

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Методи та комп'ютеризовані засоби дистанційного моніторингу
концентрації пилу в повітрі

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи СІМ-62
спеціальності _____

123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Романчук Р.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Паламар А.М.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Тили Є.В.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Осухівська Г.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Осухівська Г.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«___» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

студенту Романчуку Роману Олексійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Методи та комп'ютеризовані засоби дистанційного моніторингу концентрації пилу в повітрі

Керівник роботи Паламар Андрій Михайлович, к.т.н., доцент

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

Затверджені наказом ректора від «1» грудня 2023 року № 4/7-1132

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20.12.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи Наукові літературні джерела, мова програмування C++

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ.

1. Аналіз досліджень у сфері вимірювання концентрації пилу в повітрі.

2. Методи дистанційного моніторингу концентрації пилу в повітрі.

3. Реалізація методів та засобів віддаленого контролю концентрації пилу в повітрі.

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

Висновки.

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

1. Тема кваліфікаційної роботи, актуальність.

2. Мета і завдання дослідження.

3. Об'єкт і предмет дослідження та наукова новизна.

4. Структурна схема системи.

5. Схема електричних з'єднань.

6. Блок-схема алгоритму роботи.

7. Результати роботи системи.

8. Висновки.

АНОТАЦІЯ

Методи та комп'ютеризовані засоби дистанційного моніторингу концентрації пилу в повітрі // Кваліфікаційна робота магістра // Романчук Роман Олексійович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних систем та мереж, група СІм-62 // Тернопіль, 2023 // с. – 73, рис. – 33, табл. – 2, аркушів А1 – 8, додат. – 1, бібліогр. – 37.

Ключові слова: концентрація пилу, Інтернет речей, дистанційний моніторинг, мікроконтролер, давач.

Кваліфікаційна робота присвячена вивченню методів та комп'ютеризованих засобів дистанційного моніторингу концентрації пилу в повітрі. У роботі детально розглядаються сучасні технології та прилади, призначені для вимірювання рівнів пилу в атмосферному повітрі. Здійснюється аналіз та порівняння різноманітних методів та комп'ютеризованих систем для вимірювання та моніторингу концентрації пилу в повітрі. Виконується розробка апаратно-програмних комп'ютеризованих засобів для дистанційного моніторингу концентрації пилу. Робота досліджує сучасні тенденції у розробці програмного забезпечення та апаратних засобів для збору даних, їхню точність та можливості інтеграції з хмарними платформами.

ANNOTATION

Methods and computerized tools for remote monitoring of dust concentration in the air // Master's graduation thesis // Romanchuk Roman // Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Faculty of Computer Information System and Software Engineering, Department of Computer Systems and Networks, group CIm-62 // Ternopil, 2023 // p. – 73, fig. – 33, tabl. – 2, sheets A1 – 8, addit. – 1, bibliography – 37.

Keywords: dust concentration, Internet of things, remote monitoring, microcontroller, sensor.

The qualification work is dedicated to the study of methods and computerized tools for remote monitoring of airborne dust concentration. The paper provides a detailed examination of modern technologies and devices designed for measuring dust levels in the atmospheric air. An analysis and comparison of various methods and computerized systems for measuring and monitoring dust concentration in the air are conducted. The development of hardware and software computerized tools for remote monitoring of dust concentration is implemented. The work explores contemporary trends in the development of software and hardware tools for data collection, their accuracy, and integration capabilities with cloud platforms.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У СФЕРІ ВИМІРЮВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ПИЛУ В ПОВІТРІ.....	10
1.1. Аналіз застосування систем моніторингу концентрації пилу в повітрі	10
1.2. Огляд сучасних методів вимірювання концентрації пилу в повітрі	12
1.3. Критичний аналіз досліджень у галузі вимірювання та моніторингу концентрації пилу в атмосферному повітрі.....	14
1.4. Аналіз існуючих технологій та приладів для дистанційного моніторингу концентрації пилу в повітрі.....	18
1.5. Висновки до розділу 1	22
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ КОНЦЕНТРАЦІЇ ПИЛУ В ПОВІТРІ	23
2.1. Вплив пилу на організм людини	23
2.2. Теоретичні основи вимірювання концентрації пилу	24
2.3. Класифікація методів вимірювання концентрації пилу.....	28
2.4. Опис запропонованого методу вимірювання концентрації пилу.....	30
2.5. Використання IoT технологій для моніторингу концентрації пилу в повітрі...	32
2.6. Висновки до розділу 2	34
РОЗДІЛ 3 РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ВІДДАЛЕНОГО КОНТРОЛЮ КОНЦЕНТРАЦІЇ ПИЛУ В ПОВІТРІ.....	35
3.1. Реалізація апаратної частини системи віддаленого контролю концентрації пилу в повітрі.....	35
3.2. Створення алгоритмічного та програмного забезпечення для системи дистанційного моніторингу концентрації пилу.....	40
3.3. Передача результатів моніторингу на хмарну IoT платформу.....	48
3.4. Аналіз отриманих результатів роботи системи дистанційного моніторингу концентрації пилу.....	53

3.5. Висновки до розділу 3	55
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	56
4.1. Охорона праці.....	56
4.2. Моделювання уразливості об'єкта економіки та його елементів до дії вторинних вражаючих факторів ядерного вибуху	58
4.3. Створення метеорологічних умов виробничого середовища користувачів ВДТ ЕОМ, ПЕОМ	60
4.4. Висновки до розділу 4.....	61
ВИСНОВКИ	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	63
Додаток А Тези конференцій.....	68

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ВКП – вимірювання концентрації пилу;

МК – мікроконтролер;

КП – концентрація пилу;

ОС – операційна система;

ПЗ – програмне забезпечення;

СМ – система моніторингу;

IoT – Internet of Things.

ВСТУП

Актуальність теми. Збільшення промислового виробництва, інтенсивне будівництво та інші антропогенні фактори стали джерелом значного погіршення якості повітря. Це явище, у поєднанні з недостатньою ефективністю існуючих систем моніторингу, робить проблему концентрації пилу в повітрі вкрай актуальною та вимагає розробки нових, більш ефективних засобів її вирішення.

Існуючі системи моніторингу, як правило, характеризуються статичністю та обмеженою функціональністю, що ускладнює доступ до реальних даних з віддалених місць. Традиційні методи моніторингу не завжди можуть забезпечити достатню ефективність та оперативність в реальному часі. Отже, необхідність вдосконалення систем моніторингу та впровадження нових, продуктивніших методів стає все більш нагальною.

Розробка комп'ютеризованих систем дистанційного моніторингу концентрації пилу в повітрі на основі інтернету речей (IoT) стає ключовим напрямком для вирішення цих завдань. Інтеграція сучасних технологій та аналіз даних у реальному часі надає можливість не лише ефективно вимірювати та моніторити концентрацію пилу, а й оперативно реагувати на зміни в екологічному стані.

Отже, у зв'язку зі зростанням обсягів забруднення повітря та необхідністю забезпечення надійного моніторингу його якості, розробка засобів для дистанційного контролю концентрації пилу в повітрі є критично важливою та актуальною задачею, яка вимагає уваги та наукових зусиль для її вирішення.

Мета і завдання дослідження. Мета цієї кваліфікаційної роботи полягає в розробці та впровадженні методів та засобів дистанційного моніторингу концентрації пилу в повітрі на основі інтернету речей для вирішення проблем ефективного та оперативного моніторингу якості повітря.

Задачі дослідження:

- провести огляд сучасних засобів моніторингу концентрації пилу в повітрі та визначити їх основні проблеми та недоліки;
- проаналізувати методи вимірювання концентрації пилу та визначити

оптимальний підхід до розробки проєктованої системи, забезпечуючи високу точність та ефективність моніторингу;

- спроектувати апаратну частину системи дистанційного моніторингу концентрації пилу в повітрі та створити схему взаємодії апаратних компонентів;
- написати програмне забезпечення для центрального мікроконтролера для реалізації алгоритмів обробки даних та їх відображення в інтерфейсі користувача;
- забезпечити можливість віддаленого доступу до даних через Інтернет за допомогою хмарної IoT-платформи.

Об'єкт дослідження – процес дистанційного моніторингу концентрації пилу в повітрі.

Предмет дослідження – методи та комп'ютеризовані засоби дистанційного моніторингу концентрації пилу в повітрі.

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Вперше розроблено та впроваджено апаратно-програмний комплекс, який, завдяки використанню бездротових технологій передачі даних, дав змогу здійснювати моніторинг рівня концентрації пилу дистанційно.

2. Удосконалено метод дистанційного моніторингу концентрації пилу в атмосферному повітрі, який за рахунок використання сучасних технологій Інтернету речей, дозволив підвищити швидкість збору даних про якість повітря.

Практичне значення одержаних результатів кваліфікаційної роботи полягає у можливості розробки та впровадження ефективних систем дистанційного моніторингу концентрації пилу в повітрі, що сприятиме підвищенню контролю над якістю повітря та покращенню екологічного стану довкілля.

Публікації. Результати дослідження апробовано на XII міжнародній науково-практичній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (Тернопіль, 6-7 грудня 2023 р.) та на XI науково-технічній конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» (Тернопіль, 13-14 грудня 2023 р.).

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У СФЕРІ ВИМІРЮВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ПИЛУ В ПОВІТРІ

1.1. Аналіз застосування систем моніторингу концентрації пилу в повітрі

Сучасні системи контролю концентрації пилу в повітрі знаходять широке застосування у різних галузях. Однією з ключових областей використання є промисловість, де вимірювання та моніторинг рівня пилового забруднення мають вирішальне значення для забезпечення безпеки працівників і збереження стану обладнання.

Значний інтерес до систем контролю пилу виникає у сфері екології, де точне вимірювання концентрації пилу в атмосферному повітрі є важливим для визначення впливу на навколишнє середовище та забезпечення дотримання екологічних стандартів. Застосування систем моніторингу концентрації пилу дозволяє вчасно виявляти джерела пиловиділення та місця, де концентрація пилу перевищує допустимі норми, що сприяє запобіганню забрудненню повітря та збереженню якості довкілля. Особливо важливим є застосування таких систем у місцях збереження природних екосистем.

Система моніторингу концентрації пилу дозволяє вчасно реагувати на будь-які зміни, що можуть негативно впливати на екосистеми. За допомогою цих систем можливе ретельне вивчення взаємодії пилового забруднення із природними елементами, такими як ґрунт, вода, рослини та тварини. Отримані дані можуть служити фундаментом для розробки стратегій збереження та відновлення природних ресурсів у відповідності із засадами сталого розвитку. Таким чином, системи моніторингу концентрації пилу в повітрі у сфері екології допомагають вирішувати проблеми забруднення довкілля та збереження природних ресурсів, сприяючи створенню ефективних стратегій управління екологічними ризиками.

Також, системи моніторингу концентрації пилу знаходять досить широке застосування у сфері будівництва, де важливо враховувати вплив будівельних робіт на якість повітря в навколишньому середовищі. Будівництво є однією з галузей, де концентрація пилу в повітрі може суттєво змінюватися через різноманітні процеси. Застосування систем моніторингу концентрації пилу в повітрі у будівництві виявляється особливо важливим у зв'язку із специфікою будівельних робіт та їхнім впливом на працівників та довкілля. Процеси руйнування та демонтажу будівель супроводжуються значним виділенням пилу в атмосферу. Системи контролю дозволяють наглядати за рівнем виділення пилу та вживати заходи для зниження його впливу на працівників та мешканців навколишнього району.

Використання систем вентиляції у будівельних об'єктах дозволяє зменшити концентрацію пилу в повітрі. Моніторинг рівня пилу допомагає оцінити ефективність вентиляційних систем та вчасно виявляти несправності. Використання пилогенеруючих матеріалів у будівництві може стати причиною збільшення концентрації пилу в повітрі. Системи моніторингу дозволяють визначити, які матеріали впливають на якість повітря та вживати заходів для їхньої заміни або обмеження використання. Контроль за рівнем пилу в повітрі є важливим аспектом забезпечення безпеки працівників. Вчасне виявлення підвищених концентрацій пилу дозволяє вживати заходів для зменшення ризиків для здоров'я. Всі ці аспекти демонструють значущість застосування систем моніторингу концентрації пилу в повітрі для оптимізації будівельних процесів.

Також системи контролю пилу можуть бути використані в аграрному секторі для визначення впливу сільськогосподарських робіт та процесів на рівень пилового забруднення. Сільське господарство здебільшого пов'язане з використанням різноманітних технологій, таких як обробка ґрунту, внесення добрив, обприскування тощо. Використання пестицидів у сільському господарстві може впливати на концентрацію пилу в повітрі через розпилення часток речовин у вигляді аерозолі. Системи моніторингу дозволяють вчасно виявляти та

контролювати розподіл пестицидів в атмосфері. Забезпечення безпеки працівників у сільському господарстві є пріоритетним завданням. Моніторинг рівня пилу в повітрі дозволяє вчасно виявляти можливі небезпеки та управляти їхнім впливом на працівників та навколишнє середовище. Системи контролю можуть служити інструментом для оптимізації сільськогосподарських процесів. Визначення оптимальних режимів роботи техніки та добрив може сприяти зменшенню впливу на якість повітря. Використання систем контролю концентрації пилу в аграрному секторі допомагає досягти балансу між сільськогосподарськими потребами та збереженням якості навколишнього середовища.

1.2. Огляд сучасних методів вимірювання концентрації пилу

Для вдосконалення систем моніторингу для забезпечення високої ефективності та точності отримання даних про якість повітря необхідно провести огляд сучасних методів вимірювання концентрації пилу. З метою уникнення негативного впливу пилу на здоров'я та навколишнє середовище, важливо визначати концентрацію пилу в реальному часі.

Одним із поширених методів є гравіметричний метод, який ґрунтується на зважуванні фільтра, на якому збираються частинки пилу. Цей метод дозволяє отримати вагову концентрацію, але має певні обмеження, такі як неможливість отримання даних в реальному часі та складнощі визначення розміру частинок.

Фотометричний метод вимірювання концентрації пилу базується на використанні оптичних властивостей частинок пилу для визначення їхньої концентрації. Основний принцип полягає в тому, що світловий потік, який проходить через повітряну суміш з частинками пилу, поглинається або розсіюється цими частинками, і це можна вимірювати для оцінки концентрації пилу. Повітряна суміш, яка містить пил, збирається для подальшого аналізу. Світло, яке проходить через збірник повітря, взаємодіє з частинками пилу. Вони можуть поглинати або

розсіювати світло в залежності від їхнього розміру, форми та оптичних властивостей. Фотометр або фотодетектор вимірює світловий потік, який виходить зі збірника. Зменшення або зміна світлового потоку свідчить про наявність частинок пилу. Вимірювання світлового потоку може бути конвертоване в концентрацію пилу в повітрі за допомогою калібрування приладу за відомими стандартами або порівнянням з результатами інших методів вимірювання. Переваги фотометричного методу включають високу чутливість та можливість вимірювання концентрації пилу в реальному часі. Однак важливо враховувати, що цей метод може бути чутливим до властивостей частинок, таких як їхня форма та оптичні характеристики, і вимагає точного калібрування для отримання надійних результатів.

Лічильний метод вимірювання концентрації пилу є одним із способів, що використовуються для оцінки якості повітря та рівня забруднення частинками пилу. Цей метод базується на підрахунку кількості частинок пилу у певному об'ємі повітря. Для його реалізації використовують спеціальний пристрій або мікроскопічний фільтр для збору проби повітря протягом певного періоду часу. Повітря прокачується через фільтр, який затримує частинки пилу. Розмір отриманих частинок може варіюватися від мікроскопічних до міліметрових. На наступному етапі відбувається підрухунок частинок пилу на фільтрі. Це може виконуватися вручну за допомогою мікроскопа або автоматизованими засобами. Кількість зібраних частинок порівнюється з об'ємом повітря, який прокачувався через фільтр, і обчислюється концентрація пилу в мікрограмах або міліграмах на кубічний метр. Лічильний метод має свої переваги, такі як висока чутливість до різних розмірів частинок, але він може бути досить трудомістким, особливо при великих обсягах повітря. Також важливо враховувати, що цей метод не завжди може розрізнити типи частинок або враховувати їхні хімічні властивості.

Електричні методи, зокрема електрична імпедансія та електростатичні методи, використовують взаємодію частинок пилу із статичним чи змінним

електричним полем. Ці методи можуть бути досить точними, але їх ефективність може залежати від електричних властивостей частинок.

Оптичні методи вимірювань, такі як дифузійні та розсіювальні методи, забезпечують швидкість та високу чутливість. Вони використовують властивості світла, яке розсіюється або поглинається частинками пилу. Однак такі методи можуть бути вразливими до впливу інших факторів, таких як вологість повітря чи тип видимого світла.

Аналізуючи сучасні методи вимірювання концентрації пилу в повітрі, слід звернути увагу на комплексність вимог, які ставляться до систем моніторингу в умовах промислових та комерційних об'єктів. Забезпечення надійності та швидкості вимірювань, а також можливості отримання даних в режимі реального часу, є ключовими факторами для успішного впровадження таких систем.

1.3. Критичний аналіз досліджень у галузі вимірювання та моніторингу концентрації пилу в атмосферному повітрі

Аналіз досліджень у галузі вимірювання та моніторингу концентрації пилу в атмосферному повітрі є важливим етапом у розробці нових технологій та систем, спрямованих на покращення якості повітря та забезпечення безпеки довкілля. Велика кількість наукових досліджень була проведена для вивчення різних аспектів цієї проблеми, і аналіз цих робіт може визначити напрямки подальших досліджень та вдосконалення існуючих методів.

Один із ключових аспектів, що вивчається в дослідженнях, – це точність та надійність вимірювань концентрації пилу. Різні методи вимірювань можуть давати різні результати, і розуміння, які фактори можуть впливати на точність, є критичним для розробки ефективних моніторингових систем.

Ряд досліджень також акцентують увагу на виборі оптимального методу вимірювань для різних умов та сфер застосування [1]. Наприклад, для промислових

об'єктів можуть бути важливі швидкість та ефективність вимірювань, тоді як для екологічних досліджень може бути важливою висока точність.

Дослідники також аналізують вплив різних факторів на результати вимірювань, таких як метеорологічні умови, тип пилу та особливості території на якій вимірюється його концентрація [2]. Це дозволяє зрозуміти, наскільки зміни умов можуть впливати на достовірність отриманих даних.

Крім того, у наукових працях акцентується увага на розробці нових технологій та інноваційних підходів до моніторингу концентрації пилу. Визначаються потреби у сферах, які можуть ефективно використовувати нові рішення та технології для покращення процесів моніторингу [3].

Критичний аналіз досліджень у цій галузі є необхідним етапом для визначення оптимальних рішень у розробці систем моніторингу концентрації пилу в повітрі.

Стаття [4] розглядає проблему вимірювання запиленості повітря та пропонує новий підхід до аналізу цього явища. Автори пропонують вдосконалений метод, використовуючи RGB-світлодіоди, для поліпшення точності вимірювань. Основний аспект статті полягає у використанні світлодіодів з трьома кольорами (червоний, зелений, синій) для аналізу пилових частинок у повітрі (рис. 1.1).

