціальний одяг і взуття.

- **Коллективний захист:** Бар'єри, сигналізація та маркування.

Нормативні документи і стандарти: Правила улаштування електроустановок (ПУЕ) та державні стандарти (ДСТУ).

Ці заходи спрямовані на забезпечення безпеки людей і обладнання від потенційних небезпек, пов'язаних з електричним струмом. [14]

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Основна мета при розробці пристрою полягає у забезпеченні його стабільності та надійності при виконанні основних завдань. Пристрій відображає параметри та якість повітря на дисплеї, дозволяючи користувачам отримувати необхідну інформацію в режимі реального часу. Завдяки 5-вольтовому блоку живлення, прилад продовжує працювати без перебоїв навіть у випадках відключення електропостачання, що забезпечує його неперервну роботу та надійність в умовах нестабільного енергопостачання.

Датчик якості повітря CCS811 призначений для точного вимірювання загальної кількості летких органічних сполук (TVOC) у межах від 0 до 32768 частинок на мільярд частин повітря. Він надає точні дані вимірювань, які дозволяють оцінити рівні летючих органічних речовин у середовищі.

Прилад аналізує статистику забруднення повітря та відображає графіки з відповідними даними, дозволяючи відстежувати зміни якості повітря в реальному часі. Вентилятори, які працюють від 5 В, гарантують енергоефективну роботу приладу.

Рекомендується провести додаткові дослідження для забезпечення стабільного використання приладу. Такі дослідження можуть включати тестування приладу в різних умовах експлуатації, оцінку його продуктивності та надійності, а також можливість інтеграції з іншими системами контролю мікроклімату. Крім того, варто розглянути варіанти підвищення енергоефективності та додавання нових функцій, таких як автоматичне налаштування режимів роботи в залежності від рівня забруднення повітря.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Ляшенко О., Мартинюк О. Моделювання та дослідження електронних пристроїв: навч. посібник. Луцьк: Східноєвроп. нац. ун-т ім. Лесі Українки, 2013. 217 с.
2. Сухаревський В. Г., Білоус О. В., Сергієнко В. О. Автоматизована система контролю та управління параметрами мікроклімату: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції "Сучасні проблеми електроніки та технологій". Київ. 2019. 35-38 с.
3. Дудикевич В.Б., Кеньо Г.В., Петрович І.В. Електроніка та мікросхемотехніка. Частина І: Електроніка: навчальний посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2010. 204 с.
4. Верьовкін Л.Л., Світанько М.В., Кісельов Є.М., Хрипко С.Л. Цифрова схемотехніка: підручник. Запоріжжя : ЗДА, 2016. 214 с.
5. Рябенький В.М., Жуйков В.Я., Гулий В.Д.. Цифрова схемотехніка: навч. посібник. Львів : "Новий Світ-2000", 2019. 736 с. ISBN 978-966-418-067-9.
6. Назаров О.М., Нищенко М.М. Наноструктури і нанотехнології. Київ: НАУ, 2016. 69с.
7. Готра З.Ю. Фізичні основи електронної техніки. Львів: Бескид Біт, 2017. 217 с.
8. Матвійків М.Д. Елементна база електронних апаратів. Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка, 2007. 428 с.
9. Воробйова О.М., Панфілов І.П., Савицька М.П., Флейта Ю.В. Електроніка та мікросхемотехніка: підручник. Одеса: ОНАЗ, 2015. 298 с.
10. Кожем'яко В. П., Гаркушевський В. С., Петрук В. Г. Оптиелектронні системи і пристрої. Навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2005. 100 с.
11. Жеребцов І.П. Основи електроніки. К.: Енергоатом вид., 2015. 128 с.
12. Куріс Ю.В., Белоконь К.В., Рижков В.Г. Основи охорони праці:

навч. посібник. Запоріжжя: ЗДІА, 2015. 180 с.

