

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)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Методи та комп'ютеризовані засоби моніторингу атмосферного тиску для контролю за зміною погодних умов на основі IoT технологій

Виконав: студент 6 курсу, групи СІм-61
спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

	<u>Гарбич Ю.С.</u> (підпис) (прізвище та ініціали)
Керівник	<u>Паламар А.М.</u> (підпис) (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<u>Тиш Є.В.</u> (підпис) (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<u>Осухівська Г.М.</u> (підпис) (прізвище та ініціали)
Рецензент	<u>Никитюк В.В.</u> (підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2024

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

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Осухівська Г.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«11» листопада 2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

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

студенту Гарбічу Юрію Степановичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Методи та комп'ютеризовані засоби моніторингу атмосферного тиску для контролю за зміною погодних умов на основі IoT технологій

Керівник роботи Паламар Андрій Михайлович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 29 » листопада 2024 року № 4/7-1144

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20.12.2024 р.

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

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

Вступ

1. Аналіз досліджень у сфері моніторингу атмосферного тиску

2. Методи та засоби дистанційного моніторингу атмосферного тиску

для контролю за зміною погодних умов

3. Реалізація апаратно-програмної системи моніторингу атмосферного тиску

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 і мета дослідження

2. Завдання, об'єкт і предмет дослідження

3. Наукова новизна і практична цінність дослідження

4. Структурна схема системи

5. Схема електричних з'єднань

6. Блок-схема алгоритму роботи

7. Результати роботи системи

8. Висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Осухівська Г.М., зав.каф. КС	05.12.2024	
Безпека в надзвичайних ситуаціях	Стручок В.С.	05.12.2024	

7. Дата видачі завдання 11.11.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз існуючих методів та засобів розв'язання науково-технічних проблем, що відповідають тематиці кваліфікаційної роботи	20.11.2024 – 30.11.2024	Викон.
2	Методи та технології моніторингу атмосферного тиску	01.12.2024 – 04.12.2024	Викон.
3	Реалізація апаратно-програмної системи моніторингу атмосферного тиску	05.12.2024 – 11.12.2024	Викон.
4	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	12.12.2024 – 14.12.2024	Викон.
5	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	15.12.2024 – 18.12.2024	Викон.
6	Попередній захист кваліфікаційної роботи магістра	20.12.2024	Викон.
7	Захист кваліфікаційної роботи магістра	27.12.2024	

Студент

(підпис)

Гарбів Ю.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Паламар А.М.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Гарбіч Ю.С. Методи та комп'ютеризовані засоби моніторингу атмосферного тиску для контролю за зміною погодних умов на основі IoT технологій: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня магістра: спец. 123 — комп'ютерна інженерія / наук.кер. А.М. Паламар. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2024. — 75 с.

Ключові слова: атмосферний тиск, Інтернет речей, сенсори, прогнозування погоди, дистанційний моніторинг, комп'ютеризовані засоби, передача даних.

Кваліфікаційна робота присвячена розробці методів та комп'ютеризованих засобів для моніторингу атмосферного тиску з використанням технологій Інтернету речей (IoT). У роботі проведено аналіз сучасних методів і засобів дистанційного моніторингу, визначено ключові вимоги до системи, розроблено та реалізовано метод, що забезпечує оперативне отримання, обробку та передачу даних у реальному часі.

В рамках роботи виконано апаратну реалізацію системи із використанням мікроконтролера ESP32 та сенсора BMP280. Розроблено алгоритмічне та програмне забезпечення, яке забезпечує зчитування даних, їх обробку, виведення результатів на дисплей та передачу на IoT-платформу для віддаленого моніторингу. Проведено тестування системи, яке підтвердило її точність, надійність та стабільність роботи.

Результати роботи мають практичне значення для створення ефективних систем моніторингу атмосферного тиску, що можуть бути використані у метеорології, екологічному моніторингу та наукових дослідженнях.

ANNOTATION

Harbich Y.S. Methods and computerized tools for monitoring atmospheric pressure to track weather changes based on IoT technologies. Master's Graduation Thesis: speciality 123 — Computer engineering / supervisor A.M. Palamar. Ternopil: Ternopil Ivan Puluj National Technical University, 2024. — 75 p.

Keywords: atmospheric pressure, Internet of Things, sensors, weather forecasting, remote monitoring, computerized tools, data transmission.

The qualification work is devoted to the development of methods and computerized tools for monitoring atmospheric pressure using Internet of Things (IoT) technologies. The work analyzes modern methods and means of remote monitoring, identifies key requirements for the system, and develops and implements a method that ensures prompt acquisition, processing, and transmission of data in real time.

As part of the work, the hardware implementation of the system was carried out using the ESP32 microcontroller and BMP280 sensor. Algorithmic and software was developed to read data, process it, display the results, and transfer them to IoT platform for remote monitoring. The system was tested, which confirmed its accuracy, reliability, and stability.

The results of the work are of practical importance for the creation of effective atmospheric pressure monitoring systems that can be used in meteorology, environmental monitoring, and scientific research.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ У СФЕРІ МОНІТОРИНГУ АТМОСФЕРНОГО ТИСКУ	11
1.1. Аналіз сфери застосування систем моніторингу атмосферного тиску	11
1.2. Моніторинг атмосферного тиску як елемент системи прогнозування погодних умов	12
1.3. Сучасні методи моніторингу атмосферного тиску	14
1.4. Огляд наукових досліджень у сфері моніторингу атмосферного тиску	16
1.5. Висновки до розділу 1	24
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ АТМОСФЕРНОГО ТИСКУ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЗА ЗМІНОЮ ПОГОДНИХ УМОВ	25
2.1. Теоретичні основи дистанційного моніторингу атмосферного тиску	25
2.2. Застосування технологій IoT для моніторингу атмосферного тиску	27
2.3. Огляд існуючих IoT платформ та сенсорів для моніторингу атмосферного тиску.....	31
2.4. Інтеграція засобів моніторингу в системи прогнозування погодних умов	33
2.5. Метод реалізації дистанційного моніторингу атмосферного тиску.....	36
2.6. Висновки до розділу 2	38
РОЗДІЛ 3 РЕАЛІЗАЦІЯ АПАРАТНО-ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ АТМОСФЕРНОГО ТИСКУ	39
3.1. Апаратна реалізація системи дистанційного моніторингу атмосферного тиску.....	39
3.2. Реалізація алгоритмічного та програмного забезпечення системи моніторингу атмосферного тиску	45
3.3. Інтеграція системи з хмарною IoT платформою.....	53
3.4. Тестування системи моніторингу атмосферного тиску.....	56

3.5. Висновки до розділу 3	58
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	60
4.1. Охорона праці.....	60
4.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях	62
4.3. Висновки до розділу 4.....	65
ВИСНОВКИ	66
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	67
Додаток А Тези конференцій	72

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

АТ – атмосферний тиск;

БПЛА – безпілотний літальний апарат;

ЕМІ – електромагнітний імпульс;

МК – мікроконтролер;

ПЗ – програмне забезпечення;

СМ – система моніторингу;

CoAP – Constrained Application Protocol;

IoT – Internet of Things;

MEMS – мікро-електромеханічна система.

ВСТУП

Актуальність роботи. У сучасному світі швидкі зміни клімату та непередбачувані погодні явища, такі як шторми, урагани, засухи та повені, значно впливають на економіку, інфраструктуру та життя людей. Надійні та точні системи моніторингу атмосферних параметрів, зокрема атмосферного тиску, є критичними для прогнозування погодних умов і своєчасного попередження про можливі природні катаклізми. Однак більшість існуючих систем або вимагають значних фінансових витрат на обладнання, або не забезпечують необхідної гнучкості та інтеграції з іншими системами. Це створює потребу у розробці нових методів, які будуть не лише точними, але й доступними для широкого застосування у різноманітних сферах, таких як метеорологія, сільське господарство, транспорт та енергетика.

Сучасні технології Інтернету речей (IoT) пропонують нові можливості для вдосконалення процесу моніторингу атмосферного тиску. Завдяки широкій мережі підключених пристроїв, які здатні збирати дані в реальному часі, IoT дозволяє реалізовувати гнучкі та масштабовані системи для аналізу погодних умов. Це особливо важливо у регіонах із обмеженими можливостями доступу до традиційних метеорологічних станцій або де важлива оперативність збору та аналізу даних. Таким чином, розробка методів та комп'ютеризованих засобів моніторингу атмосферного тиску на основі IoT є актуальним науково-технічним завданням, яке має значний потенціал для вдосконалення процесу контролю за зміною погодних умов.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка методів і комп'ютеризованих засобів для дистанційного моніторингу атмосферного тиску з використанням IoT-технологій, що забезпечують точність, надійність і оперативність отримання даних для контролю змін погодних умов.