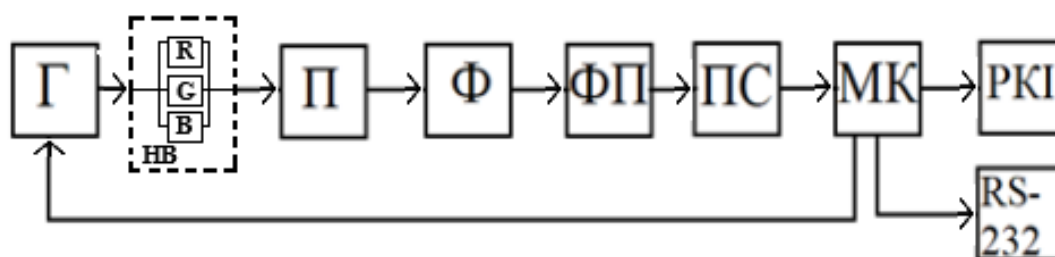


Рис. 1.1. Структура системи для вимірювання концентрації пилу з використанням RGB-світлодіодів

Цей підхід не лише забезпечує точніші вимірювання концентрації пилу, але також дозволяє отримувати статистику про наявність часточок пилу різного

діаметру та кольору. Використання RGB-світлодіодів вимагає внесення суттєвих змін у існуючі вимірювальні системи проте може бути перспективним напрямком для вирішення екологічних проблем, пов'язаних із запиленням повітря. Однак ця система не має можливості передавати результати вимірювання по бездротових каналах.

В роботі [5] презентується система миттєвого моніторингу якості повітря на основі архітектури IoT. Система використовує платформу Arduino UNO, а також датчики газу MQ135, MQ7 та датчик пилу для виявлення газів, таких як NO₂, CO та PM_{2.5}, та точного вимірювання їх кількості. Система може передавати дані в реальному часі в мобільний додаток, створений спеціально для цієї мети за допомогою Android Studio. Додаток відображає значення PPM та рівень якості повітря (рис. 1.2).

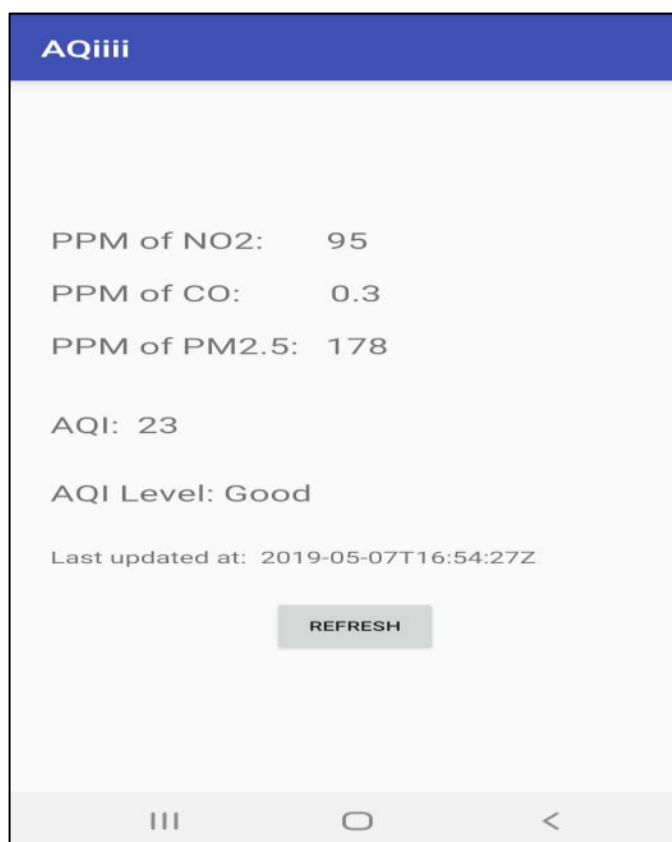


Рис. 1.2. Мобільний додаток для відображення результатів вимірювання концентрації пилу

Система може використовуватися для попередження в разі серйозного погіршення якості повітря, що дозволяє приймати вчасні заходи для запобігання цьому.

У статті [6] розглядається система моніторингу пилу, яка використовує бездротову мережу Wi-Fi mesh. Система включає бездротовий вузол, який містить датчик пилу, мікроконтролер STM32F103ZET6, модуль Wi-Fi в якості бездротового передавача та LCD-екран для інтерфейсу користувача (рис. 1.3). Датчик пилу використовує метод розсіювання світла для вимірювання концентрації пилових частинок у повітрі.

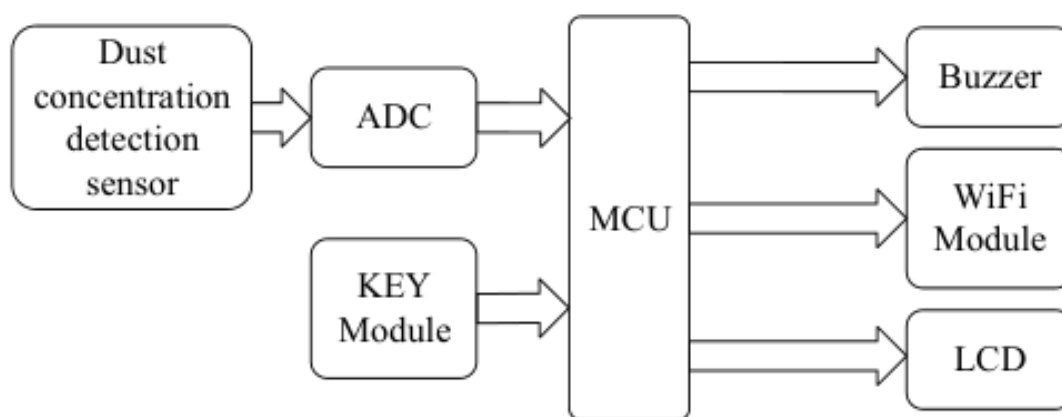


Рис. 1.3. Структура системи моніторингу пилу [6]

В ході практичних експериментів підтверджено ефективність запропонованої системи, де помилка вимірювання концентрації пилу становить 5%. Незважаючи на те, що дана система демонструє непогану точність вимірювання концентрації пилу, для деяких застосувань вона може бути недостатньою.

Автори статті [7] запропонували систему вимірювання концентрації пилу на основі технологій обробки зображень, що може з високою точністю використовуватися для аналізу забруднення повітря та виявлення закону розподілу концентрації пилу в виробничому цеху (рис. 1.4).

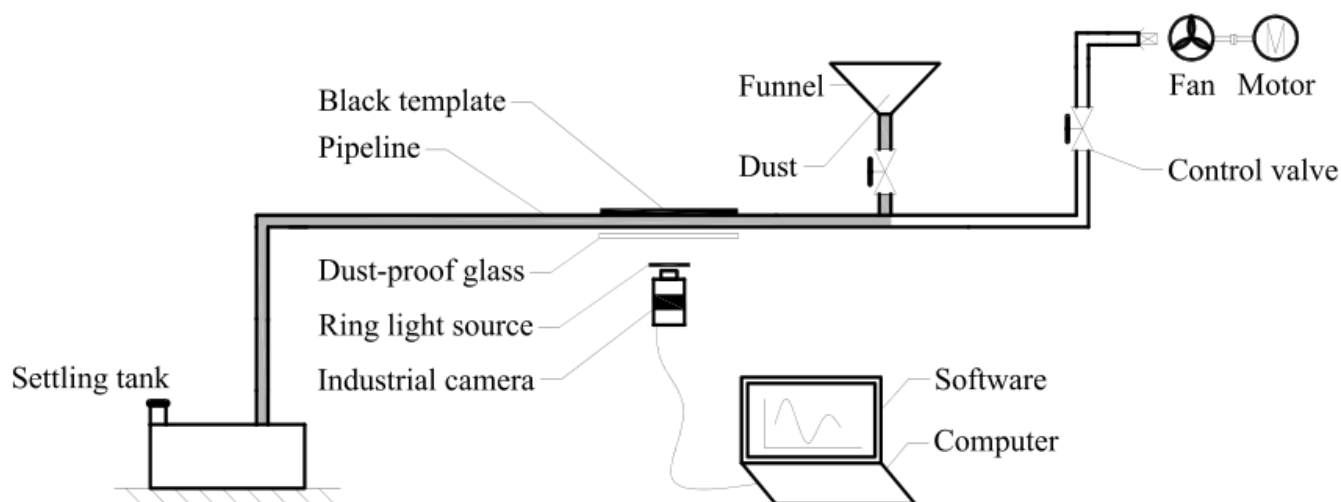


Рис. 1.4. Система вимірювання концентрації пилу на основі технологій обробки зображень

Також в статті пропонується метод розрахунку передачі зображення, який використовує ефект розсіювання атмосферного світла та ефект згасання частинками пилу. Експериментальні результати показують, що в запропонованій системі відносна похибка становить $\pm 3,0\%$, відносна невизначеність - $2,05\%$, кореляція - $0,99$, діапазон вимірювання - $0,5\text{--}1000\text{ мг/м}^3$, а період вимірювання – 2 с . Однак, автори вказують на необхідність оптимізації моделі для скорочення періоду вимірювань та покращення реального часу виконання, а також на створення бази даних різних типів пилу для розширення області застосування вимірювань.

1.4. Аналіз існуючих технологій та приладів для дистанційного моніторингу концентрації пилу в повітрі

Ключовим етапом у розробці ефективної системи моніторингу, спрямованої на забезпечення якості повітря та безпеки довкілля є аналіз існуючих технологій та приладів для дистанційного моніторингу концентрації пилу. На ринку існує ряд

засобів, які використовуються для вимірювань концентрації пилу, і вони мають свої переваги та обмеження.

Однією з широко використовуваних технологій є лазерні дифракційні прилади. Вони використовують лазерне випромінювання для розсіювання на частинках пилу, що дозволяє визначити їхній розмір та концентрацію. Лазерна дифракція може бути ефективною для вимірювань у реальному часі та використовується в промислових умовах.

Ще однією технологією є оптичні прилади, такі як фотометричні системи, які вимірюють інтенсивність світла, яке проходить крізь повітря. Такі системи можуть визначати концентрацію пилу на основі його оптичних характеристик.

Електричні методи також використовуються для вимірювань концентрації пилу. Наприклад, електричні імпедансні прилади використовують зміни електричної імпедансії при взаємодії із частинками пилу, що може бути показником їхньої концентрації.

Прилад NT-9600 Walcom для визначення рівня запиленості повітря – це портативний пристрій, призначений для оцінювання якості повітря на вулиці та в приміщеннях (рис. 1.5). Маючи можливість визначення вмісту інгаляційних частинок пилу PM10 та мікродисперсних відновлювальних часточок пилу PM2.5, він також вимірює відносну вологість й температуру повітря. Сфери застосування цього приладу включають такі галузі, як медицина, мікробіологія, виробництво прецизійного обладнання та електроніки [8].

Тестер використовує сучасні технології на базі високочутливих лазерних давачів, є простим у застосуванні, має високу точність вимірювань та невеликі розміри. Додатковими перевагами є автоматичне вимкнення після двох хвилин бездіяльності, наявність кольорового дисплею для відображення рівня забрудненості відповідно до встановленої діаграми, можливість збереження до двох тисяч записів, підключення через USB та тривалість роботи понад три години.



Рис. 1.5. Прилад NT-9600 Walcom для визначення рівня запиленості повітря

Недоліком приладу NT-9600 Walcom є його висока вартість, що може стати значним обмеженням для широкого кола користувачів. Ще одним обмеженням цього тестера є відсутність можливості передавати дані з використанням бездротових технологій. Це може ускладнити збір та обробку даних, а також взаємодію з іншими пристроями та системами для контролю якості повітря.

Прилад SEM DT-96 призначений для швидкого та точного вимірювання вмісту дрібних твердих часток пилу в повітрі (рис. 1.6). Він має два канали для вимірювання пилу розміром приблизно 2,5 мікрметра (PM_{2,5}) та 10 мікрметрів (PM₁₀). Окрім цього, пристрій також вимірює відносну вологість та температуру повітря [9].

Пристрій оснащений 2-дюймовим кольоровим рідкокристалічним TFT дисплеєм, що полегшує користування приладом. Завдяки гравіметричному методу вимірювання, пристрій надає точні результати вимірювання концентрації дрібнодисперсних часточок пилу.



Рис. 1.6. Прилад CEM DT-96 для вимірювання дрібних часток пилу

Серед особливостей варто відзначити можливість вимірювання масової концентрації PM10 і PM2.5, а також наявність інтерфейсу Bluetooth, годинника, аналогового індикатора та автоматичного вимкнення. Пристрій має роздільну здатність 1 мкг/м³ при вимірюванні концентрації часточок пилу.

Незважаючи на високу точність та ряд функціональних можливостей, важливими недоліками пристрою є його висока вартість та відсутність можливості передавати результати вимірювань безпосередньо на віддалений сервер, що може ускладнити збір та моніторинг даних.

При розробці системи дистанційного моніторингу концентрації пилу важливо враховувати нюанси кожного типу приладу та його придатність до конкретного застосування. Комплексний аналіз існуючих технологій дозволяє визначити оптимальний набір технічних характеристик для впровадження їх проєктованій системі.

1.5. Висновки до розділу 1

В першому розділі кваліфікаційної роботи проведено аналіз досліджень у сфері вимірювання концентрації пилу. Виявлено широкий спектр підходів і методів, використовуваних у сучасних дослідженнях, які охоплюють різні аспекти вимірювання та моніторингу забруднення повітря пилом.

Огляд сучасних методів вимірювання концентрації пилу розкрив важливі характеристики різних підходів, таких як гравіметричні, лічильні, та фотометричні методи. Критичний аналіз наукових праць у галузі вимірювання та моніторингу концентрації пилу в атмосферному повітрі дозволив виділити ключові тенденції, а також вказав на невирішені аспекти в існуючих дослідженнях.

Аналіз існуючих технологій та приладів для дистанційного моніторингу концентрації пилу в повітрі вказує на актуальність розвитку засобів для вимірювання та моніторингу забруднення повітря з використанням сучасних технологій. Зазначено, що дистанційне моніторингове обладнання може відкривати нові можливості для надійного та ефективного контролю якості повітря.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ КОНЦЕНТРАЦІЇ ПИЛУ В ПОВІТРІ

2.1. Вплив пилу на організм людини

Пил, який може знаходитися в атмосферному повітрі, складається з різноманітних часток твердих речовин, які можуть мати різний діаметр і хімічний склад. Ці частки можуть включати пісок, вугільні частки, металеві або органічні сполуки. Вплив пилу на організм людини є складним процесом, який може мати серйозні наслідки для здоров'я.

Одним із основних шляхів потрапляння пилових часток в організм є вдихання. Довготривале вдихання пилу може викликати захворювання дихальних шляхів, такі як бронхіт, пневмонія та інші. Пилові частки можуть подразнювати слизову оболонку дихальних шляхів, сприяючи розвитку захворювань.

Деякі дослідження показують, що довготривалий контакт з великою концентрацією пилу може мати вплив на серцево-судинну систему, зокрема збільшувати ризик серцевих нападів та інших серцево-судинних захворювань.

Пил може мати як токсичний, так і нетоксичний характер, проте навіть нешкідливий пил може адсорбувати газоподібні, пароподібні чи рідкі речовини, що впливає на його властивості та створює загрозу для рослин, тварин та людей. Небезпека пилу для людини виникає при наявності конкретної хімічної структури, певної концентрації та його здатності абсорбувати забруднюючі речовини.

Враховуючи вплив пилу на організм, важливо приймати заходи для зменшення ризику. Це може включати використання захисних масок, вентиляційних систем, регулярне прибирання та дотримання нормативів безпеки на робочому місці.

Найвищі рівні пилового забруднення спостерігаються в міському середовищі, особливо в зонах інтенсивного будівництва, навколо промислових підприємств, ТЕС та на автомагістралях з великим рухом. Для моніторингу якості повітря в містах використовують стаціонарні пости, які визначають не лише концентрацію хімічних сполук, але і вміст пилу та його склад.

Система дистанційного моніторингу концентрації пилу в повітрі стає важливим інструментом для вчасного виявлення підвищених рівнів забруднення. Вона дозволяє приймати ефективні заходи для зменшення концентрації пилу та попередження негативних впливів на здоров'я.

В цілому, розуміння впливу пилу на здоров'я є ключовим для розробки системи моніторингу його вмісту та запобігання захворюванням, що можуть виникнути внаслідок підвищеної концентрації пилових часток у повітрі.

2.2. Теоретичні основи вимірювання концентрації пилу

Пил є дисперсною системою, де повітря виступає дисперсійним середовищем, а тверді пилові частинки – дисперсною фазою. Ця система формується при дробленні твердих структур, таких як руда, механічній обробці металів та інших матеріалів, а також під час транспортування, перевантаження та зберігання, вітрової ерозії ґрунту та його сільськогосподарської обробки і т. д.

Пил можна класифікувати за різними ознаками, включаючи його походження. Часточки пилу можуть відрізнитися за формою, хімічною природою, розміром та кольором (рис. 2.1). За розміром пилових частинок можна розділити їх на грубодисперсні, включаючи важкі та великі частки, що швидко осідають і тонкодисперсні, представлені рухомими та легкими частками розміром до кілька десятків мікрометрів, які можуть тривалий час перебувати в повітрі і, при вдиханні людиною, можуть накопичуватися в легенях. Походження пилу (частинки цементу,

металу, сажі тощо) визначає його хімічний склад. Щодо форми, частинки пилу можуть мати гострі кути, а можуть бути округлими і мати правильну форму.

