

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Методи та програмно-апаратні засоби дистанційного контролю
якості атмосферного повітря

Виконав(ла): студент(ка) VI курсу, групи СІМ-61
спеціальності _____

123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис) Ларіоник Р.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник _____
(підпис) Луцик Н.С.
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____
(підпис) Тиш 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.
(прізвище та ініціали)

(підпис)

«___» _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»
(шифр і назва спеціальності)

студенту Ларіоніку Роману Васильовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Методи та програмно-апаратні засоби дистанційного контролю якості атмосферного повітря

Керівник роботи Луцик Надія Степанівна, PhD, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «28» жовтня 2021 року № 4/7-916

2. Термін подання студентом завершеної роботи 15.12.2021 р.

3. Вихідні дані до роботи технічні характеристики сенсорів для вимірювання концентрації газу в повітрі, документація на модуль Raspberry Pi

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

Вступ. 1. Огляд існуючих методів та засобів для контролю якості атмосферного повітря.

2. Обґрунтування вибору технологій для контролю якості атмосферного повітря та їх застосування. 3. Програмно-апаратні засоби для контролю якості атмосферного повітря.

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, об'єкт та предмет дослідження.

2. Мета, задачі дослідження та наукова новизна.

3. Функціональна схема системи для контролю якості атмосферного повітря.

4. Структурна схема блока контролю якості атмосферного повітря.

5. Схема електрична принципова блока для контролю якості атмосферного повітря.

6. Алгоритми роботи системи для контролю якості атмосферного повітря.

7. Результати тестування розробленої системи.

8. Висновки

АНОТАЦІЯ

Методи та програмно-апаратні засоби дистанційного контролю якості атмосферного повітря // Кваліфікаційна робота магістра // Ларіоник Роман Васильович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних систем та мереж, група СІм-61 // Тернопіль, 2021 // с. – 73, рис. – 39, табл. – 1, аркушів А1 – 9, додат. – 1, бібліогр. – 35.

Ключові слова: програмно-апаратні засоби, дистанційний контроль якості, давач, атмосферне повітря, Raspberry Pi, IoT.

Кваліфікаційна робота присвячена питанню розроблення програмно-апаратних засобів для побудови комп'ютеризованої системи дистанційного контролю якості атмосферного повітря.

Виконано огляд наукової літератури за темою дослідження, проаналізовано сучасні розробки в сфері контролю якості атмосферного повітря, визначено їх переваги і недоліки. Синтезовано структуру автоматизованої інформаційно-вимірювальної системи для контролю якості атмосферного повітря. Спроектовано структурну схему блока моніторингу якості атмосферного повітря і виконано розробку його електричної принципової схеми. Розроблено алгоритмічне та програмне забезпечення для блока моніторингу якості атмосферного повітря.

Впровадження розробленої системи дозволить в режимі реального часу здійснювати контроль якості атмосферного повітря, що дасть змогу покращити екологічні показники.

ANNOTATION

Methods, software and hardware for air quality remote control // Master diploma thesis // Larionyk Roman Vasylovych // Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Faculty of Computer Information System and Software Engineering, Department of Computer Systems and Networks, group CIm-61 // Ternopil, 2021 // p. – 73, fig. – 39, tabl. – 1, sheets A1 – 9, addit. – 1, bibliography – 35.

Keywords: software and hardware, remote quality control, sensor, atmospheric air, Raspberry Pi, IoT.

Qualification work is devoted to the development of software and hardware for the construction of a computerized system for air quality remote control.

A review of the scientific literature on the topic of the study, analyzed current developments in the field of air quality control, identified their advantages and disadvantages. The structure of the automated information-measuring system for air quality control is synthesized. The block diagram of the air quality monitoring unit has been designed and its electrical schematic diagram has been developed. Algorithmic and software for the air quality monitoring unit have been developed.

The implementation of the developed system will allow real-time monitoring of air quality, which will improve environmental performance.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ	10
1.1. Аналіз стану проблеми щодо забруднення атмосферного повітря.....	10
1.2. Загальна характеристика систем для моніторингу якості атмосферного повітря.....	12
1.3. Огляд і аналіз існуючих методів та засобів в галузі контролю якості атмосферного повітря.....	16
1.4. Висновки до розділу 1	21
РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТУВАННЯ АПАРАТНИХ ЗАСОБІВ СИСТЕМИ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ.....	23
2.1. Обґрунтування архітектурних рішень для реалізації задачі контролю якості атмосферного повітря.....	23
2.2. Структурна схема блоку моніторингу повітря.....	24
2.3. Реалізація апаратної частини проектованої системи	26
2.3.1. Опис модуля Raspberry Pi.....	26
2.3.2. Опис модуля Arduino Uno.	29
2.3.3. Модуль GP2Y1010AU0F давача пилу.....	31
2.3.4. Модуль давачів HDC1080 і CCS811 якості повітря.	32
2.3.5. Модуль давача якості повітря MQ-135.	34
2.3.6. Опис електричної схеми.	35
2.4. Висновки до розділу 2	36
РОЗДІЛ 3 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ	37
3.1. Вибір засобів реалізації та середовища розробки проектованої системи	37
3.1.1. Обґрунтування вибору операційної системи для Raspberry Pi.	37
3.1.2. Вибір мови програмування та середовища розробки.....	39

3.2. Обґрунтування вибору хмарного середовища для збору та опрацювання результатів моніторингу якості АП.....	41
3.3. Програмне забезпечення для системи контролю якості АП	48
3.3.1. Алгоритми роботи системи.....	48
3.3.2. Опис програмних функцій та модулів.....	50
3.3.3. Результати роботи програми в додатку ThingSpeak.....	53
3.4. Висновки до розділу 3	55
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	56
4.1. Охорона праці.....	56
4.2. Забезпечення захисту працівників суб'єкта господарювання від іонізуючих випромінювань	59
4.3. Висновки до розділу 4	62
ВИСНОВКИ.....	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	64
Додаток А Опубліковані тези конференцій за темою кваліфікаційної роботи магістра.....	68

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АП – атмосферне повітря;

БМЯП – блок моніторингу якості повітря;

КЯАП – контроль якості атмосферного повітря;

ОС – операційна система;

ПЗ – програмне забезпечення;

ПК – персональний комп'ютер;

IoT – Internet of Things;

RPi – Raspberry Pi.

ВСТУП

Актуальність теми. Тривалість життя людини та його якість залежить від стану атмосферного повітря, яким вона дихає. Збільшення рівня урбанізації призводить до підвищення антропогенного впливу на довкілля, що спричиняє порушення екологічного балансу. Різне збільшення міського населення, ввід в експлуатацію нових промислових підприємств, зростання кількості транспортних засобів – ці фактори спричиняють зміну газового складу атмосферного повітря та погіршують екологічний стан довкілля.

Якість атмосферного повітря (АП) є необхідним фактором наявності життя в навколишньому середовищі. Широке застосування засобів дистанційного моніторингу є ефективним інструментом для виявлення джерел забруднення атмосферного повітря. Воно полягає у визначенні рівня концентрації шкідливих речовин в повітрі в режимі реального часу.

Існуючі в Україні технічні засоби не забезпечують в повній мірі потреб у моніторингу якості повітря з точки зору швидкості отримання даних та можливостей щодо їх аналізу та опрацювання. Тому розроблення комп'ютерної системи дистанційного контролю та аналізу рівня забрудненості атмосферного повітря є актуальним завданням, яке визначило напрям дослідження кваліфікаційної роботи.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є підвищення ефективності контролю якості атмосферного повітря (КЯАП) завдяки застосуванню методів дистанційного моніторингу.

Для досягнення поставленої мети роботи необхідно вирішити ряд завдань:

- виконати огляд наукової літератури за темою дослідження, проаналізувати сучасні розробки в сфері КЯАП, визначити їх переваги і недоліки;
- синтезувати структуру автоматизованої інформаційно-вимірювальної системи для контролю якості атмосферного повітря;
- спроектувати структурну схему блока моніторингу якості АП і здійснити розробку його електричної принципової схеми;

– розробити алгоритмічне та програмне забезпечення для блока моніторингу якості АП.

Об’єкт дослідження – процес контролю якості атмосферного повітря.

Предмет дослідження – програмно-апаратні методи та засоби побудови інформаційно-вимірювальних систем для КЯАП.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених у кваліфікаційній роботі задач використано такі методи дослідження: узагальнення, системного аналізу, синтезу, порівняння.

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Удосконалено метод опрацювання даних в інформаційно-вимірювальній системі КЯАП, який, на відміну від відомих, забезпечує можливість в режимі реального часу визначати рівень його забрудненості, що дає змогу підвищити швидкість виявлення джерел викиду шкідливих речовин та запобігти їх поширенню.

2. Отримала подальший розвиток інформаційно-вимірювальна система дистанційного моніторингу якості атмосферного повітря, яка, завдяки застосуванню технології інтернету речей, підвищує швидкість визначення рівня забрудненості, що дає змогу покращити екологічний стан довкілля.

Практичне значення одержаних результатів кваліфікаційної роботи магістра полягає у тому, що запропоновані та реалізовані програмно-апаратні засоби дозволяють в режимі реального часу контролювати якість атмосферного повітря і надавати актуальну інформацію профільним організаціям, що слугуватиме ефективним інструментом для покращення екологічного стану довкілля.

Публікації. За результатами виконаних в кваліфікаційній роботі магістра досліджень опубліковано 2 тези наукових конференцій.

Структура роботи.

Кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки та графічної частини. Пояснювальна записка містить вступ, 4 розділи, висновки, список використаних джерел та додатки. Обсяг роботи: пояснювальна записка – 73 аркушів формату А4, графічна частина – 9 аркушів формату А1.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

1.1. Аналіз стану проблеми щодо забруднення атмосферного повітря

Атмосферне повітря є одним з найважливіших природних ресурсів без якого неможливе життя людини [1]. В атмосферу потрапляють антропогенні та природні забруднюючі речовини, які спричиняють зміну концентрації газів [2, 3]. Наприклад концентрація таких газоподібних речовин як NO_2 та CO_2 постійно збільшується, що показано на рис. 1.1.

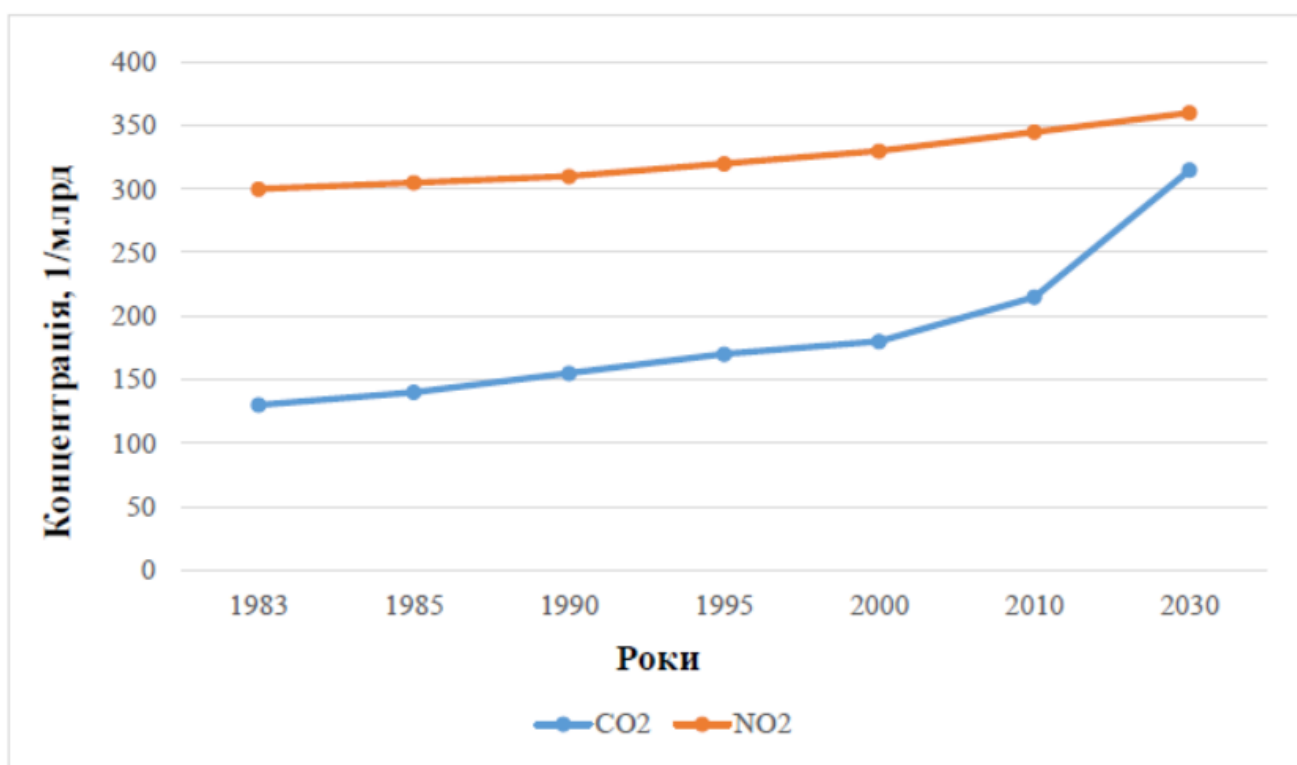


Рис. 1.1. Прогноз рівня концентрації газів NO_2 та CO_2 в атмосферному повітрі [4]

У великих промислових містах рівень забрудненості атмосферного повітря (АП) може в значній мірі перевищувати санітарно-гігієнічні норми. Існує велика кількість факторів, які впливають на просторову і часову зміну концентрації шкідливих речовин в АП. Сучасні тенденції розвитку промислового виробництва

характеризуються широким застосуванням небезпечних технологій, які спричиняють суттєве погіршення екологічних показників окремих регіонів. В табл. 1.1 приведена інформація про співвідношення викидів в атмосферу шкідливих речовин від об'єктів різних галузей промисловості [5].

Таблиця 1.1

Співвідношення викидів в атмосферу шкідливих речовин між різними галузями промисловості

Об'єкти та галузі промисловості	Частка викидів в атмосферу шкідливих речовин, %
Котельні та ТЕС	27
Підприємства чорної металургії	17
Нафтохімія та нафтовидобуток	16
Автомобільний транспорт	12
Підприємства кольорової металургії	10
Будівельна галузь	5
Вугільна галузь	2,5
Хімічна галузь	1,5
Інші галузі	9
Всього	100

Важливість контролю за рівнем забрудненості АП в середовищі антропогенного впливу обґрунтовується результатами теоретичних та експериментальних досліджень з застосуванням методів фізичного та математичного моделювання. Використання такого підходу дає змогу оцінити рівень якості АП у великому місті або іншому об'єкті, де присутні мобільні або стаціонарні джерела забруднень шкідливими речовинами.

Визначивши рівень забрудненості АП різними шкідливими речовинами, та встановивши тенденції зміни розповсюдження концентрації домішок в часі і по території можна приймати рішення про встановлення стаціонарних постів

спостережень на відповідній території і скласти графік їх роботи. Такі пункти спостережень можуть надавати дані про загальний стан повітряних мас, контролювати джерела викидів, якщо вони знаходяться в зоні їх впливу.

Наявність інформації про рівень забрудненості АП, а також тенденцій його зміни є надзвичайно важливою для забезпечення потрібної чистоти повітряних мас. Моніторинг рівня забрудненості АП є основним шляхом для виявлення відповідних закономірностей.

1.2. Загальна характеристика систем для моніторингу якості атмосферного повітря

Система моніторингу якості атмосферного повітря є системою спостережень, збору, фільтрації, опрацювання, збереження, передавання та аналізу інформації про рівень забрудненості АП, прогнозування його змін і вироблення рекомендацій для прийняття обґрунтованих рішень про уникнення ситуацій, які призводять до погіршення екологічного стану. Система моніторингу сприятиме виявленню критичних ситуацій та джерел негативного впливу на навколишнє середовище [6].

В загальному випадку, процес моніторингу АП передбачає спостереження за його станом та генерацію попереджувальних повідомлень про виникнення критичних ситуацій, які мають, чи могли б мати, небезпечний / шкідливий вплив на здоров'я людей чи інших живих істот. Моніторинг рівня забрудненості атмосферного повітря проілюстрований структурною схемою, зображеною на рис. 1.2 [5].



Рис. 1.2. Структурна схема процесу моніторингу атмосферного повітря

Системи моніторингу забрудненості повітряної маси дозволяють вирішити наступні задачі [5]:

- спостереження і автоматизована фіксація концентрацій забруднюючих шкідливих речовин;
- аналіз отриманих даних для визначення фактичного рівня забруднення повітряних мас;
- виконання комплексу екстрених заходів для боротьби із причинами забруднення повітря;
- перевірка та уточнення аналітичних розрахунків щодо розповсюдження шкідливих домішок;
- вироблення рекомендацій для покращення екологічного стану довкілля;
- отримання прогнозованих значень рівня забруднення.

Автоматизовані системи моніторингу рівня забруднення АП використовуються для вимірювання концентрації таких хімічних речовин: NO, CO, NO₂, O₃, SO₂, NH₃, CH₄, H₂S, C₆H₅CH₃, C₆H₆, CH₂O, C₆H₅OH, C₈H₈, HNO₂, C₈H₁₀, C₁₀H₈, CO₂, O₂, PM_{2,5}, PM₁₀.

Процес вимірювання цих речовин здійснюється з використанням ряду специфічних давачів, зокрема амперметричними, електрохімічними, п'єзокварцевими, напівпровідниковими, фотометричними сенсорами з застосуванням волоконно-оптичних та індикаторних трубок, давачами на основі поверхнево-активних волокон, біосенсорами, та ін.

1.2.1. Принципи створення систем моніторингу в режимі реального часу

Основним принципом проектування сучасної системи екологічного моніторингу АП є принцип опрацювання даних в реальному часі. Це значить, що опрацювання інформації повинне здійснюватися відразу після її отримання, а рішення, яке приймається щодо цієї інформації повинно управляти процесом збору цієї інформації [7].

Основою створення систем моніторингу в режимі реального часу є принцип керування станом атмосферного повітря з врахуванням аналізу потоку подій. Такий процес керування базується на фіксації та обробці подій, які постійно аналізуються з врахуванням даних про поточний стан забрудненості атмосферного повітря.

Проаналізуємо універсальну схему інформаційно-вимірювальної системи для контролю стану атмосферного повітря (рис. 1.3). При визначенні структури системи моніторингу АП найуніверсальнішим підходом є його поділ на блоки: «Спостереження», «Оцінювання фактичного стану», «Прогнозування стану», «Оцінювання прогнозованого стану».