Завдання кваліфікаційної роботи:

— провести аналіз літературних джерел і наукових публікацій для визначення сучасних підходів, методів і засобів моніторингу атмосферного тиску, а також сформулювати вимоги до проєктованої системи;

- розробити метод реалізації дистанційного моніторингу атмосферного тиску, який базується на використанні сенсорів і IoT-технологій;
- виконати апаратну реалізацію системи, включаючи вибір і інтеграцію сенсорів, мікроконтролера та інших компонентів для створення прототипу;
- розробити алгоритмічне забезпечення для збору, обробки та аналізу даних, що отримуються із сенсора;
- створити програмне забезпечення для мікроконтролера, яке реалізовує зчитування, обробку та передачу даних на IoT-платформу, а також відображення результатів на локальному дисплеї.

Об'єкт дослідження: процес моніторингу атмосферного тиску.

Предмет дослідження: методи та комп'ютеризовані засоби моніторингу атмосферного тиску з використанням IoT технологій.

Методи дослідження: аналіз літературних джерел і наукових публікацій для визначення сучасного стану досліджень у сфері моніторингу атмосферного тиску, експериментальні методи для тестування апаратних і програмних компонентів системи, математичне моделювання для розробки методу моніторингу, алгоритмічні методи для обробки та візуалізації даних сенсора, програмування для створення програмного забезпечення та забезпечення інтеграції з IoT-платформою.

Наукова новизна дослідження:

1. Удосконалено метод дистанційного моніторингу атмосферного тиску, який завдяки поєднанню використання високоточних сенсорів і технологій IoT, дав змогу забезпечити передачу даних у реальному часі.
2. Удосконалено підхід до інтеграції локальних сенсорних вузлів із хмарними платформами для реалізації задачі моніторингу атмосферного тиску, що дозволило підвищити точність і оперативність аналізу даних.

Практичне значення результатів кваліфікаційної роботи полягає у створенні апаратно-програмної системи, яка забезпечує ефективний дистанційний моніторинг атмосферного тиску. Розроблена система може бути використана в метеорології, для екологічного моніторингу, у системах прогнозування погодних

умов, а також у наукових дослідженнях, спрямованих на аналіз змін кліматичних параметрів.

Публікації. Результати дослідження апробовано на XII науково-технічній конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» [1, 2].

Структура роботи. Робота складається з пояснювальної записки та графічної частини [3, 4]. Пояснювальна записка складається із вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел та додатку [5]. Обсяг роботи: пояснювальна записка – 75 арк. формату А4, графічна частина – 8 аркушів формату А1.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ У СФЕРІ МОНІТОРИНГУ АТМОСФЕРНОГО ТИСКУ

1.1. Аналіз сфери застосування систем моніторингу атмосферного тиску

Системи моніторингу атмосферного тиску широко застосовуються у різних галузях, що пов'язано з їхньою здатністю забезпечувати точні та своєчасні дані для аналізу змін погодних умов і прогнозування кліматичних явищ. Однією з основних сфер, де ці системи є критичними, є метеорологія. Традиційні метеорологічні станції використовують давачі для вимірювання атмосферного тиску, що є важливим показником для прогнозування погоди. Дані про тиск допомагають визначати рух атмосферних фронтів, циклонів і антициклонів, що дозволяє більш точно прогнозувати погодні зміни, зокрема такі екстремальні явища, як шторми, урагани чи грози.

Ще однією важливою сферою застосування систем моніторингу атмосферного тиску є сільське господарство. У цій галузі точні прогнози погоди мають вирішальне значення для планування сільськогосподарських робіт, зокрема посіву, зрошення, збору врожаю тощо. Зміни атмосферного тиску можуть свідчити про наближення опадів або посухи, що дозволяє фермерам своєчасно реагувати на зміну кліматичних умов та приймати ефективні рішення для захисту врожаю.

Транспортна галузь також активно використовує системи моніторингу атмосферного тиску. Для авіації ці системи є необхідними для забезпечення безпеки польотів, оскільки зміни атмосферного тиску можуть впливати на умови польоту, викликаючи турбулентність або зміни вітру на висоті. Морський транспорт також покладається на такі системи для прогнозування штормів та запобігання аварійним ситуаціям на воді. На автомобільному транспорті моніторинг погодних умов, включаючи атмосферний тиск, допомагає підвищити безпеку на дорогах, особливо в умовах сильних дощів або снігових бур.

Енергетичний сектор, особливо вітрові та сонячні електростанції, використовує системи моніторингу для ефективного управління виробництвом

енергії. Знання точних погодних умов дозволяє прогнозувати виробництво електроенергії та відповідно регулювати потужність електростанцій. Це особливо актуально для відновлюваних джерел енергії, де ефективність виробництва залежить від погодних змін.

Крім того, системи моніторингу атмосферного тиску можуть застосовуватися в управлінні міською інфраструктурою. Наприклад, у містах такі системи можуть використовуватися для управління водними ресурсами та запобігання затопленням під час сильних опадів. Завдяки інтеграції даних з інших сенсорів, таких як давачі вологості та температури, ці системи допомагають муніципальним службам більш ефективно реагувати на погодні умови і забезпечувати безпеку населення.

Також варто зазначити, що наукові дослідження в галузі моніторингу клімату активно використовують системи для вимірювання атмосферного тиску для побудови довгострокових моделей кліматичних змін. Дані, отримані з цих систем, допомагають краще розуміти кліматичні процеси та їхній вплив на екосистеми. Це важливо для розробки стратегії адаптації до змін клімату та запобігання їхнім негативним наслідкам.

Таким чином, системи моніторингу атмосферного тиску є важливим інструментом для багатьох сфер діяльності. Їхнє використання забезпечує своєчасний доступ до даних, що допомагає підвищити ефективність управління ризиками, знизити витрати та підвищити рівень безпеки. Інтеграція таких систем із сучасними технологіями, такими як IoT, дозволяє розширити їхню функціональність і забезпечити можливість моніторингу в реальному часі в найрізноманітніших умовах.

1.2. Моніторинг атмосферного тиску як елемент системи прогнозування погодних умов

Моніторинг атмосферного тиску є важливою складовою прогнозування погоди. Системи, що контролюють атмосферні параметри, дозволяють відстежувати зміни кліматичних умов у реальному часі, що сприяє точнішому

прогнозуванню різних погодних явищ. Атмосферний тиск, разом з іншими показниками, відіграє ключову роль у формуванні погодних процесів, таких як циклони, антициклони, грози та шторми.

Погода є результатом взаємодії декількох атмосферних параметрів, кожен з яких має значний вплив на кліматичні умови. Серед основних показників для прогнозування погоди можна виокремити температуру повітря, вологість, швидкість та напрям вітру, кількість опадів та атмосферний тиск. Ці параметри аналізуються у комплексі, що дозволяє створювати прогностичні моделі з високим рівнем точності. Температура повітря та вологість впливають на утворення хмар та опадів, а зміни у швидкості вітру та атмосферному тиску часто є сигналом наближення циклонів або антициклонів, що може викликати істотні зміни в погоді.

Атмосферний тиск є одним із найважливіших показників для метеорології, оскільки він впливає на процеси циркуляції повітря у атмосфері. Високий або низький тиск визначає погодні умови в конкретному регіоні, формуючи зони підвищеного або зниженого тиску, які впливають на рух повітряних мас. Зниження атмосферного тиску зазвичай передуює виникненню циклонів, що можуть спричиняти сильні дощі, вітри та шторми. З іншого боку, підвищений тиск свідчить про формування антициклонів, які приносять спокійні та сухі погодні умови. Регулярний моніторинг атмосферного тиску дозволяє виявляти ці зміни на ранніх етапах і за допомогою сучасних моделей прогнозування надавати точніші дані щодо розвитку погодних умов.