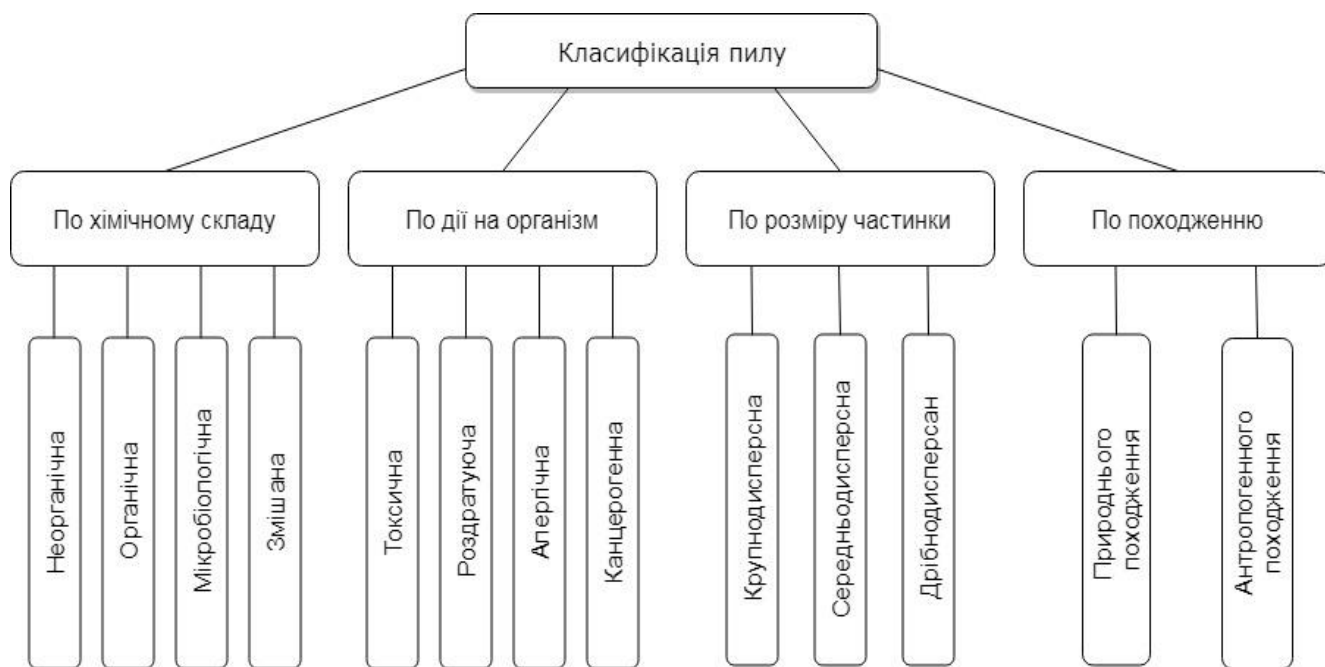


Рис. 2.1. Класифікація пилу

Згідно з походженням, розрізняють пил антропогенного та природного походження. Антропогенне забруднення атмосферного повітря переважно пов'язане з енергетикою та автотранспортом. Рівень антропогенного забруднення атмосфери змінюється з часом. Пил природного походження виникає при вивітрюванні гористих порід, ерозії ґрунту, а також включає космічний пил тощо. Пил природного походження зазвичай має невеликий вплив на атмосферу і в основному є фоновим. Його важлива роль проявляється тільки тоді, коли він знаходиться у вентиляваних приміщеннях.

Повітря, яке ми вдихаємо на вулиці та у приміщеннях, завжди містить забруднюючі частинки. Деякі з них, такі як дим, кіптява, бруд або пил, мають достатньо великий розмір, щоб їх можна було помітити. Інші є настільки дрібними, що їх можна побачити лише через електронний мікроскоп (рис. 2.2).

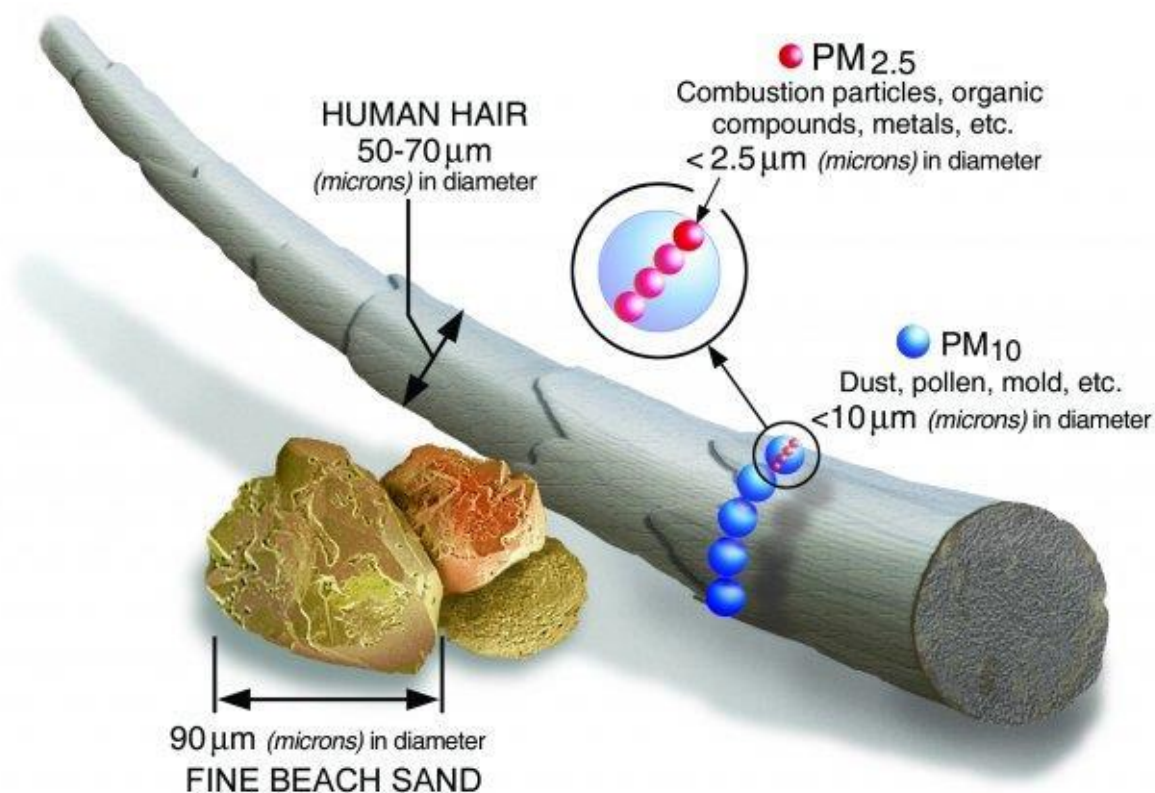


Рис. 2.2. Розміри часточок пилу

Частинки пилу, які викликають занепокоєння, поділяються на три основні типи:

- дрібні (PM_{2,5}) частинки, які мають діаметр менший або рівний 2,5 мікрометра. До цієї групи також відносяться наночастинки, які мають діаметр менший за 0,1 мікрометра;
- крупні (PM₁₀) частинки, діаметр яких, як правило, більший за 2,5 мікрометра і менший або рівний 10 мікрометрів;
- великі грубі частинки, діаметр яких більший за 10 мікрометрів.

В табл. 2.1 наведені рекомендації ВООЗ щодо максимальної концентрації пилу в повітрі для того, щоб воно відповідало критеріям якості. Ці нормативи повинні бути досягнутими протягом певних періодів часу, після чого важливо забезпечувати підтримання якості повітря на досягнутому рівні. Згідно з встановленими вимогами, максимальні середньорічні концентрації PM₁₀ мають

бути меншими за 50 мкг/м³, а концентрація за добу не повинна бути більшою за 20 мкг/м³ протягом більше ніж тридцять п'ять днів у році.

Таблиця 2.1

Рекомендації ВООЗ та ЄС щодо максимальної концентрації вмісту пилу в повітрі

Забруднююча речовина	Період усереднення або характер нормативу	Концентрації, мкг / м ³	
		ЄС	ВООЗ
Зважені речовини, частинки розміром <10 мкм (PM ₁₀)	24 години	50	50
	Рік	40	20
Зважені речовини, частинки розміром <2,5 мкм (PM _{2.5})	24 години	–	20
	Рік	25	10
Зважені речовини (загальна концентрація)	24 години	–	–
	20 хвилин	–	–

Якість повітря визначається на основі концентрації частинок, і також встановлюються рівні індексу якості атмосферного повітря відповідно до видимої кількості частинок, як показано в табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Індекс якості атмосферного повітря

Індекс якості повітря	PM 2.5	PM 10
Добрий	0	0
Задовільний	12	54
Шкідливий для групи ризику	35	154
Шкідливий для групи ризику	55	254
Дуже шкідливий	150	354
Небезпечний	250	424

2.3. Класифікація методів вимірювання концентрації пилу

Методи вимірювання концентрації пилу розрізняються за різними критеріями, такими як точність, чутливість, вартість та можливість використання в різних умовах. Для реалізації проєктованої системи моніторингу концентрації пилу необхідно вибрати метод, який відповідає конкретним потребам та умовам вимірювань.

Оптичні методи визначення концентрації пилу базуються на вимірюванні властивостей світла, яке розсіюється частками пилу. Це може включати лазерні дифракційні або розсіювальні методи. Такі методи можуть бути високочутливими та швидкодіючими, але вимагають калібрування оптичних систем. Вимірювання розсіювання світла може здійснюватися за допомогою фотометрії чи лазерних методів. Ці методи часто використовуються для визначення наявності дрібних часток пилу.

Гравіметричні методи базуються на вимірюванні змін маси фільтра, на якому збирається пил. Ці методи дозволяють отримувати точні результати, але вони можуть бути менш чутливими до вимірювань у реальному часі. Електричні методи вимірювання концентрації пилу використовують взаємодію між частками пилу та електричним полем. Це може включати вимірювання змін електричного опору, ємності чи електростатичних зарядів.

Аеродинамічні методи вимірювання концентрації пилу базуються на визначенні розміру та швидкості часток у повітрі. Зазвичай використовуються імпактори, аеродинамічні розділювачі та інші пристрої. Акустичні методи вимірювання можуть використовувати акустичну дифракцію або резонанс для визначення концентрації пилу. Ці методи можуть бути високочутливими та працювати в широкому діапазоні розмірів часток. На рис. 2.3 представлена схема, яка демонструє класифікацію методів визначення концентрації пилу.

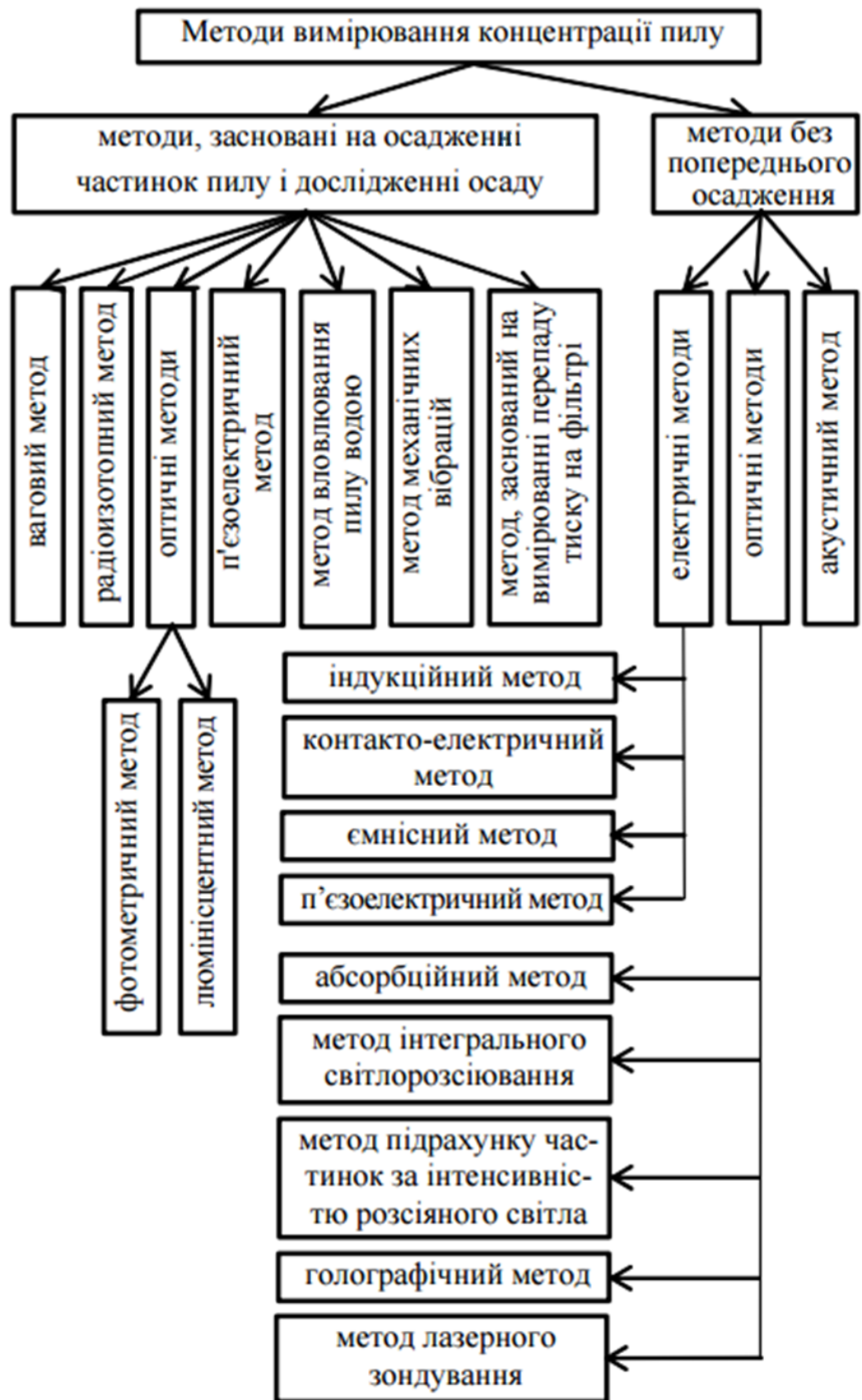


Рис. 2.3. Схема класифікації методів визначення концентрації пилу

Обираючи метод вимірювання концентрації пилу, важливо враховувати конкретні умови застосування, точність та обмеження кожного методу.

2.4. Опис запропонованого методу вимірювання концентрації пилу

В даній кваліфікаційній роботі для вимірювання концентрації пилу в повітрі було обрано оптичний метод. Принцип дії цього методу передбачає використання ІЧ-світлодіода, який розташований по діагоналі від фотодіода. Коли частинки пилу проходять через світловий потік, це призводить до відбиття світла в бік фотодіода, в результаті чого генерується вихідна напруга (рис. 2.4).

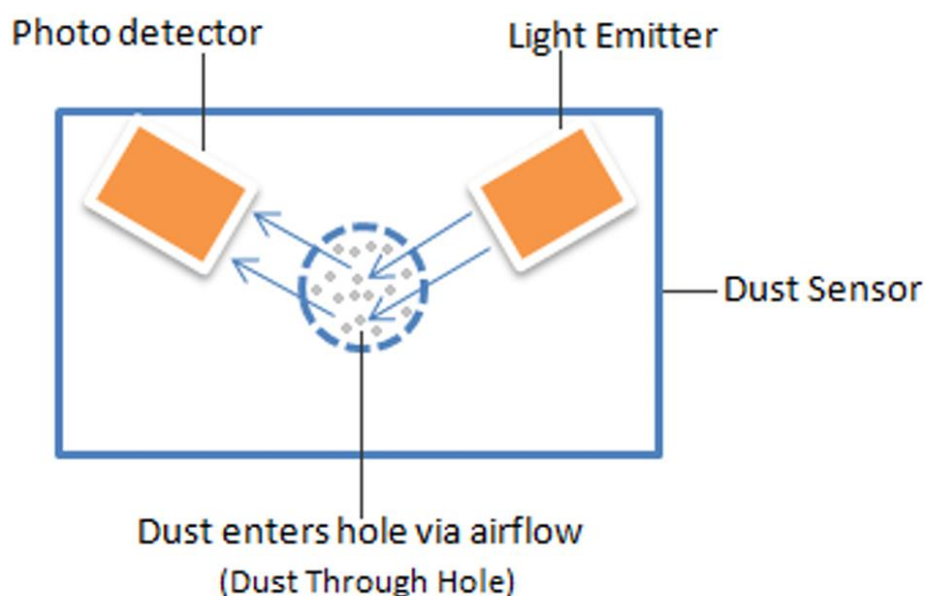


Рис. 2.4. Принцип дії оптичного методу вимірювання концентрації пилу в повітрі

Оптичний метод ґрунтується на зменшенні світлового потоку через поглинання та розсіювання при його проходженні через досліджуване середовище з вмістом пилу (рис. 2.5). Оцінюючи концентрацію пилу, можна користуватися величинами екстинкції, які вимірюються на основі поглинання електромагнітних хвиль.

Формула для визначення екстинкції (E) виглядає наступним чином:

$$E = \log \left(\frac{I_{\text{вхл}}}{I_{\text{вихл}}} \right), \quad (2.1)$$

де $I_{\text{вхл}}$ – значення інтенсивності зонduючого випромінювання; $I_{\text{вихл}}$ – значення інтенсивності випромінювання з попереднього вимірювання на визначеній довжині хвилі.



Рис. 2.5. Взаємодія пилу зі світловим потоком

Використовуючи взаємозв'язок між екстинкцією та концентрацією пилових часточок, можна обрахувати концентрацію пилу у газоподібному середовищі. Інтенсивність розсіяного в широкому спектрі світлового потоку враховує співвідношення між розмірами часточок пилу та діапазоном зонduючого випромінювання. Це співвідношення також залежить від дисперсного складу газового та пилового середовища, форми частинок і вологості.

На рис. 2.6 зображений графік залежності концентрації пилу від вихідної напруги, в яку перетворюється значення інтенсивності розсіяного світлового потоку.

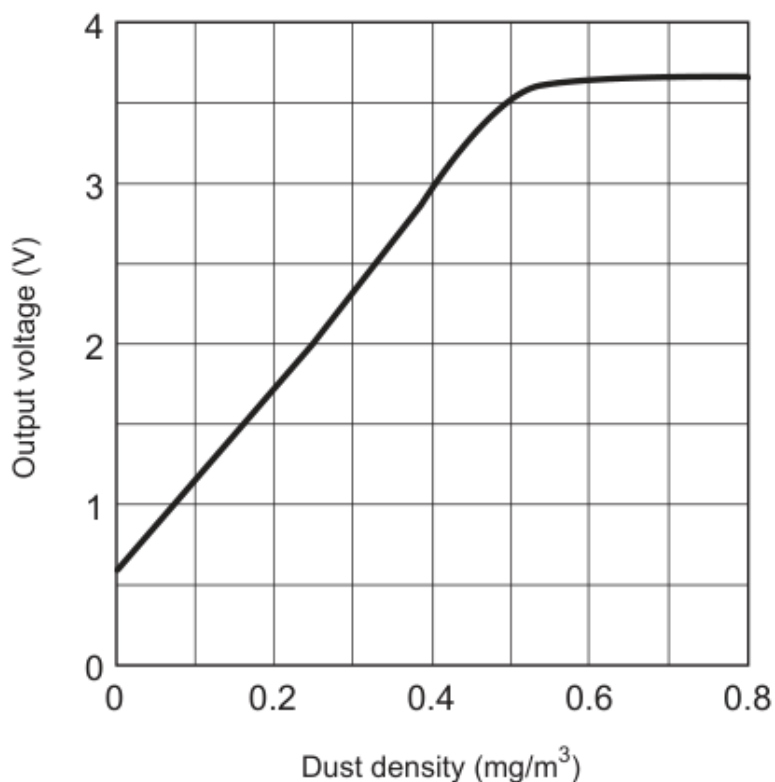


Рис. 2.6. Графік залежності концентрації пилу від вихідної напруги

Цей метод дозволяє визначити не лише концентрацію пилу та склад дисперсії пилового і газового середовища, а також розраховувати масу твердих частинок за допомогою аналізу зміни інтенсивності розсіяного світлового потоку через частки пилу, що пропускають світло.