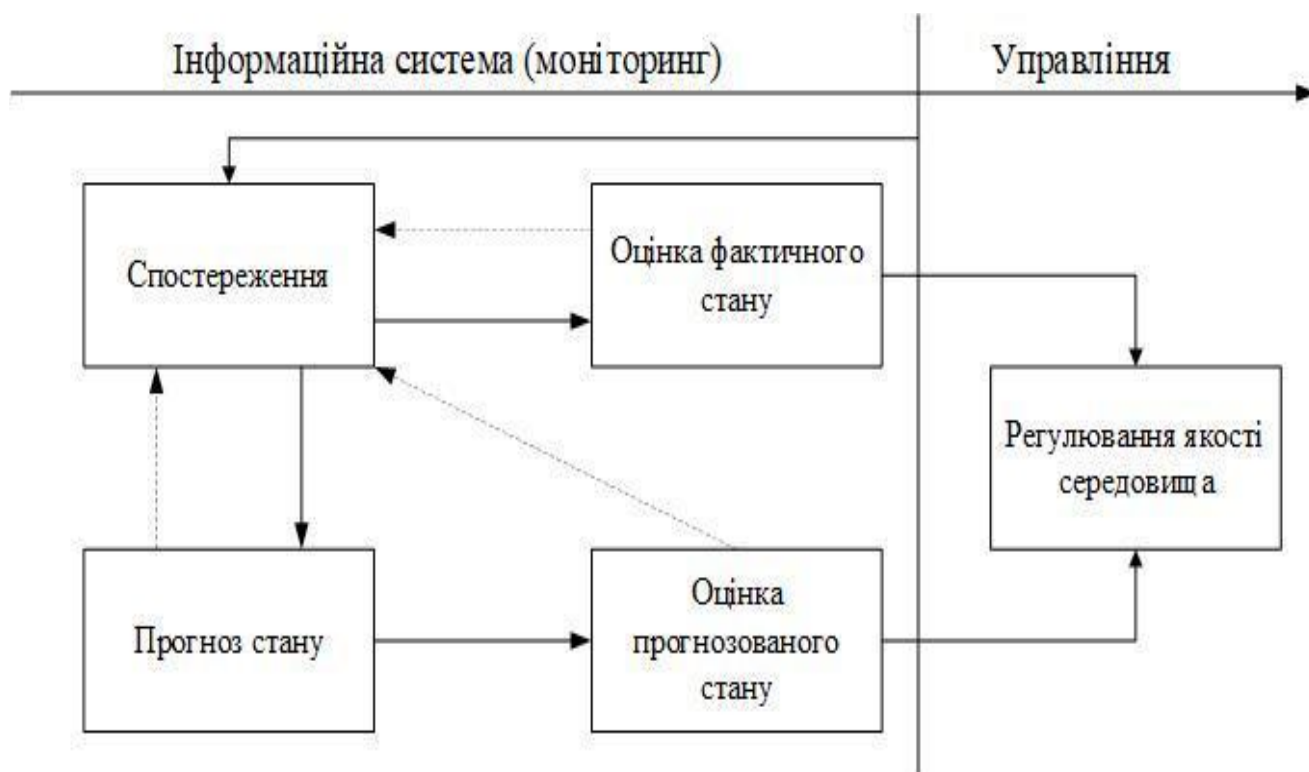


Рис. 1.3. Універсальна схема інформаційно-вимірювальної системи

Крім спостереження та вимірювання рівнів викидів шкідливих речовин, моніторинг якості повітря передбачає оцінювання і прогнозування стану атмосфери. Для моніторингу стану навколишнього середовища застосовується інтелектуальна система контролю та спостереження за довкіллям, яка здійснює збір даних, їх опрацювання, моделювання, прогнозування та оцінювання з метою прийняття управлінських рішень щодо збереження довкілля та раціонального користування природними ресурсами [8].

Отже, метою застосування системи моніторингу та контролю якості повітря є не тільки пасивна констатація фактів, а також їх глибокий аналіз, екологічне обґрунтування перспектив, проведення експериментів та удосконалення процесу екологічного моніторингу навколишнього середовища [9].

1.3. Огляд і аналіз існуючих методів та засобів в галузі контролю якості атмосферного повітря

Автори статті [10] запропонували систему «Smart-Air» для контролю якості повітря до складу якої входить мікроконтролер, сенсори для виявлення забруднюючих речовин в повітрі та модем LTE для передавання даних на віддалений сервер (рис. 1.4). Для аналізу результатів моніторингу застосовуються технології хмарних обчислень.

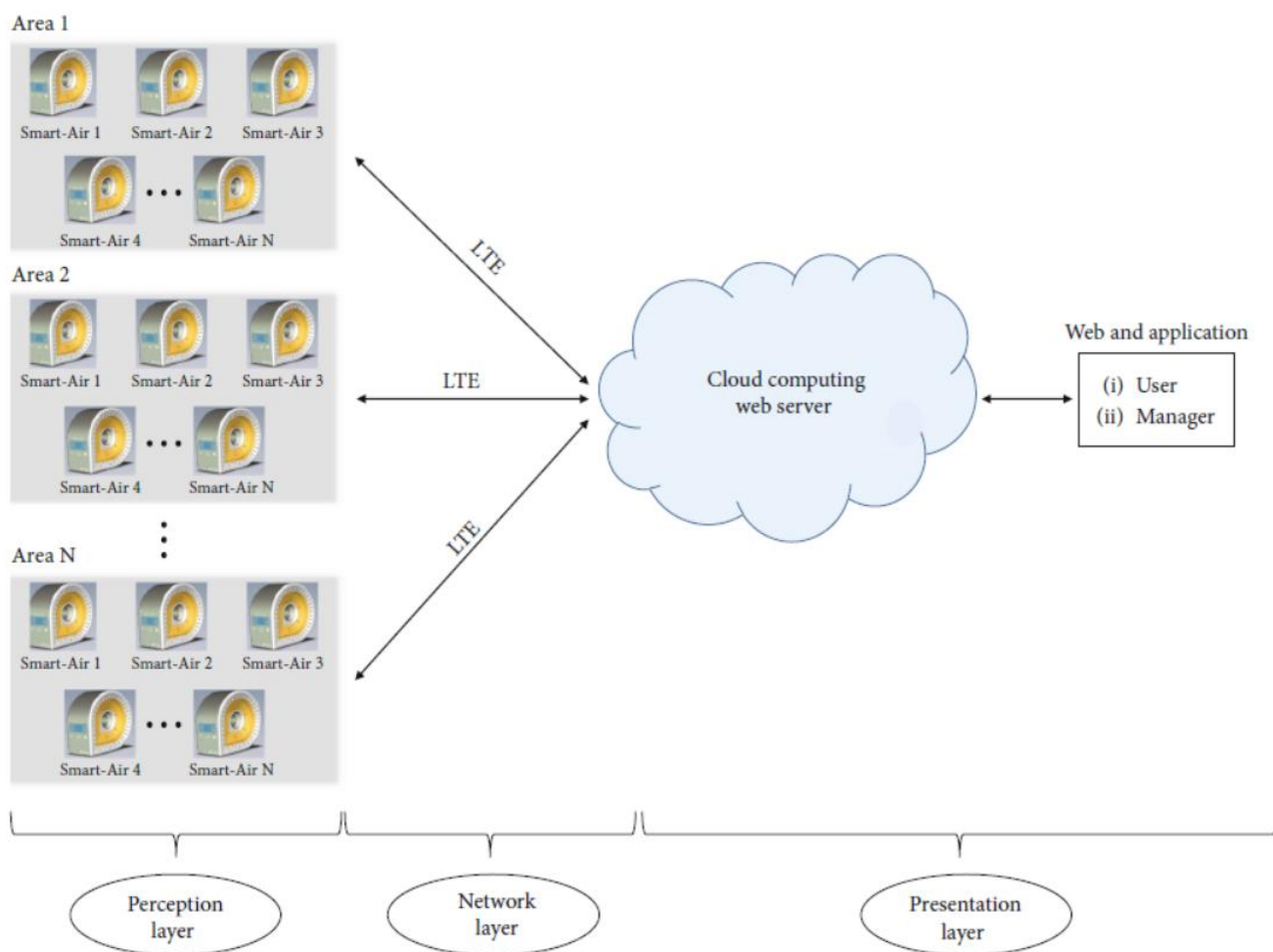


Рис. 1.4. Структура системи для контролю якості повітря «Smart-Air» [10]

Передбачається, що система має змогу керувати вентиляційним обладнанням будівлі для покращення якості повітря при збільшенні концентрації шкідливих

речовин вище норми. Проте особливістю такої системи є її застосування в середині закритих приміщень, що значно обмежує сферу її використання для задач моніторингу якості повітря.

В роботах [11, 12] представлені системи для моніторингу рівня забруднення повітря, які розроблені із застосуванням платформи Arduino (рис. 1.5). Розглянуті системи були створені з метою КЯАП в режимі реального часу з можливістю реєстрації отриманих даних на віддаленому сервері.

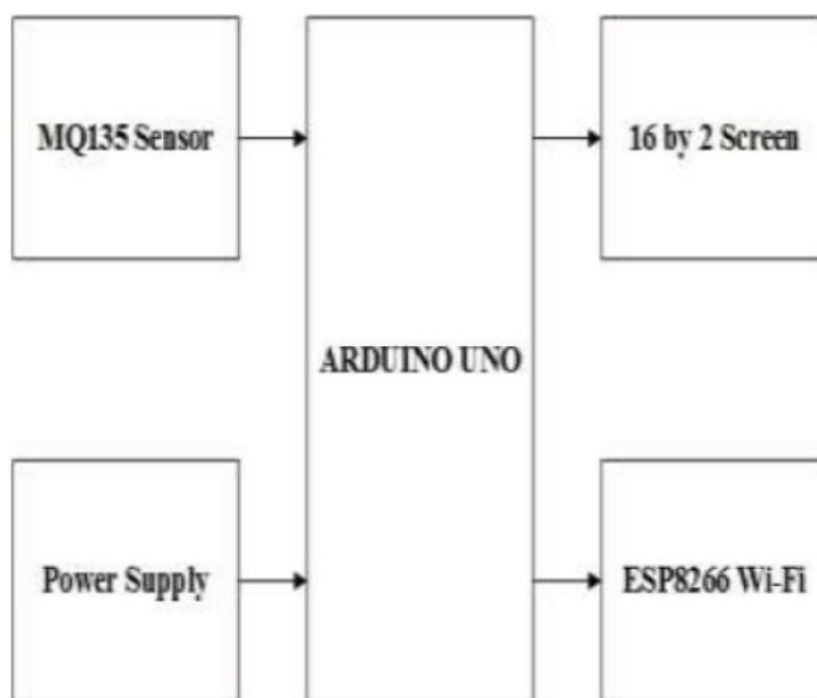


Рис. 1.5. Структурна схема системи для моніторингу якості повітря на базі платформи Arduino [11]

Недоліками розглянутих систем можна вважати обмежену кількість каналів для під'єднання датчиків та низьку обчислювальну потужність мікроконтролера платформи Arduino Uno.

В [13] представлена розробка прототипу системи контролю рівня забруднення повітря з метою визначення концентрації газів NO_2 , SO_2 , CO_2 , CO з використанням напівпровідникових сенсорів (рис. 1.6). Автори пропонують використати платформу Raspberry Pi в якості базової станції для збору даних від

давачів та для організації роботи веб-сервера, який призначений для відображення результатів моніторингу.

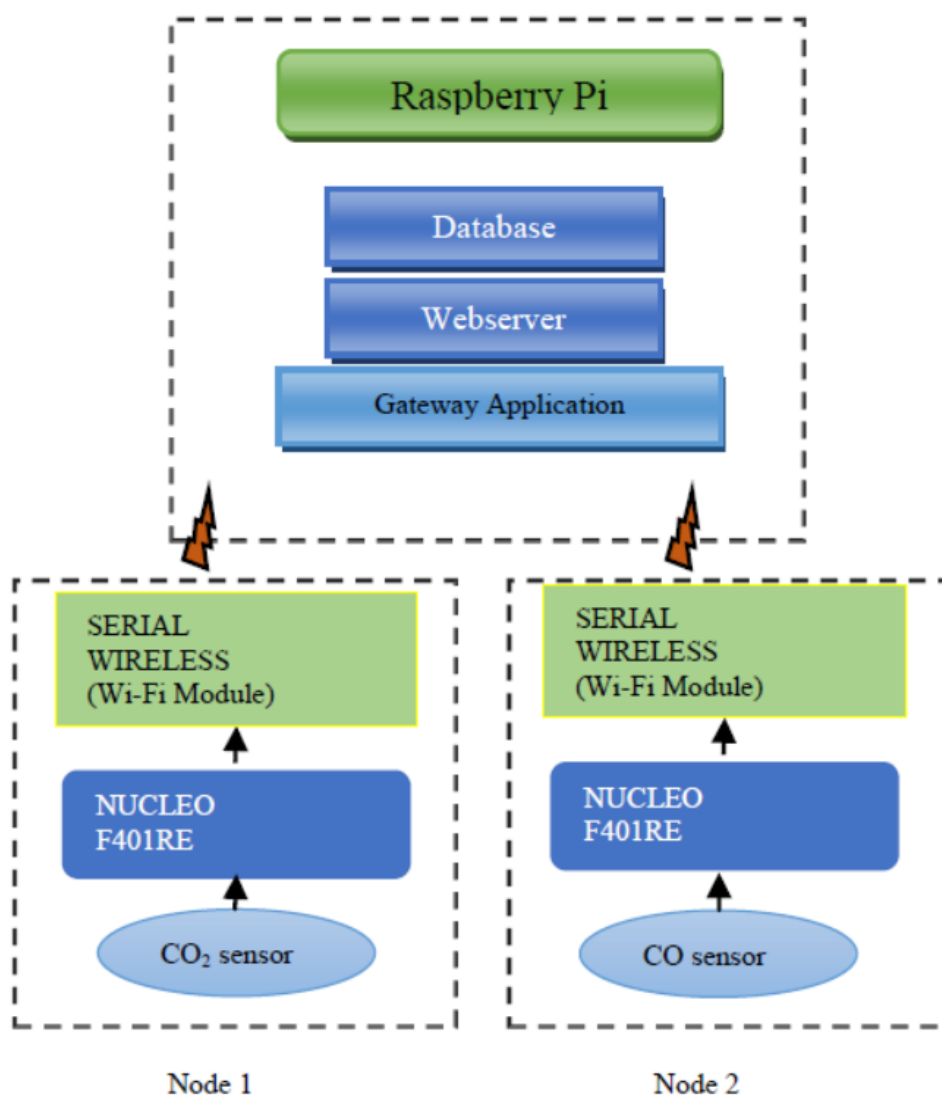


Рис. 1.6. Структурна схема системи для моніторингу якості АП на базі платформи Raspberry Pi [13]

В статті [14] автори пропонують метод моніторингу стану атмосферного повітря (рис. 1.7) на основі застосування результатів інтелектуального аналізу супутникових знімків Землі для визначення вмісту окису азоту NO₂ та часток PM_{2.5}.



Рис. 1.7. Схема методики оброблення інформаційних даних

Виявлено залежність між результатами оброблення супутникових знімків та наземними спостереженнями для вимірювання концентрації окису азоту NO_2 в атмосферному повітрі. Недоліком даного методу можна вважати складність отримання супутникових знімків для їх опрацювання в режимі реального часу.

В роботі [15] запропонована дворівнева система моніторингу забруднення атмосфери, яка дає змогу підвищити ефективність засобів контролю за рівнем концентрації димових газів в повітрі. Запропонований алгоритм, який дозволяє здійснювати аналіз реальних результатів екологічного моніторингу для виявлення

джерел забруднення. Однак, практичної реалізації цього алгоритму у розробленому програмному додатку запропоновано не було.

В [16] пропонується інтелектуальна та багатофункціональна платформа моніторингу на основі IoT для моніторингу рівня забруднення повітря (рис. 1.8). Для покращення якості атмосферного повітря розроблена комплексна мережева комунікаційна інфраструктура з використанням технології NB-IoT, хмарна система прийняття рішень, інформаційна система відстеження та онлайн-система управління.

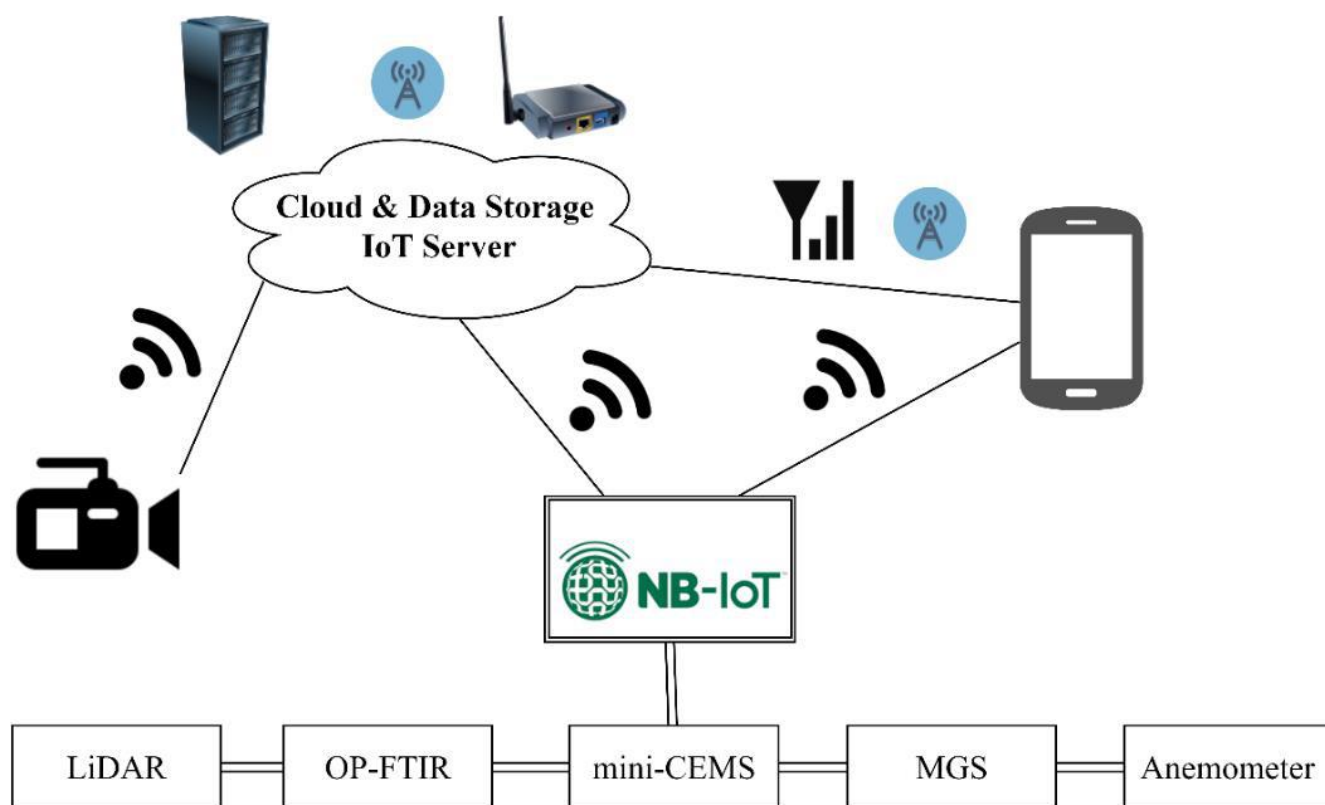


Рис. 1.8. Функціональна схема багатофункціональна платформа моніторингу на основі IoT для моніторингу рівня забруднення повітря [16]

Недоліками такої системи є те, що технологія NB-IoT для передавання даних використовує частоти, які підлягають ліцензуванню. Це підвищує вартість користування системою та призводить до залежності від цінової політики операторів мобільного зв'язку, які використовують ці частоти.

В статті [17] розглянуто процес розробки інформаційної системи для моніторингу забруднення міського повітря на базі технологій інтернету речей. Обґрунтовано вибір програмно-технічних засобів для реалізації функцій збору, передавання, зберігання, опрацювання і візуального представлення інформації про стан атмосферного повітря. Запропоновано структуру системи (рис. 1.9) та обґрунтовано застосування технології WiFi HaLow для скорочення витрат електроенергії в процесі роботи системи. Проте конкретної реалізації прототипу цієї системи автори не представили.