13. Васійчук В.О., Гончарук В.Є., Качан С.І., Мохняк С.М. Основи цивільного захисту: Навч. Посібник. Львів, 2010. 384 с.

14. Про охорону праці: Закон України від 14.10.1992 № 2694-ХІІ.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>

Додаток В

УДК 621.38

Ніконова А.О., к.т.н., доцент кафедри електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю.М. Потебні ЗНУ, м. Запоріжжя

Ключко А.В., студент 4 курсу спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка» Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю.М. Потебні ЗНУ, м. Запоріжжя

ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯ

Постійне зростання кількості хворих на респіраторні захворювання, а також алергію, астму та інші захворювання – не дивлячись на розвиток медичних технологій – свідчить про те, що забруднене повітря становить реальну загрозу здоров'ю. Проблема забруднених повітряних потоків актуальна не тільки для приміщень у повсякденному житті, але також і для промислових умов проведення технологічних процесів, лабораторних досліджень. Існує багато видів систем для очищення повітря в приміщенні, якість та зручність яких можна оцінити за наявністю датчиків та пристроїв контролю якості очистки. Розробка та вдосконалення приладів для захисту повітря від забруднювачів, таких як алергени, бактерії, віруси та запахи є важливим напрямом досліджень [1].

Структурна схема, представлена на рисунку 1, призначена для відображення загальної структури пристрою, тобто його основних блоків, вузлів, частин та головних зв'язків між ними [2].

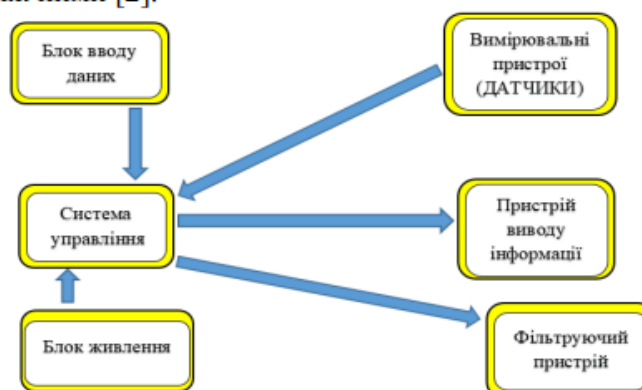


Рисунок 1 – Загальна структурна схема пристрою для очищення повітря.

В результаті проведених досліджень була розроблена система з блоком виводу даних виконує, що виконує функцію введення поточного часу або зміни режимів роботи та включає тихий режим та режим активної очистки.

Контроль забруднення та інших параметрів навколишнього середовища відбувається за допомогою датчиків газу, температури та вологості, де вимірювання вологості та концентрації газів у повітрі відбувається шляхом взаємодії з основою, що змінює свою ємність в залежності від вологості повітря, або вимірювання електричної провідності повітря, яка змінюється залежно від концентрації повітря, тощо.

Проаналізувавши забруднення в повітрі, визначено, що в повітрі міститься велика кількість частинок пилу, сажі, диму, металевого пилу, вірусів і бактерій. Щоб забезпечити видалення частинок з повітря, можна використовувати HEPA-фільтр (High Efficiency Particulate Air), який ефективно усуває 99,97% частинок розміром 0,3 мікрона.

Передача даних до мікроконтролера Atmega 328 P забезпечує обробку інформації, керування та взаємодію з модулем дисплея для відображення інформації з можливістю передачі даних через WiFi модуль в мережу і інформування на відстані.

Пристрій виводу інформації за допомогою точкової світлодіодної матриці забезпечує візуалізацію інформації про стан повітря та попередження користувачів про погіршення якості повітря.

У роботі розглянуті основні методи поліпшення та розширення можливостей системи для очистки повітря за допомогою додавання приладів введення та виведення даних. Підключення до мережі Інтернет дозволяє користувачам отримувати доступ до даних про якість повітря в реальному часі, керувати приладом віддалено та автоматично виявляти і усувати несправності, здійснювати регулярне технічне обслуговування для безперебійної роботи приладу.