2.5. Використання IoT технологій для моніторингу концентрації пилу в повітрі

В сучасному світі розвиток Інтернету речей (IoT) надає нові можливості для вирішення екологічних проблем, зокрема контролю концентрації пилу в повітрі. Використання IoT технологій для моніторингу стану довкілля відкриває шляхи для ефективного контролю та управління забрудненням повітря.

За допомогою IoT-систем можливо здійснювати збір даних про концентрацію пилу в реальному часі. Давачі, розташовані в потенційно забруднених зонах, здійснюють постійний моніторинг та передають інформацію на центральний вузол

(рис. 2.7). IoT дозволяє віддалено контролювати концентрацію пилу з будь-якого місця, де є доступ до Інтернету. Це особливо важливо для широкого впровадження систем великих міст або промислових комплексів.

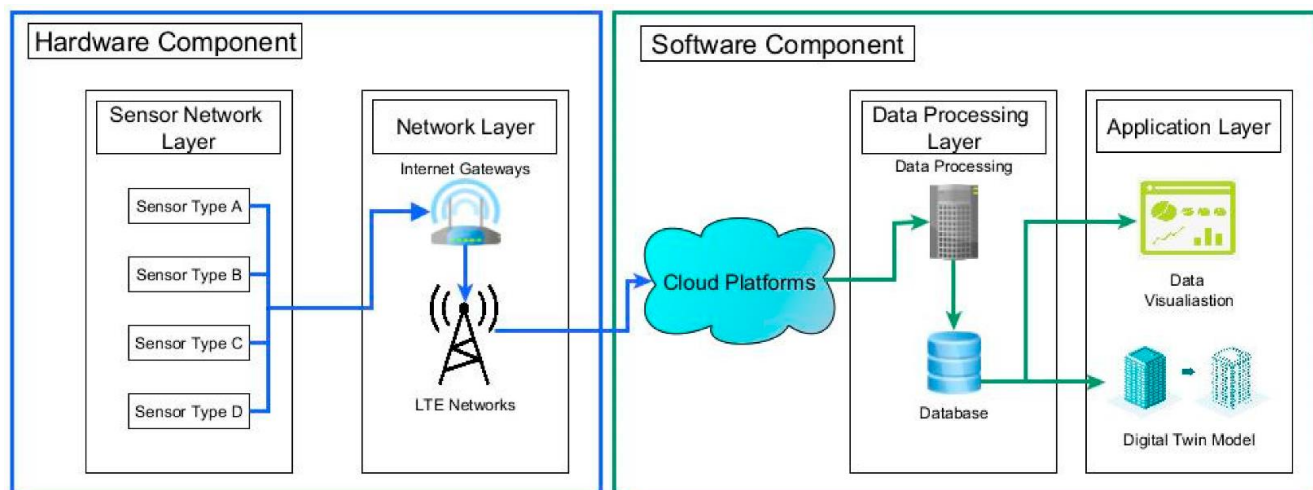


Рис. 2.7. Типова архітектура IoT

Використання хмарних платформ, дозволяє ефективно зберігати, обробляти та аналізувати накопичені дані. Це забезпечує швидкий та надійний доступ до інформації для рішення екологічних завдань. IoT інтегруються з системами сповіщення, що дозволяє автоматично відправляти повідомлення адміністраторам чи відповідальним службам у разі перевищення допустимих норм концентрації пилу.

Системи моніторингу, побудовані на IoT, можуть використовувати аналітичні інструменти для вивчення динаміки концентрації пилу. Це дозволяє не лише реагувати на поточні проблеми, але і прогнозувати їхні можливі наслідки. Системи IoT легко адаптуються до змін у мережі датчиків чи потребах користувача. Вони можуть бути масштабовані для охоплення великих територій чи розширені з урахуванням нових даних. Завдяки системі IoT можливо оптимізувати використання ресурсів, таких як енергія та обладнання, що робить моніторинг екологічних показників більш стійким та ефективним.

Вагомим є той факт, що впровадження IoT технологій у системи моніторингу концентрації пилу дозволяє забезпечити швидкий та ефективний відгук на забруднення повітря, що сприяє покращенню якості навколишнього середовища.

2.6. Висновки до розділу 2

В розділі 2 проведено аналіз впливу пилу на організм людини, розглянуті теоретичні основи вимірювання концентрації пилу та класифікація методів вимірювання. Окрема увага була приділена опису запропонованого методу вимірювання концентрації пилу та використанню IoT технологій для моніторингу якості повітря.

З аналізу впливу пилу на організм людини стало очевидним, що контроль концентрації пилу є важливим аспектом для збереження здоров'я. Теоретичні основи вимірювання концентрації пилу виявилися критичними для розуміння принципів різних методів вимірювання.

Класифікація методів вимірювання концентрації пилу надала обширний огляд існуючих технологій та їх застосування в цій галузі. Опис запропонованого методу вимірювання концентрації пилу дозволив краще зрозуміти його принципи та потенційні переваги.

Використання IoT технологій для моніторингу концентрації пилу в повітрі виявляється перспективним напрямком, що може значно полегшити збір та аналіз даних, забезпечуючи швидкий та ефективний доступ до інформації.

РОЗДІЛ 3

РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ВІДДАЛЕНОГО КОНТРОЛЮ КОНЦЕНТРАЦІЇ ПИЛУ В ПОВІТРІ

3.1. Реалізація апаратної частини системи віддаленого контролю концентрації пилу в повітрі

Структурна схема системи дистанційного моніторингу концентрації пилу в повітрі включає в себе ряд ключових компонентів, які взаємодіють для забезпечення ефективного та точного збору та аналізу даних. Система включає в себе давач пилу, який здатен вимірювати концентрацію пилу в атмосферному повітрі. Цей давач може бути розміщений у різних місцях, які потребують моніторингу, і здійснювати безперервний збір даних.

Мікроконтролер виконує роль збору, обробки та передачі даних, отриманих від давача. Зважаючи на важливість візуалізації результатів вимірювань для користувача, було вирішено включити в систему елемент виведення інформації – LCD дисплей. Цей дисплей буде виконувати роль інтерфейсу для відображення миттєвих значень концентрації пилу в повітрі. Відповідні дані будуть передаватися з мікроконтролера ESP8266, який обробляє інформацію від давача концентрації пилу на LCD дисплей.

Крім відображення даних на дисплеї мікроконтролер надсилає їх до хмарної платформи Інтернету речей для подальшої обробки. Інформація про концентрацію пилу передається через мережу Інтернет за допомогою WiFi модуля, що дозволяє відправляти дані на хмарну IoT платформу, де вони зберігаються, обробляються та аналізуються. Ця платформа надає можливість віддаленого доступу до даних через Інтернет та використання різноманітних інструментів для аналізу і візуалізації.

Структурна схема системи дистанційного моніторингу концентрації пилу в повітрі зображена на рис. 3.1.

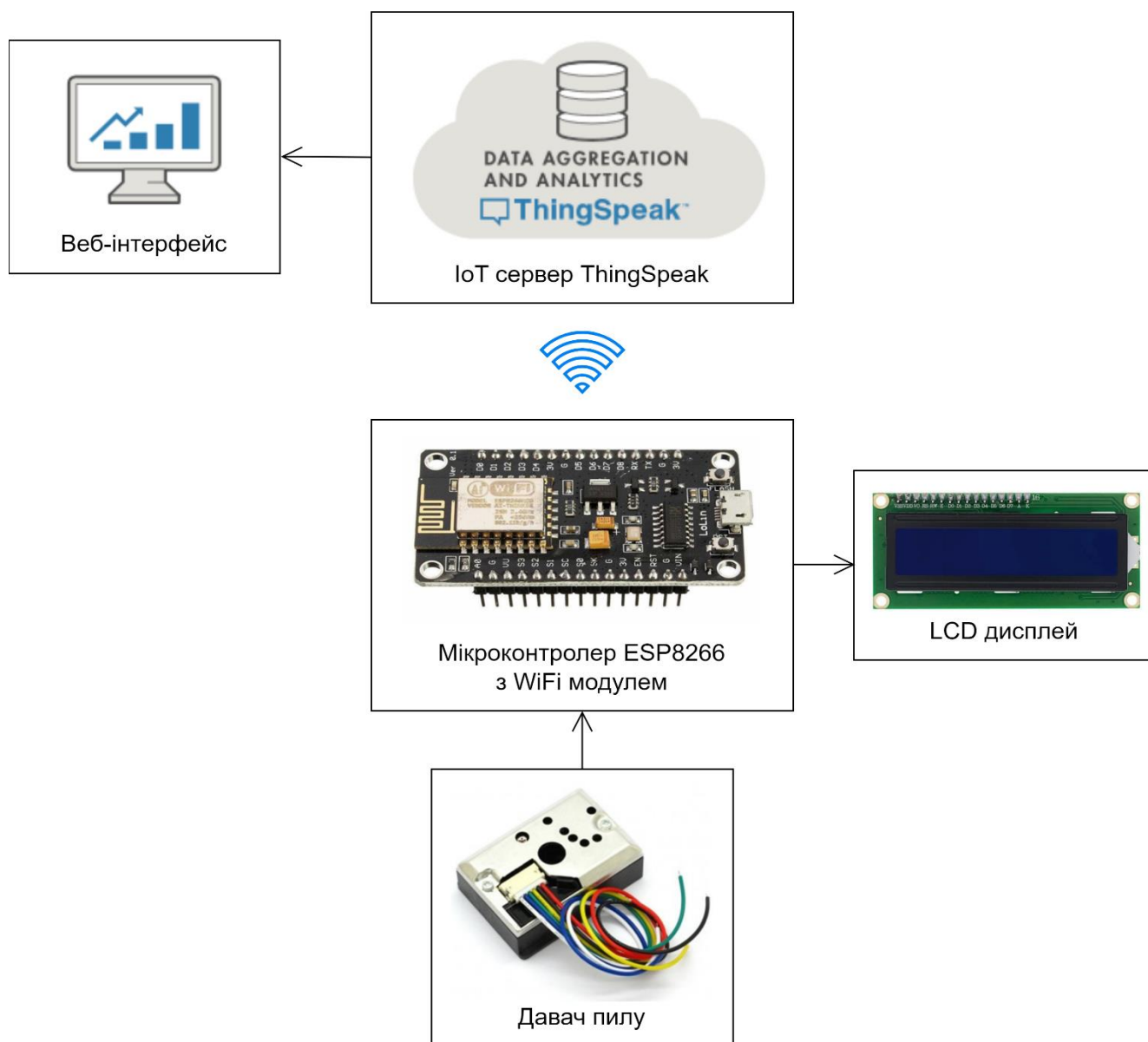


Рис. 3.1. Структурна схема системи дистанційного моніторингу концентрації пилу в повітрі

Користувачі мають можливість отримувати доступ до зібраних даних через спеціальний інтерфейс, який може бути представлений у вигляді веб-додатку або мобільного додатку. Це дозволяє вчасно реагувати на зміни та проводити аналіз концентрації пилу в реальному часі.

Ця структурна схема передбачає реалізацію надійного збору, обробки та аналізу даних щодо концентрації пилу в повітрі, що є ключовими елементами для виявлення та контролю забруднення довкілля.

Модуль NodeMCU ESP8266 є платформою на основі мікроконтролера ESP8266, яка надає можливості зв'язку через Wi-Fi та інші периферійні можливості для реалізації IoT-проектів (рис. 3.2).

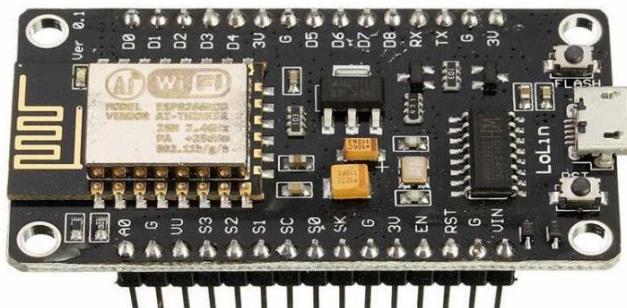


Рис. 3.2. Модуль NodeMCU ESP8266

Вибір цього модуля для системи дистанційного моніторингу концентрації пилу в повітрі обґрунтований його універсальністю та зручністю в інтеграції. Модуль має велику кількість цифрових входів/виходів та один аналоговий вхід для підключення різноманітних сенсорів та пристроїв, таких як датчі пилу та інші компоненти системи моніторингу (рис. 3.3). Це забезпечує гнучкість та розширюваність системи.

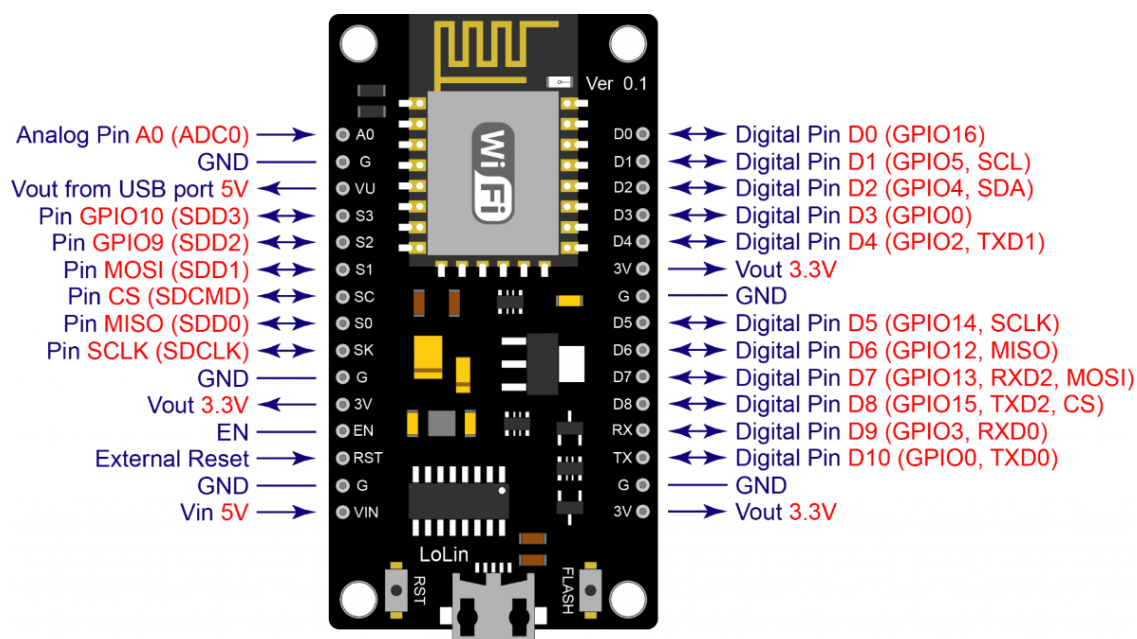


Рис. 3.3. Призначення пінів модуля NodeMCU ESP8266

NodeMCU ESP8266 має вбудований Wi-Fi модуль, що дозволяє забезпечити зв'язок із хмарними сервісами та забезпечити віддалений доступ до даних. Це є важливим аспектом для системи моніторингу, оскільки забезпечує можливість віддаленого контролю та збору даних з різних місць.

Завдяки відкритому ПЗ та широкій спільноті розробників, модуль NodeMCU ESP8266 дозволяє ефективно впроваджувати функціональність проєктованої системи моніторингу концентрації пилу в повітрі. Крім того, низька вартість та енергоефективність NodeMCU ESP8266 роблять його оптимальним вибором для проєктованої системи, яка повинна функціонувати тривалий час для здійснення моніторингу концентрації пилу.

Давач пилу GP2Y1010AU0F – це електрооптичний пристрій, розроблений для вимірювання концентрації часток пилу в повітрі (рис. 3.4). Цей давач є популярним серед розробників, оскільки він забезпечує зручний та ефективний спосіб моніторингу якості повітря.



Рис. 3.4. Давач пилу GP2Y1010AU0

Давач GP2Y1010AU0F має широкий діапазон робочих температур та високу чутливість до пиловмісту повітря. Давач може вимірювати частки пилу у розмірі

від 0.8 мкм до 10 мкм, що охоплює більшість тонкодисперсного та грубодисперсного пилю.

Принцип дії давача базується на розсіюванні світла частками пилю. Внутрішній світлодіод освітлює частки пилю, і фотодіод вимірює інтенсивність розсіяного світла. Чим більша концентрація пилю, тим сильнішим буде розсіяне світло і, отже, більшим буде виміряне значення.

Особливістю давача GP2Y1010AU0F є його компактність та простий процес інтеграції з різноманітними системами моніторингу. Висока чутливість і точність роблять його ефективним рішенням для вимірювання забруднення повітря пилом та управління якістю повітря в різних середовищах.

Схема електричних з'єднань пристрою для дистанційного моніторингу концентрації пилю в повітрі зображена на рис. 3.5.

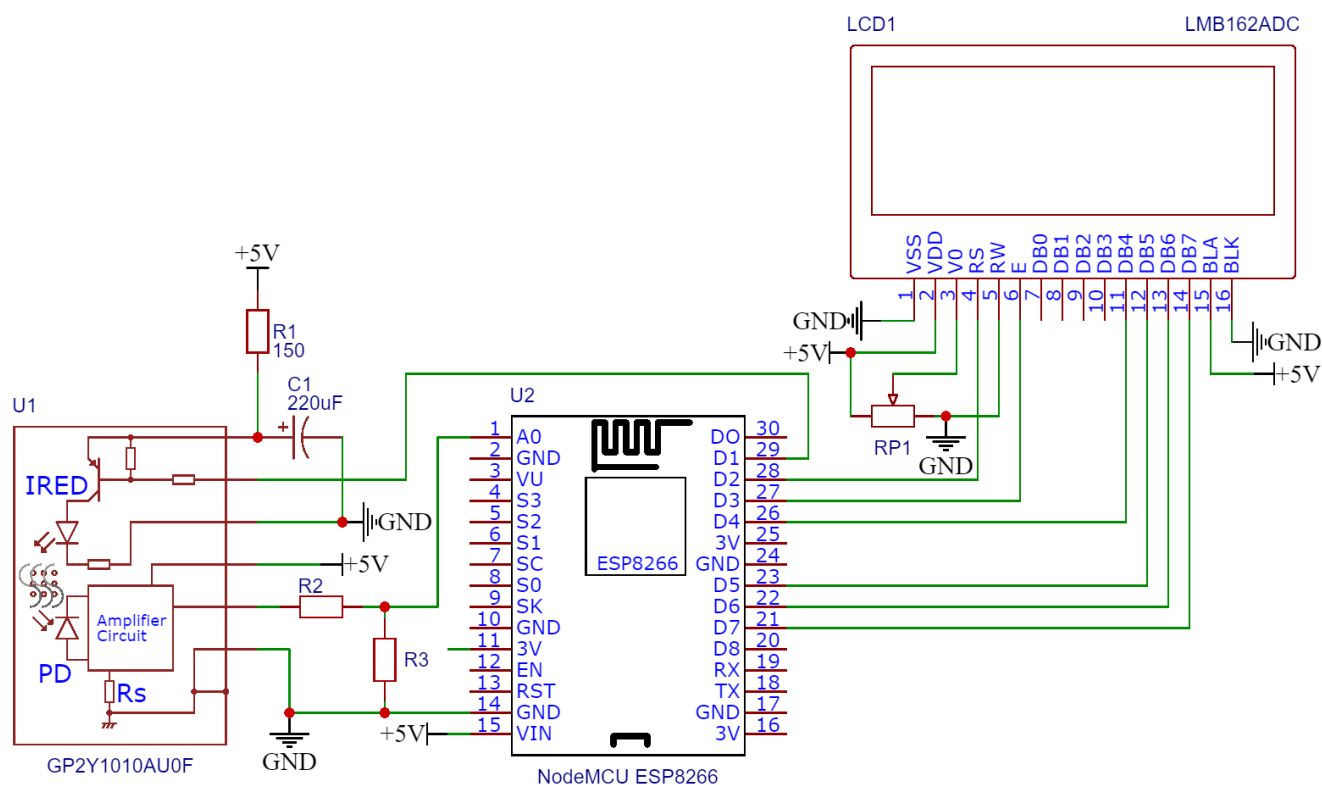


Рис. 3.5. Схема електричних з'єднань пристрою для дистанційного моніторингу концентрації пилю в повітрі

Схема включає в себе компоненти системи, що взаємодіють для вимірювання та відображення концентрації пилу в повітрі. Компонент давача пилу позначений як U1 на схемі. Він відповідає за збір інформації про рівень пилу в оточуючому середовищі. Цей давач живиться від джерела живлення +5В. Резистор R1 та конденсатор C1 допомагають стабілізувати живлення інфрачервоного світлодіода у давачі.