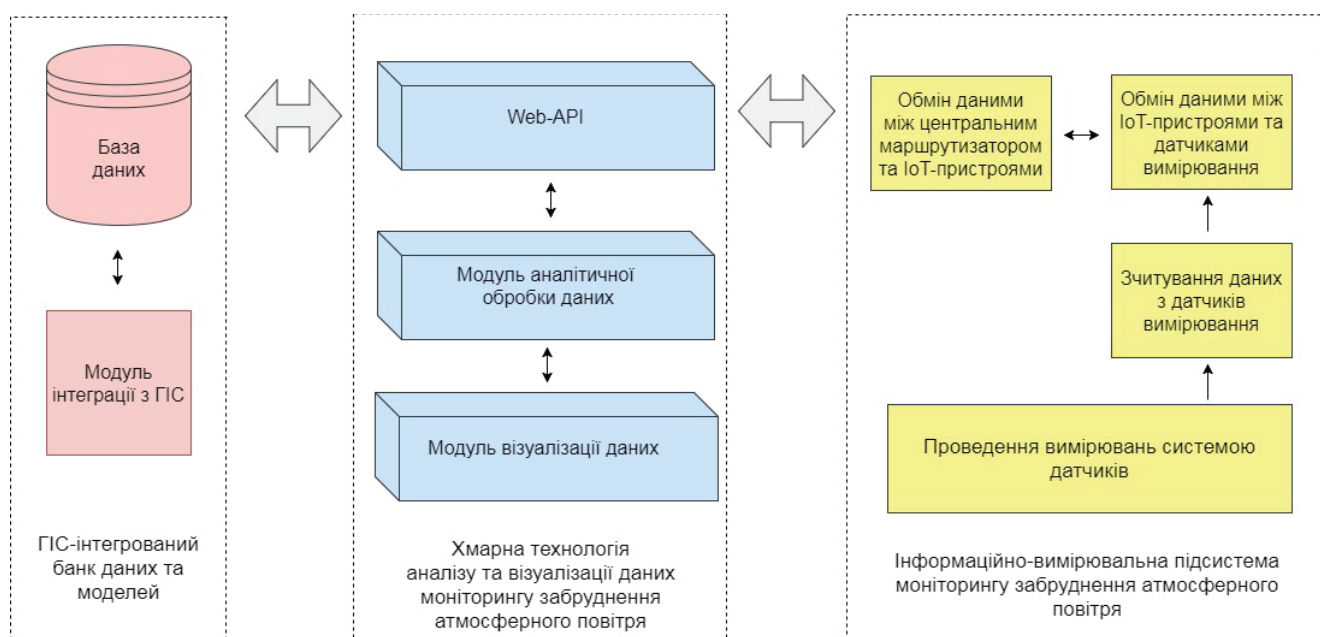


Рис. 1.9. Структурна схема мікропроцесорної системи для контролю рівня забруднення повітря на основі IoT [17]

1.4. Висновки до розділу 1

У першому розділі кваліфікаційної роботи було здійснено огляд наукової літератури за темою дослідження, проаналізовано сучасні розробки в галузі контролю якості атмосферного повітря, визначено їх сильні і слабкі сторони. Проаналізовано методи, які призначені для підвищення ефективності процесу моніторингу рівня забрудненості повітряних мас.

В результаті аналізу літературних праць за темою дослідження виявлено, що традиційні міські системи КЯАП потребують впровадження нових сучасних методів та засобів для оперативного збору, опрацювання, передавання і застосування результатів спостережень в задачах моніторингу та зменшення рівня забруднення повітря.

РОЗДІЛ 2

ПРОЕКТУВАННЯ АПАРАТНИХ ЗАСОБІВ СИСТЕМИ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

2.1. Обґрунтування архітектурних рішень для реалізації задачі контролю якості атмосферного повітря

Для реалізації мети цієї кваліфікаційної роботи була розроблена структурно-функціональна схема інформаційно-вимірювальної системи для моніторингу якості АП, яка зображена на рис. 2.1.

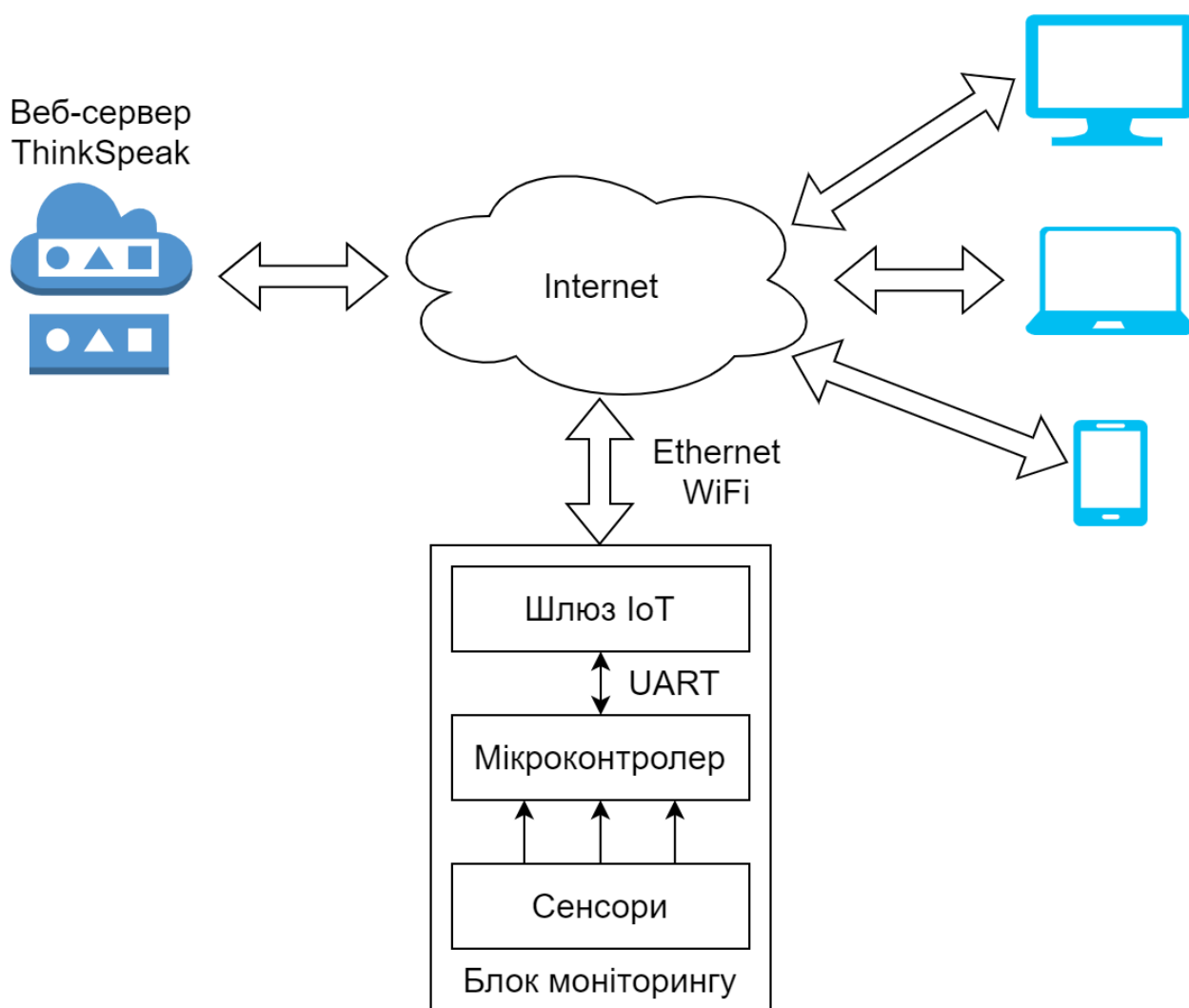


Рис. 2.1. Структурна схема інформаційно-вимірювальної системи для КЯАП

У запропонованій системі прикладний рівень складається з мікрокомп'ютера Raspberry Pi, який отримує результати опитування датчиків від модуля Arduino Uno та передає їх на віддалений хмарний веб-сервер IoT.

Система складалася з блоку моніторингу якості атмосферного повітря, який містить мікрокомп'ютер Raspberry Pi, модуль Arduino Uno, до якого підключаються датчики для вимірювання концентрації пилу, окису вуглецю (CO₂) та інших газів в атмосферному повітрі.

Веб-сервер на основі платформи для IoT ThingSpeak призначений для збереження результатів вимірювань, опрацювання та аналізу цих даних з використанням можливостей MATLAB та відображення у зручній для користувача формі – у вигляді графіків.

2.2. Структурна схема блоку моніторингу повітря

На основі аналізу завдання кваліфікаційної роботи та огляду аналогів запропонована структурна схема блоку моніторингу якості повітря (рис. 2.2).

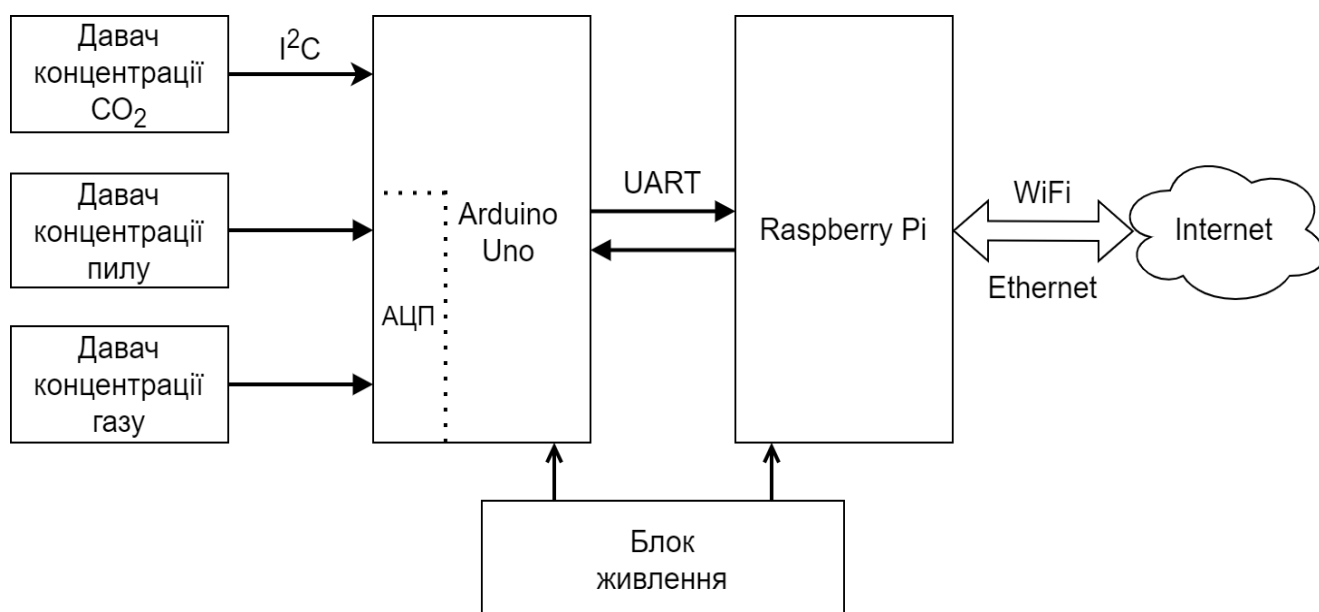


Рис. 2.2. Структурна схема блоку моніторингу якості АП

Основні компоненти, які входять до складу блока:

- мікрокомп'ютер;
- мікроконтролерний модуль;
- датчики.

Принцип дії блока моніторингу якості АП полягає в тому, що мікроконтролер отримує дані від датчиків та передає їх до Raspberry Pi по UART інтерфейсу, який, в свою чергу, надсилає їх через IP-мережу (WiFi або Ethernet) у хмарну платформу IoT ThingSpeak для онлайн моніторингу (рис. 2.3).

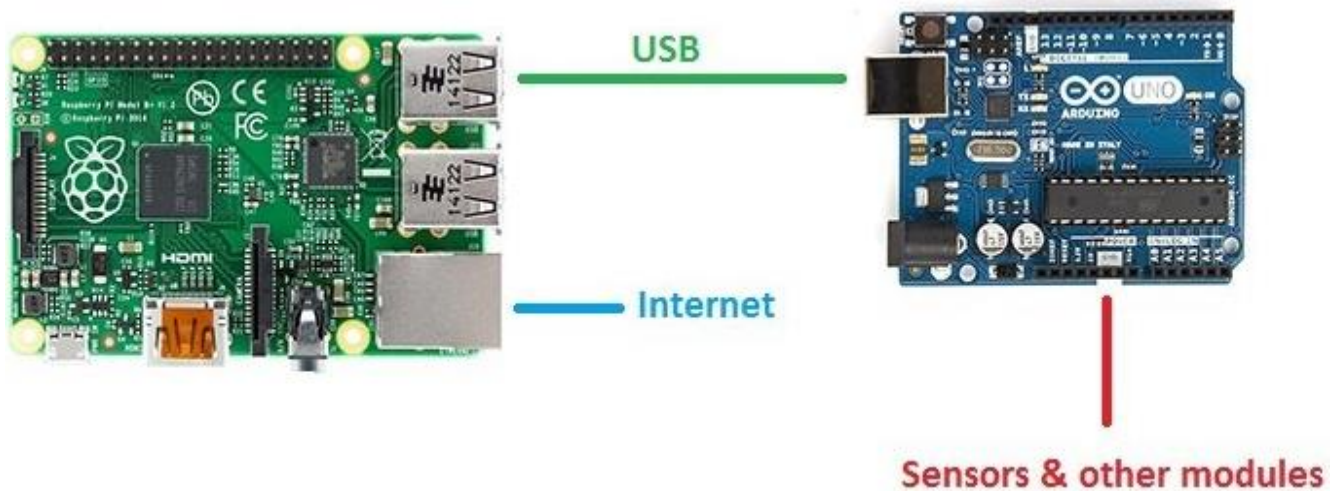


Рис. 2.3. Принцип взаємодії Raspberry Pi та Arduino Uno

Модуль Arduino Uno в даному проекті відповідає за вимірювання рівня забруднення повітря шляхом опитування аналогових та цифрових датчиків. Мікрокомп'ютер Raspberry Pi застосовується в якості шлюзу IoT для забезпечення передавання результатів вимірювання на віддалений веб-сервер, використовуючи TCP/IP-протокол. Він забезпечує загальне управління усіма режимами роботи системи, які стосуються обміну даними. Raspberry Pi відповідає за отримання інформації від Arduino Uno, керування процесом надсилання даних у віддалений веб-сервер.

Давачі відповідають за вимірювання параметрів якості повітря:

- концентрації пилу;
- окису вуглецю (CO₂);
- рівня концентрації небезпечних і шкідливих газоподібних речовин в повітрі.

2.3. Реалізація апаратної частини проектованої системи

2.3.1. Опис модуля Raspberry Pi.

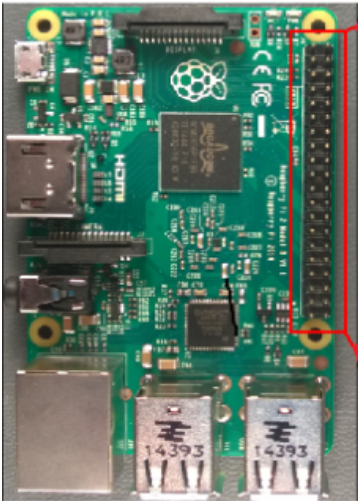
Модуль Raspberry Pi використовується в якості шлюзу обчислювального вузла в проектованій системі. Raspberry Pi (рис. 2.4) – це мікрокомп'ютер, що має розміри кредитної карти, який працює з використанням операційної системи на базі Linux. Він забезпечує доступні рішення для бездротового моніторингу контрольованих. Raspberry Pi 3 має чотирядерний шестидесяти чотирьох розрядний мікропроцесор ARM Cortex A53, який працює з тактовою частотою 1,2 гігагерц, 1 гігабайт SDRAM з вбудованим Bluetooth і Wi-Fi.

В якості ПЗУ для RPi використовується Micro SD карта пам'яті обсягом 16 гігабайт. Raspberry Pi має можливість працювати зі звичайними периферійними пристроями ПК, такими як USB-клавіатура, миша, до неї можна підключити дисплей за допомогою HDMI. Для включення мікрокомп'ютера достатньо подати живлення за допомогою microUSB роз'єму.



Рис. 2.4. Зовнішній вигляд плати мікрокомп'ютера RPi 3

Модуль також забезпечує можливість передавати дані з застосуванням технології Ethernet, що є однією з вимог, які ставились перед проектованою системою. Raspberry Pi 3 має роз'єм, який складається з сорока цифрових виводів загального призначення (рис. 2.5).



Wedge Silk	Python (BCM)	WiringPi GPIO	Name	P1 Pin Number		Name	WiringPi GPIO	Python (BCM)	Wedge Silk
			3.3v DC Power	1	2	5v DC Power			
SDA		8	GPIO02 (SDA1, I2C)	3	4	5v DC Power			
SCL		9	GPIO03 (SCL1, I2C)	5	6	Ground			
G4	4	7	GPIO04 (GPIO_GCLK)	7	8	GPIO14 (TXD0)	15		TXO
			Ground	9	10	GPIO15 (RXD0)	16		RXI
G17	17	0	GPIO17 (GPIO_GEN0)	11	12	GPIO18 (GPIO_GEN1)	1	18	G18
G27	27	2	GPIO27 (GPIO_GEN2)	13	14	Ground			
G22	22	3	GPIO22 (GPIO_GEN3)	15	16	GPIO23 (GPIO_GEN4)	4	23	G23
			3.3v DC Power	17	18	GPIO24 (GPIO_GEN5)	5	24	G24
MOSI		12	GPIO10 (SPI_MOSI)	19	20	Ground			
MISO		13	GPIO09 (SPI_MISO)	21	22	GPIO25 (GPIO_GEN6)	6	25	G25
		(no worky 14)	GPIO11 (SPI_CLK)	23	24	GPIO08 (SPI_CE0_N)	10		CD0
			Ground	25	26	GPIO07 (SPI_CE1_N)	11		CE1
IDSD		30	ID_SD (I2C ID EEPROM)	27	28	ID_SC (I2C ID EEPROM)	31		IDSC
G05	5	21	GPIO05	29	30	Ground			
G6	6	22	GPIO06	31	32	GPIO12	26	12	G12
G13	13	23	GPIO13	33	34	Ground			
G19	19	24	GPIO19	35	36	GPIO16	27	16	G16
G26	26	25	GPIO26	37	38	GPIO20	28	20	G20
			Ground	39	40	GPIO21	29	21	G21

Рис. 2.5. Функціональне призначення виводів RPі

Говорити про те, що всі 40 виводів є пінами GPIO некоректно, тому що 12 з них використовуються для подачі живлення на плату (3,3 В і 5 В та GND).

Крім того 27 (BCM 0) і 28 (BCM 1) піни використовуються для конфігурації EEPROM Raspberry Pi для роботи з NAT-пристроями (пристроями поверхневого монтажу, по суті – звичайні плати розширення) і використання цих пінів не рекомендується. Проте вони є повноцінними GPIO-пінами. Фактично виходить, що GPIO-пінів не 40 а 28.

Існує кілька варіантів нумерації пінів Raspberry Pi: Board (фізична нумерація по порядку) і BCM (нумерація з чіпа). Також з бібліотекою WiringPi використовується своя нумерація. Для уникнення проблем, при написанні програм, необхідно явно вказувати який режим нумерації буде використаний.

До контактів GPIO RPi можна за необхідності під'єднати зовнішні пристрої, що є актуально при застосуванні RPi для систем IoT. На апаратному рівні підтримуються інтерфейси I²C, SPI, UART і 1-wire.

Кожен з 28 пінів може бути встановлений в режим цифрового виходу OUTPUT, і в режим цифрового входу INPUT. Максимальний вихідний струм кожного піна не повинен перевищувати 16 мА. Сумарний вихідний струм всіх пінів не повинен перевищувати 50 мА. 5-вольтові піни можуть давати більший струм, який залишається після живлення Raspberry Pi 3 і інших периферійних пристроїв (клавіатури, миші) – до 500 мА.

За замовчуванням всі піни (крім BCM14 і BCM15) знаходяться в режимі INPUT, причому піни BCM0-BCM8 і BCM15 підтягнуті резисторами (pullup) до логічної одиниці. Саме з цієї причини мультиметр покаже високий рівень напруги на цих пінах. Решта пінів стягнуті до нуля.

Кожен з 28 пінів забезпечений підтягуючим (pullup) і стягуючим (pulldown) резистором, завдяки чому, в режимі INPUT може бути підтягнутий до логічної одиниці, або стягнутий до нуля. Номінал опору підтягуючого / стягуючого резистора для пінів BCM2 і BCM3 – 1,8 КОм. Кожен з 28 пінів в режимі INPUT може генерувати переривання – по спаду, по фронту, по рівню, а також в асинхронному режимі по фронту і по спаду.

RPi 3 не має аналогових входів / виходів. Для реалізації подібного функціоналу потрібно використовувати зовнішні пристрої з АЦП / ЦАП. Саме тому, для проектування системи для КЯАП було прийнято рішення в використати модуль Arduino Uno.

2.3.2. Опис модуля Arduino Uno.

Модуль Arduino Uno є одним з найважливіших апаратних компонентів блоку моніторингу якості повітря на базі мікроконтролера ATmega328P (рис. 2.6). Arduino Uno – це одна з найпопулярніших плат для створення прототипів комп'ютеризованих систем. Це маленький за розміром пристрій, який може виконувати велику кількість функцій.