Попри значний прогрес у сфері метеорології, сучасні системи моніторингу атмосферних параметрів все ще стикаються з низкою викликів. Одним із основних є необхідність забезпечення високої точності вимірювань у реальному часі, що вимагає постійної модернізації сенсорних систем. Особливо це стосується віддалених та важкодоступних регіонів, де традиційні метеорологічні станції не можуть функціонувати ефективно. Ще одним викликом є інтеграція даних з різних джерел, зокрема сенсорних мереж, супутників та наземних метеостанцій, для формування цілісної картини змін погодних умов. До того ж, зростаючі обсяги даних вимагають розробки нових методів обробки та аналізу інформації для

підвищення точності прогнозування. Впровадження IoT у сферу моніторингу атмосферних параметрів відкриває нові можливості для вирішення цих проблем, надаючи можливість розширити охоплення сенсорних систем та автоматизувати процес збору і аналізу даних.

1.3. Сучасні методи моніторингу атмосферного тиску

Моніторинг атмосферного тиску є важливою складовою прогнозування погодних умов та аналізу кліматичних змін. Сучасні методи вимірювання тиску варіюються від традиційних барометрів до складних супутникових систем і мобільних метеостанцій. Кожен із цих підходів має переваги та недоліки, залежно від вимог до точності, швидкості збору даних та географічного покриття.

Традиційні методи моніторингу атмосферного тиску включають використання барометрів, які є найдавнішими інструментами для вимірювання тиску повітря. Механічні та ртутні барометри використовуються протягом століть, забезпечуючи простий, але надійний спосіб контролювати зміни в атмосфері. Згодом були створені анероїдні барометри, що не використовують ртуть, але працюють за принципом деформації пружних матеріалів під тиском. Однак барометри обмежені локальним характером вимірювань, що робить їх менш ефективними для моніторингу тиску в реальному часі на великих територіях.

Метеорологічні станції, що інтегрують різноманітні датчики, включаючи барометри, стали більш розповсюдженими в середині XX століття. Ці станції забезпечують збір комплексних даних про погодні умови, включаючи температуру, вологість, швидкість вітру та тиск, що дозволяє створювати точніші прогнози. Вони встановлені у ключових географічних точках і функціонують як частина глобальної системи метеорологічного моніторингу. Однак одна з головних проблем традиційних метеостанцій – їх обмежена кількість, що ускладнює створення детальної мапи тиску для всього світу.

З початком ери космічних досліджень, супутники почали відігравати важливу роль у зборі даних про атмосферний тиск. Супутники оснащені складними

сенсорами, які дозволяють вимірювати тиск на різних рівнях атмосфери, особливо в умовах, де наземні вимірювання є неможливими. Вони здатні аналізувати зміни в розподілі тиску над океанами, полярними районами та іншими віддаленими територіями, що є ключовим для глобальних прогнозів погоди.

Методи дистанційного зондування, такі як інфрачервоні та мікрохвильові технології, дозволяють супутникам вимірювати тиск та температуру атмосфери з високою точністю. Одним із головних досягнень у цій галузі стало використання GPS-радіоокультції для оцінки змін тиску. Ця технологія заснована на вимірюванні змін у сигналах GPS, що проходять через атмосферу, дозволяючи визначати рівень тиску з точністю до кількох гектопаскалів. Супутникові дані дозволяють доповнити наземні спостереження і забезпечити глобальне покриття, хоча висока вартість запуску та обслуговування супутників залишається значним викликом.

У відповідь на зростаючу потребу в мобільних та гнучких рішеннях для моніторингу погодних умов, все більшої популярності набувають дистанційні засоби та мобільні метеостанції. Вони оснащені сенсорами, що можуть вимірювати атмосферний тиск у реальному часі і передавати дані через бездротові мережі, такі як Wi-Fi, LoRa або Zigbee. Такі станції можуть бути розгорнуті в будь-якому місці, що робить їх особливо корисними для віддалених районів або регіонів з недостатньою кількістю стаціонарних метеостанцій.

Інтернет речей став основою для розвитку таких мобільних рішень. Мережі IoT дозволяють об'єднати велику кількість сенсорів у єдину систему для збору даних у реальному часі. Це забезпечує можливість моніторингу атмосферного тиску на значно ширших територіях, ніж це було можливо раніше. Одним із переваг мобільних метеостанцій є їх доступність і можливість швидкої установки, що дозволяє оперативно реагувати на зміни погодних умов, наприклад, під час природних катастроф.

Таким чином, сучасні методи моніторингу атмосферного тиску поєднують у собі традиційні інструменти, інноваційні супутникові технології та мобільні

рішення, що відкривають нові можливості для підвищення точності прогнозування погоди та більш детального аналізу змін кліматичних умов.

1.4. Огляд наукових досліджень у сфері моніторингу атмосферного тиску

Моніторинг атмосферного тиску є ключовим елементом у прогнозуванні погоди та дослідженні кліматичних змін. У наукових дослідженнях велика увага приділена розробці нових технологій і методів збору та аналізу інформації про тиск, що дозволяє підвищити точність і ефективність прогнозів. Вивчення існуючих наукових робіт дозволяє визначити основні напрями розвитку цієї галузі та побачити перспективи для вдосконалення існуючих рішень.

Сучасні наукові публікації, присвячені моніторингу атмосферного тиску, охоплюють широкий спектр тем, від традиційних методів вимірювання до впровадження інноваційних технологій на основі IoT та супутникових даних. Зокрема, багато досліджень фокусуються на підвищенні точності барометричних вимірювань, автоматизації процесів збору даних та застосуванні дистанційних методів для глобального моніторингу. У роботах також часто піднімається питання щодо використання мобільних метеостанцій, що є перспективним напрямом для розвитку оперативних систем збору даних про погодні умови.

Деякі дослідження також присвячені питанням інтеграції даних із різних джерел, таких як супутники та наземні станції, для забезпечення більш комплексного підходу до моніторингу. Це дозволяє більш детально аналізувати зміни атмосферного тиску в різних регіонах, включаючи важкодоступні зони, такі як полярні регіони або океанічні простори.

Серед основних тенденцій у сфері моніторингу атмосферного тиску виділяються автоматизація процесів та перехід до застосування хмарних технологій. Дослідники працюють над розробкою більш гнучких і мобільних рішень, таких як IoT-сенсори та мобільні метеостанції, які можна швидко розгорнути на великих територіях. Це дозволяє значно збільшити географічне покриття і забезпечити збір даних у реальному часі.

Ще однією важливою тенденцією є використання машинного навчання. У дослідженнях цього напрямку значна увага приділяється синтезу моделей, здатних автоматично обробляти отримані дані, виявляти закономірності й прогнозувати зміни в атмосферному тиску. Крім того, вчені активно працюють над інтеграцією різних методів моніторингу, щоб досягти синергії між наземними, супутниковими та мобільними системами.

У порівнянні з традиційними методами моніторингу, такими як барометри і стаціонарні метеостанції, сучасні підходи значно збільшують швидкість і точність збору даних. Дистанційні технології та супутникові системи дозволяють отримувати дані з глобального масштабу, охоплюючи області, які раніше були недоступні для моніторингу. При цьому IoT-рішення, хоча й мають деякі обмеження, такі як чутливість до зовнішніх факторів та енергозалежність, демонструють перспективні результати в оперативності та гнучкості.

Дослідження також показують, що комбіноване використання наземних і супутникових даних може суттєво покращити прогнозування погодних умов і виявлення аномалій у атмосферному тиску. Крім того, мобільні метеостанції та сенсори IoT дозволяють ефективно вирішувати проблему розширення географічного покриття, забезпечуючи швидкий доступ до актуальних даних. Важливим елементом є також автоматизація аналізу даних, що дозволяє швидко реагувати на зміну погодних умов, забезпечуючи зменшення часу між отриманням даних та їх обробкою.

У статті [6] автори описують, як за допомогою давача тиску, мікроконтролера та приймально-передавальних модулів розроблена система, що дозволяє в автоматичному режимі визначати висоту БПЛА і передавати ці дані на пульти оператора. Система використовує барометричний датчик для вимірювання тиску на різних висотах, після чого обчислює висоту на основі перепаду тиску. В якості розрахункових методів було вибрано спрощену формулу Бабіне, яка враховує тільки температуру як ключовий фактор, що дозволяє зменшити час обчислень. Інші параметри, такі як вологість і географічне положення, опущені через їх незначний вплив у короткочасних польотах.