В цій схемі важливу роль відіграє подільник напруги, створений резисторами R2 та R3. Цей подільник адаптує аналоговий сигнал від давача до відповідного рівня, який може бути зчитаний мікроконтролером ESP8266 (позначений U2 на схемі). Це важливо для забезпечення правильного зчитування та обробки отриманої інформації.

Дані про концентрацію пилу передаються на LCD дисплей (позначений як LCD1) через виводи D2-D7. Ця частина системи відповідає за візуалізацію інформації для кінцевого користувача. Регулювання контрастності LCD дисплея відбувається за допомогою резистора змінного опору RP1.

Ця схема представляє взаємозв'язок між давачем пилу, мікроконтролером ESP8266 та виводом інформації на LCD дисплей, визначаючи ключові елементи системи для вимірювання та відображення рівня концентрації пилу в оточуючому повітрі.

3.2. Створення алгоритмічного та програмного забезпечення для системи дистанційного моніторингу концентрації пилу

Алгоритм для мікроконтролера ESP8266 у системі дистанційного моніторингу концентрації пилу в повітрі зображений у вигляді блок-схеми на рис. 3.6.



Рис. 3.6. Блок-схема алгоритму роботи програми для мікроконтролера ESP8266 системи моніторингу концентрації пилу

Алгоритм роботи програми для мікроконтролера ESP8266 починається з ініціалізації необхідних пінів для підключення датчика та LCD дисплею. Також налаштовується швидкість передачі даних. Після старту програма встановлює з'єднання з датчиком пилу, LCD дисплеєм та мікроконтролером ESP8266.

Далі в програмі реалізовано зчитування аналогового сигналу від датчика GP2Y1010AU0F. Це значення конвертується в реальне значення концентрації пилу в повітрі, використовуючи калібрувальні дані, які можна попередньо внести в програму.

Отримане значення відображається на LCD дисплеї для локального моніторингу. Дані від сенсорів обробляються та структуруються для відправлення на хмарну IoT платформу ThingSpeak через WiFi модуль ESP8266. Це дозволяє користувачеві віддалено отримувати та аналізувати дані з будь-якого місця через Інтернет. Після відправлення даних програма регулярно оновлює дані на хмарній IoT платформі, забезпечуючи доступ до актуальної інформації в реальному часі.

Цикл програми повторюється для постійного моніторингу концентрації пилу в повітрі до тих пір поки живлення подається на плату модуля NodeMCU. Такий підхід дозволяє ефективно взаємодіяти з датчиком, забезпечуючи як локальний, так і віддалений моніторинг концентрації пилу.

Вибір середовища розробки та мови програмування для мікроконтролера ESP8266 – це важливий етап, який визначає продуктивність та ефективність роботи системи дистанційного моніторингу концентрації пилу в повітрі. В даному випадку, обрано середовище розробки Arduino IDE та мову програмування C++.

Arduino IDE відома своєю простотою використання, навіть для початківців у програмуванні. Вона надає інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, швидкість налаштування та простоту встановлення, що робить її ідеальним вибором для швидкої розробки прототипів (рис. 3.7).

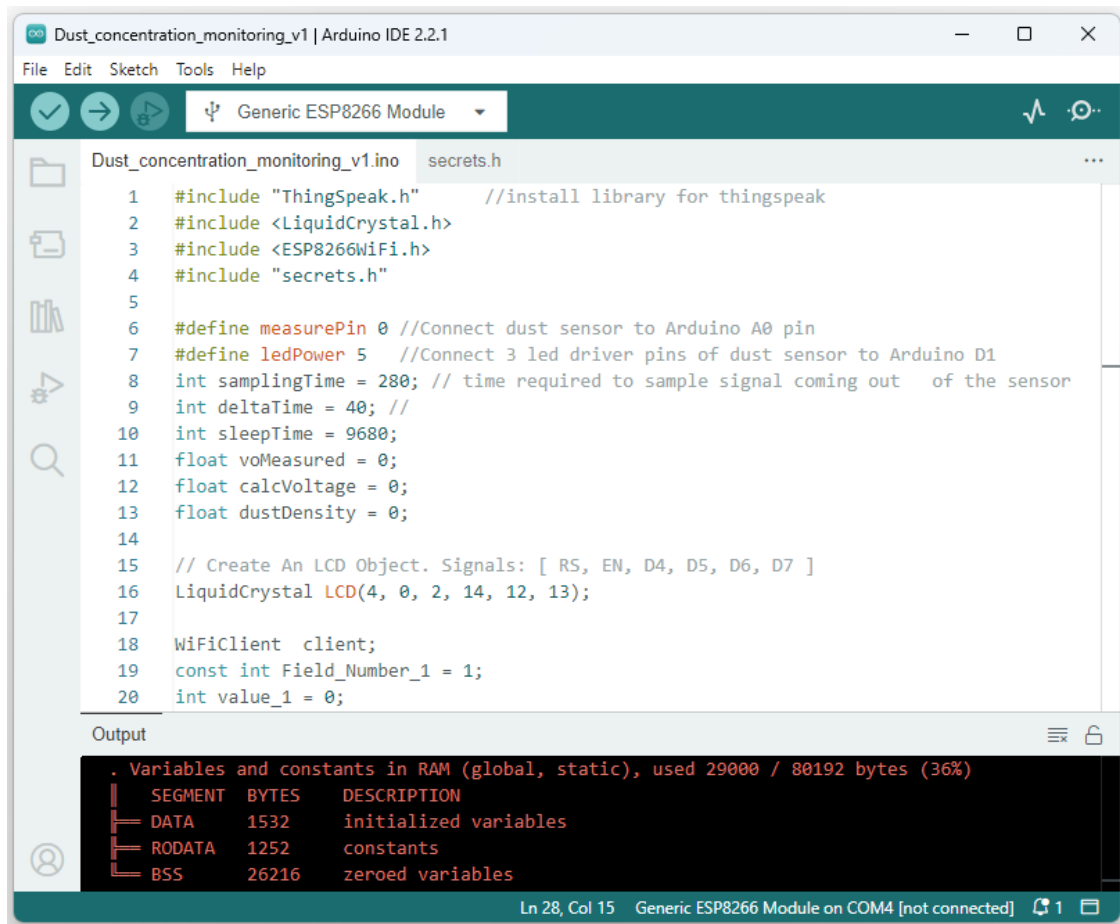


Рис. 3.7. Arduino IDE

Arduino IDE має вбудовану підтримку для мікроконтролерів ESP8266, включаючи модуль NodeMCU. Це дозволяє легко розробляти ПЗ для цього модуля без додаткових ускладнень у вигляді інсталяції драйверів чи інших компонентів. Arduino IDE має велику кількість бібліотек та фреймворків, які полегшують розробку. Це особливо важливо для IoT-проектів, де можливість використання готових рішень спрощує розробку та прискорює впровадження.

Мова програмування C++ використовується в Arduino IDE, що дозволяє писати ефективний та швидкий код для обробки даних, керування сенсорами та взаємодії з іншими компонентами системи. Arduino має велику та активну спільноту розробників, яка забезпечує підготовку великої кількості документації, форумів та порад щодо розробки. Це забезпечує надійність та швидкість у вирішенні можливих проблем.

Враховуючи ці фактори, вибір Arduino IDE та мови програмування C++ є обґрунтованим для створення програмного забезпечення для ESP8266 у контексті розробки системи дистанційного моніторингу концентрації пилу на основі Інтернету речей.

Arduino IDE включає в себе вбудований компілятор для коду, що призначений для плат Arduino. Однак, для того щоб мати можливість написання та компіляції коду для мікроконтролера ESP8266, слід додати в середовище Arduino IDE спеціальний плагін. Це можна зробити шляхом встановлення в середовищі посилання на файл додатку з розширенням .JSON у вікні "Preferences" (рис. 3.8):

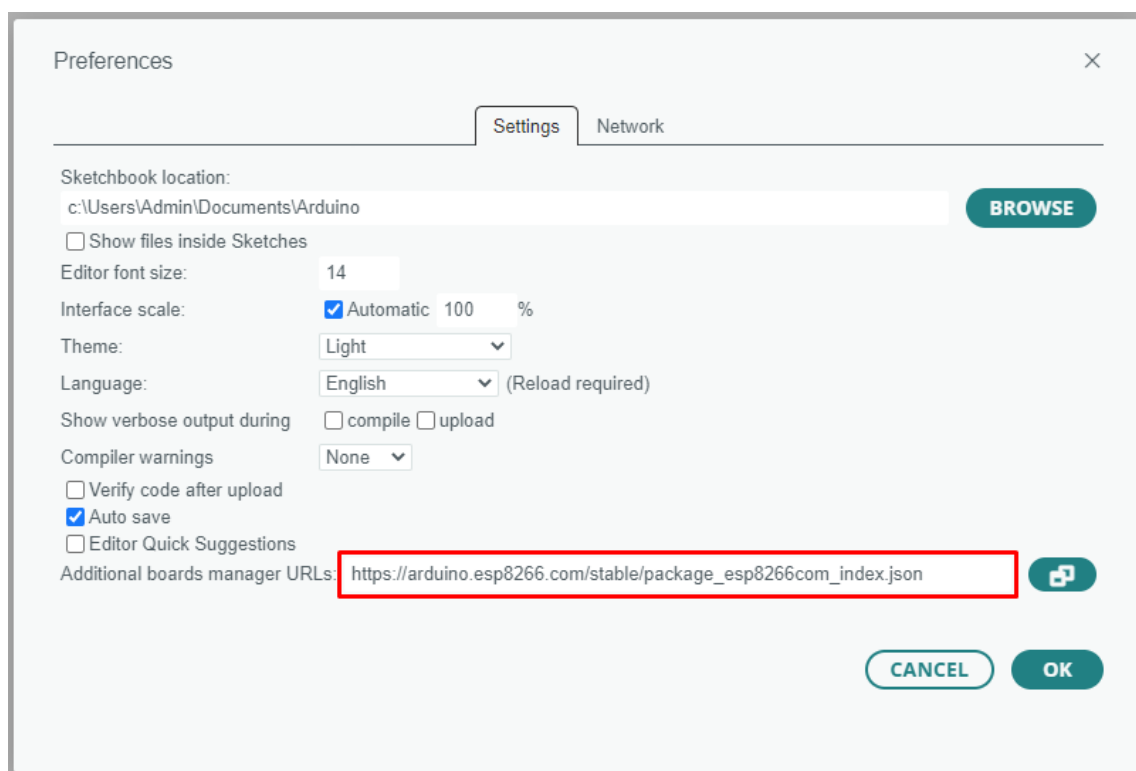


Рис. 3.8. Процес зміни налаштувань у Preferences

Після цього в менеджері плат "Boards Manager" можна знайти та встановити необхідний модуль «esp8266» (рис. 3.9).

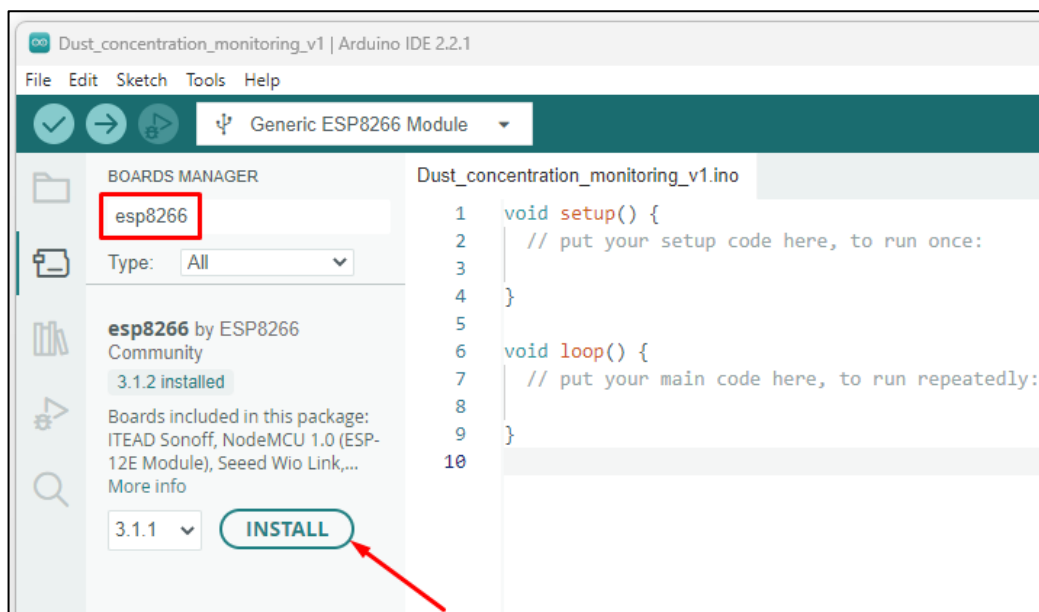


Рис. 3.9. Процес знаходження та встановлення необхідного модуля для підтримки мікроконтролера ESP8266

Для взаємодії між мікроконтролером ESP8266 та платформою ThingSpeak було встановлено відповідну бібліотеку у вікні Менеджера бібліотек Arduino IDE (рис. 3.10). Аналогічним чином була встановлена бібліотека LiquidCrystal для роботи з LCD дисплеєм.

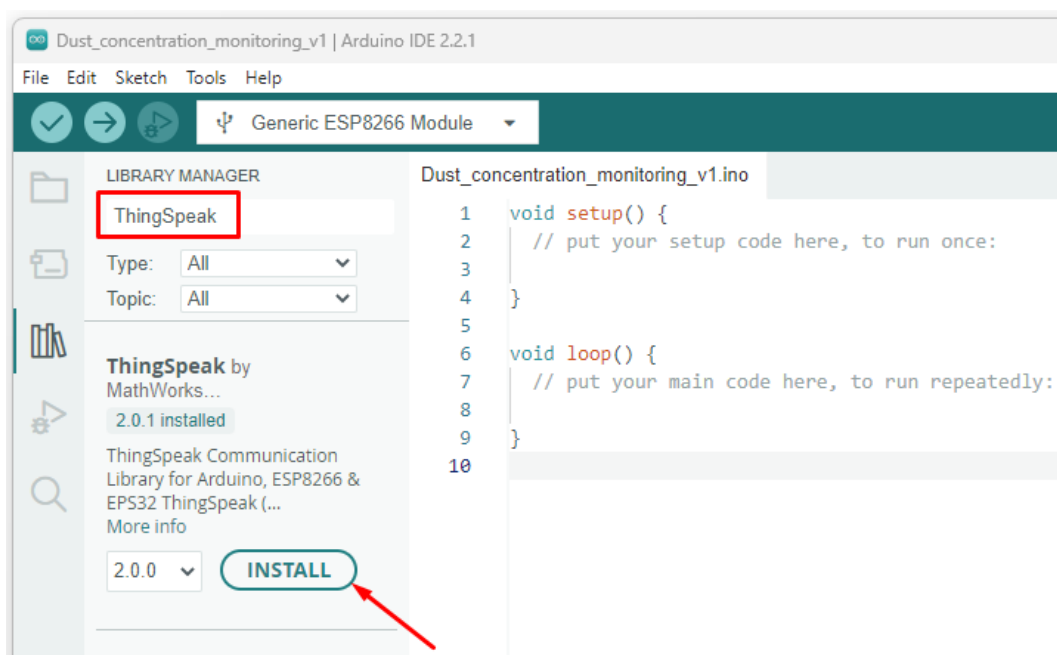


Рис. 3.10. Процес встановлення бібліотеки ThingSpeak

На початку програми після підключення встановлених бібліотек написаний код, який визначає параметри ініціалізації для вимірювання концентрації пилу за допомогою датчика пилу, виведення результатів на LCD дисплей та відправлення на платформу ThingSpeak (рис. 3.11).

```

6  #define measurePin 0 //Connect dust sensor to Arduino A0 pin
7  #define ledPower 5 //Connect 3 led driver pins of dust sensor to Arduino D1
8  int samplingTime = 280; // time required to sample signal coming out of the sensor
9  int deltaTime = 40; //
10 int sleepTime = 9680;
11 float voMeasured = 0;
12 float calcVoltage = 0;
13 float dustDensity = 0;
14
15 // Create An LCD Object. Signals: [ RS, EN, D4, D5, D6, D7 ]
16 LiquidCrystal LCD(4, 0, 2, 14, 12, 13);
17
18 WiFiClient client;
19 const int Field_Number_1 = 1;
20 int value_1 = 0;

```

Рис. 3.11. Фрагмент коду для визначення констант, змінних та об'єктів

Функція `setup()` містить код з ініціалізацією послідовного з'єднання, ініціалізацією LCD дисплея, виведенням текстового повідомлення на LCD, ініціалізацію з'єднання WiFi, налаштуванням параметрів для передачі даних на ThingSpeak сервер та виклик функції для під'єднання до мережі (рис. 3.12).

```

22 void setup() {
23     // Open serial communications and wait for port to open:
24     Serial.begin(9600);
25     LCD.begin(16, 2);
26     LCD.clear();
27     LCD.print("Dust monitoring ");
28     LCD.setCursor(0, 1);
29     LCD.print("Romanchuk Roman ");
30     delay(2000);
31     WiFi.mode(WIFI_STA);
32     ThingSpeak.begin(client); // Initialize ThingSpeak
33     internet();
34     LCD.clear();
35 }

```

Рис. 3.12. Код функції `setup()`

Функція `loop()` є основним циклом програми. Код цієї підпрограми виконує постійне зчитування значень пилу з давача, обчислення концентрації пилу в повітрі за визначеною формулою, відображення результатів на LCD дисплеї та відправку отриманих даних на хмарну платформу ThingSpeak для подальшого моніторингу та аналізу (рис. 3.13).

```

37 void loop() {
38     internet();
39     pinMode(ledPower,OUTPUT);
40     digitalWrite(ledPower,LOW); // power on the LED
41     delayMicroseconds(samplingTime);
42     voMeasured = analogRead(measurePin); // read the dust value
43     delayMicroseconds(deltaTime);
44     digitalWrite(ledPower,HIGH); // turn the LED off
45     delayMicroseconds(sleepTime);
46     calcVoltage = voMeasured * (5.0 / 1024.0);
47     dustDensity = 170 * calcVoltage - 0.1;
48     Serial.println(dustDensity); // unit: ug/m3
49     LCD.setCursor(0,0);
50     LCD.print("Dust density:  ");
51     LCD.setCursor(0,1);
52     LCD.print(dustDensity);
53     LCD.print(" ug/m3");
54     delay(1000);
55     value_1 = (int)dustDensity;
56     upload();
57 }

```

Рис. 3.13. Код функції `loop()`

Код функції `internet()` перевіряє стан підключення до Wi-Fi та, якщо мікроконтролер ESP8266 не має активного з'єднання, виконує повторну спробу підключення, очікуючи 5 секунд між спробами (рис. 3.14).

```

63 void internet() {
64     if (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
65         while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
66             WiFi.begin(ssid, pass);
67             delay(5000);
68         }
69     }
70 }

```

Рис. 3.14. Код функції `internet()`

Функція відправляє значення параметра `Field_Number_1` на вказаний канал ThingSpeak за допомогою відповідного API-ключа та робить затримку 10 секунд перед наступною спробою відправлення (рис. 3.15).

```
72 void upload()  
73 {  
74     ThingSpeak.writeField(Channel_ID, Field_Number_1, value_1, myWriteAPIKey);  
75     delay(10000);  
76 }
```

Рис. 3.15. Код функції `upload()`

3.3. Передача результатів моніторингу на хмарну IoT платформу

У якості хмарної IoT платформи для реалізації дистанційного моніторингу концентрації пилу в повітрі було обрано ThingSpeak. Цей вибір обґрунтовується рядом ключових факторів, які роблять ThingSpeak оптимальним варіантом для впровадження даної системи моніторингу. Принцип взаємодії платформи ThingSpeak з підключеними пристроями представлений на рис. 3.16.