Рис. 2.6. Зовнішній вигляд модуля Arduino Uno

Платформа Arduino Uno побудована на базі мікроконтролера ATmega328P (рис. 2.7). Вона містить шість аналогових входів, чотирнадцять цифрових входів / виходів (шість з яких можуть використовуватися в якості виходів ШІМ), кварцовий генератор з частотою шістнадцять мегагерц, роз'єми USB та ICSP і кнопку перезавантаження. Напруга живлення для плати Arduino Uno може подаватися від зовнішнього блока живлення або через USB роз'єм від системного блока ПК. Спосіб подачі електроенергії до плати Arduino Uno вибирається виходячи з особливостей проекту, в якому планується її використання.

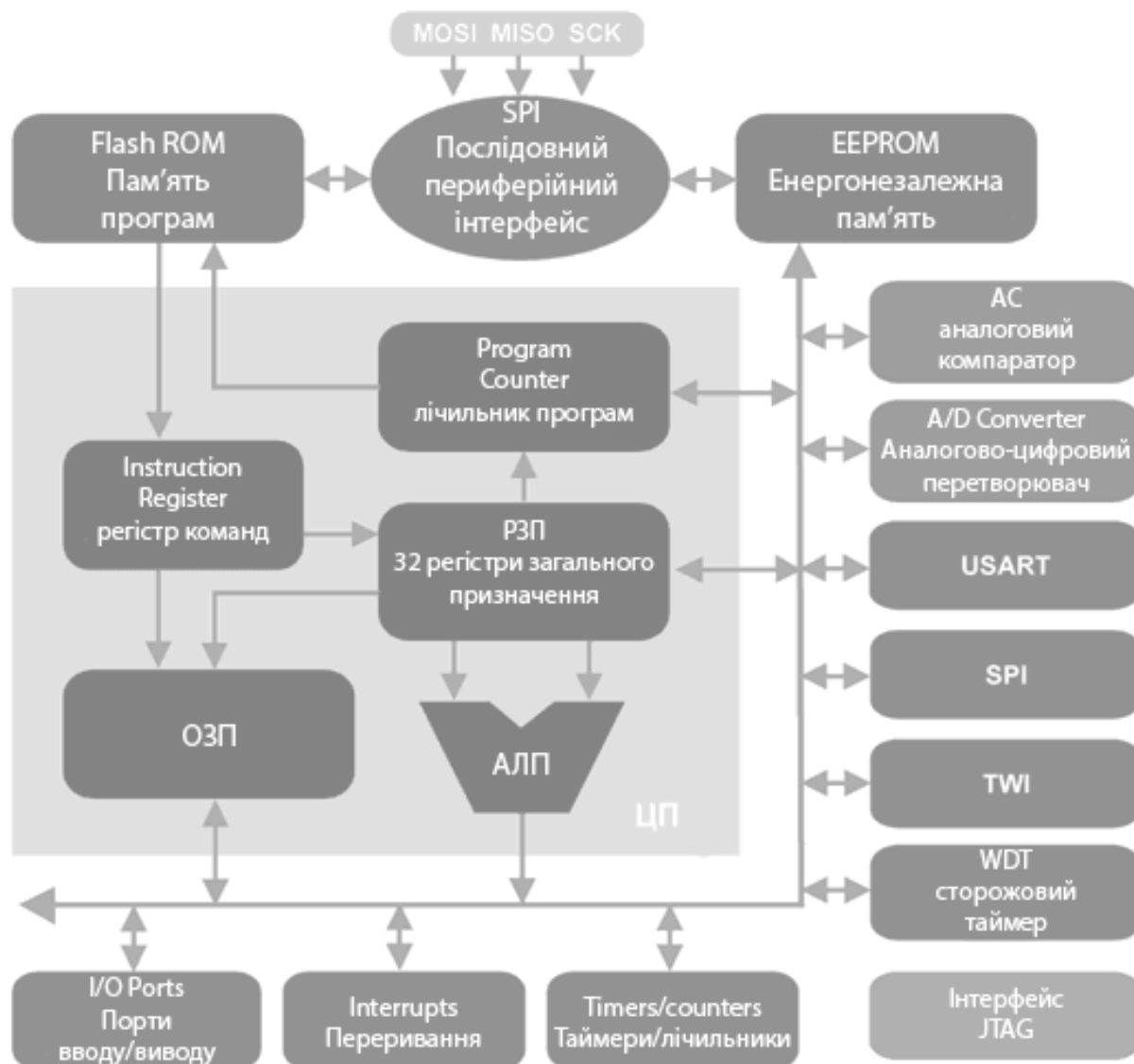


Рис. 2.7. Функціональна схема мікроконтролера ATmega328P

В проєктованій системі передбачається, що модуль буде під'єднаний до Raspberry Pi і обмінюватись з ним даними по UART інтерфейсу. Це підключення буде реалізоване з використанням роз'єму USB, тому до Arduino буде підключатись зовнішній мережевий AC/DC-адаптер, який генерує напругу +5 В, який під'єднується у відповідний роз'єм на платі.

ATmega328P – це однокристальний мікроконтролер сімейства AVR, що є родиною восьмибітних мікроконтролерів фірми Microchip – виробника електронних компонентів, який є одним із лідерів у виробництві напівпровідникових приладів.

Модуль Arduino Uno є функціональним, простим в користуванні, відносно дешевим та надійним. Головною його перевагою є простий процес зміни програмного коду завдяки наявності вбудованого програматора з прямим підключенням до ПК без необхідності використання додаткових компонентів.

2.3.3. Модуль GP2Y1010AU0F давача пилу.

Модуль GP2Y1010AU0F давача якості повітря від компанії Sharp призначений для виявлення дрібних часточок з розміром більшим за 0,8 мікрметра, включаючи сигаретний дим та дрібнодисперсні частинки PM2.5. Модуль характеризується низьким рівнем споживання енергії, який можна знизити шляхом вимкнення підсвічування пристрою зчитувача (рис. 2.8). На виході давача формується аналоговий сигнал з напругою, яка пропорційна до концентрації пилу в повітрі. Широкий діапазон вхідної напруги живлення забезпечується вбудованим стабілізатором.

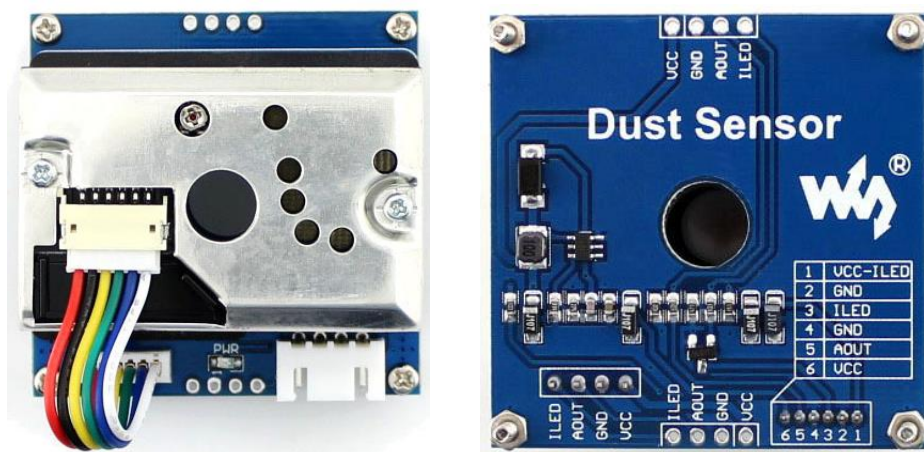


Рис. 2.8. Зовнішній вигляд модуля GP2Y1010AU0F давача пилу

Давач використовується в системах контролю рівня забруднення, кондиціонування та очищення повітря. Технічні характеристики давача GP2Y1010AU0F наведені в табл. 2.1.

Технічні характеристики давача GP2Y1010AU0F

Назва характеристики	Значення
Діапазон вимірювання	500 мікрограм/м ³
Чутливість	500 мВ / (100 мікрограм/м ³)
Максимальний робочий струм	0,02 А
Напруга живлення	2500 мВ - 5500 мВ
Робоча температура	від -10 °С до +65 °С

Електрична схема модуля давача пилу GP2Y1010AU0F показана на рис. 2.9.

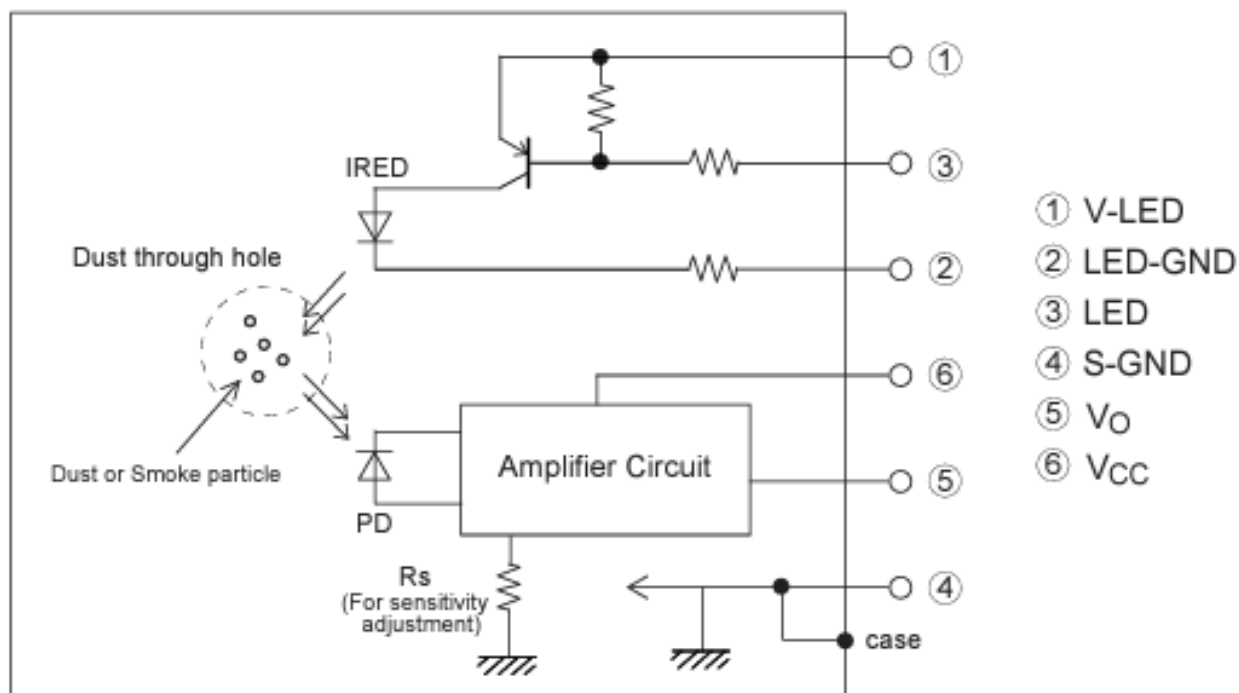


Рис. 2.9. Електрична схема модуля GP2Y1010AU0F давача пилу

2.3.4. Модуль давачів HDC1080 і CCS811 якості повітря.

Модуль об'єднує два давачі, які розміщені на одній платі (рис. 2.10). Результати вимірювання обох давачів можуть бути отримані окремо завдяки використанню I²C інтерфейсу. CCS811 – це мініатюрний цифровий газовий давач для КЯАП. HDC1080 – це високоточний, мініатюрний, високоефективний

цифровий давач вологості і температури. Давач оксиду металу (МОКС) призначений для вимірювання концентрації летючих органічних речовин eTVOCs і вмісту CO₂. В середині модуля вбудований мікроконтролер, який на основі отриманих даних про рівень вологості і температури давача HDC1080 здійснює корекцію результатів вимірювання вмісту газу, які вимірюються давачем CCS811.

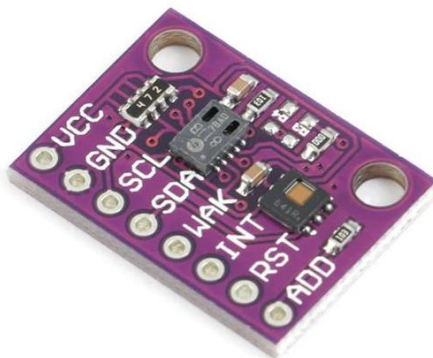


Рис. 2.10. Зовнішній вигляд модуля давачів HDC1080 і CCS811 якості АП

На рис. 2.11 наведена схема електрична принципова модуля давачів якості повітря HDC1080 і CCS811.

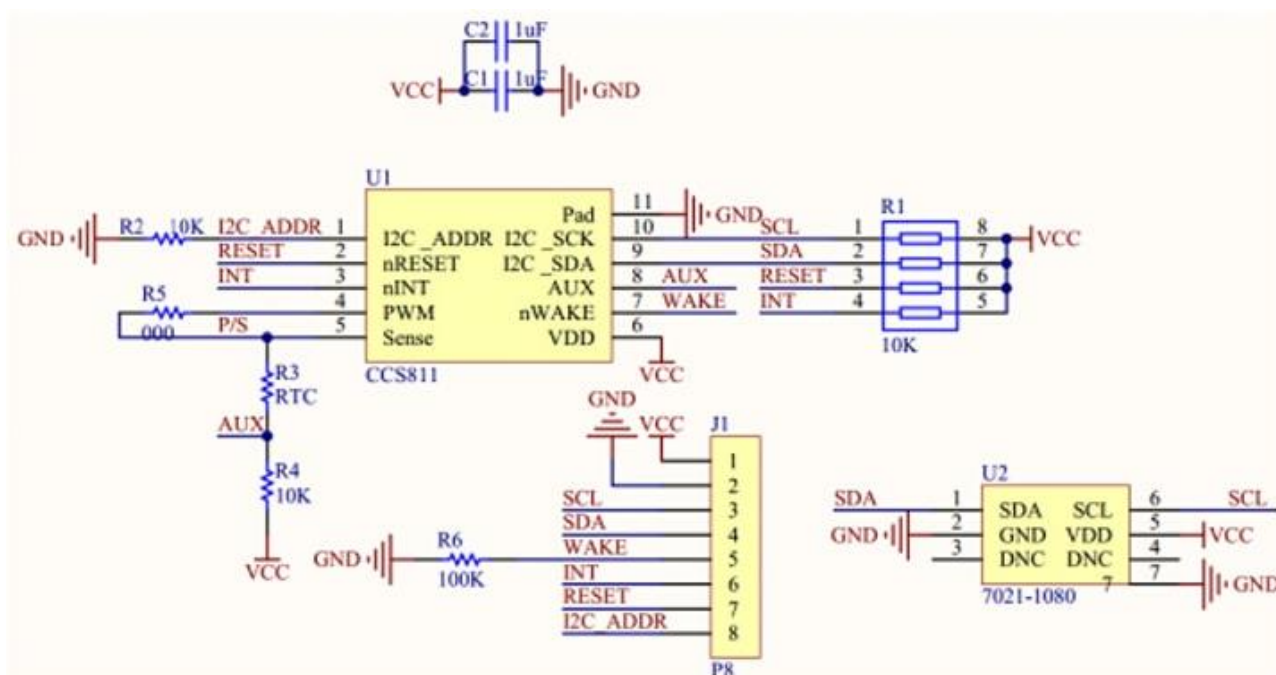


Рис. 2.11. Електрична схема модуля давачів HDC1080 і CCS811 якості АП

2.3.5. Модуль давача якості повітря MQ-135.

Модуль давача якості АП MQ-135 застосовується в даній системі для визначення рівня концентрації шкідливих газів в повітрі, серед яких: CO₂, NO_x, NH₃, дим, пари бензину, алкоголю тощо (рис. 2.12). Розроблений на базі давача MQ135. На платі модуля розміщений компаратор, який призначений для порівняння рівня концентрації шкідливих речовин з пороговим значенням, поріг спрацювання якого налаштовується потенціометром.



Рис. 2.12. Зовнішній вигляд модуля давача якості повітря MQ-135

Характеристики:

- напруга живлення давача становить 5 В;
- на виході давач видає аналогову напругу 0 – 5 В пропорційно до рівня рівні вихідних сигналів давача відповідають TTL логіці;
- концентрація газів в повітрі.

Схема електрична принципова модуля давача якості повітря MQ-135 зображена на рис. 2.13.

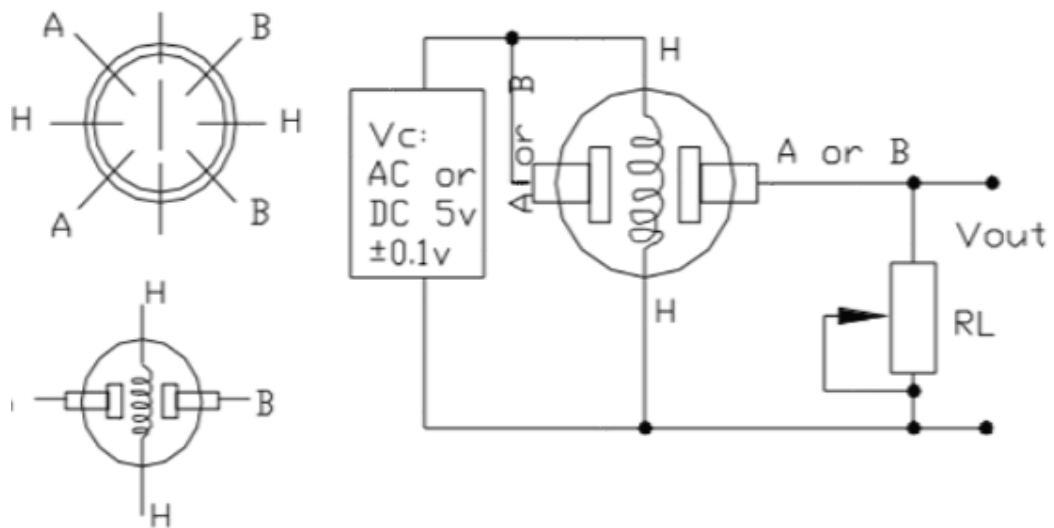


Рис. 2.13. Схема електрична принципова модуля давача якості АП MQ-135

2.3.6. Опис електричної схеми.

Схема електрична принципова блока моніторингу якості АП наведена на рис. 2.14.