Для зняття показників і обробки даних автори розробили програмний алгоритм, який проводить зчитування, усереднення і обчислення висоти, використовуючи дані барометричного тиску. Розроблена система передбачає використання мікроконтролера Arduino Nano, який отримує дані з барометричного датчика BMP180 та передає їх на дисплей або пульт оператора через передавач RF433 (рис. 1.1). Алгоритм враховує можливість налаштування частоти дискретизації для оптимального балансу між швидкістю, точністю вимірювання та енергоспоживанням.

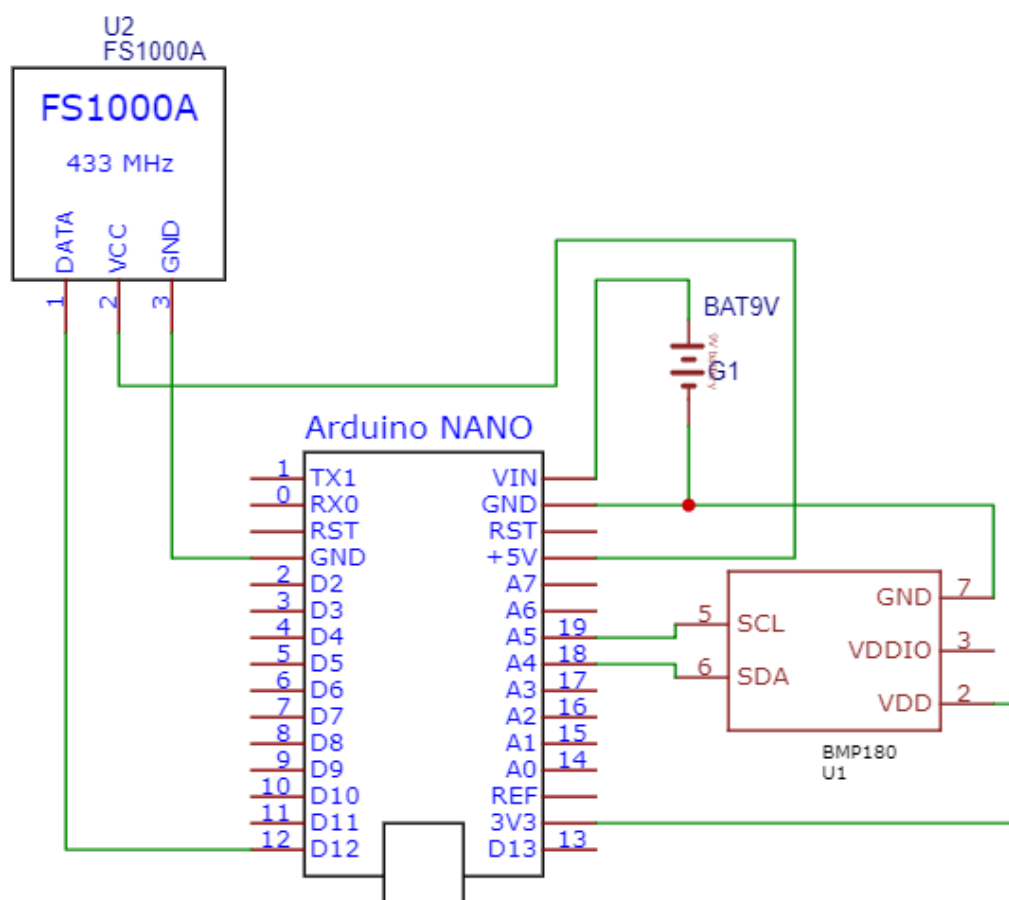


Рис. 1.1. Схема пристрою для вимірювання атмосферного тиску

Хоча метод вимірювання барометричного тиску надає можливість досить точно визначати висоту, він має обмеження на малих висотах, де перепад тиску є мінімальним і може спричиняти похибки. Окрім цього, система недостатньо враховує вплив вологості і температурних змін протягом тривалих польотів, що може призвести до накопичення похибок. У контексті даної кваліфікаційної

роботи, яка передбачає моніторинг погодних умов, доцільно розглянути інші сенсори або інтеграцію з додатковими метеоданими для підвищення точності вимірювань та врахування впливу всіх атмосферних параметрів.

У статті [7] досліджується метод прогнозування опадів через відстеження динаміки атмосферного тиску. Основною ідеєю є використання швидкості зміни тиску як передвісника наближення циклонів або антициклонів, що дозволяє передбачити негоду або ясну погоду. Автори зазначають, що при наближенні циклону атмосферний тиск падає, а при антициклоні — підвищується, що дає можливість аналізувати зміни тиску для короткострокового прогнозування.

Експериментальна модель включає барометричний давач, базову станцію та алгоритм прогнозування. Давач збирає дані про тиск, вологість і температуру повітря та передає їх через радіоканал на частоті 2,4 ГГц до базової станції (рис. 1.2). Алгоритм прогнозування, описаний у статті, використовує усереднення показників, апроксимацію даних методом найменших квадратів та аналіз різниці між поточним тиском і тиском трьохгодинної давності. Це дозволяє знизити рівень шумів і побудувати лінію тренду, яка відображає напрямок і швидкість зміни тиску. За отриманими даними система формує прогноз опадів на найближчий час.

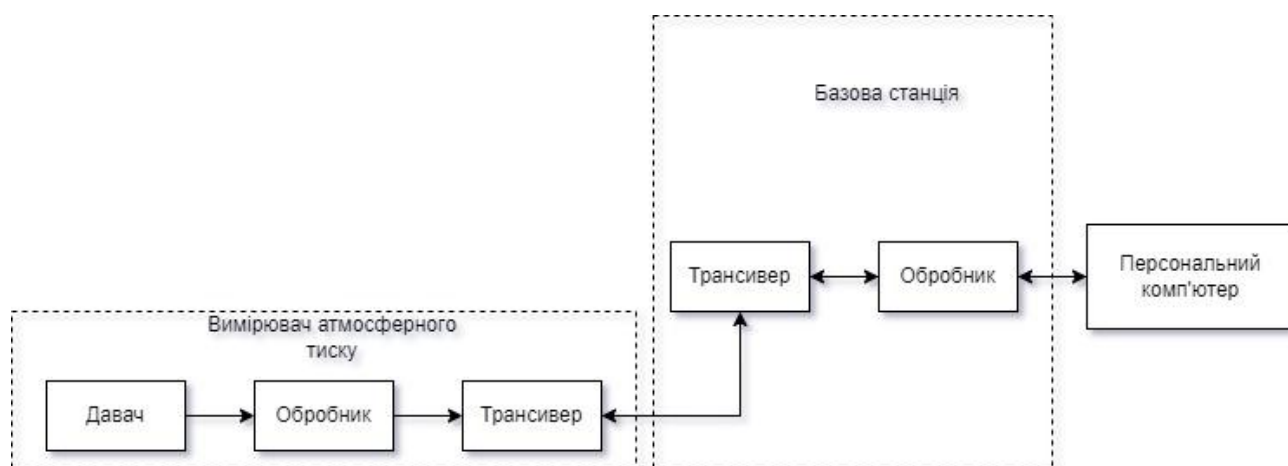


Рис. 1.2. Структура експериментальної моделі

Серед недоліків методу вказується необхідність накопичення вибірки даних, що може зайняти до години, а також імовірність похибок у випадку різких коливань

тиску. Цей метод потребує вдосконалення шляхом доповнення додатковими метеорологічними показниками, такими як точна температура і вологість, для підвищення точності прогнозів, а також можливістю інтеграції з IoT-платформами для віддаленого моніторингу.

У статті [8] описується система, яка дозволить сільськогосподарським підприємствам контролювати кліматичні фактори в режимі реального часу для підвищення ефективності агротехнічних заходів. Система побудована на мікропроцесорній платформі Arduino Mega 2560 і модулі SIM900 для бездротового обміну даними через GSM/GPRS (рис. 1.3). Принцип роботи передбачає послідовне зчитування кліматичних даних сенсорами, аналого-цифрове перетворення, обробку та передачу результатів на віддалений сервер для подальшого аналізу.