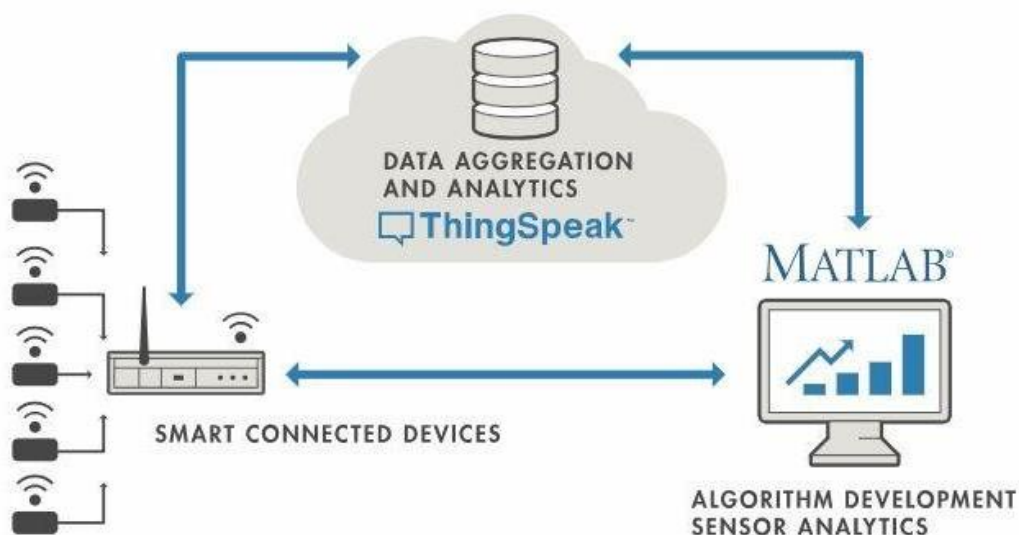


Рис. 3.16. Принцип взаємодії ThingSpeak з підключеними пристроями для збору та аналітики даних

ThingSpeak – це хмарна IoT-платформа, спроектована для збору, аналізу та візуалізації даних з різних датчиків та пристроїв. Вибір ThingSpeak для реалізації системи дистанційного моніторингу концентрації пилу в повітрі є обґрунтованим через кілька ключових особливостей та переваг.

ThingSpeak забезпечує зручний інтерфейс для збору та візуалізації даних у реальному часі. Платформа дозволяє створювати власні канали для зберігання та обробки отриманих даних, що є важливим для системи моніторингу.

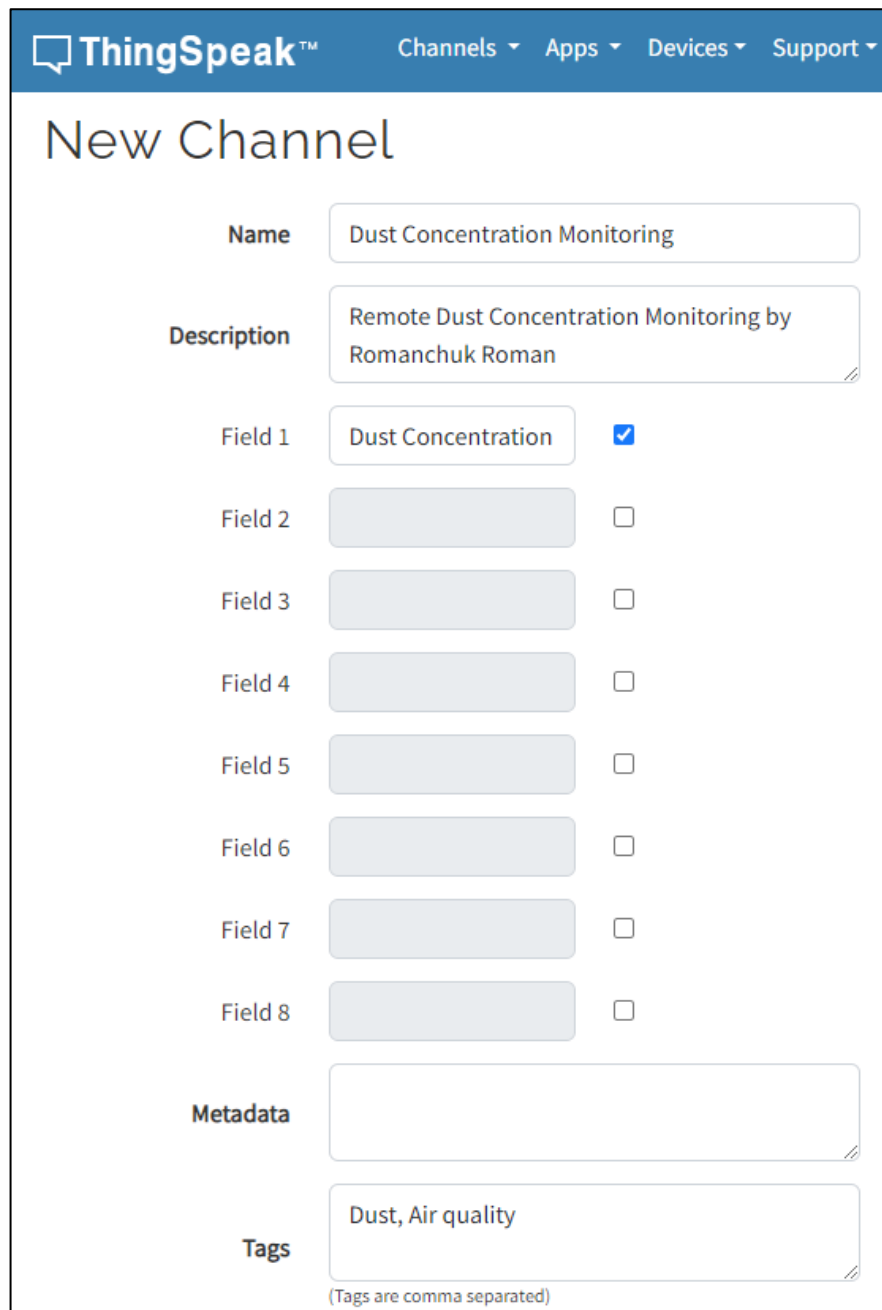
Однією з особливостей ThingSpeak є можливість використовувати MATLAB для аналізу даних. Це робить платформу ефективною для використання алгоритмів обробки даних та статистичних методів, що може бути корисним у випадках, коли необхідно більше аналітичної обробки.

Платформа також підтримує можливість віддаленого доступу до даних через API, що дозволяє інтегрувати систему з іншими програмами та розробляти власні додатки. Це важливо для системи дистанційного моніторингу, оскільки забезпечує гнучкість та можливість використовувати дані в різних контекстах.

ThingSpeak надає можливості визначення сповіщень та автоматизованого управління за певними умовами, що є важливим для ефективного контролю параметрів середовища та вчасного реагування на зміни.

Загалом, ThingSpeak є зручною та потужною платформою для впровадження системи моніторингу, об'єднуючи в собі простоту використання та великий функціонал для аналізу та управління даними IoT.

Процес налаштування IoT платформи ThingSpeak для розгортання системи дистанційного моніторингу концентрації пилу в повітрі починався з реєстрації облікового запису на платформі ThingSpeak та створення нового проєкту, в рамках якого створюється канал, що визначає, куди будуть відправлятися дані з датчика. Для кожного параметра, що моніториться, створюється відповідне поле в каналі (рис. 3.17).



The image shows the 'New Channel' form in the ThingSpeak web interface. The form is titled 'New Channel' and is set against a blue header with the ThingSpeak logo and navigation links for 'Channels', 'Apps', 'Devices', and 'Support'. The form fields are as follows:

- Name:** A text input field containing 'Dust Concentration Monitoring'.
- Description:** A text area containing 'Remote Dust Concentration Monitoring by Romanchuk Roman'.
- Fields:** A list of eight fields, labeled 'Field 1' through 'Field 8'. Each field has a text input and a checkbox to its right. 'Field 1' is set to 'Dust Concentration' and its checkbox is checked. The other fields are empty and their checkboxes are unchecked.
- Metadata:** An empty text area.
- Tags:** A text area containing 'Dust, Air quality'. Below this field is the text '(Tags are comma separated)'.

Рис. 3.17. Процес створення каналу на платформі ThingSpeak

Для забезпечення безпеки та автентифікації, генеруються API ключі, які використовуються для доступу до ThingSpeak з мікроконтролера ESP8266 (рис. 3.18).

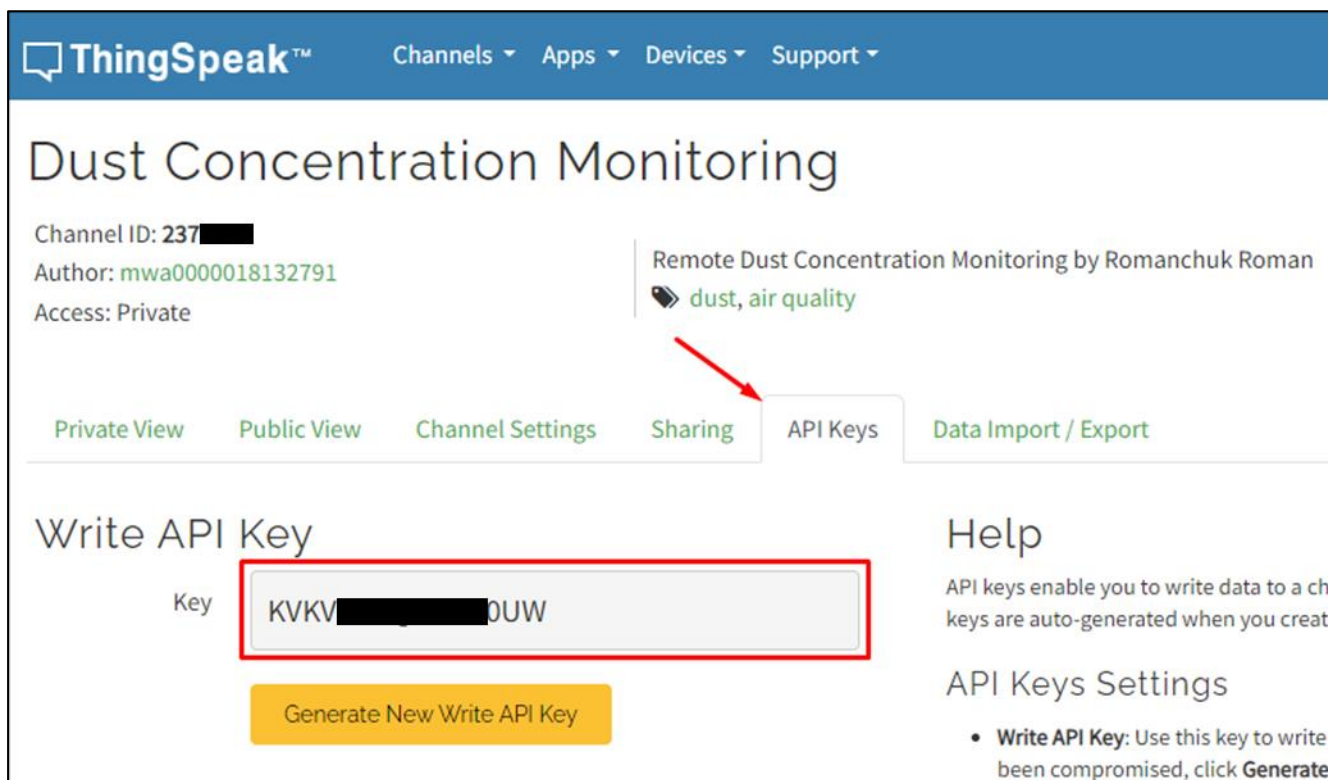


Рис. 3.18. Генерація API ключів каналу ThingSpeak

На мікроконтролері ESP8266 налаштований процес відправлення даних на створений канал ThingSpeak. Для цього використовувалися відповідні API ключі та адреси сервера ThingSpeak. Після налаштувань проводилося тестування зв'язку між ESP8266 та ThingSpeak для перевірки, що дані правильно відправляються та відображаються на платформі.

Після успішного налаштування зв'язку між ESP8266 та ThingSpeak, було створено зручний інтерфейс для відображення результатів моніторингу концентрації пилу в повітрі. Для візуалізації зібраних даних ефективно використовуються графіки та діаграми, які можна легко вбудувати в інтерфейс ThingSpeak. Створення візуальних інструментів для відображення результатів моніторингу є ключовим етапом у розробці комп'ютеризованої системи дистанційного контролю рівня концентрації пилу, забезпечуючи зручність та ефективність використання системи користувачами (рис. 3.19).

Dust Concentration Options ? X

Name: Dust Concentra

Field: Field 1

Min: 0

Max: 250

Units: ug/m

Tick Interval: 25

Update Interval: 15 second(s)

Range	Color
0 - 35	Green
36 - 75	Yellow
76 - 115	Orange
116 - 150	Brown
151 - 250	Red

+

Save Cancel

Рис. 3.19. Створення візуального інструмента для відображення результату вимірювання концентрації пилу в ThingSpeak

Цей процес налаштування ThingSpeak забезпечив підготовку ефективного засобу для віддаленого моніторингу концентрації пилу в повітрі за допомогою інтернету речей.

3.4. Аналіз отриманих результатів роботи системи дистанційного моніторингу концентрації пилу

Тестування розробленої системи дистанційного моніторингу концентрації пилу в повітрі було проведено з метою перевірки її функціональності, надійності та ефективності. Процес тестування включав кілька етапів для впевненості в правильному функціонуванні системи.

Результати тестування вказали на ефективність та надійність системи дистанційного моніторингу концентрації пилу в повітрі, а також допомогли виявити можливі покращення та вдосконалення. Після виконання тестів та періоду реального використання розробленої системи дистанційного моніторингу концентрації пилу в повітрі було проведено детальний аналіз отриманих результатів для оцінки її продуктивності та ефективності.

Система продемонструвала високу точність вимірювань концентрації пилу, підтверджуючи роботоздатність давача GP2Y1010AU0F та правильність його калібрування. Вимірювання концентрації пилу в повітрі відображало актуальні значення, а результати відповідали показникам, виміряними стандартними методами.

Використання LCD дисплея забезпечує можливість отримувати інформацію навіть без використання інтернет-з'єднання чи зовнішнього моніторингового пристрою. Користувач матиме можливість швидко та зручно перевіряти рівень концентрації пилу просто переглядаючи дисплей системи. Це важливий елемент для забезпечення доступності та зручності користувачів у вимірюванні та контролі рівня забруднення повітря.

Система демонструвала стабільну роботу протягом тривалого періоду моніторингу, не виявляючи суттєвих збоїв або перерв у передачі даних на хмарну IoT платформу. Реакція системи на збільшення концентрації пилу в повітрі відбувалася миттєво, забезпечуючи оперативне сповіщення та моніторинг змін в реальному часі.

Можливість віддаленого моніторингу через хмарну IoT платформу ThingSpeak була успішно реалізована, дозволяючи користувачам отримувати дані про концентрацію пилу в будь-якому місці (рис. 3.20).

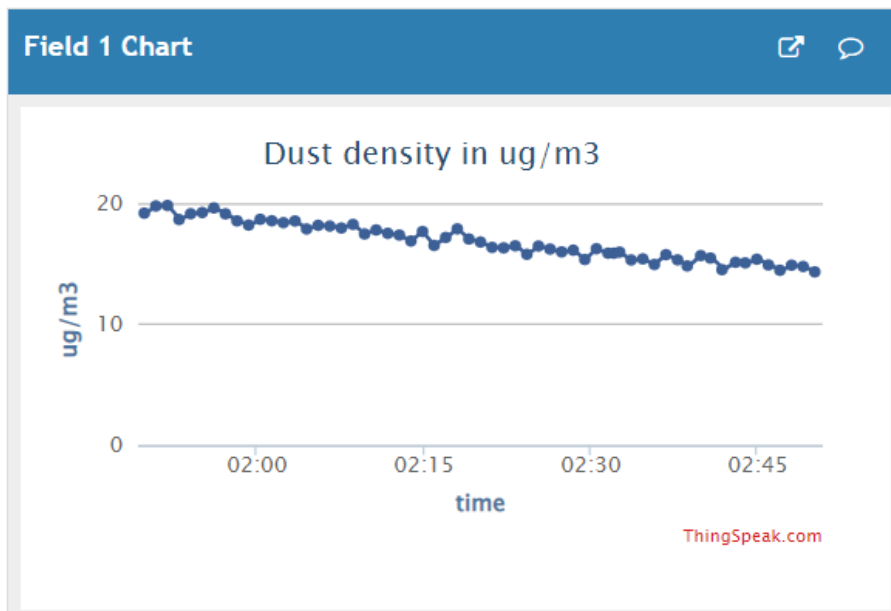


Рис. 3.20. Результат моніторингу концентрації пилу в повітрі

Система забезпечувала детальний аналіз динаміки забруднення повітря пилом, дозволяючи виявляти пікові концентрації та зміни впродовж часу. Взаємодія між мікроконтролером ESP8266, датчиком пилу та іншими компонентами системи була безперебійною та забезпечувала їх синхронну роботу.