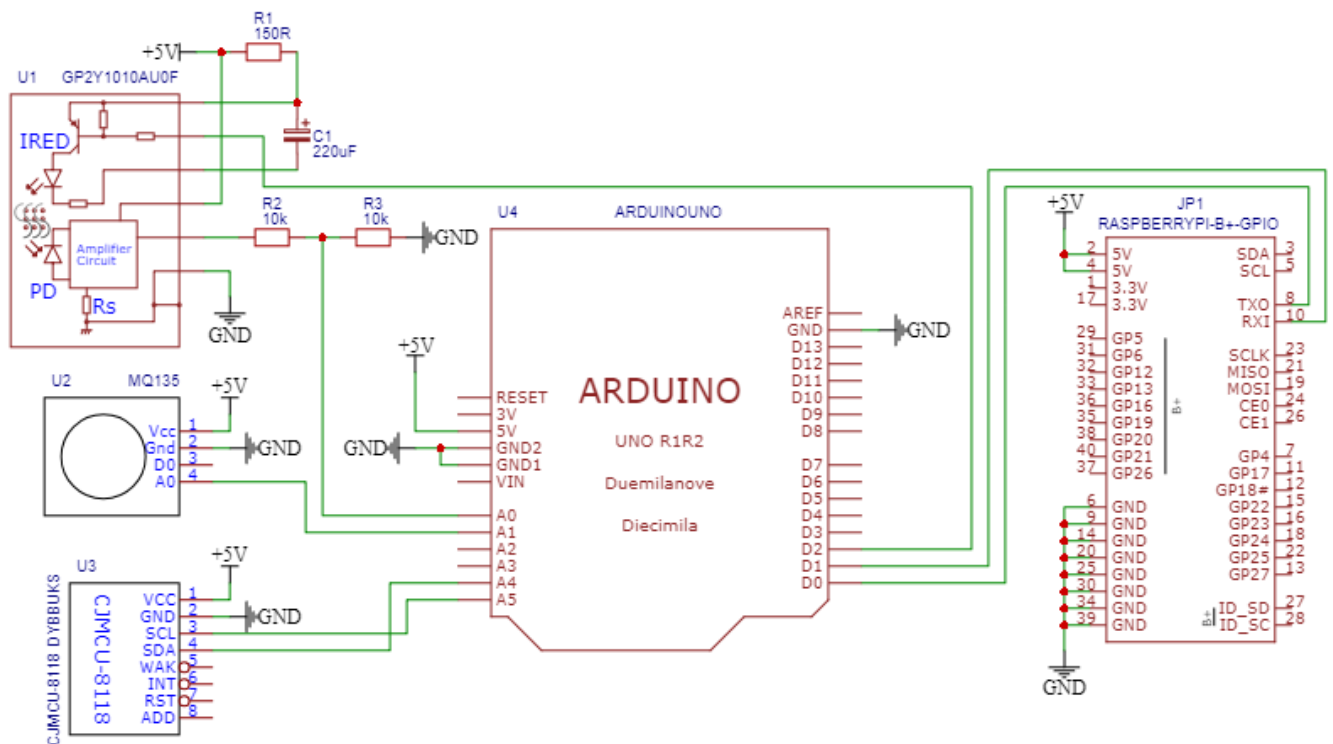


Рис. 2.14. Схема електрична принципова блока для моніторингу якості АП

В процесі розробки проекрованої системи виникла задача об'єднання Arduino і Raspberry Pi в одному пристрої, щоб скористатися перевагами відразу обох платформ. В цьому проекті є датчики, які можна підключити до Arduino (використовуючи його можливості роботи в режимі реального часу), а дані від датчиків обробляти і передавати по мережі інтернет з використанням Raspberry Pi (використовуючи його обчислювальні та мережеві можливості). Таким чином, будуть відокремлені обчислювальні та комунікаційні задачі (виконуються Raspberry Pi) і задачі моніторингу (виконуються Arduino). В цій схемі модуль датчиків якості АП U3 під'єднується до плати Arduino Uno по шині I²C. А датчики U1 і U2 під'єднані до входів АЦП А0 та А1 відповідно.

2.4. Висновки до розділу 2

У другому розділі кваліфікаційної роботи обґрунтовано вибір архітектурного рішення для створення системи контролю якості АП.

Синтезовано апаратну частину автоматизованої інформаційно-вимірювальної системи для КЯАП та структурну схему блока моніторингу. Розроблено схему електричну принципову блока моніторингу на базі мікрокомп'ютера Raspberry Pi та модуля Arduino Uno.

РОЗДІЛ 3

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ
АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

3.1. Вибір засобів реалізації та середовища розробки проектованої системи

3.1.1. Обґрунтування вибору операційної системи для Raspberry Pi.

На даний момент для Raspberry Pi існує шість офіційних операційних систем і близько 30 неофіційних, включаючи в тому числі і Windows 10 IoT Core та Android Raspberry Pi. Проте в більшості випадків Raspberry Pi (RPi) працює на ОС, які базуються на ядрі Linux, таких як: Raspberry Pi OS (раніше називалась Raspbian), Arch Linux ARM, Pidora (модифікація Fedora), Kali Linux.

ОС Raspberry Pi OS – це найстабільніша модифікація найпоширенішої операційної системи Linux Debian / GNU. Вона є офіційною версією операційної системи для цих одноплатних мікрокомп'ютерів [18]. Саме тому, в проектованій системі для мікрокомп'ютера RPi було прийняте рішення встановити ОС Raspberry Pi OS, в якій є можливість використовувати легкий графічний інтерфейс (LXDE), а також стандартний менеджер пакетів для встановлення програм через Інтернет (рис. 3.1).

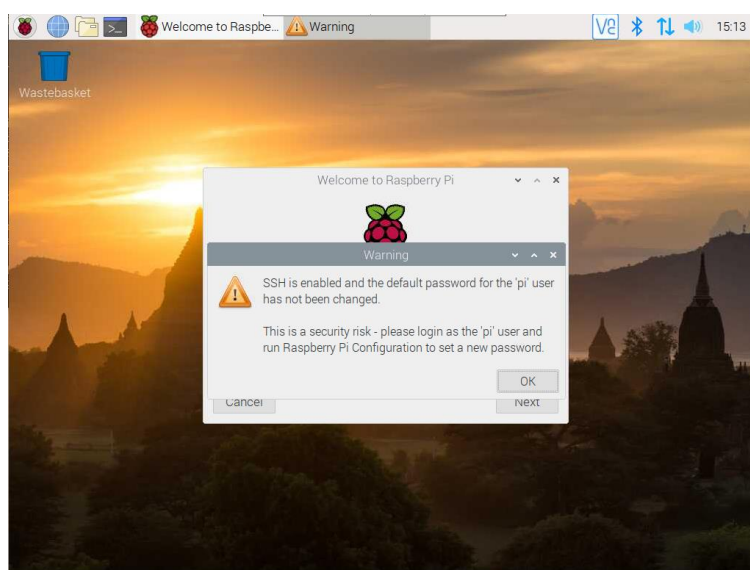


Рис. 3.1. Вигляд робочого столу операційної системи Raspberry Pi OS

Для встановлення та налаштування Raspberry Pi OS використана карта пам'яті типу microSD 10 класу швидкості і картридер. Карту пам'яті було відформатовано як FAT32, використовуючи безкоштовну утиліту SD Card Formatter. Файли ОС Raspberry Pi OS були завантажені з офіційного сайту Raspberry Pi Foundation [18], та записані на microSD-карту об'ємом 16 Гб за допомогою утиліти Win32DiskImager з графічним інтерфейсом.

Для роботи з RPi був використаний «headless» підхід, який передбачає що замість підключення до мікрокомп'ютера пристроїв введення/виведення (монітора, миші та клавіатури) взаємодія з RPi відбувається з використанням ПК, який знаходиться в спільній ним локальній комп'ютерній мережі [19]. Це зроблено з застосуванням мережевого протоколу SSH для зручного захищеного доступу [20] до RPi. Для встановлення з'єднання SSH використовувалось ПЗ PuTTY [21], яке дозволяє працювати на віддаленому RPi та інших комп'ютерах з ОС Linux з застосуванням ПК на ОС Windows (рис. 3.2).

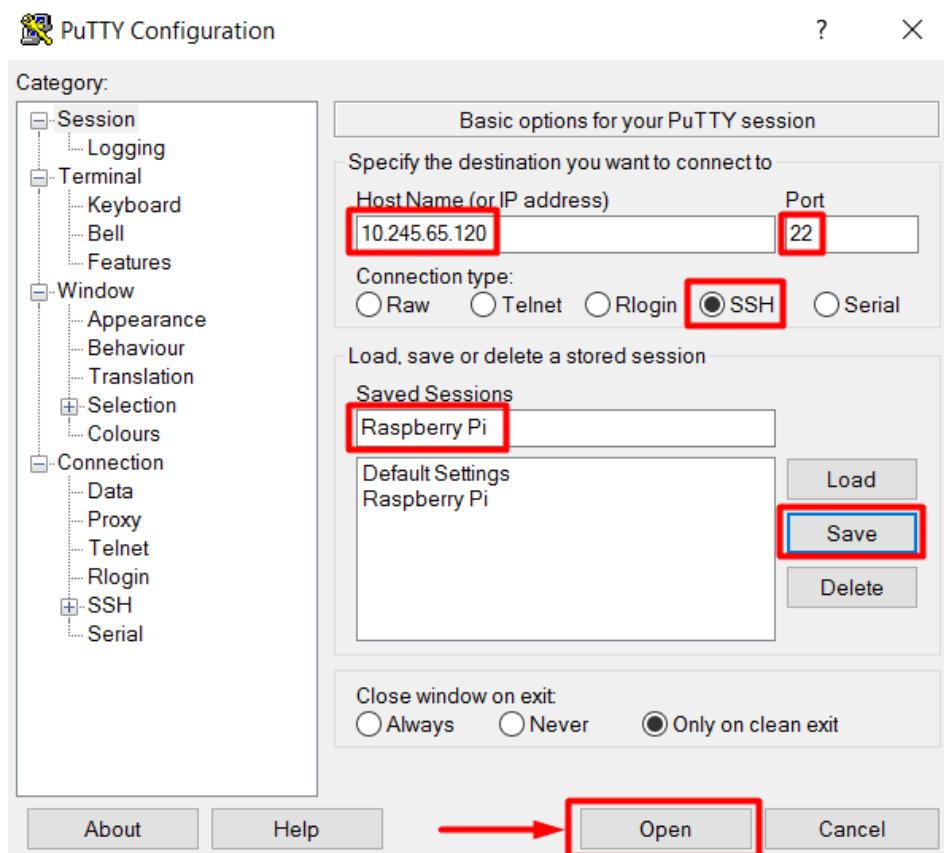


Рис. 3.2. Налаштування з'єднання SSH з Raspberry Pi OS

3.1.2. Вибір мови програмування та середовища розробки.

Програмувати Raspberry Pi можна на великій кількості різних мов – Java (Pi4J), Pascal, Perl, Ruby, C#, C, C ++, Basic та ін. Для реалізації задач кваліфікаційної роботи було прийняте рішення використовувати мову Python 3 версії разом із середовищем розробки Thonny Python IDE, яке встановлене в Raspberry Pi OS (рис. 3.3).

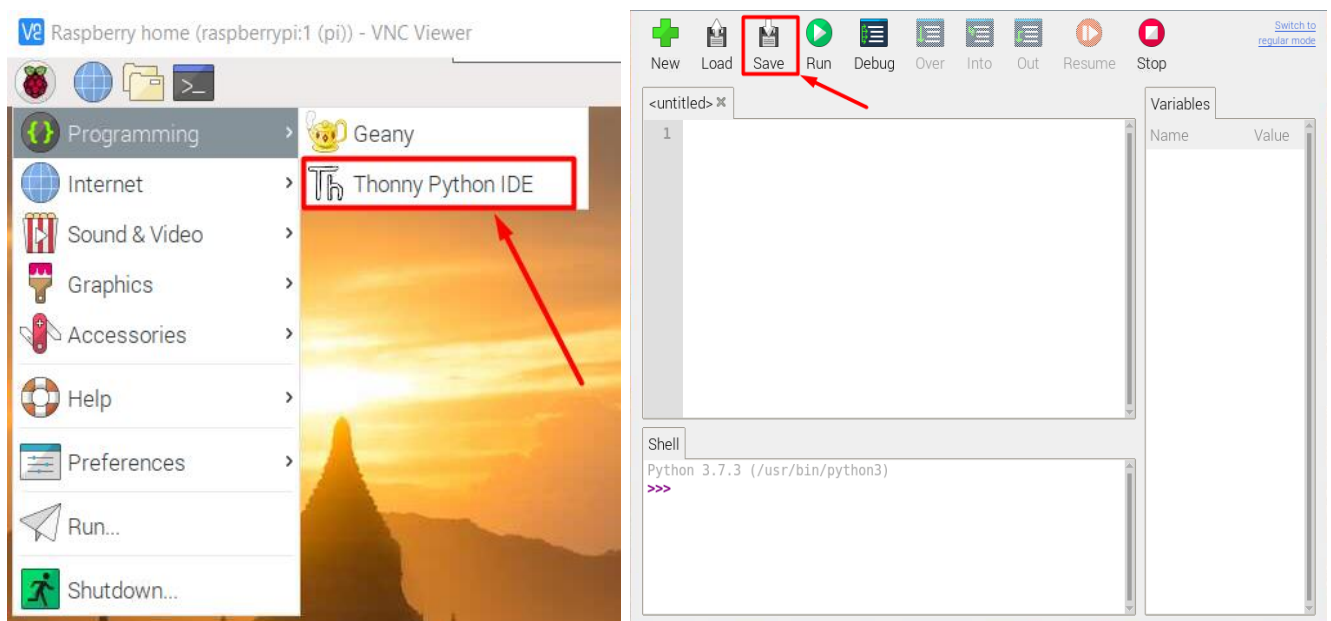


Рис. 3.3. Вигляд програмного середовища в Raspberry Pi OS для написання коду на мові Python

Скрипти на Python можна також писати в текстовому редакторі командного рядка ОС. В процесі написання програм були підключені додаткові бібліотеки та класи:

- бібліотека «RPi.GPIO» для роботи з цифровими виводами Raspberry Pi;
- бібліотека «pySerial» для UART інтерфейсу;
- клас «time» для організації часових затримок.

Вся взаємодія програмного і апаратного забезпечення, тобто створення програмного забезпечення, з подальшим завантаженням в мікроконтролер, відбувалася з використанням операційної системи Windows 10.

Для написання програмного коду для модуля Arduino було обрано середовище Arduino IDE найновішої версії [22]. В цьому середовищі програмування застосовується компілятор AVR-GCC, тому програмування мікроконтролера ATmega328P здійснювалось на мові програмування C++ (рис. 3.4).

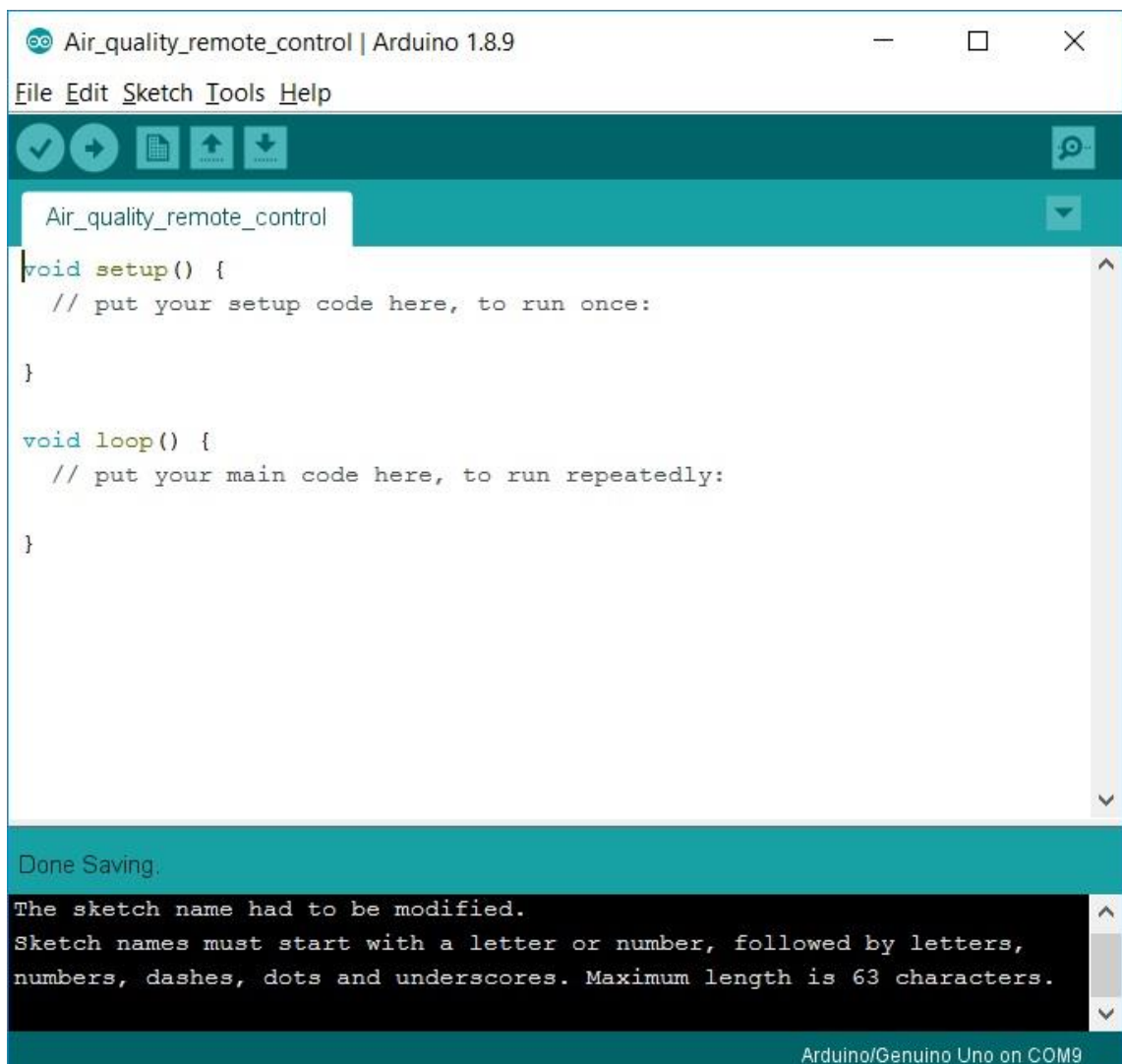


Рис. 3.4. Зовнішній вигляд робочої області середовища розробки Arduino IDE

Вибір середовища Arduino IDE для розробки проектованої системи обумовлений багатьма його перевагами, зокрема:

- відсутність необхідності у великому об'ємі пам'яті;
- невимогливість до ресурсів комп'ютера;
- простота та зручність у користуванні;
- легкий процес підключення до плати;
- повна сумісність з операційними системами Windows;
- наявність вибору кількох мов програмування;
- достатня кількість функцій та інструментів, необхідних для роботи.

Програма, яка написана в Arduino IDE називається скетчем. Перед першою компіляцією, програма повинна бути збережена в окремому файлі на комп'ютері. Кожен скетч базується на шаблоні, який складається з 2 блоків – «setup» та «loop».

Перший блок являє собою функцію, яка виконується лише раз при запуску програми і дозволяє налаштувати піни, здійснити ініціалізацію певних змінних тощо. А другий блок є основною частиною програми. Код в ньому виконується циклічно. В цій частині описуються всі основні функції. Цикл буде виконуватись періодично до тих пір, поки пристрій під'єднаний до джерела живлення.

3.2. Обґрунтування вибору хмарного середовища для збору та опрацювання результатів моніторингу якості АП

ThingSpeak – це хмарна платформа для інтернету речей, яка дає змогу збирати, відображати і виконувати аналіз поточкових даних. В ThingSpeak є можливість отримувати дані з різних обчислювальних пристроїв, таких як ESP, Arduino, Raspberry Pi та інших подібних платформ. Крім того є можливість отримувати дані з ПК. Також платформа ThingSpeak забезпечує можливість відображення даних в режимі реальному часу [23].

Платформа ThingSpeak надає можливість інформаційно-вимірювальним пристроям, які отримують дані від давачів, зберігати їх у хмарі – у публічних або закритих каналах. За замовчуванням канали ThingSpeak є закритими від інших користувачів, але за необхідності їх можна зробити доступними для всіх. Після

надходження даних до каналу ThingSpeak, їх можна візуалізувати, перетворювати та аналізувати. Крім того, платформа ThingSpeak може взаємодіяти з різноманітними пристроями, веб-сервісами та соцмережами.

Ключові особливості даної хмарної платформи ThingSpeak [23]:

- налаштування пристроїв і надсилання даних в ThingSpeak через MQTT або REST API;
- збір даних за запитом з пристроїв та інших джерел;
- відображення поточних і історичних даних в реальному часі;
- попередній аналіз і опрацювання зібраних даних із застосуванням вбудованих функцій MATLAB;
- запуск аналітики при настанні події або в автоматичному режимі по таймеру;
- взаємодія з соцмережею Twitter і сервісом Twilio для відправлення повідомлень.

Зберігання інформації у хмарі забезпечує швидкий до ступ до неї. Застосування онлайн-інструментів аналітики дає змогу відображати дані в графічній формі та здійснювати їх дослідження, будувати взаємозв'язки, шаблони та тренди. З існуючих даних можна створювати нові, а також будувати різноманітні діаграми та графіки.

Система аналітики MATLAB, яка вбудована в ядро ThingSpeak, дає змогу писати і запускати MATLAB-код для виконання попереднього опрацювання, аналізу і візуалізації даних. ThingSpeak дозволяє проектувати IoT-системи без налаштування серверів і розробки веб-додатків. ThingSpeak надає доступ до функцій MATLAB, які дозволяють:

- здійснювати обчислення за наперед складеним розкладом;
- обробляти, об'єднувати і перетворювати дані;
- об'єднувати дані, отримані з декількох каналів, для проведення складнішого аналізу;
- візуально досліджувати взаємозв'язки між інформаційними даними, використовуючи вбудовані графіки.