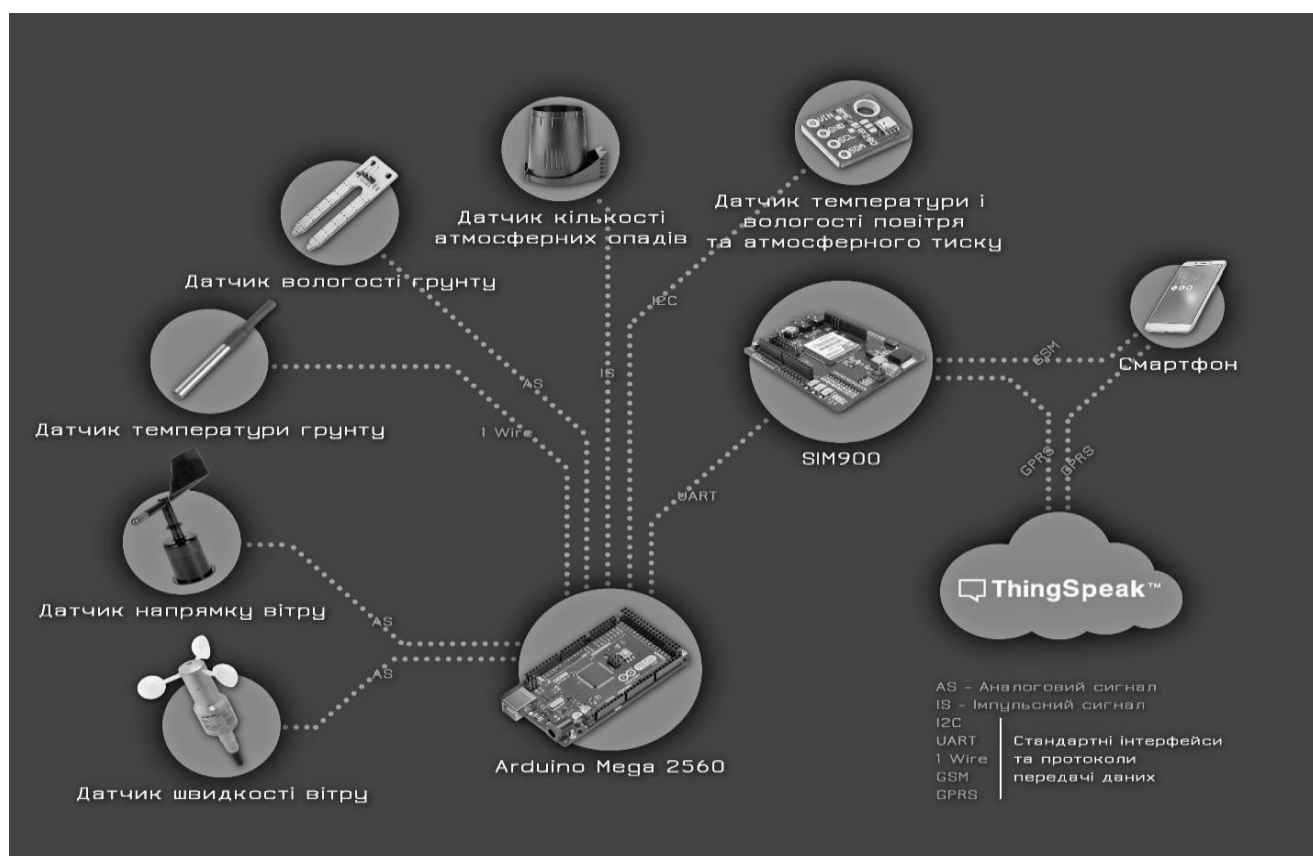


Рис. 1.3. Структура системи моніторингу параметрів клімату

Програмне забезпечення системи реалізовано як набір скетчів для платформи Arduino, які координують збір і передачу даних, а також надсилання SMS-повідомлень оператору станції. Система була протестована в польових умовах, і

результати досліджень показали її ефективність у наданні достовірних кліматичних даних для сільськогосподарських потреб.

Однак, серед недоліків зазначеної системи є її залежність від стабільності GSM-з'єднання, що може обмежити її роботу у віддалених районах зі слабким покриттям мережі. Доцільно було б розширити функціонал системи шляхом інтеграції з хмарними IoT-платформами для гнучкішої обробки й зберігання даних, а також забезпечити автономне живлення з використанням енергозберігаючих технологій.

У статті [9] розглядається створення та застосування системи віддаленого моніторингу для збору даних про атмосферний тиск, побудованої на основі мікрокомп'ютера Raspberry Pi з підключеним давачем тиску. Система, що розроблена дослідниками, орієнтована на низьке енергоспоживання, невеликі розміри та доступність для широкого кола користувачів. Використання VPN з динамічно призначеною IP-адресою дозволяє створити стабільне та безпечне з'єднання між пристроєм IoT і сервером.

Пропонована система використовує давач LPS331AP, що підтримує інтерфейси I2C та SPI, дозволяючи легко інтегрувати його з мікрокомп'ютером Raspberry Pi. Протокол I2C вибраний для забезпечення високоточних вимірювань, а система запрограмована так, що зібрані дані можуть автоматично передаватися для перегляду в реальному часі. Крім тиску, система може відстежувати інші параметри, такі як температура і вологість, що робить її універсальною для застосування в різних сферах, включаючи аграрний сектор та рибальство. Дані також доступні через веб-інтерфейс, що спрощує доступ для освітніх цілей, зокрема для навчання основам комп'ютерних мереж та IoT.

Проте є декілька невирішених проблем. Наприклад, система потребує постійного оновлення конфігурації для належного функціонування VPN у середовищі з динамічними IP-адресами. Також відсутні рішення щодо захисту системи від зовнішніх впливів, що обмежує її застосування для тривалого використання в польових умовах. Подібну систему можна вдосконалити, інтегруючи додаткові сенсори для комплексного моніторингу кліматичних умов і

розширивши можливості збереження даних на хмарних платформах для подальшого аналізу та доступу в реальному часі.

У статті [10] описано підхід до покращення точності даних про атмосферний тиск, отриманих зі смартфонів, використовуючи машинне навчання. Основною метою дослідження є усунення похибок вимірювання за допомогою корекції даних, отриманих від давачів тиску в смартфонах, що може стати доповненням до метеорологічних спостережень. Зокрема, застосовано кластеризацію та методи регресії з класифікацією даних за часом доби, днем тижня та рівнем мобільності користувача, що дозволяє покращити обробку даних.

Основна частина роботи зосереджена на застосуванні алгоритмів машинного навчання, таких як лінійна регресія (LR), багат шаровий перцептрон (MLP) та регресія опорних векторів (SVR). Для попередньої кластеризації даних автори застосували алгоритм очікувань-максимізації (EM), який дозволяє підвищити точність, особливо під час аналізу нічних даних, коли мобільність користувачів мінімальна. Випробування показали, що використання кластеризації EM зменшило середню абсолютну похибку (MAE) до 26% порівняно з некластеризованими даними, а застосування SVR та MLP знизило MAE ще більше, зокрема SVR показав найкращі результати.

Однак, недоліками запропонованого методу є висока обчислювальна складність для великих обсягів даних та необхідність попередньої кластеризації, що збільшує час обробки. Варто звернути увагу на спрощення обчислювальної складності та можливість комбінування даних з інших сенсорів, що дозволить створити більш надійну систему для моніторингу атмосферного тиску.

У статті [11] представлено методику виявлення аномальних погодних явищ шляхом використання бездротової мережі давачів тиску. Основна ідея дослідження полягає у створенні мережі компактних, маловартісних вузлів для моніторингу атмосферного тиску і температури, яка може оперативно фіксувати локальні погодні аномалії, такі як торнадо чи різкі зміни атмосферного тиску. Для цього автори розробили систему з вузлами, що працюють на основі давачів тиску і температури, з передачею даних на сервер через Zigbee та GPRS (рис. 1.4).