Користувач має можливість віддалено моніторити рівень концентрації пилу через інтерфейс хмарної платформи. Результати можуть бути представлені у вигляді графіків, діаграм чи числових значень, що дозволяє ефективно аналізувати зміни концентрації пилу в повітрі. Розроблена система дозволяє надійно та ефективно здійснювати моніторинг концентрації пилу в повітрі та забезпечує доступ до цих даних в реальному часі через Інтернет.

Отже, система успішно виконала свої завдання та може бути ефективно використана для моніторингу концентрації пилу в повітрі, забезпечуючи надійні та точні результати.

3.5. Висновки до розділу 3

У розділі 3 було описано реалізацію ключових компонентів системи дистанційного моніторингу концентрації пилу в повітрі. Проведено детальний аналіз апаратної частини, включаючи використання давач пилу GP2Y1010AU0F та мікроконтролера NodeMCU ESP8266.

Висвітлено процес реалізації апаратної частини системи, зокрема влаштування та роботу давача пилу, обраного для вимірювань. Подано основні характеристики цього давача та принцип його роботи. Докладно описано процес створення алгоритму та ПЗ для мікроконтролера ESP8266.

Висвітлено процес передачі результатів моніторингу на хмарну IoT платформу ThingSpeak. Здійснено докладний огляд конфігурації та налаштування ThingSpeak для ефективного віддаленого моніторингу. Проведено аналіз отриманих результатів роботи системи дистанційного моніторингу концентрації пилу.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Охорона праці

Робота з комп'ютером чи комп'ютерними системами не передбачає зазвичай якого надмірного впливу на здоров'я, оскільки немає шкідливих речовин. Проте є різні фактори ризику, які можуть становити небезпеку для здоров'я та зашкодити правильному функціонуванню деяких органів тіла. Мається на увазі небезпека для зору при тривалій роботі за комп'ютером чи спини. Є також ризики для здоров'я пов'язані із проблемою надмірної ваги, яка з'являється як наслідок сидячої роботи та малорухомості.

Оскільки в даній роботі розроблено алгоритм та його програмну реалізацію, яка не потребує роботи із системами, що можуть становити небезпеку для здоров'я, то загалом потрібно лише дотримуватися правил безпеки при роботі із комп'ютерами. Вони регулюються законодавчими та нормативно-правовими актами, які, зокрема, визначають обов'язки роботодавця щодо забезпечення працівникам комфортних та безпечних умов для виконання поставлених задач. Ці обов'язки, а також права працівників щодо умов праці передбачені частиною 2 ст.2 і частиною 1 ст.21 КЗпП, а також ст.13 Закону України «Про охорону праці», у яких прописані основні положення з реалізації конституційного права працівників [33].

Законодавчі та нормативно-правові акти встановлюють єдиний порядок організації охорони праці в Україні, а також і відносини між роботодавцем та працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища. На їх основі розроблені такі документи як правила, інструкції, норми, державні санітарні правила та ін., якими мають керуватись роботодавці та які регламентують вимоги щодо конструкції електронно-обчислювальної техніки та особливості її розміщення.

На сьогодні основними документами, які регламентують питання охорони праці при використанні працівниками персональних комп'ютерів, є такі підзаконні

акти: НПАОП 0.00-7.15-18 «Про затвердження Вимог щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями», ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин».

У відповідності з цими документами, необхідно вжити всіх необхідних заходів з охорони праці та розробити відповідні документи. Приміщення, в яких виконується робота за комп'ютером, повинні відповідати проектній документації будинку, яка погоджена з уповноваженими державними органами. Крім того, мають бути дотримані санітарні нормативи освітлення, вимоги до параметрів мікроклімату (температура, відносна вологість), ступеня і сили вібрації, звукового шуму і вогнестійкості приміщення, а також характеристики електромагнітного, ультрафіолетового та інфрачервоного полів [33].

Освітлення робочого місця працівника, який виконує роботу з використанням екранних пристроїв має відповідати встановленим вимогам. Відповідно до ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» приміщення з постійним перебуванням людей повинні мати природне освітлення. Природне освітлення поділяється на бокове, верхнє і комбіноване. Що до штучного освітлення воно поділяється на робоче, аварійне, охоронне і чергове. Мікроклімат приміщень з робочими місцями працівників з екранними пристроями має підтримуватись на постійному рівні та відповідати вимогам Санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99, затверджених постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01 грудня 1999 року № 42.

Обладнання та організація робочого місця ВДТ ЕОМ повинна відповідати характеру трудової діяльності і задовольняти вимоги ДСТУ 7299:2013 «Дизайн і ергономіка. Робоче місце оператора. Взаємне розташування елементів робочого місця. Загальні вимоги ергономіки». Дотримання всіх необхідних вимог з охорони праці забезпечує комфортні умови при виконанні поставлених задач під час та відсутність шкоди для здоров'я, що сприяє підвищенню продуктивності праці. При розробці системи дистанційного моніторингу концентрації пилу в повітрі враховані всі вимоги охорони праці та техніки безпеки [34].

4.2. Моделювання уразливості об'єкта економіки та його елементів до дії вторинних вражаючих факторів ядерного вибуху

При ядерних вибухах, вироблених в містах або поблизу об'єктів народного господарства, можуть виникнути вторинні вражаючі фактори, до яких відносяться: пожежі, вибухи, затоплення, забруднення атмосфери та місцевості і т. ін. Втрати від вторинних вражаючих факторів у ряді випадків можуть значно перебільшувати втрати, які одержує господарство в результаті дії первинних факторів, притаманних більшості надзвичайних ситуацій.

Джерела вторинних вражаючих факторів на об'єкті й в небезпечному віддаленні від нього повинні виявлятися заздалегідь з метою завчасного прийняття заходів, що направлені на виключення чи зменшення вражаючої дії.

Прогнозування можливого становища на об'єкті проводиться в такій послідовності [33]:

- виявляють всі можливі джерела вражаючих факторів, як внутрішні, так і зовнішні;
- визначають найкоротшу відстань від об'єкта до кожного джерела вторинного ураження (на місцевості або на мапі чи плані);
- визначають характер вражаючої дії вторинного фактора (пожежа, затоплення, загазованість т. ін.);
- встановлюють чи вираховують час від моменту появи до моменту початку дії на об'єкт вторинного вражаючого фактора;
- визначають тривалість дії вражаючого фактора й можливі розміри втрат.

Одержані результати аналізують і роблять конкретні висновки для розробки організаційних, інженерно-технічних та технологічних заходів щодо виключення або обмеження дії на роботу об'єкта вторинних вражаючих факторів.

Для виявлення характеру і ступеня втрат на ОГ при НС і завчасного проведення заходів, які виключають або обмежують масштаби уражень і руйнувань, проводиться моделювання уразливості об'єкта та його елементів до дії вражаючих факторів як при аварії на самому об'єкті, так і на інших об'єктах, розташованих поблизу.

Для проведення розрахунків та моделювання використовуються наступні дані [33]:

- місцезнаходження об'єкту відносно джерела небезпеки;
- потужність аварійного реактора, а у воєнний час – потужність ядерного боєприпасу, і вид вибуху;
- кількість НХР (небезпечної хімічної речовини) на об'єкті та умови зберігання;
- метеорологічні умови (середній вітер, напрям, швидкість, стан вертикальної стійкості атмосфери);
- склад і характеристика об'єкту (цеху);
- кількість сховищ та їх місткість;
- чисельність найбільшої працюючої зміни;
- забезпеченість засобами індивідуального захисту;
- якість знання робітниками та службовцями правил дій по забезпеченню діяльності у надзвичайних ситуаціях;
- встановлена доза опромінення.

Основні критерії, за якими здійснюється якісна оцінка потенційних наслідків для кожного небезпечного стану об'єкту економіки, наступні [34]:

- клас 1 – безпечний: не спричиняє незворотних наслідків, пошкодження обладнання та нещасних випадків з людьми;
- клас 2 – граничний: призводить до порушень в роботі, може бути компенсованим або взятим під контроль без ушкодження обладнання або нещасних випадків з персоналом;
- клас 3 – критичний: призводить до великих порушень у роботі, ушкодження обладнання або створення небезпечної ситуації, яка потребує негайних заходів для порятунку персоналу;
- клас 4 – катастрофічний: призводить до втрати обладнання та (чи) загибелі без масового травмування персоналу.

Прогнозування можливого становища на об'єкті економіки дозволяє ефективніше розробити заходи щодо захисту персоналу та об'єкта економіки.

4.3. Створення метеорологічних умов виробничого середовища користувачів ВДТ ЕОМ, ПЕОМ

Створення метеорологічних умов для користувачів ЕОМ, ПЕОМ та ВДТ є одним з обов'язків будь-якого підприємства. Це є одним з найважливіших факторів, оскільки недотримання умов може в подальшому призвести до негативних порушень організму робочого, таких як переохолодження або перегрівання. В першу чергу для створення метеорологічних умов необхідно правильно обладнати робочу зону. Для цього на одного користувача площа приміщення повинна становити не менше $6,0 \text{ м}^2$, а об'єм – не менше 20 м^3 . ЕОМ повинні бути розташовані так, щоб потоки тепла не були направлені на інших користувачів та забезпечити прохід між ними не менш ніж $1,2 \text{ м}$. Необхідно також забезпечити оптимальні значення мікроклімату, до яких відносяться відносна вологість, швидкість руху повітря, температура). Ці показники регламентуються ДСН 3.3.6.042-99, затверджених постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01 грудня 1999 року № 42 [35]. Норми враховують наступні параметри:

- вибір приміщення: варто зважати на те, що підвальні та цокольні приміщення непридатні для розташування ЕОМ, ПЕОМ, ВДТ через можливі проблеми з вентиляцією та регуляцією тепла у них;
- пора року: поділяється на теплий період (середньодобова температура $+10^\circ\text{C}$ та вище) та холодний період (середньодобова температура нижче $+10^\circ\text{C}$);
- категорія робіт: для операторів ВДТ, ЕОМ, ПЕОМ відносять 2 категорії – легка 1а та легка 1б.

До легкої категорії 1а відносять легкі фізичні роботи, витрати енергії при яких не вище 139 Вт . Вони виконуються сидячи та супроводжуються незначними фізичними навантаженнями. До легкої 1б відносять легкі фізичні роботи, витрати енергії при яких встановлені в межах від 140 до 174 Вт . Роботи виконуються в положеннях сидячи або стоячи з незначною ходьбою та супроводжуються деякими фізичними напруженнями.

Для категорії робіт легка 1а у холодний період року показники повинні бути наступні: температура повітря повинна бути не більше 22-24 °С, відносна вологість повітря – 40-60 % та швидкість руху повітря – 0,1 м/с.

Для категорії робіт легка 1б у холодний період року показники повинні бути наступні: температура повітря повинна бути не більше 21-23 °С, відносна вологість повітря – 40-60 % та швидкість руху повітря – 0,1 м/с.

Для категорії робіт легка 1а у теплий період року показники повинні бути наступні: температура повітря повинна бути не більше 23-25°С, відносна вологість повітря – 40-60 % та швидкість руху повітря – 0,1 м/с.

Для категорії робіт легка 1б у теплий період року показники повинні бути наступні: температура повітря повинна бути не більше 22-24 °С, відносна вологість повітря – 40-60 % та швидкість руху повітря – 0,2 м/с.

Згідно з СНіП 2.04.05-91 до засобів, які нормалізують мікроклімат приміщень, які оснащені ЕОМ відносять припливно-витяжну вентиляцію, кондиціонування повітря, засоби автоматичного контролю, опалення [37]. При оснащенні варто зважати, що самі відеотермінали є джерелом тепловиділення і можуть підвищити температуру повітря тим самим знизивши показник відносної вологості. Як допоміжні установки можуть використовуватись прилади зволоження та іонізації повітря.

4.4. Висновки до розділу 4

В даному розділі описані актуальні питання щодо безпеки в надзвичайних ситуаціях та охорони праці. Була опрацьована інформація стосовно вимог з охорони праці і техніки безпеки, пожежної та електробезпеки. Також, розглянуті питання щодо моделювання уразливості об'єкта економіки та його елементів до дії вторинних вражаючих факторів ядерного вибуху і створення метеорологічних умов виробничого середовища користувачів ВДТ ЕОМ, ПЕОМ.

ВИСНОВКИ

У ході виконання даної кваліфікаційної роботи були проведені дослідження в галузі методів та комп'ютеризованих засобів для дистанційного моніторингу концентрації пилу в повітрі. Основні результати:

1. Проведено огляд сучасних методів моніторингу концентрації пилу у повітрі, визначено їхні основні проблеми та недоліки. Виявлено, що використання систем дистанційного моніторингу є актуальним та необхідним напрямом в розробці засобів екологічного контролю.

2. Розглянуті різні методи вимірювання концентрації пилу, визначено оптимальний метод для проєктованої системи, який здатен забезпечити високу точність та ефективність моніторингу. Застосування інтернету речей (IoT) дозволяє створити зручні та ефективні рішення для вимірювання та аналізу концентрації пилу у повітрі в реальному часі.

3. Спроектовано структуру системи дистанційного моніторингу концентрації пилу у атмосферному повітрі та розроблено схему взаємодії апаратних компонентів.

4. Написано програмне забезпечення для центрального мікроконтролера, реалізовано алгоритми обробки даних та їх відображення в інтерфейсі користувача.

5. Забезпечено можливість віддаленого доступу до даних через Інтернет за допомогою хмарної IoT-платформи.

Розроблені методи та засоби моніторингу концентрації пилу у повітрі відзначаються високою точністю вимірювань та стабільною роботою в різних умовах експлуатації. Застосування розробленої системи може сприяти не лише вчасному виявленню зон підвищеної концентрації пилу, а й забезпечити віддалений моніторинг, що робить її незамінним інструментом для промислових, екологічних та громадських потреб.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Zheng K., Wang J.G., Liu J. Xiong S.K. Research on dust concentration measurement technique and experiment based on charge induction. *Applied Mechanics and Materials*, Vol. 333, 2013. P. 370-373.
2. Liu D., Zhao W., Li D., Wan, J., Dong C. Optimization of dust concentration measuring device. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 592, 2019. No. 1, P. 184.
3. Колесник В.Є., Юрченко А.А., Чеберячко С.І. Контроль запиленості атмосфери гірничих підприємств на основі оптичного лічильно-інтегрального методу : монографія. Д.: Національний гірничий університет, 2013. 136 с.
4. Кириленко Є.О., Шевченко К.Л. Вдосконалення оптичних вимірювачів пилу у повітрі. Автоматизація експериментальних досліджень, 2019. С. 502-505.
5. Jha R.K. Air quality sensing and reporting system using IoT. In *2020 Second international conference on inventive research in computing applications (ICIRCA)*, 2020. P. 790-793.
6. Guo Z, Ma X, Zhang P, Liu Z. A dust sensor monitoring system using Wi-Fi mesh network. In *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 1754, No. 1, 2020. P. 129.
7. Li G., Wu J., Luo Z., Chen X. Vision-based measurement of dust concentration by image transmission. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, Vol. 68, No. 10, 2019. P. 3942-3949.
8. Аналізатор запиленості повітря DT-9880. URL: <https://simvolt.ua/analizator-kachestva-vozduha-dt-9880-ua.html/> (дата звернення: 18.10.2023).
9. Портативний лічильник дрібнодисперсних частинок пилу в повітрі СЕМ DT-96. URL: <https://www.gastech.com.ua/product/cem-dt-96-portatyvnyj-lichylnyk-dribnodispersnyh-chastynok-pylu-v-povitri/> (дата звернення: 19.10.2023).
10. Паламар А.М., Романчук Р.О. Комп'ютерна система для віддаленого контролю рівня забруднення повітря пилом. Актуальні задачі сучасних технологій : збірник тез доповідей XII міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів (Тернопіль, 6-7 грудня 2023 року), Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2023. С. 436.

11. Паламар А.М., Романчук Р.О., Дрогобицький М.В. Комп'ютеризована система для дистанційного контролю рівня концентрації пилю на основі інтернету речей. Матеріали XI науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (Тернопіль, 13-14 грудня 2023 року), Тернопіль: ТНТУ, 2023. С. 169.

12. Купратий І.Г., Паламар А.М. Комп'ютерна система для дистанційного моніторингу стану здоров'я пацієнтів. Актуальні задачі сучасних технологій : збірник тез доповідей XI міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів (Тернопіль, 7-8 грудня 2022 року), Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. С. 142.

13. Паламар А.М., Купратий І.Г. Система для дистанційного моніторингу стану здоров'я пацієнтів на основі інтернету медичних речей. Матеріали X науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (Тернопіль, 7-8 грудня 2022 року), Тернопіль: ТНТУ, 2022. С. 85.

14. Palamar A., Karpinskyy M., Vodovozov V. Design and Implementation of a Digital Control and Monitoring System for an AC/DC UPS. 7th International Conference-Workshop «Compatibility and Power Electronics» (CPE 2011), Tallinn, Estonia, June 1-3, 2011. P. 173–177.

15. Palamar A. Control system simulation by modular uninterruptible power supply unit with adaptive regulation function. Scientific Journal of TNTU, Ternopil, Ukraine, 2020. Vol. 98, No 2. P. 129–136.

16. Palamar A., Karpinskyy M. Control of an Uninterruptible Power Supply in a DC Microgrid System. 10th International Symposium "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering" and "Doctoral School of Energy and Geotechnology II" (January 10-15, 2011), Pärnu, Estonia, 2011. P. 80-84.

17. Palamar A. Intelligent control and monitoring module for uninterruptible power supply system. II International Scientific and Practical Conference «Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs» (MC&FPGA-2020), Kharkiv, Ukraine. 2020. P. 12-13.

18. Vasylykivskyi I., Ishchenko V., Pohrebennyk V., Palamar M., Palamar A.

System of water objects pollution monitoring. International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management (SGEM 2017), Vienna, Austria, November, 27–29, 2017. Vol. 17, No. 33. P. 355-362.