Література

1. Ляшенко О., Мартинюк О. Моделювання та дослідження електронних пристроїв: навч. посібник. Луцьк: Східноєвроп. нац. ун-т ім. Лесі Українки, 2013. 217 с.
2. Проектування мікропроцесорних систем керування: навчальний посібник/ І.Р. Козбур та ін. Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2022. 324с.

Ключко А.В
Студент 4 курсу
Інженерного навчального інституту ім. Ю.М. Потєбні
Наук. кер.: к.т.н., доц. Ніконова А.О.

РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯ

Проблема забрудненого повітря стає все більш актуальною в сучасному світі. Розвиток медичних технологій не завжди забезпечує повний захист від негативних наслідків забруднення повітря. Наявність різних видів систем очищення повітря, розроблених для вирішення цієї проблеми, свідчить про активний інтерес до цього напрямку.

Сучасні системи очищення повітря можуть включати в себе різноманітні датчики, які вимірюють рівень забруднення повітря і автоматично регулюють роботу очисних пристроїв. Деякі пристрої мають спеціальні фільтри або іонізатори, які допомагають у боротьбі зі шкідливими речовинами[1].

Розвиток Інтернету речей (IoT) відкриває нові можливості для створення розумних систем очищення повітря. Завдяки підключенню до мережі Інтернет, такі пристрої можуть автоматично аналізувати дані про якість повітря, взаємодіяти з іншими пристроями та надсилати корисну інформацію користувачам через мобільні додатки.

Розробка конкурентоспроможних автоматичних систем очищення повітря, які адаптуються до умов приміщення та потреб користувачів, підвищуючи ефективність очистки та забезпечуючи оптимальні умови навколишнього середовища, стає важливим завданням для розвитку цього напрямку[2].



Рисунок 1 – Порівняльний аналіз основних характеристик існуючих систем очищення відомих виробників

Аналіз існуючих системи очищення трьох відомих виробників за їх основними характеристиками надає можливість визначити напрями вдосконалення методів очищення та розробки приладу з розширеними функціональними можливостями (рис.1).

Основними параметрами для розробки конкурентоспроможного приладу є ефективність очищення повітря, розширені функціональні можливості, а також ціна. Важливо забезпечити баланс між ціною та якістю. Для досягнення успіху в даному ринковому сегменті, необхідно звернути увагу на покращення функціоналу, ефективність навігаційної системи, збільшення потужності та площі обслуговування, використання високоякісних матеріалів та розробку нових моделей з розширеними характеристиками та функціями для задоволення потреб різних груп споживачів.

Крім того, важливим аспектом є розробка енергоефективних систем очищення повітря, що дозволить зменшити споживання електроенергії та зменшити екологічний вплив таких пристроїв. Такі системи можуть використовувати сучасні технології енергозбереження та матеріали, що мінімізують вплив на навколишнє середовище.

Підключення до мережі Інтернет дозволить користувачам отримувати доступ до даних про якість очищення в реальному часі, керувати приладом віддалено та автоматично виявляти і усувати несправності, здійснювати регулярне технічне обслуговування для безперебійної роботи приладу.

Література

1. Методи та засоби автоматизації енергоефективних систем очищення повітря / Автори: Іванов І.І., Петров П.П. // "Енергоефективність та ресурсозбереження". – 2018. – № 2. – С. 45-52. - Київ.
2. Розробка системи моніторингу та управління енергоефективними очисними установками / Автори: Сидоренко С.С., Коваленко К.К. // "Енергетика та енергозбереження". – 2020. – № 3. – С. 67-74. - Львів.
3. Вплив впровадження автоматизованих систем очищення повітря на енергоефективність виробничих підприємств / Автори: Кравченко К.К., Шевченко Ш.Ш. // "Економіка та енергетика". – 2016. – № 5. – С. 89-96. - Одеса.