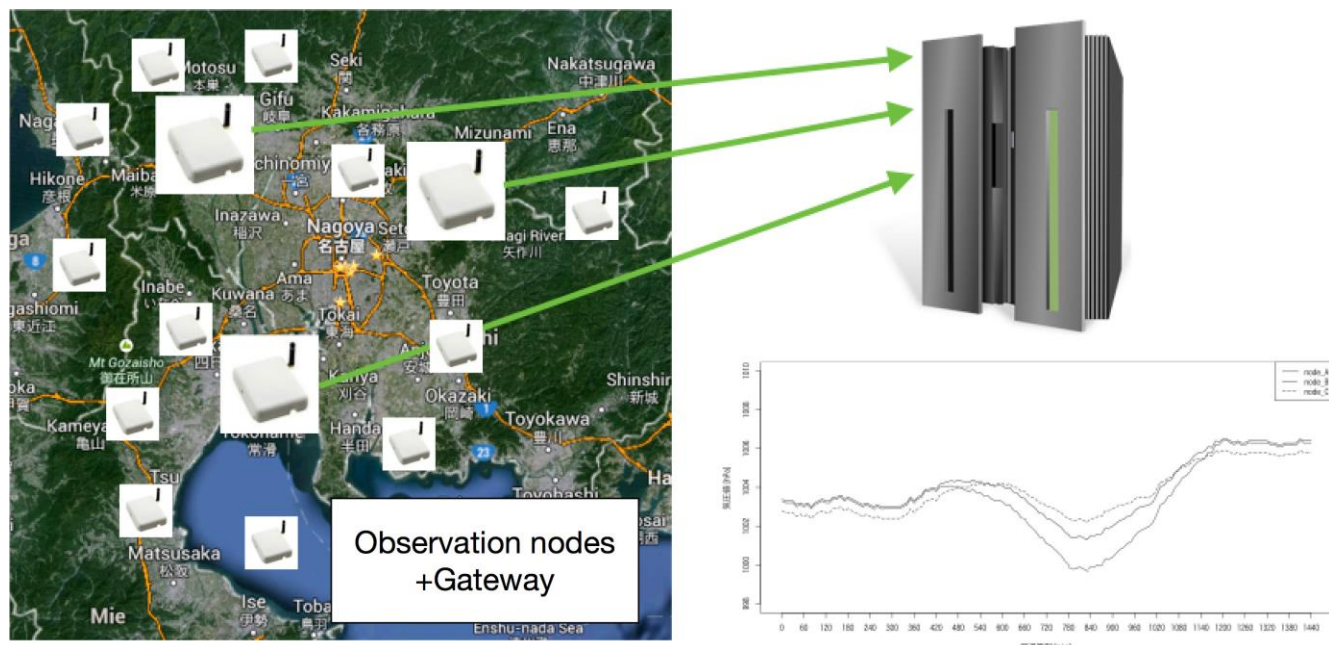


Рис. 1.4. Система виявлення аномальних погодних явищ на основі бездротової мережі давачів тиску

Запропонована система включає алгоритм, що аналізує часові ряди атмосферного тиску для виявлення різких змін, які можуть сигналізувати про наближення екстремальних погодних умов. Усі вузли розташовані на відстані 1000 метрів один від одного, що дозволяє створювати мережу для спостереження за атмосферним тиском на широкій території. У випадку, коли один з вузлів фіксує аномальне значення, система порівнює його з даними сусідніх вузлів, що дозволяє відрізнити реальну аномалію від можливої помилки датчика. Успішне виявлення аномальних явищ можливе завдяки різкій зміні тиску, яка є характерною ознакою наближення торнадо.

Недоліки системи полягають у залежності від якості мережевого зв'язку, що може бути проблемою в районах із поганим покриттям. Крім того, відстань між вузлами може знижувати точність визначення аномалій у більш дрібномасштабних погодних явищах. Доцільно було б розглянути можливість скорочення інтервалу між вузлами та інтеграції додаткових сенсорів для комплексного моніторингу погодних умов, що підвищило б надійність та точність виявлення аномалій.

Аналіз сучасних наукових досліджень показує, що новітні технології відкривають широкі можливості для вдосконалення моніторингу атмосферного тиску, що може суттєво підвищити ефективність прогнозування погоди та моніторингу кліматичних змін.

1.5. Висновки до розділу 1

У першому розділі був проведений аналіз наукових досліджень та існуючих рішень у сфері дистанційного моніторингу атмосферного тиску для контролю змін погодних умов. Розглянуто ключові принципи роботи таких систем, їх технічні аспекти та методологічні підходи. Особлива увага приділена використанню технологій Інтернету речей, які дозволяють створювати розподілені сенсорні мережі для збору даних у реальному часі.

Аналіз існуючих методів вимірювання атмосферного тиску показав, що сучасні сенсори забезпечують високу точність і надійність вимірювань. Було досліджено традиційні методи моніторингу, зокрема використання барометрів і метеорологічних станцій, а також новітні підходи, що включають супутникові дані, мобільні метеостанції та IoT-системи.

Також проаналізовано існуючі виклики у сфері моніторингу, серед яких обмеження масштабованості, енергоспоживання та інтеграція з традиційними метеорологічними службами. Це дозволило сформулювати вимоги до проєктованої системи, зокрема щодо точності, надійності та зручності використання.

Проведений аналіз створив теоретичну базу для подальшої розробки методів і засобів дистанційного моніторингу атмосферного тиску на основі IoT-технологій, що є основою для розробки практичної частини роботи.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ АТМОСФЕРНОГО ТИСКУ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЗА ЗМІНОЮ ПОГОДНИХ УМОВ

2.1. Теоретичні основи дистанційного моніторингу атмосферного тиску

Дистанційний моніторинг атмосферного тиску широко застосовується у метеорології, прогнозуванні погоди, а також у системах безпеки та автоматизованого контролю навколишнього середовища. Для забезпечення ефективності таких систем необхідно враховувати основні принципи дистанційного вимірювання, моделі аналізу даних та алгоритми їх обробки.

Основним принципом дистанційного моніторингу атмосферного тиску є використання сенсорів, які здатні точно вимірювати тиск у заданій точці та передавати отримані дані на віддалений сервер для подальшої обробки. Сучасні сенсори використовують п'єзорезистивний метод вимірювання, який дозволяє фіксувати зміни тиску з високою точністю. Виміряні значення передаються через бездротові протоколи до хмарних платформ, де вони зберігаються і аналізуються.

Дистанційне вимірювання базується на таких підходах:

- постійне оновлення даних з визначеним інтервалом для забезпечення реального часу моніторингу;
- фільтрація шумів і компенсація зовнішніх впливів, таких як температура та вологість;
- використання розподілених систем для покриття великих територій і підвищення точності вимірювань.

Для обробки та аналізу даних про атмосферний тиск застосовуються математичні моделі, що дозволяють інтерпретувати виміряні значення, виявляти аномалії та прогнозувати зміни погоди. Однією з основних моделей є рівняння гідростатичної рівноваги, яке описує залежність атмосферного тиску від висоти (рис. 2.1). Ця модель використовується для калібрування сенсорів і перевірки точності даних.

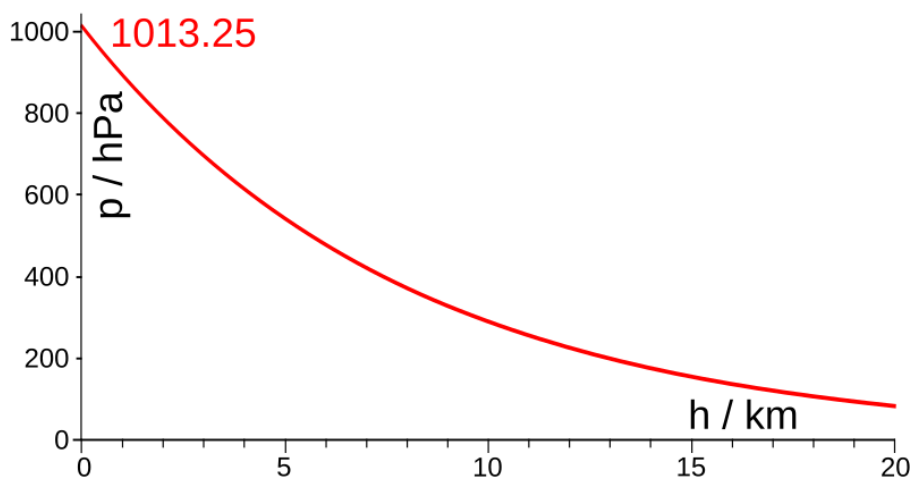


Рис. 2.1. Залежність атмосферного тиску від висоти

Також застосовуються регресійні моделі для аналізу часових рядів. Наприклад, лінійна регресія дозволяє оцінити зміну тиску у часі, а методи нелінійної регресії застосовуються для прогнозування складних залежностей, таких як вплив температурних коливань. Крім того, використовуються алгоритми кластеризації для групування даних за географічними зонами або часовими інтервалами.