19. Palamar M., Pasternak Y., Palamar A., Poikhalo A. Precision tracking of the trajectory LEO satellite by antenna with induction motors in the control system. Proceedings of the 2017 IEEE 9th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS 2017), Bucharest, Romania, September 21–23, 2017. Vol. 2. P. 1051–1055.

20. Паламар М., Пастернак Ю., Паламар А. Дослідження динамічних похибок системи прецизійного керування антеною з асинхронним електроприводом. Вісник ТНТУ, Тернопіль: ТНТУ, 2014. Вип. 76, № 4. С. 164–173.

21. Palamar A. Methods and means of increasing the reliability of computerized modular uninterruptible power supply system. Scientific Journal of TNTU, Ternopil, Ukraine, 2020. Vol. 99, No 3. P. 133–141.

22. Паламар А.М., Осов'як І.І. Комп'ютерна інформаційно-вимірювальна система для моніторингу пристроїв безперебійного електроживлення. Матеріали V Міжнародної науково-технічної конференції "Світлотехніка й електротехніка: історія, проблеми, перспективи", Тернопіль: ТЗОВ "Видавництво Астон", 2015. С. 111-112.

23. Palamar A., Pettai E. Microgrid for the Department of Electrical Drives and Power Electronics. 8th International Symposium "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering" and "Doctoral School of Energy and Geotechnology II" (January 11-16, 2010), Pärnu, Estonia, 2010. P. 54-61.

24. Yatsyshyn V., Pastukh O., Palamar A., Zharovsky R. Technology of relational database management systems performance evaluation during computer systems design. Scientific Journal of TNTU, Ternopil, Ukraine, 2023. Vol. 109, No 1. P. 54–65.

25. Оконський М.В., Лупенко С.А., Паламар А.М. Інформаційно-вимірювальна система для контролю метеорологічних параметрів на основі Інтернету речей. Матеріали IX науково-технічної конференції "Інформаційні моделі, системи та технології" Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (Тернопіль, 8–9 грудня 2021 року), Тернопіль:

ТНТУ, 2021. С. 118.

26. Романов Д.В., Осухівська Г.М., Паламар А.М. Система управління зовнішнім освітленням на основі Інтернету речей. Актуальні задачі сучасних технологій : збірник тез доповідей X міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів (Тернопіль, 24-25 листопада 2021 року), Тернопіль: ТНТУ, 2021. С. 120.

27. Palamar A., Karpinski M., Palamar M., Osukhivska H., Mytnyk M. Remote Air Pollution Monitoring System Based on Internet of Things. CEUR Workshop Proceedings, 2nd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems, Ternopil, Ukraine, November 22–24, 2022. Vol. 3309. P. 194-204.

28. Романов Д.В., Осухівська Г.М., Паламар А.М. Функціональна схема системи керування зовнішнім освітленням на основі технології LoRa. Матеріали ІХ науково-технічної конференції "Інформаційні моделі, системи та технології" Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (Тернопіль, 8–9 грудня 2021 року), Тернопіль: ТНТУ, 2021. С. 124.

29. Оконський М.В., Лупенко С.А., Паламар А.М. Комп'ютерна система для моніторингу метеорологічних параметрів на основі IoT. Актуальні задачі сучасних технологій : збірник тез доповідей X міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів, Тернопіль: ТНТУ, 2021. С. 112.

30. Погребенник В.Д., Клим Г.І., Бордун І.М., Пташник В.В., Паламар А.М. Системи оперативного контролю інтегральних параметрів водного середовища. Т. 2. Елементи комп'ютерних систем оперативного контролю: колективна монографія. Житомир: Видавничий дім «Бук-Друк», 2021. 180 с.

31. Ларіоник Р.В., Луцик Н.С., Паламар А.М. Система для моніторингу якості атмосферного повітря на базі IoT. Матеріали ІХ науково-технічної конференції "Інформаційні моделі, системи та технології" Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Тернопіль: ТНТУ. 2021. С. 116.

32. Palamar A., Palamar M. Fire Safety Monitoring System Based on Internet of Things. CEUR Workshop Proceedings, 2023. 1st International Workshop on Computer Information Technologies in Industry 4.0 (CITI 2023), Ternopil, Ukraine, June 14-16, 2023. 3468. P. 164-172.

33. Зеркалов Д.В. Охорона праці в галузі: Загальні вимоги. Навчальний посібник. К.: Основа. 2011. 551 с.

34. Желібо Є. П., Сагайдак І. С. Безпека життєдіяльності. Навчальний посібник для аудиторної та практичної роботи. К.: ЕКОМЕН. 2011. 200 с.

35. Васійчук В.О., Гончарук В.Є., Качан С.І., Мохняк С.М. Основи цивільного захисту: Навчальний посібник. Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка". 2010. 417 с.

36. Депутат О. П., Коваленко І. В., Мужик І. С. Цивільна оборона. Навчальний посібник. За редакцією полковника В.С. Франчука. Львів: Афіша. 2000. 336 с.

37. Стадник І.Я., Зварич Н.М. Оцінка хімічної обстановки при аваріях на хімічно небезпечних об'єктах з викидом (вилівом) небезпечних хімічних речовин та застосуванні хімічної зброї. ТНТУ. 2020. 36 с.

Додаток А
Тези конференцій

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)
Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)
Маріборський університет (Словенія)
Технічний університет у Кошице (Словаччина)
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)
Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)
Наукове товариство ім. Т.Шевченка

АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Збірник
тез доповідей

**XII Міжнародної науково-практичної
конференції молодих учених та студентів**
6-7 грудня 2023 року



УКРАЇНА
ТЕРНОПІЛЬ – 2023

УДК 681.518.3

А. М. Паламар, канд. техн. наук, доц., Р. О. Романчук
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

**КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ДЛЯ ВІДДАЛЕНОГО КОНТРОЛЮ РІВНЯ
ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ ПИЛОМ**

A. M. Palamar, Ph.D, Assoc. Prof., R. O. Romanchuk
**COMPUTER SYSTEM FOR REMOTE MONITORING OF AIR POLLUTION
LEVELS WITH DUST**

В останні роки внаслідок діяльності промислових підприємств та збільшення обсягів будівництва, проблема забруднення повітря пилом стає все більш актуальною. Зростання концентрації пилу в атмосфері спричиняє серйозні загрози для екології та здоров'я людей [1]. Для ефективного вирішення цієї проблеми, необхідно розробляти і впроваджувати нові технологічні рішення, зокрема, комп'ютерні системи віддаленого моніторингу [2].

Актуальність дослідження обумовлена погіршенням якості повітря та нестачею ефективних засобів моніторингу рівня пилу. Мета роботи полягає у розробці та впровадженні комп'ютерної системи для віддаленого контролю рівня забруднення повітря пилом, що дасть змогу підвищити ефективність та оперативність збору екологічних даних.

Система ґрунтується на технології Інтернету речей (IoT). Основними компонентами системи є давачі пилу, мікроконтролери з можливістю бездротової передачі даних. Давачі вимірюють концентрацію часток пилу у повітрі. Мікроконтролери здійснюють безперервний збір даних від давачів, виконують попередню обробку і фільтрацію, передають їх до хмарного серверу для обробки та глибшого аналізу.

Інтерфейс користувача дозволяє віддалено отримувати дані та моніторити якість повітря. Крім того, це дозволить забезпечити зручний доступ до інформації про рівень забруднення повітря пилом.

Система характеризується оперативністю та можливістю здійснювати віддалений моніторинг в режимі реального часу. Високоточні сенсори гарантують достовірність вимірювань. Інтеграція з хмарним сервером забезпечує ефективний віддалений контроль за якістю повітря.

Запропонована комп'ютерна система віддаленого контролю рівня забруднення повітря пилом є перспективним та дієвим рішенням для вирішення екологічних проблем. Впровадження цієї системи сприятиме покращенню якості повітря та підвищенню рівня безпеки та здоров'я населення.

Література

1. Ларіоник Р.В., Луцик Н.С., Паламар А.М. Система для моніторингу якості атмосферного повітря на базі IoT. Матеріали IX науково-технічної конференції "Інформаційні моделі, системи та технології" Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (Тернопіль, 8–9 грудня 2021 року), Тернопіль: ТНТУ. 2021. С. 116.

2. Паламар А., Величко Д. Система моніторингу якості повітря в приміщеннях. Матеріали V Міжнародної студентської науково-технічної конференції "Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання" (Тернопіль, 28-29 квітня 2022 року), Тернопіль: ТНТУ. 2022. С. 138.

Матеріали ХІІ Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів
«АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ» Тернопіль, 6-7 грудня 2023 року

- | | | |
|-----|--|-----|
| 38. | Т. Крамар
ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНЕ АВТОМАТИЧНЕ ПІДКЛЮЧЕННЯ ПУНКТІВ
НЕЗЛАМНОСТІ ПІД ЧАС ВІДКЛЮЧЕНЬ У ЗИМІ 2023 В
ПРИФРОНТОВИХ ЗОНАХ УКРАЇНИ | 415 |
| 39. | Б. Б. Млинко, О. П. Стефанюк
АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ІГРОВИХ РУШІЇВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ
ЦИФРОВИХ ДВІЙНИКІВ НА ОСНОВІ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ | 417 |
| 40. | Н. М. Коцюк, В. Д. Тимошук, Ю. О. Момоток, Н. С. Луцик
СИСТЕМА РЕЗЕРВУВАННЯ ТРАФІКУ НА ОСНОВІ МІКРОТІК | 419 |
| 41. | В. В. Василюшин, В. Д. Тимошук, Н. Ю. Кігчак, Н. С. Луцик
АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК ТА ЗАСТОСУВАННЯ
МІКРОКОНТРОЛЕРІВ ATTINY85, ATMEGA8, RP2040 | 420 |
| 42. | А. М. Ковтко, Н. В. Лещук, І. Р. Козбур, І. В. Коноваленко
АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОГО
ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ | 421 |
| 43. | О. Ю. Замора, А. В. Немеришин, І. Р. Козбур, О. Р. Дмитрів
АНАЛІЗ МЕРЕЖЕВИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОГО
УПРАВЛІННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОТОКОЛІВ МНОЖИННОГО
ДОСТУПУ | 423 |
| 44. | М. В. Дрогобицький, Н. С. Луцик, А. М. Паламар
КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ
РІВНЯ ШУМУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА | 425 |
| 45. | І. В. Лилик, А. М. Паламар
КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ДИСТАНЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ
ІНТЕНСИВНОСТІ УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ | 426 |
| 46. | А. М. Паламар, Д. С. Сомін, В. П. Волоський
КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ДЛЯ ВІДДАЛЕНОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ
ЗА РІВНЕМ НАСИЧЕННЯ КИСНЕМ КРОВІ ЛЮДИНИ | 427 |
| 47. | М. В. Криховецький
МЕТОДИ ВИЯВЛЕННЯ ДРОНІВ НА БАЗІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ | 428 |
| 48. | Д. І. Муштин
МОБІЛЬНА МЕТЕОСТАНЦІЯ ДЛЯ ОБПРИСКУВАЧА | 431 |
| 49. | Л. Є. Мосій, І. В. Струтинська, Г. В. Козбур
РОЛЬ КОМП'ЮТЕРНО-ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
У ЦИФРОВІЙ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЕКОНОМІКИ. | 432 |
| 50. | О. Є. Подвисоцький; Н. Б. Стадник
МЕТОДИ БІОМЕТРИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ В РОЗУМНОМУ
БУДИНКУ | 435 |
| 51. | А. М. Паламар, Р. О. Романчук
КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ДЛЯ ВІДДАЛЕНОГО КОНТРОЛЮ РІВНЯ
ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ ПИЛОМ | 436 |
| 52. | Є. В. Тиш, Р. І. Шалапай
ТИПИ ВИМОГ ДО КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ І МЕТОДИ ЇХ
ВИЯВЛЕННЯ | 437 |
| 53. | А. М. Луцків, С. В. Макогон
НЕЙРОМЕРЕЖЕВІ ПІДХОДИ ДО ПЕРЕТВОРЕННЯ ТЕКСТОВИХ
ПОВІДОМЛЕНЬ В АУДІОПОТІК | 438 |
| 54. | В. В. Яцишин канд. І. М. Кучма
ПОБУДОВА ОНТОЛОГІЙ ЯК СПОСІБ ЕФЕКТИВНОГО | 439 |

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ**

МАТЕРІАЛИ

**XI НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
«ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ,
СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»**



13-14 грудня 2023 року

**ТЕРНОПІЛЬ
2023**

УДК 681.518.3

А.М. Паламар, канд. техн. наук, доц., Р.О. Романчук, М.В. Дрогобицький
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ РІВНЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ПИЛУ НА ОСНОВІ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

UDC 681.518.3

A.M. Palamar, Ph.D, Assoc. Prof., R.O. Romanchuk, M.V. Drohobytskyi

COMPUTERIZED SYSTEM FOR REMOTE MONITORING OF DUST CONCENTRATION LEVEL BASED ON THE INTERNET OF THINGS

У сучасних умовах зростання промисловості та будівництва, а також з урахуванням впливу антропогенних факторів, проблема забруднення повітря стає все більш актуальною. Концентрація пилу в атмосфері може негативно впливати як на стан довкілля, так і на здоров'я населення [1]. У цьому контексті виникає необхідність вдосконалення систем моніторингу для забезпечення надійності та ефективності виявлення рівня концентрації пилу в повітрі. Погіршення якості повітря підкреслює важливість створення надійних систем моніторингу [2]. Пил у повітрі спричиняє суттєві виклики як для екологічної стійкості, так і для громадського здоров'я. Існуючі системи часто є статичними та обмеженими у своєму функціоналі, що ускладнює забезпечення доступу до реальних даних з різних місць.

Основною метою даного дослідження є розробка та впровадження комп'ютеризованої системи для віддаленого моніторингу концентрації пилу в повітрі. Система спрямована на підвищення точності, ефективності та доступності отримання екологічних даних, що надає корисну інформацію для прийняття рішень.

Запропонована система базується на технології Інтернету речей (IoT), яка дозволяє здійснювати безперервний обмін даними між давачами, центральним процесором та інтерфейсом користувача. Система працює шляхом неперервного збору даних від давачів пилу, їх обробки за допомогою мікроконтролера та відображення інформації через зручний інтерфейс. Користувачі можуть отримувати доступ до даних про концентрацію пилу в реальному часі віддалено, полегшуючи своєчасне прийняття рішень для його зменшення.

Запропонована комп'ютерна система віддаленого моніторингу концентрації пилу в повітрі представляє собою інноваційний підхід у сфері моніторингу довкілля. Шляхом поєднання технологій Інтернету речей та комп'ютерних систем, це рішення пропонує ефективний засіб для вирішення проблем якості повітря. До переваг цієї системи можна віднести можливість її роботи в режимі реального часу, віддалений доступ до даних. Отже, ця система є важливим інструментом для управління довкіллям та ініціативами з охорони здоров'я.

Література

1. Palamar A., Karpinski M., Palamar M., Osukhivska H., Mytnyk M. Remote Air Pollution Monitoring System Based on Internet of Things. CEUR Workshop Proceedings, 2nd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems (ITTAР 2022), Ternopil, Ukraine, November 22–24, 2022. Vol. 3309. P. 194-204.

2. Ларіоник Р.В., Луцик Н.С., Паламар А.М. Система для моніторингу якості атмосферного повітря на базі IoT. Матеріали ІХ науково-технічної конференції "Інформаційні моделі, системи та технології" Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Тернопіль: ТНТУ. 2021. С. 116.

- Ясній О.П., Крисюк І.В.**
ФАКТОРИ ВПЛИВУ НА НАДІЙНІСТЬ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ В ПРОЦЕСІ ЇХ РОЗРОБКИ
Yasniy O.P., Krysiuk I.V.
EFFECTS RELIABILITY FACTORS OF COMPUTER SYSTEMS IN THE PROCESS OF THEIR DEVELOPMENT 161
- Василь Яцишин, Іван Кучма**
КЛАСИФІКАЦІЯ ОНТОЛОГІЙ В ПРОЦЕСІ МОДЕЛЮВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ
Vasyl Yatsyshyn, Ivan Kuchma
CLASSIFICATION OF ONTOLOGIES IN THE PROCESS OF COMPUTER NETWORK MODELING 162
- І.В. Лылик, А.М. Паламар**
КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА МОНИТОРИНГУ РІВНЯ УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ОСНОВІ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ
I.V. Lylyk, A.M. Palamar
COMPUTERIZED ULTRAVIOLET RADIATION LEVEL MONITORING SYSTEM BASED ON THE INTERNET OF THINGS 163
- Андрій Луцків, Сергій Макогон**
ТИПИ АРХІТЕКТУР НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПЕРЕТВОРЕННЯ ТЕКСТОВИХ ПОВІДОМЛЕНЬ У ЗВУКОВИЙ ПОТІК
Andriy Lutskiv, Serhii Makohon
TYPES OF NEURAL NETWORK ARCHITECTURES FOR TEXT TO SPEECH 164
- Андрій Луцків, Юрій Мельничук**
МУЛЬТИАГЕНТНА ОРГАНІЗАЦІЯ СЕРВЕРА ОНЛАЙН АУКЦІОНІВ
Andriy Lutskiv, Yuriy Melnychuk
MULTI-AGENCY ONLINE AUCTION SERVER ORGANIZATION 165
- Галина Осухівська, Денис Муштин**
КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ЗА МЕТЕОДАНИМИ ДЛЯ ОБПРИСКУВАЧА
Halyna Osukhivska, Denys Mushtyn
COMPUTERIZED METEODATA CONTROL SYSTEM FOR SPRAYER 166
- Т.А. Озарків; Р.О. Жаровський**
МЕТОД ОПТИМІЗАЦІЇ EIGRP ПРОТОКОЛУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ В КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖАХ
T. A. Ozarkiv; R.O. Zharovskyi
THE METHOD OF OPTIMIZING THE EIGRP PROTOCOL TO INCREASE THE PRODUCTIVITY OF DATA TRANSMISSION IN COMPUTER NETWORKS 167
- Андрій Луцків, Андрій Островський**
ОРГАНІЗАЦІЯ ДОСТУПУ ДО МОДЕЛІ GPT-3 ЗАСОБАМИ МОВИ PYTHON
Andriy Lutskiv, Andriy Ostrovskiy
ORGANIZING ACCESS TO THE GPT-3 MODEL USING PYTHON 168
- А.М. Паламар, Р.О. Романчук, М.В. Дрогобиський**
КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ РІВНЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ПИЛУ НА ОСНОВІ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ
A.M. Palamar, R.O. Romanchuk, M.V. Drohobytskyi
COMPUTERIZED SYSTEM FOR REMOTE MONITORING OF DUST CONCENTRATION LEVEL BASED ON THE INTERNET OF THINGS 169
- Ярослав Панчишин**
СТРУКТУРА СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ МІНІ-ТЕПЛИЦІ
Yaroslav Panchyshyn
STRUCTURE OF THE MINI-GREENHOUSE MICROCLIMATE PARAMETER CONTROL SYSTEM 170