Основою платформи ThingSpeak є канали, в які користувачі передають дані для зберігання та візуалізації. Кожен канал містить (рис. 3.5):

- два поля для імені та опису каналу;
- вісім полів для інформації будь-якого типу;
- три поля для географічних координат (висота, довгота, широта);
- поле для посилання на сайт, на якому буде використовуватися інформація, яка зберігається в каналі;
- посилання на YouTube канал.

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

- Name:** Air quality remote control
- Description:** Application for air quality remote control based on Raspberry Pi. Created by Larionyk Roman
- Field 1:** CO2 sensor (checked)
- Field 2:** Dust sensor (checked)
- Field 3:** Gas sensor (checked)
- Field 4:** (empty)
- Field 5:** (empty)
- Field 6:** (empty)
- Field 7:** (empty)
- Field 8:** (empty)
- Metadata:** (empty)
- Tags:** (empty)
- Link to External Site:** http://
- Link to GitHub:** https://github.com/
- Elevation:** (empty)
- Show Channel Location:** (unchecked)
- Latitude:** 0.0
- Longitude:** 0.0
- Show Video:** (unchecked)
- Video URL:** http://

Рис. 3.5. Діалогове вікно ThingSpeak для створення нового каналу

Сервіс ThingSpeak дає можливість взаємодії з різними пристроями. Наприклад, можна запрограмувати реакцію на отримані дані одразу після їх надходження до каналу. Крім того, можна створювати черги з команд для їх виконання на інших пристроях.

Зареєструвавши канал у ThingSpeak, до нього відразу ж можна надсилати інформацію, обробляти її та отримувати до неї доступ. Після реєстрації сервіс згенерує для каналу унікальний ідентифікатор Channel ID. Канали можуть працювати з інформацією у форматах CSV, XML та JSON.

Поля каналу можуть містити як цілі, так і дробові числові значення – це власне ті цифрові дані, які будуть надсилатися на сервер. Кожен квант даних має два виміри: значення і час. Зі значенням все більш-менш зрозуміло, а ось поле часу встановлюється сервером автоматично. На нього не можливо вплинути. Більше того, час кожної порції даних визначається у форматі UTC+0, а вже при виведенні він форматується відповідно до часової зони користувача.

Платформа IoT ThingSpeak використовує методи API REST, такі як POST, GET, PUT та DELETE, для створення та видалення каналів, зчитування та запису даних каналів та очищення інформації у каналі. REST – це архітектурний стиль, розроблений як модель відповіді на запит, яка спілкується через HTTP. Клієнт або веб-браузер надсилає запит на сервер, який дає відповідь з даними у відповідному форматі. Веб-браузери використовують цей інтерфейс для отримання веб-сторінок або для надсилання даних на віддалені сервери. Також існує можливість використання методу MQTT Publish для оновлення каналу, або для того, щоб отримувати повідомлення, якщо канал оновлюється. API REST можна використовувати для створення та оновлення каналів та графіків ThingSpeak. API MQTT застосовується лише для оновлення каналів ThingSpeak.

Перевірити роботу створеного каналу можна, записавши інформацію за допомогою GET-запиту, використовуючи будь-який сучасний інтернет-браузер. Для цього потрібно використовувати ключ API Key – довгий буквено-цифровий код, який знаходиться на вкладці API Keys каналу. Ключі API Key для читання та запису є різними (рис. 3.6).

Channel ID: **1604471**
 Author: **mwa0000018132791**
 Access: Private

Application for air quality remote control based on Raspberry Pi. Created by Larionyk Roman

Private View Public View Channel Settings Sharing **API Keys** Data Import / Export

Write API Key

Key:

[Generate New Write API Key](#)

Read API Keys

Key:

Note:

[Save Note](#) [Delete API Key](#)

[Add New Read API Key](#)

Help

API keys enable you to write data to a channel or read data from a private channel. API keys are auto-generated when you create a new channel.

API Keys Settings

- Write API Key:** Use this key to write data to a channel. If you feel your key has been compromised, click **Generate New Write API Key**.
- Read API Keys:** Use this key to allow other people to view your private channel feeds and charts. Click **Generate New Read API Key** to generate an additional read key for the channel.
- Note:** Use this field to enter information about channel read keys. For example, add notes to keep track of users with access to your channel.

API Requests

Write a Channel Feed

```
GET https://api.thingspeak.com/update?api_key=EI3MU9PVGK0HP4TW&field=
```

Read a Channel Feed

```
GET https://api.thingspeak.com/channels/1604471/feeds.json?api_key=H7TT43TZ5RNVQ1G
```

Read a Channel Field

```
GET https://api.thingspeak.com/channels/1604471/fields/1.json?api_key=H7TT43TZ5RNVQ1G
```

Рис. 3.6. Вікно вкладки API Keys платформи ThingSpeak

Наприклад, для очищення каналу за допомогою HTTP DELETE необхідно створити файл в форматі JSON з ідентифікатором користувача та передати його на дану адресу:

```
https://api.thingspeak.com/channels/<channel_id>/feeds.json
```

де `<channel_id>` – ідентифікатор каналу, `feeds.json` – назва JSON файлу.

На кожен запит сервер дасть розгорнуту (JSON) відповідь, де будуть вказані Channel ID, значення всіх полів, дата та час. Якщо файл .json у запиті відсутній, відповідь буде лаконічною – лише кількість записаних значень.

Для видалення каналу за допомогою HTTP DELETE необхідно створити файл в форматі JSON з ідентифікатором користувача та передати його на дану адресу:

```
https://api.thingspeak.com/channels/<channel_id>
```

Запис даних в таблицю каналу відбувається за допомогою HTTP POST або HTTP GET запитів. Для передавання даних на сервер необхідно зробити запит з наступними посиланням:

```
https://api.thingspeak.com/update.json?api_key=<write_api_key>&field1=<data>
```

де `<write_api_key>` – ключ для запису в даний канал, `<data>` – дані які необхідно передати на сервер. У відповідь на запит буде отриманий JSON файл з датою та часом запиту, а також даними які були передані та ідентифікатором таблиці.

Наприклад, надіслати у створений для проєктованої системи канал дані можна шляхом введення в адресному рядку браузера:

```
https://api.thingspeak.com/update.json?api_key=EI3MU9PVGK0HP4TW&field1=173
```

Читання даних з таблиці каналу відбувається за допомогою HTTP GET запита. Для читання даних з сервер необхідно зробити запит з наступними посиланням:

```
https://api.thingspeak.com/channels/<channel_id>/feeds.json
```

У відповідь на запит отримуємо JSON файл з усіма даними в цьому каналі.

Для зменшення отримання даних можна додати параметр `results` та вказати скільки даних необхідно отримати, чим можна відкинути застарілі дані. Також можна відсортувати дані за значенням або часом подання.

Для читання останнього значення з таблиці можна використати GET запит:

```
https://api.thingspeak.com/channels/<channel_id>/feeds/last.<format>
```

де `<format>` – формат отриманих даних.

Для читання даних про налаштування певного каналу необхідно використати GET запит:

```
https://api.thingspeak.com/channels/<channel_id>.<format>
```

Для оновлення даних про певний канал використовується PUT запит, в якості параметрів якого передається JSON файл з налаштуваннями каналу. Для отримання даних про усі канали необхідно використати GET запит:

```
https://api.thingspeak.com/channels.json?api_key=XXXXXXXXXXXXXXXXXX
```

де параметру `api_key` присвоюємо значення ключа користувача. В результаті запиту буде отриманий файл з інформацією про всі канали користувача.

Для отримання часу від останнього запису необхідно виконати наступний API GET запит:

```
https://api.thingspeak.com/channels/<channel_id>/feeds/last_data_age.json
```

Ці запити можна використати при написанні програмного забезпечення для модуля Raspberry Pi проектованої системи, яке буде передавати дані від давачів до хмарного серверу ThingSpeak.

3.3. Програмне забезпечення для системи контролю якості АП

В проєктованій системі програмне забезпечення складається з двох частин. Перша частина ПЗ призначена для управління мікроконтролером ATmega328P, який є ядром модуля Arduino Uno. Воно написано на мові програмування C++ в середовищі Arduino IDE. Друга частина ПЗ проєктованого пристрою написана для RPi. Воно відповідає за отримання даних від Arduino, їх перетворення та передачу у віддалений хмарний сервер.

3.3.1. Алгоритми роботи системи.

Блок-схема алгоритму програми для мікроконтролера модуля Arduino Uno наведена на рис. 3.7.

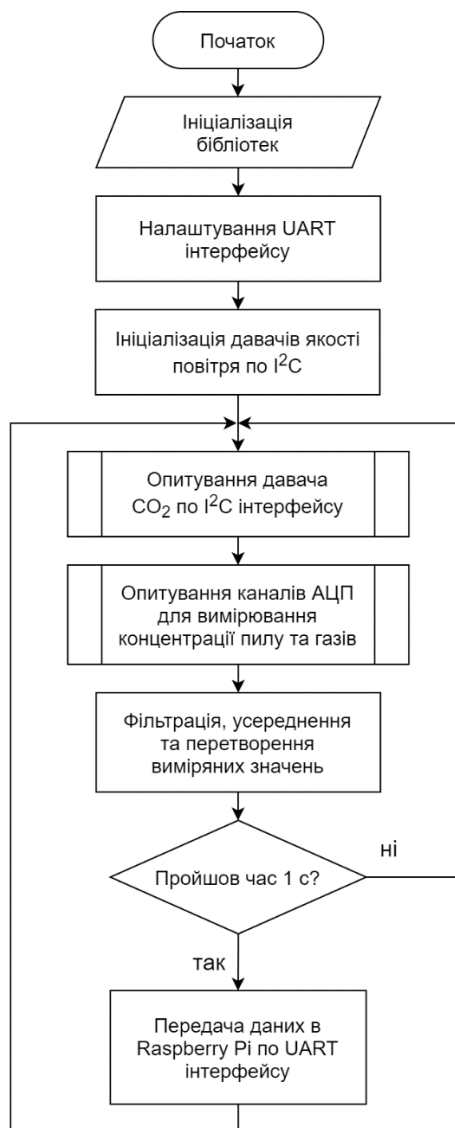


Рис. 3.7. Блок-схема алгоритму роботи програми для модуля Arduino Uno

Після ввімкнення пристрою здійснюється налаштування виводів мікроконтролера та ініціалізація інтерфейсів. Після цього мікроконтролер в циклі опитує стан датчиків, отримуючи інформацію про рівень концентрації пилу, CO₂ та інших шкідливих газів в повітрі. Виміряні дані фільтруються і множаться на відповідні коефіцієнти для отримання реальних числових значень. На наступному етапі дані надсилаються в модуль RPі використовуючи послідовний інтерфейс. Таким чином, пристрій працює циклічно, до тих пір поки система не відключиться від джерела живлення. На рис. 3.8 зображена блок-схема алгоритму роботи програми для мікрокомп'ютера RPі.

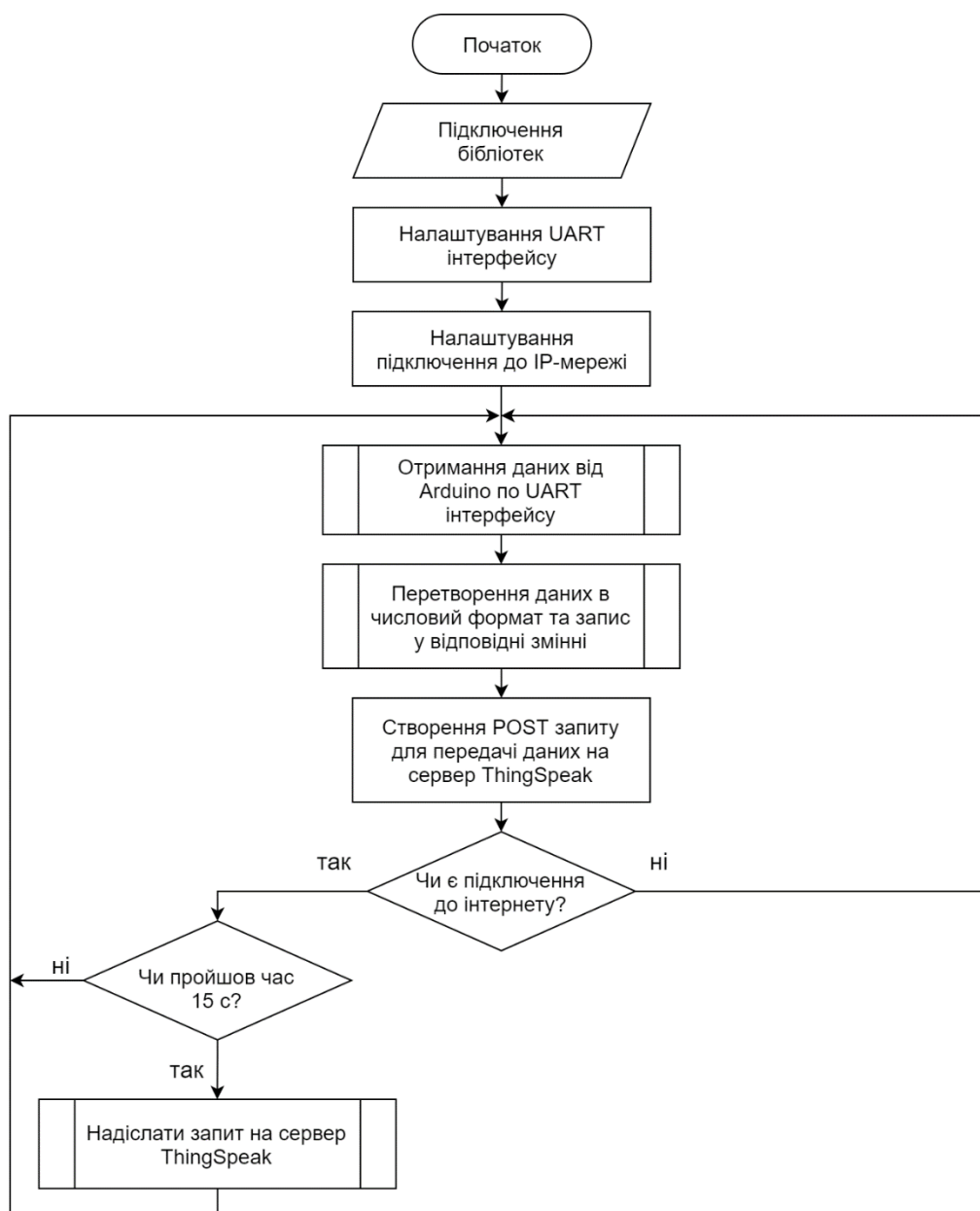


Рис. 3.8. Блок-схема алгоритму роботи програми для Raspberry Pi

На першому етапі здійснюється підключення бібліотек, налаштування UART інтерфейсу та ініціалізація змінних та констант. Після цього відбувається отримання даних від модуля Arduino та їх опрацювання.

Модуль Arduino надсилає повідомлення в послідовний порт у стрічковому форматі, після чого з нього витягуються числові значення. В Python найпростіше отримати його у вигляді рядка, а потім скористатися функцією `split()`, щоб розділити і представити як список значень. Для доступу до окремих елементів списку потрібно використовувати індекси в квадратних дужках. Наприклад, перший елемент списку має нульовий індекс, наступний – перший і т.д. Після цього відбувається перетворення стрічкового формату числа в цілочисельний тип, щоб в подальшому оперувати ним у програмі як числом.

Паралельно з цим, мікрокомп'ютер RPi намагається підключитися до мережі інтернет. Після успішного встановлення з'єднання відбувається передача даних на веб-сервер використовуючи методи API REST.

3.3.2. Опис програмних функцій та модулів.

При написанні коду для модуля Arduino Uno для реалізації функцій блоку моніторингу атмосферного повітря було використано такі бібліотеки:

- «I2C.h» для роботи з I²C інтерфейсом;
- «UART.h» для роботи із UART інтерфейсом;
- «MQ135.h» для роботи із давачем.

Для отримання даних з послідовного порта в Raspberry Pi застосовуються програмні засоби Python і бібліотеки `pySerial`. На першому етапі відбувається налаштування підключення Raspberry Pi до мережі. Для сканування мереж WiFi використовується команда `sudo iwlist wlan0 scan`. В результаті її виконання на екран виведуться всі доступні мережі WiFi, та характеристика даної точки доступу. Відкривши конфігураційний файл `wpa-supplіcant` за допомогою команди:

```
sudo nano /etc/wpa_supplicant/wpa_supplicant.conf
```

Код для підключення RPi до точки доступу має вигляд (рис. 3.9).

```
network={
    ssid="Link"
    psk="Password"
}
```

Рис. 3.9. Лістинг коду для підключення RPi до точки доступу

Після цього файл може бути збережений. Для перевірки наявності підключення до WiFi використано команду `ifconfig wlan0`. Якщо поле `inet addr` містить адресу, то це означає, що Raspberry Pi успішно підключився до мережі.

Для простого налаштування та передавання даних на сервер ThingSpeak було використано бібліотеки мови Python `urllib` та `html.client`. Для встановлення бібліотек необхідно виконати наступну команду в терміналі ОС RPi.

```
sudo pip install urllib
sudo pip install html.client
```

Бібліотека `html.client` реалізує клієнтську частину протоколів HTTP та HTTPS та реалізує наступні класи `HTTPConnection`, `HTTPSConnection`, `HTTPResponse` та класи, які викликаються при некоректному підключенні. Використовуючи дану бібліотеку, можна передавати запити на сервер. Для обміну даними використовуються події API REST (POST, GET, PUT та DELETE), що дозволяє оновити існуючий канал, створити канал, очистити або видалити канал.

Також до проекту підключено `urllib` – це пакет, який об'єднує кілька модулів для роботи з URL-адресами:

- `urllib.request` – для відкриття та читання URL-адрес;
- `urllib.error` – містять винятки, які обробляють `urllib.request`;
- `urllib.parse` – для отримання URL-адрес;
- `urllib.robotparser` – для аналізу `robots.txt` файлів.

Усі необхідні бібліотеки були підключені до файлу програми (рис. 3.10).

```
import http.client
import urllib
from time import sleep, localtime, strftime
import time
import serial
```

Рис. 3.10. Лістинг коду для підключення бібліотек до файлу програми

Після підключення усіх необхідних бібліотек було реалізовано процес отримання даних з СОМ порту. Для цього потрібно створити змінні для усіх необхідних ключів доступу для АРІ (рис. 3.11).

```
ser = serial.Serial('/dev/ttyACM0', 9600, timeout=1)
ser.flush()
write_api_key = 'E13MU9PVGK0HP4TW'
```

Рис. 3.11. Лістинг коду для створення змінних для усіх ключів доступу для АРІ

У циклі перевіряється чи Arduino передає дані в СОМ порт. Якщо так, то стрічка розшифровується. Отримані дані можна передавати, шляхом створення запиту (рис. 3.12).

```
line = ""
if ser.in_waiting > 0:
    line = ser.readline().decode('utf-8').rstrip()
    print(line)
    arr = line.split()
    params = urllib.parse.urlencode({'field1':'20','api_key':write_api_key})
    headers = {"Content-type":"application/x-www-form-urlencoded","Accept":
"text/plain"}
    conn = http.client.HTTPConnection("api.thingspeak.com:80")
```

Рис. 3.12. Лістинг коду для створення запиту при передачі даних в СОМ порт

Після цього передається POST запит на сервер з даними для оновлення та очікування відповіді (рис. 3.13).

```
conn.request("POST", "/update", params, headers)
response = conn.getresponse()
print(strftime("%a, %d %b %Y %H:%M:%S", localtime()))
print(response.status, response.reason)
data = response.read()
conn.close()
```

Рис. 3.13. Лістинг коду для передачі POST запиту на сервер для оновлення даних

Якщо запит на сервер відбувся правильно в результаті буде отриманий звіт про успішне передавання даних.

3.3.3. Результати роботи програми в додатку ThingSpeak.

На рис. 3.14-3.16 представлені графіки, які відображають динаміку зміни результатів вимірювання датчиками параметрів якості АП впродовж певного періоду.