Алгоритми обробки даних є ключовими у роботі систем дистанційного моніторингу. Першим етапом обробки є фільтрація даних для видалення шумів та усунення помилкових вимірювань. Для цього використовуються методи середньоарифметичного усереднення та алгоритми ковзного середнього.

На наступному етапі дані аналізуються за допомогою алгоритмів виявлення аномалій. Наприклад, аналіз різниці між поточними значеннями та середньостатистичними показниками дозволяє виявити різкі зміни тиску, що можуть свідчити про наближення циклону чи антициклону. Для візуалізації отриманих даних застосовуються графічні алгоритми побудови графіків і гістограм, що дозволяє наочно представити зміни атмосферного тиску у часі.

Заключним етапом є прогнозування, яке може здійснюватися за допомогою машинного навчання або статистичних методів. Нейронні мережі застосовуються для створення моделей прогнозування тиску на основі історичних даних, тоді як

методи експоненціального згладжування підходять для короткострокових прогнозів.

2.2. Застосування технологій IoT для моніторингу атмосферного тиску

Технології IoT суттєво розширили можливості збору й аналізу даних у метеорології. Використання IoT для моніторингу атмосферного тиску забезпечує швидший і більш точний збір інформації, що допомагає поліпшити точність прогнозування погоди та аналіз кліматичних змін. Завдяки розвитку цих технологій, з'явилися нові способи контролю за атмосферними параметрами, що дозволяють реалізовувати моніторинг у реальному часі на великих територіях.

Інтернет речей базується на мережі підключених до Інтернету сенсорів і пристроїв, які можуть передавати дані один одному без участі людини. У контексті метеорології, сенсори IoT можуть встановлюватися в різних місцях для збору інформації про атмосферний тиск, температуру, вологість, швидкість вітру та інші погодні умови (рис. 2.2). Основний принцип IoT у метеорології полягає в тому, що ці дані збираються в реальному часі й надсилаються хмарні платформи для подальшого аналізу та зберігання. Це дозволяє швидко реагувати на зміни в атмосфері і створювати моделі прогнозування з високою точністю.

Існує багато прикладів використання IoT для моніторингу атмосферного тиску. Одним із них є WeatherFlow – це система IoT, що включає мобільні метеостанції для збору даних про тиск, температуру та вологість. Станції можуть бути розміщені в різних географічних точках, а інформація надсилається до хмарної платформи. Такі рішення також можуть бути інтегровані з мобільними додатками, що дозволяють користувачам спостерігати за погодними умовами у реальному часі.

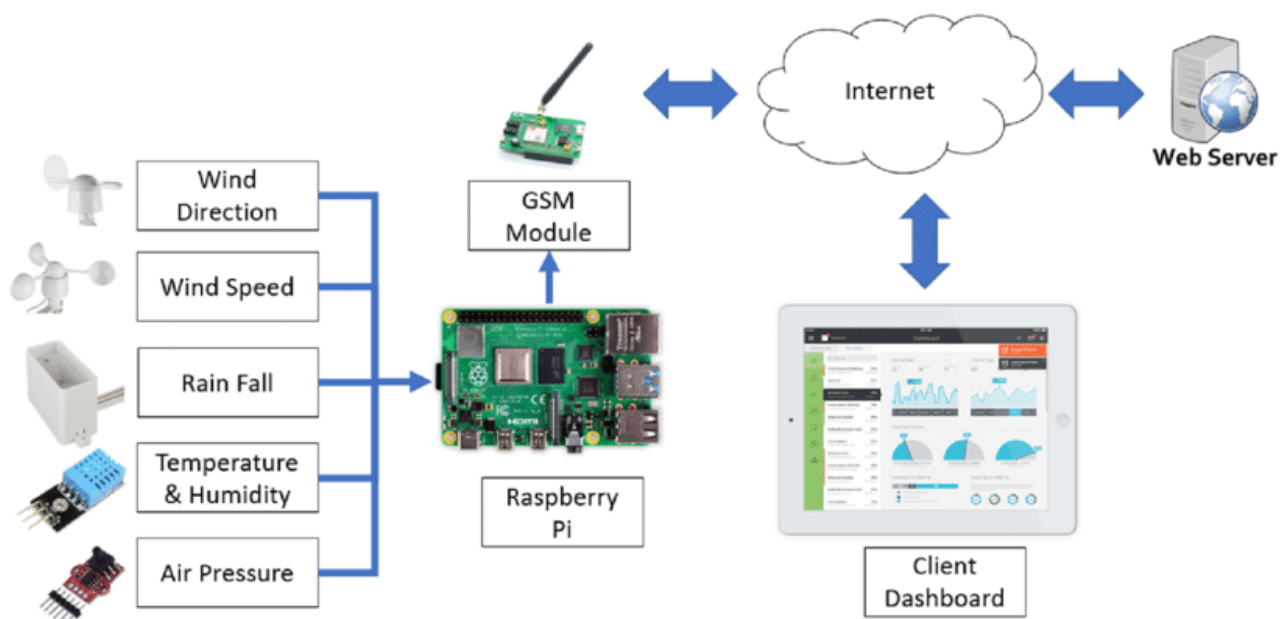


Рис. 2.2. Приклад системи моніторингу кліматичних параметрів

Системи типу SmartCities також використовують IoT для моніторингу атмосферних параметрів у великих міських агломераціях. Сенсори встановлюються на будинках, стовпах або транспортних засобах і забезпечують постійний збір даних про атмосферний тиск та інші параметри, що допомагає міській владі оптимізувати управління природними ресурсами і реагувати на погодні аномалії.

Сучасні системи збору даних про атмосферний тиск на основі IoT технологій забезпечують можливість оперативного та віддаленого моніторингу параметрів навколишнього середовища. Вони базуються на використанні сенсорів, мікроконтролерів, хмарних платформ і засобів візуалізації даних, що створює гнучкі рішення для прогнозування змін погоди, моніторингу кліматичних умов і реагування на екстремальні явища.

Архітектура IoT-системи для моніторингу атмосферного тиску зазвичай включає три основні рівні: сенсорний рівень, рівень передачі даних та хмарний рівень (рис. 2.3).

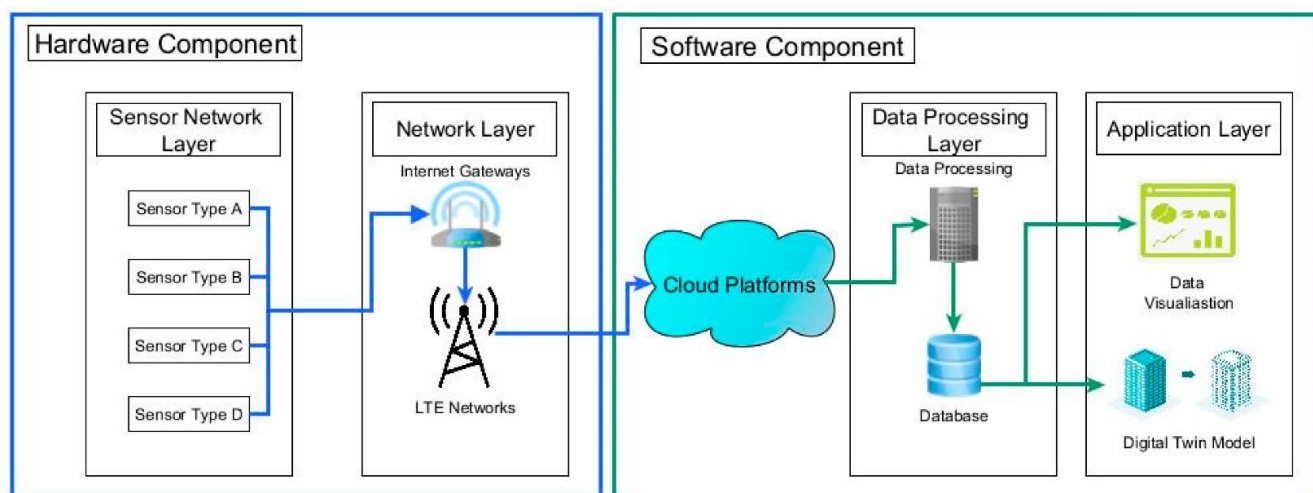


Рис. 2.3. Архітектура IoT-системи для моніторингу атмосферного тиску

Сенсорний рівень містить давачі атмосферного тиску, які зчитують дані та передають їх на мікроконтролер. Ці дані обробляються та готуються до передачі на наступний рівень. Рівень передачі даних забезпечує зв'язок між сенсорним пристроєм та хмарними платформами через протоколи зв'язку.