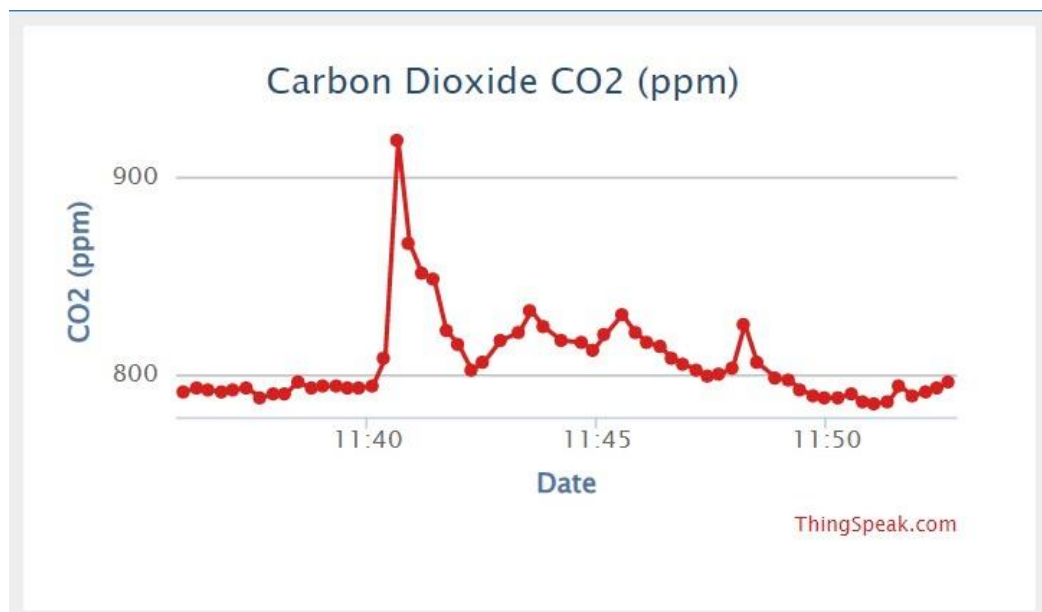


Рис. 3.14. Результат моніторингу концентрації CO₂ в повітрі

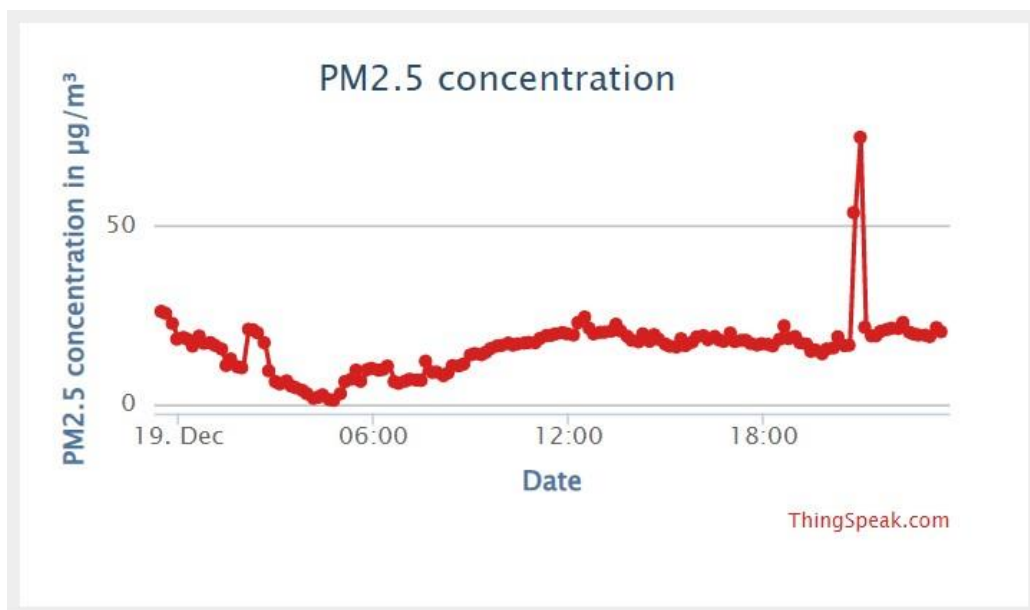


Рис. 3.15. Результат моніторингу концентрації PM2.5 в повітрі

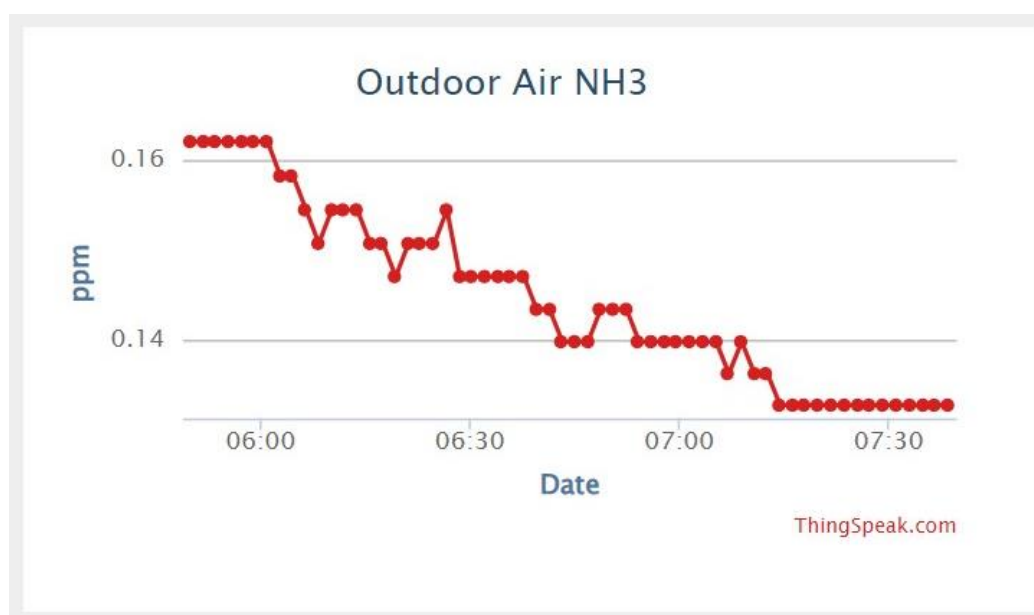


Рис. 3.16. Результат моніторингу концентрації NH₃ в повітрі

Платформа ThingSpeak дозволяє зберігати накопичені дані на сервері впродовж року. Дані можна експортувати в будь-яку програму для подальшого опрацювання. Імпортовані дані можуть бути використані сторонніми програмами для аналізу та візуалізації. Це дає багато можливостей для статистичного опрацювання даних, виконання додаткових розрахунків та поглибленого аналізу отриманих даних.

Для експорту даних з платформи ThingSpeak можна скористатись одним з двох методів. Перший вивантажує всі дані відразу і лише у форматі CSV. Другий є гнучкішим, оскільки дозволяє налаштувати поля для експорту даних і пропонує кілька форматів на вибір: JSON, XML або CSV. Використання сервісу ThingSpeak дає можливість вбудовувати графіки на сторінки сайту з можливістю масштабування для створення власних систем моніторингу.

Збільшення вхідних потоків даних за рахунок підключення додаткових сенсорів до блоку моніторингу значно розширить можливості системи. Реалізація даної схеми можлива, оскільки модуль Arduino Uno має ще 3 вільних вхідних канали АЦП.

3.4. Висновки до розділу 3

У третьому розділі кваліфікаційної роботи було виконано вибір засобів реалізації проекрованої системи. Обрано оптимальний варіант хмарного середовища для збору та опрацювання результатів моніторингу якості атмосферного повітря та виконано аналіз його функцій та можливостей.

Розроблено алгоритми роботи основних програмних функцій блоку моніторингу та створено програмне забезпечення для мікроконтролера та мікрокомп'ютера.

Результати показали, що дані про результати вимірювання стану повітря в режимі онлайн можуть бути доступні на веб-сторінці в мережі інтернет.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Охорона праці

Мета кваліфікаційної роботи магістра полягає у дослідженні методів і програмно-апаратних засобів для дистанційного контролю якості атмосферного повітря. Оскільки в процесі виконання роботи використовувався персональний комп'ютер, тому необхідно забезпечити дотримання вимог з охорони праці, техніки безпеки та протипожежної безпеки при використанні ПК.

Основними регламентуючими нормативними документами охорони праці користувачів ПК є:

- НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями»;
- Примірні інструкції з охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин, затверджена наказом Міністерства доходів і зборів України від 5 вересня 2013 р. № 443;
- ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту».

Вимоги до приміщень, згідно з [31, 32], щодо розташування робочого місця передбачають виконання наступних вимог:

- мінімальна площа, яка виділяється на одне робоче місце повинна становити мінімум $6,0 \text{ м}^2$, при об'ємі – мінімум $20,0 \text{ м}^3$;
- розташування робочих місць користувачів ПК заборонено у цокольних або підвальних приміщеннях.

При організації робочих місць у НПАОП 0.00-7.15-18 передбачено наявність природного і штучного освітлення. Зазвичай, природне освітлення поступає у приміщення через вікна та світлові прорізи і забезпечує коефіцієнт освітленості на рівні не менше 1,5 %. Орієнтація вікон – на північ або північний схід. Штучне освітлення забезпечують відповідні джерела, наприклад, люмінесцентні лампи.

Приміщення з комп'ютерною технікою не повинні межувати з будівлями, де рівень шуму чи вібрації перевищує визначені допустимі значення. Покриття підлоги повинне бути матовим з коефіцієнтом відбиття 0,3-0,5. Для внутрішнього оздоблення приміщень слід використовувати дифузно-відбивні матеріали з коефіцієнтами відбиття для стелі 0,7-0,8, для стін 0,5-0,6 [33].

У приміщеннях, де організовано робочі місця користувачів ПК, повинні бути забезпечені аптечками першої медичної допомоги. Вологе прибирання у таких приміщеннях є обов'язковим кожного дня.

Щодо ергономічної організації робочого місця, то воно також повинно відповідати вимогам, наведеним у [31, 32]. Конструкція робочого місця повинна забезпечити підтримання оптимальної робочої пози. У відповідності до НПАОП 0.00-7.15-18, обладнання і організація робочого місця працюючих з ЕОМ мають забезпечувати відповідність конструкції всіх елементів робочого місця та їх взаємного, розташування ергономічним вимогам з урахуванням характеру і особливостей трудової діяльності.

Екран комп'ютера повинен бути розміщений на відстані 600...700 мм від очей користувача. Розташування монітору має забезпечувати зручність зорового спостереження у вертикальній площині під кутом +30 градусів до нормальної лінії погляду працівника [33].

Електромережі штепсельних з'єднань та електророзеток для живлення ПК потрібно виконувати за магістральною схемою. При організації робочих місць електромережу штепсельних розеток для живлення ПК у центрі приміщення прокладають у каналах або під знімною підлогою в металевих трубах або гнучких металевих рукавах [33].

Щодо безпеки при роботі з ПК, щодня перед початком роботи необхідно очищати монітор від пилу та інших забруднень. Після закінчення роботи з ПК, він та периферійні пристрої повинні бути відключені від електричної мережі. У разі виникнення певної аварійної ситуації необхідно негайно відключити ПК від електричної мережі. Не допускається виконувати обслуговування, ремонт та налагодження ПК безпосередньо на робочому місці [31].

Основні вимоги до пожежної безпеки вказані в НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні». Згідно з [32], на та під приміщеннями, в яких розміщені ЕОМ, а також у суміжних із ними приміщеннях не дозволяється розташування приміщень категорій А та Б за вибухопожежною небезпекою.

Фальш підлога у приміщеннях з ЕОМ має бути з негорючих матеріалів або матеріалів груп горючості Г1, Г2 з межею вогнестійкості не менше 0,5 год. Простір під нею слід розділяти негорючими діафрагмами на відсіки площею не більше 250 м². Діафрагми повинні мати межу вогнестійкості не менше 0,75 год. Звукопоглинаюче облицювання стін та стель цих приміщень слід виготовляти з негорючих матеріалів або матеріалів груп горючості Г1, Г2.

Персональні комп'ютери після закінчення роботи повинні відключатися від мережі. Не рідше одного разу на квартал необхідно очищати від пилу агрегати та вузли, кабельні канали та простір між підлогами [31].

Приміщення повинні бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння, а саме вогнегасниками, що використовуються для локалізації і ліквідації пожеж у їх початковій стадії розвитку.

Вогнегасники слід встановлювати у легкодоступних та помітних місцях (коридорах, біля входів або виходів з приміщень тощо), а також у пожежонебезпечних місцях, де найбільш вірогідна поява осередків пожежі. При цьому необхідно забезпечити їх захист від попадання прямих сонячних променів та безпосередньої (без загороджувальних щитків) дії опалювальних та нагрівальних приладів. Вибір типу та необхідної кількості вогнегасників визначається відповідно до типових норм належності вогнегасників.

У кваліфікаційній роботі досліджено методи і засоби реалізації системи для дистанційного контролю якості атмосферного повітря за допомогою програмного забезпечення для персонального комп'ютера. Через це важливим та актуальним було провести аналіз основних вимог до приміщень та робочих місць з ПК, що дозволило забезпечити комфортні і безпечні умови праці інженерам комп'ютерних систем. Також проаналізовано правила електробезпеки під час роботи з ПК та вимоги до пожежної безпеки в приміщенні.

4.2. Забезпечення захисту працівників суб'єкта господарювання від іонізуючих випромінювань

Працівники, які виконують роботи з радіоактивними речовинами, повинні перебувати під постійним медичним наглядом, використовувати засоби індивідуального захисту від радіації та прилади індивідуального дозиметричного контролю (універсальні радіометри) для своєчасного виявлення і вимірювання рівня випромінювання [34].

Захищаючись від зовнішнього іонізуючого опромінювання при роботах із закритими джерелами випромінювання, тобто такими, які виключають можливість потрапляння радіоактивних речовин у навколишнє середовище, перш за все необхідно не допустити переопромінення працівників.

Основним способами захисту від цього є:

- зменшення активності джерела, з яким контактують працівники під час конкретного технологічного процесу – досягається шляхом використання речовин із меншою активністю;
- зменшення часу контакту з джерелом випромінювання – досягається шляхом вдосконалення організації робіт і технологічного виробничого процесу та проведення попередніх тренінгів працівників;
- збільшення відстані між людиною і джерелом – використовується, як правило, при контакті з точковим джерелом випромінювання шляхом використання дистанційних універсальних маніпуляторів та інших автоматизованих пристроїв;
- розташування між людиною і джерелом захисного екрану (стаціонарного, пересувного, розбірного, настільного тощо), тобто пристрою, який зменшує інтенсивність випромінювання до безпечного рівня [34].

Для виготовлення екранів, а також для захисту працівників в стаціонарних спорудах, використовується бетон, чавун, сталь, алюміній, скло, свинець та інші матеріали.

Від дії рентгенівських променів застосовують екрани зі сталевого листа товщиною 0,5-1 мм або алюмінію товщиною 3 мм, спеціальної гуми. Оглядові вікна виконують з плексигласу товщиною 30 мм або з покритого оловом скла товщиною 9 мм.

Для захисту шкіри від забруднень радіоактивними речовинами та запобігання їх попаданню всередину організму, захисту від альфа і бета-випромінювання передусім застосовуються засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) від радіації.

Отже, засоби захисту від радіації використовуються у тих випадках, коли інші заходи недостатньо ефективні: при переході через зони збільшеної інтенсивності випромінювання, при ремонтних та налагоджувальних роботах у аварійних ситуаціях, під час короткочасного контролю та при зміні інтенсивності опромінення.

З урахуванням зазначеного прогнозу на території області може виникнути складна радіаційна обстановка наслідки якої вимагатимуть від органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування, суб'єктів господарювання, на які покладено виконання завдань щодо захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій, оперативного реагування та дій [34].

Місцеві органи виконавчої влади, органи місцевого самоврядування, суб'єкти господарювання здійснюють для забезпечення захисту людей від впливу іонізуючих випромінювань наступні заходи:

- приймають згідно з законодавством України рішення щодо застосування на підвідомчій території заходів втручання у разі радіаційних аварій;
- організують проведення в установленому порядку щорічні обстеження з метою оцінки стану захисту людини від впливу іонізуючих випромінювань та ведення екологічного паспорта підвідомчої території;
- здійснюють організаційне керівництво системою обліку та контролю доз опромінення населення на підвідомчій території;

- організовують контроль за виконанням заходів щодо захисту людини від впливу радіонуклідів, що містяться у будівельних матеріалах;
- затверджують відповідні плани щодо захисту населення від радіаційних аварій та їх наслідків;
- забезпечують постійну готовність засобів оповіщення населення на підвідомчій території про виникнення радіаційної аварії;
- організовують контроль за виконанням заходів щодо захисту населення від радіаційних аварій та їх наслідків;
- забезпечують населення, в місцях його проживання, інформацією щодо рівнів опромінення людини та заходів захисту від впливу іонізуючих випромінювань, що виконуються на підвідомчій території;
- розробляють та впроваджують програми захисту людей від впливу іонізуючих випромінювання;
- здійснюють оповіщення населення у разі виникнення радіаційної аварії та інформування про рятувальні та профілактичні заходи у зв'язку з цим.

Для виконання вищезазначених заходів залучаються органи управління, сили і засоби обласної територіальної та функціональних підсистем єдиної державної системи цивільного захисту (далі – ЄДС ЦЗ), порядок дій яких визначено Планом реагування на надзвичайні ситуації, пов'язаних з викидом радіоактивних речовин.

Режими захисту робітників і службовців на суб'єктах господарювання вводяться в дію рішенням керівників об'єктів. Незалежно від місця розміщення суб'єкту господарювання (в населеному пункті або за його межами) на його території вводиться в дію свій режим захисту з урахуванням рівнів радіації, вимірних на об'єкті, і реального ступеню захисту працівників і службовців.

При виникненні комунальної радіаційної аварії окрім термінових робіт щодо стабілізації радіаційного стану (включаючи відновлення контролю над джерелом) місцеві органи виконавчої влади, органи місцевого самоврядування, суб'єкти господарювання одночасно здійснюють заходи, спрямовані на:

- зведення до мінімуму кількості осіб з населення, які зазнають аварійного опромінення;
- запобігання чи зниження індивідуальних і колективних доз опромінення населення;
- запобігання чи зниження рівнів радіоактивного забруднення продуктів харчування, питної води, сільськогосподарської сировини і сільгоспугідь, об'єктів довкілля (повітря, води, ґрунту, рослин тощо), а також будівель і споруд.

Для населення, робітників та службовців суб'єктів господарювання, які можуть потрапити в зону випадіння радіоактивних опадів, доцільно завчасно, виходячи з конкретних місцевих умов, розрахувати варіанти режимів радіаційного захисту [35].

З урахуванням вищезазначеного, режими радіаційного захисту вводяться в дію місцевими органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування, суб'єктами господарювання з метою захисту людей від впливу іонізуючого випромінювання у разі загрози або виникнення надзвичайних ситуацій, пов'язаних з радіаційними аваріями.

4.3. Висновки до розділу 4

В даному розділі описані питання щодо охорони праці та забезпечення безпеки в надзвичайних ситуаціях. Була опрацьована інформація стосовно основних вимог до приміщень та робочих місць з ПК для забезпечення комфортних і безпечних умов праці інженерам комп'ютерних систем. Проаналізовано правила електробезпеки під час роботи з ПК та вимоги до пожежної безпеки в приміщенні. Також, розглянуто питання щодо забезпечення захисту працівників суб'єкта господарювання від іонізуючих випромінювань.

ВИСНОВКИ

У даній кваліфікаційній роботі розв'язана важлива науково-технічна задача розроблення системи для контролю якості атмосферного повітря.

1. Виконано огляд наукової літератури за темою дослідження, проаналізовано сучасні розробки в сфері КЯАП, визначено їх переваги і недоліки.

2. Синтезовано структуру автоматизованої інформаційно-виміральної системи для КЯАП.

3. Спроектовано структурну схему блока моніторингу якості атмосферного повітря і виконано розробку його електричної принципової схеми.

4. Розроблено алгоритмічне та програмне забезпечення для блока моніторингу якості атмосферного повітря.

Розроблена система була створена для збору даних з датчиків, що вимірюють параметри якості атмосферного повітря, і передавання їх у хмарний сервіс за допомогою технології IoT. Доведено, що система працює надійно. Реалізовано процес стабільного передавання вимірних даних на хмарний сервер за технологією REST API.

Впровадження розробленої системи дозволить в режимі реального часу здійснювати контроль якості атмосферного повітря, що дасть змогу покращити екологічні показники.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Северин Л. І., Петрук В. Г., Безвозюк І. І., Васильківський І. В. Природоохоронні технології. Частина 1. Захист атмосфери. Вінниця: ВНТУ. 2012. 388 с.
2. Revathy V. S., Ganesan K., Rohini K., Chindhu T. S., Voobalan T. Air Pollution Monitoring System. Journal of Electronics and Communication Engineering. Vol. 11. Issue 2. Ver. II. 2016. P. 27–40.
3. Persily A., Jonge L. D. Carbon dioxide generation rates for building occupants. Indoor Air. Vol. 27. 2017. P. 868–879.
4. Мислива Т. М., Долгілевич М. Й. Основи моніторингу довкілля: навч. посібник. Житомир: Вид-во ДВНЗ «Державний агроекологічний університет». 2007. 376 с.
5. Запорожець А. О. Аналіз засобів моніторингу забруднення повітря навколишнього середовища. Science-Based Technologies. № 35 (3). 2017. С. 242-252.
6. Живага В. В., Малахова М. О., Шевченко Д. О. Система моніторингу якості повітря на базі IoT. Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна серія «Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління». Вип. 49. 2021. С. 49-57.
7. Бахарєв В. С., Маренич А. В. Аналітичний огляд результатів наукових досліджень з проблем моніторингу довкілля в Україні. Екологічна безпека, № 2. 2016. С. 35-42.
8. Chaudhry V. Arduair: Air Quality Monitoring. International Journal of Environmental Engineering and Management. 2013. P. 639-646.
9. Zhanga H., Wangb Sh., Haob J., Wangc X., Wangd Sh., Chaia F., Lid M. Air pollution and control action in Beijing. Journal of Cleaner Production. Vol. 112. Part 2. 2016. P. 1519-1527.
10. JunHo J., ByungWan J., JungHoon K., SungJun K., WoonYong H. Development of an IoT-Based Indoor Air Quality Monitoring Platform. Journal of Sensors. Vol. 2020. P. 1-14.

11. Okokpuije K., Noma-Osaghae E., Modupe O., John S., Oluwatosin O. A smart air pollution monitoring system. *International Journal of Civil Engineering and Technology*. Vol. 9. 2018. P. 799–809.

12. Іванюк О. О., Влах-Вигриновська Г. І., Близнюк А. М., Сапіга І. В. Система виявлення та очищення приміщення від шкідливих газів на базі технології інтернету речей. *Автоматика, вимірювання та керування*. Т. 2, № 1 (2). 2020. С. 40-48.

13. Parmar G., Lakhani S., Chattopadhyay M. An IoT based low cost air pollution monitoring system. *International Conference on Recent Innovations in Signal processing and Embedded Systems (RISE)*. 2017. P. 524-528.

14. Путренко В. В., Назаренко С. Ю. Визначення якості повітря на основі інтелектуального аналізу даних дистанційного зондування. *Математичне моделювання в економіці*. №3-4. 2016. С. 176-187.

15. Безрук З. Д., Порєв В. А., Харагоргієв С. М., Порєв В. А., Харагоргієв С. М. Вдосконалення методів та засобів контролю забруднення атмосфери викидами сміттєспалювального заводу. *Вісник НТУУ “КПІ”. Серія Приладобудування*. Вип. 37. 2009. С. 58-67.

16. Zhao Y. L., Tang J., Huang H. P., Wang Z., Chen T. L., Chiang C. W., Chiang P. C. Development of IoT Technologies for Air Pollution Prevention and Improvement. *Aerosol and Air Quality Research*. 2020. P. 2874-2888.

17. Мокін В. Б., Собко Б. Ю., Дратований М. В., Крижановський Є. М., Горячев Г. В. Створення інформаційної системи моніторингу забруднення атмосферного повітря міста на основі технології Інтернет речей. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. № 3. 2017. С. 49-58.

18. Raspberry Pi Downloads – Software for the Raspberry Pi. <https://www.raspberrypi.org/downloads.../> (дата звернення: 24.11.2021).

19. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д., Пасічник В. В. *Комп’ютерні мережі. [навчальний посібник]* Львів: «Магнолія 2006». 2013. 256 с.

20. Яценко Д.Р., Леськів В.М., Луцик Н.С. *Методи захисту центральних процесорів комп’ютерів від атак. Актуальні задачі сучасних технологій : збірник*

тез доповідей ІХ міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А. 2020. С. 78.

21. Download PuTTY: latest release. URL: <https://www.chiark.greenend.org.uk/~sgtatham/putty/latest.html> (дата звернення: 25.11.2021).

22. Arduino Software. URL: <https://www.arduino.cc/en/software> (дата звернення: 26.11.2021).

23. Открытая IoT-платформа с MATLAB-аналитикой. URL: <https://exponenta.ru/thingspeak> (дата звернення: 29.11.2021).

24. Ларіоник Р.В., Луцик Н.С. Комп'ютерна система для дистанційного контролю якості атмосферного повітря. Актуальні задачі сучасних технологій : збірник тез доповідей Х міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А. 2021. С. 100.

25. 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". Тернопіль: ТНТУ. 2021. С. 116.

26. Lupenko S., Lutsyk N., Lapusta Y. Cyclic linear random process as a mathematical model of cyclic signals. *Acta mechanica et automatica*, Vol. 9 No. 4. 2015. P. 219-224.

27. Lupenko S. A., Osukhivska H. M., Lutsyk N. S., Stadnyk N. B., Zozulia A. M., Shablilii N. R. The comparative analysis of mathematical models of cyclic signals structure and processes. *Scientific journal of TNTU* Vol. 82 No. 2. P. 115-127.

28. Паламар М. І., Стрембіцький М. О., Паламар А. М. Проектування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів. Навчальний посібник. Тернопіль: ТНТУ. 2019. 150 с.

29. Паламар А. Комп'ютерна система для моніторингу параметрів джерел безперебійного живлення на основі технології Internet of Things. Матеріали ІV Міжнародної науково-технічної конференції "Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки, приладобудування і комп'ютерних технологій". Тернопіль: ТНТУ. 2019. С. 208-209.

30. Vasylykivskiy 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). 2017. Vol. 17, No. 33. P. 355-362.

31. Князівська Б. А., Долина П. А., Охорона праці: Підручник для студентів вузів: Вища школа. Харків, 2003. 448 с.

32. Белов С. В., Ільницька А. В., Козьяков А. Ф. Безпека життєдіяльності. Київ. 2005. 232 с.

33. Охорона праці на підприємствах та організаціях: рекомендаційний покажчик літератури. / за ред.: Бут. О. Ю. Запоріжжя: ЗНТУ. 2009. 23 с.

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

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

Додаток А

Опубліковані тези конференцій за темою кваліфікаційної роботи магістра

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)
Білоруський національний технічний університет (Республіка Білорусь)
Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)
Наукове товариство ім. Т.Шевченка

АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Збірник
тез доповідей
Том I

**X Міжнародної науково-практичної
конференції молодих учених та студентів**
24-25 листопада 2021 року



УКРАЇНА
ТЕРНОПІЛЬ – 2021

Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів
«АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ» – Тернопіль 24-25 листопада 2021 року

- | | | |
|-----|--|----|
| 9. | Ю.І. Пиндус, В.П.Калушка, Р.Р. Заверуха, О.Ю. Пиндус, Ю.І. Пипко | 77 |
| | ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСУ РОБОТИ ДВИГУНА НА ДИЗЕЛЬНОМУ ПАЛИВІ ТА БІОПАЛИВІ | |
| 10. | Р.М. Рогатинський, В.Л. Дмитроца, М.В. Грубенюк, Р.П. Цапик | 79 |
| | ТРАНСПОРТУВАННЯ НАСИПНОГО ПАЛИВА ГВИНТОВИМИ КОНВЕЄРАМИ | |
| 11. | Р.М. Рогатинський, Р. В. Хорошун, А.Д. Бобков, Р.Б. Шимків | 81 |
| | МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ АВТОМОБІЛЯ ПО КРИВОЛІНІЙНІЙ ТРАСІ | |
| 12. | В.В. Ткачук, Ю.С. Шуберт | 83 |
| | ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ЛОГІСТИЧНОГО СКЛАДУ | |

**СЕКЦІЯ: КОМП'ЮТЕРНО-ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ
ЗВ'ЯЗКУ**

- | | | |
|-----|--|-----|
| 1. | О.В. Балакунець, Є.В. Тиш | 84 |
| | МЕТОДИ ТА ПРОГРАМНО-АПАРATНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ РЕЗЕРВНОГО ЖИВЛЕННЯ В КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ | |
| 2. | О.М. Барановський, А.В. Жилін, Г.С. Голіч | 85 |
| | ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ ДЕТЕКТУВАННЯ ТОЧКОВИХ АНОМАЛІЙ У МЕРЕЖЕВОМУ ТРАФІКУ ЗАСОБАМИ SIEM SPLUNK | |
| 3. | В.П. Волоський, Ю.З. Лещинин, Н.Р. Романшин | 87 |
| | КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ТА БАЛАНСУВАННЯ ЛІТІЙ-ІОННИХ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ | |
| 4. | А. В. Гайдар, В. А. Готович | 89 |
| | ЗАСТОСУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНО-ІНФОРМАЦІЙНИХ ЗАСОБІВ В ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ | |
| 5. | О.Р. Гончаренко, Є.В. Тиш | 90 |
| | СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ СОНЯЧНИХ ТРЕКЕРІВ | |
| 6. | Р.О.Жаровський, Д.В.Дармопук | 91 |
| | ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОННОГО НАВЧАННЯ | |
| 7. | С.А.Криськова | 92 |
| | ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ. ПОБУДОВА ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ КАРТИ «ВИДАТНІ УКРАЇНСЬКІ ВЧЕНІ» | |
| 8. | Д.В. Кушинець, Ю.З. Лещинин | 94 |
| | ЗАСТОСУНОК ДЛЯ МОНИТОРИНГУ ДАНИХ РОЗУМНОГО БУДИНКУ | |
| 9. | Р. М. Кучерешко | 95 |
| | СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ШКІДЛИВИХ ПРОГРАМ | |
| 10. | А.Д. Лавренів, І.В. Бойко | 97 |
| | РОЗРОБКА МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ З ВИКОРИСТАННЯМ СЕРЕДОВИЩА WOLFRAM MATHEMATICA ТА МОВИ ПРОГРАМУВАННЯ C++ | |
| 11. | Я.Р. Лапшин | 99 |
| | АНАЛІЗ ЗАГРОЗ КІБЕРБЕЗПЕКИ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЙОГО ВПЛИВУ | |
| 12. | Р.В. Ларіоник, Н.С. Луцик | 100 |
| | КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ | |
| 13. | Ю.З. Лещинин, З.В. Кузик | 101 |
| | МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ РОЗРОБКИ ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ МЕРЕЖЕВИХ КАБЕЛЬНИХ СИСТЕМ | |

УДК 681.518.3

Р.В. Ларіоник, Н.С. Луцук, Ph.D, доц.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

R.V. Larionyk, N.S. Lutsyk, Ph.D, Assoc. Prof.

COMPUTER SYSTEM FOR AIR QUALITY REMOTE CONTROL

Питання покращення екологічної ситуації є надзвичайно важливим, особливо в наш час, коли рівень антропогенного впливу на довкілля є як ніколи високим. Широке застосування засобів дистанційного моніторингу є ефективним інструментом для виявлення джерел забруднення атмосферного повітря, яке полягає у визначенні рівня концентрації шкідливих речовин в повітрі [1]. Тому, впровадження сучасних методів та засобів для підвищення ефективності моніторингу рівня забрудненості атмосферного повітря, як одного з важливих екологічних показників, є актуальною задачею.

Метою даної роботи є розроблення комп'ютерної системи для дистанційного контролю якості атмосферного повітря в режимі реального часу. Дистанційні методи моніторингу з використанням технологій Інтернету речей стають все більше розповсюдженими. Вони дозволяють отримувати інформацію від великої кількості сенсорів одночасно, аналізуючи отриману інформацію в комплексі. Для реалізації мети роботи було використано платформу Raspberry Pi, яка забезпечує збір даних від датчиків, їх обробку та передачу на віддалений сервер. Для контролю якості атмосферного повітря було обрано напівпровідникові датчики, які дають змогу виміряти концентрацію газів SO₂, CO₂, CO, NO₂. Результати вимірювань передаються до Raspberry Pi використовуючи інтерфейс I²C.

В якості хмарного сервісу було використано онлайн платформу ThingSpeak, яка дозволяє отримувати, відображати та аналізувати дані від пристроїв IoT [2]. Для обміну даними між Raspberry Pi та ThingSpeak використовується протокол RESTful API. В запропонованій системі для моніторингу якості атмосферного повітря в режимі реального часу застосовано принцип фіксації та обробки подій, які постійно аналізуються з врахуванням даних про поточний стан забрудненості атмосферного повітря.

Отже, розроблена система для дистанційного контролю якості атмосферного повітря з застосуванням платформи IoT ThingSpeak дає змогу забезпечити збір, фільтрацію, обробку, збереження, передачу та аналіз інформації про рівень забрудненості повітря. Вона може бути використана для вироблення рекомендацій з метою прийняття обґрунтованих рішень про уникнення ситуацій, які призводять до погіршення екологічного стану. Система моніторингу сприятиме виявленню джерел негативного впливу на навколишнє середовище.

Література:

1. Живага В.В., Малахова М.О., Шевченко Д.О. Система моніторингу якості повітря на базі IoT. Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна серія «Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління». Вип. 49. 2021. С. 49-57.
2. Іванюк О.О., Влах-Вигриновська Г.І., Близнюк А.М., Сапіга І.В. Система виявлення та очищення приміщення від шкідливих газів на базі технології інтернету речей. Автоматика, вимірювання та керування. Т. 2, № 1(2). 2020. С. 40-48.

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

МАТЕРІАЛИ

ІХ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

**«ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ,
СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»**



8–9 грудня 2021 року

ТЕРНОПІЛЬ
2021

- Ю.З. Лещиня, З.В. Кузик**
МЕТОДИ СТВОРЕННЯ МАКРОСІВ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ РОЗРОБКИ
ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ МЕРЕЖЕВИХ КАБЕЛЬНИХ СИСТЕМ
Yu. Leshchyshyn, Z. Kuzik
METHODS OF MACROS DESIGN FOR AUTOMATED DEVELOPMENT OF
NETWORK CABLE SYSTEM TECHNICAL DOCUMENTATIONS 113
- Р.О. Жаровський, М.Р. Лова, О.О. Щербаків**
ЗАСТОСУВАННЯ ІНДЕКСУ СТРУКТУРНОЇ ПОДІБНОСТІ ЗОБРАЖЕНЬ
ПРИ ЇХ АНАЛІЗІ
R.O. Zharovskyi, M.R. Lova, O.O. Scherbakov
APPLICATION OF THE STRUCTURAL SIMILARITY INDEX MEASURE IN
THE IMAGES ANALYSIS 114
- Ю.З. Лещиня, О.О. Марущак**
МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПОБУДОВИ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ
ОЦІНЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ФОНОКАРДІОСИГНАЛІВ
Yu. Leshchyshyn, O. Marushchak
METHODS AND MEANS OF THE DEVELOPMENT OF A
PHONOCARDIOGRAFIC SIGNALS CHARACTERISTICS EVALUATION
COMPUTER SYSTEM 115
- Р.В. Ларіонук, Н.С. Луцьк, А.М. Паламар**
СИСТЕМА ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ НА
БАЗІ ІОТ
R.V. Lariouk, N.S. Lutsyk, A.M. Palamar
IOT-BASED AIR QUALITY MONITORING SYSTEM 116
- А.І. Маційовський**
ДОСЛІДЖЕННЯ ВИСОКОНАВАНТАЖЕНИХ МЕРЕЖ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ
A.I. Matsiyovskiy
RESEARCH OF HIGHLY LOADED DATA TRANSMISSION NETWORKS 117
- М.В. Оконський, С.А. Лупенко, А.М. Паламар**
ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ДЛЯ КОНТРОЛЮ
МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ОСНОВІ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ
M.V. Okonskyi, S.A. Lupenko, A.M. Palamar
INFORMATION AND MEASURING SYSTEM FOR CONTROL OF
METEOROLOGICAL PARAMETERS BASED ON THE INTERNET OF
THINGS 118
- О.В. Осійчук, Є.В. Тиш, канд. техн. наук**
АНАЛІЗ ПОПУЛЯРНІСТІ ВИКОРИСТАННЯ ОДНОПЛАТНИХ
КОМП'ЮТЕРІВ
O.V. Oseechuk, Ye.V. Tysh, Ph.D
ANALYSIS OF THE POPULARITY OF USING SINGLE-PAID
COMPUTERS 119
- Х. Ольховецька**
КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОЦЕСУ
ФЕРМЕНТАЦІЇ ВИННИХ ПРОДУКТІВ
Kh. Olkhovetska
COMPUTERIZED QUALITY CONTROL SYSTEM OF WINE PRODUCTION
FERMENTATION PROCESS 120

УДК 681.518.3

Р.В. Ларіоник, Н.С. Луцук, Ph.D, доц., А.М. Паламар, канд. техн. наук
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

СИСТЕМА ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ НА БАЗІ ІОТ

UDC 681.518.3

R.V. Larionyk, N.S. Lutsyk, Ph.D, Assoc. Prof., A.M. Palamar, Ph.D.

IOT-BASED AIR QUALITY MONITORING SYSTEM

Сучасні тенденції розвитку промислового виробництва характеризуються широким застосуванням небезпечних технологій, які спричиняють суттєве погіршення екологічних показників окремих регіонів [1]. У великих промислових містах України рівень забрудненості атмосферного повітря може в значній мірі перевищувати санітарно-гігієнічні норми. Наявність інформації про стан атмосферного повітря, а також про тенденції його зміни є надзвичайно важливою для забезпечення необхідного рівня якості повітря. Для цього здійснюють моніторинг рівня концентрації шкідливих речовин в атмосферному повітрі з метою виявлення можливих джерел забруднення.

Традиційні системи для контролю якості атмосферного повітря не відповідають сучасним вимогам щодо оперативності збору, обробки, передачі і застосування результатів спостережень в задачах моніторингу та зменшення рівня забруднення атмосфери [2].

В роботі запропонована сучасна система екологічного моніторингу атмосферного повітря на основі принципу обробки даних в режимі реального часу. Передбачається, що опрацювання інформації буде здійснюватися відразу після її отримання.

Процес моніторингу якості атмосферного повітря з використанням розробленої системи передбачає спостереження за його станом та генерацію попереджувальних повідомлень при виникненні критичних ситуацій, які мають, чи могли б мати, небезпечний / шкідливий вплив на здоров'я людей.

Для збору даних від цифрових датчиків та передачі їх на віддалений веб-сервер було обрано мікрокомп'ютер Raspberry Pi. Для зберігання та відображення результатів моніторингу якості атмосферного повітря використано веб-платформу ThingSpeak для IoT. Спроековано структурно-функціональну схему модуля для контролю якості атмосферного повітря і синтезовано його електричну принципову схему.

Розроблено алгоритмічне та програмне забезпечення модуля для моніторингу якості атмосферного повітря. Це дозволило реалізувати процес збору, фільтрації, обробки, збереження, передачі та аналізу інформації про рівень його забрудненості.

Впровадження запропонованої системи дозволить здійснювати контроль якості атмосферного повітря в режимі реального часу, що дасть змогу покращити екологічні показники довкілля.

Література.

1. Запорожець А. О. Аналіз засобів моніторингу забруднення повітря навколишнього середовища. *Science-Based Technologies*. № 35 (3). 2017. С. 242–252.
3. Бахарев В. С., Маренич А. В. Аналітичний огляд результатів наукових досліджень з проблем моніторингу довкілля в Україні. *Екологічна безпека*. № 2. 2016. С. 35–42.