На хмарному рівні дані зберігаються, аналізуються та візуалізуються. Використовуються IoT-платформи, які дозволяють в реальному часі спостерігати за змінами атмосферного тиску, а також забезпечують доступ до історичних даних для глибокого аналізу.

Комунікація між давачами та хмарними платформами реалізується через протоколи передачі даних, серед яких найбільш популярними є MQTT, HTTP і CoAP. Протокол MQTT забезпечує низьке енергоспоживання і високу швидкість передачі, що є важливим для розподілених систем із багатьма вузлами. Він працює за моделлю "публікація-підписка", що дозволяє централізовано обробляти дані від численних сенсорів. HTTP є традиційним протоколом для передачі даних, але через його відносно високе енергоспоживання він використовується рідше у автономних IoT-рішеннях.

Переваги розподілених мереж включають гнучкість у розгортанні, можливість охоплення віддалених регіонів та підвищену надійність завдяки децентралізованій структурі. У контексті моніторингу атмосферного тиску вони

дозволяють виявляти локальні погодні аномалії, що неможливо зробити за допомогою централізованих рішень.

IoT-системи для збору даних про атмосферний тиск забезпечують ефективний моніторинг завдяки своїй модульній архітектурі, оптимізованим моделям комунікації та використанню розподілених сенсорних мереж. Це робить їх потужним інструментом для прогнозування погодних умов та аналізу кліматичних даних.

Застосування IoT технологій для моніторингу атмосферного тиску є перспективним напрямом, що дозволяє розширити можливості збору даних та підвищити точність прогнозування погодних умов. Однак на шляху впровадження цих технологій постає низка технічних, організаційних та інтеграційних проблем, які потребують вирішення.

Однією з основних технічних проблем у розвитку IoT-систем для моніторингу атмосферного тиску є масштабованість. Системи повинні бути здатні охопити великі території, забезпечуючи високу щільність сенсорів для отримання максимально точних даних. Це викликає потребу у вирішенні проблеми з'єднання величезної кількості пристроїв через мережі, що може створювати затримки у передачі даних та перевантаження каналів зв'язку.

Інтеграція IoT-систем з національними та регіональними метеорологічними службами є важливим завданням для забезпечення цілісного підходу до моніторингу погодних умов. Однак це пов'язано з певними труднощами. По-перше, багато метеорологічних служб використовують традиційні методи збору даних, тому перехід до нових технологій вимагає перебудови існуючих інфраструктур. Крім того, виникає питання сумісності IoT-сенсорів із наявними системами збору та обробки даних.

Незважаючи на наявні проблеми, розвиток технологій IoT має великі перспективи для підвищення точності прогнозування погодних умов. Одним із напрямків є впровадження нових типів сенсорів, здатних забезпечувати більш точні вимірювання атмосферного тиску та інших параметрів, таких як температура та вологість. Поєднання цих даних дозволить створювати точніші моделі

прогнозування, що матимуть вищу ефективність у порівнянні з традиційними методами.

Хоча існують технічні виклики та проблеми інтеграції IoT-систем із традиційними метеорологічними службами, розвиток цих технологій має значні перспективи для збільшення ефективності та точності моніторингу атмосферного тиску й прогнозування погоди.

2.3. Огляд існуючих IoT платформ та сенсорів для моніторингу атмосферного тиску

Сучасні IoT технології надають широкий спектр рішень для моніторингу атмосферного тиску, поєднуючи сенсори з платформами для збору, обробки та аналізу даних у реальному часі. Така інтеграція дозволяє створювати розподілені системи для ефективного моніторингу атмосферних параметрів як на локальному, так і на глобальному рівнях. Важливим аспектом є вибір відповідних платформ і сенсорів, що забезпечують точність вимірювань та надійність системи.

Багато IoT-платформ спеціально адаптовані для роботи з сенсорами, що вимірюють різні атмосферні параметри, включаючи тиск. Серед найпоширеніших платформ для моніторингу варто виділити ThingSpeak, Thinger та Blynk, які дозволяють інтегрувати сенсори тиску у мережу пристроїв і забезпечують хмарне зберігання даних. ThingSpeak, наприклад, дозволяє здійснювати простий аналіз та візуалізацію даних безпосередньо на платформі, що є зручним для початкового аналізу отриманих показників. Водночас Blynk пропонує мобільний інтерфейс, що робить моніторинг даних доступним у будь-який момент. Thinger.io надає готове хмарне рішення для підключення і керування IoT-пристроями. Це дозволяє безпосередньо підключати сенсори та мікроконтролери до інтернету та відстежувати їхні показники через веб-інтерфейс у реальному часі.

Засоби вимірювання атмосферного тиску є ключовими компонентами систем моніторингу, які дозволяють отримувати точні дані для аналізу та прогнозування

змін погоди. Сучасні технології пропонують широкий вибір сенсорів, що відрізняються принципами роботи, характеристиками та сферою застосування.

Сучасні давачі атмосферного тиску базуються на різних принципах роботи, серед яких п'єзорезистивний, ємнісний та індуктивний методи. Одним із найпоширеніших є п'єзорезистивні сенсори, які вимірюють тиск за допомогою тонкої мембрани. Деформація мембрани під впливом тиску змінює опір вбудованих резисторів, що дозволяє фіксувати значення тиску.

Одним із найпопулярніших сенсорів, які застосовуються для вимірювання атмосферного тиску, є давачі сімейства BMP від компанії Bosch. Найпоширенішими є BMP180 та BMP280 — компактні та недорогі сенсори, які забезпечують високу точність вимірювань і використовуються в багатьох IoT-додатках. Вони забезпечують високу точність вимірювання у діапазоні від 300 до 1100 гПа, підтримують інтерфейси I2C та SPI, що робить їх універсальними для використання у вбудованих системах. BMP280, зокрема, забезпечує більш високу точність вимірювань та ширший діапазон температур, що робить його оптимальним вибором для тривалого моніторингу атмосферних умов.

Точність і чутливість є важливими параметрами при виборі сенсорів. Точність визначає, наскільки виміряне значення відповідає реальному, тоді як чутливість характеризує здатність сенсора реагувати на мінімальні зміни тиску. Наприклад, сенсор BMP280 має точність ± 1 гПа та чутливість, що дозволяє реєструвати зміну висоти на кілька метрів.

Ще одним популярним сенсором для вимірювання тиску є BME280, який додатково вимірює температуру та вологість. Завдяки цьому сенсор є універсальним інструментом для комплексного моніторингу погодних умов. Він забезпечує високу точність даних, а його інтеграція в IoT-системи дозволяє отримувати інформацію про декілька параметрів одночасно, що покращує загальну якість прогнозування.

Іншим прикладом є сенсор LPS22HB, що має менші габарити і може використовуватися у портативних пристроях. У сфері моніторингу атмосферного

тиску також варто згадати сенсори серії DPS від TE Connectivity. Вони спеціалізуються на точних вимірюваннях тиску, мають малий форм-фактор та низьке енергоспоживання.

Сучасні сенсори здатні компенсувати зовнішні впливи, такі як температура, завдяки вбудованим алгоритмам обробки. Важливим аспектом є також енергоспоживання, оскільки сенсори часто використовуються у автономних системах.

Для реалізації системи дистанційного моніторингу важливо обрати сенсори, які забезпечують баланс між точністю, енергоспоживанням та сумісністю з іншими компонентами системи. При виборі сенсора враховуються умови експлуатації: температура, вологість та діапазон вимірювань. У системах реального часу також важлива швидкість зчитування даних, яка дозволяє отримувати актуальні показники без затримок.

Вибір засобів вимірювання атмосферного тиску залежить від специфічних вимог системи, умов експлуатації та характеристик сенсорів. Правильний вибір дозволяє забезпечити надійність, точність і ефективність системи моніторингу.

Таким чином, існуючі IoT-платформи та сенсори для моніторингу атмосферного тиску надають широкі можливості для розробки ефективних систем. Вибір платформи та сенсора залежить від конкретних вимог до точності, енергоефективності та масштабованості системи, а сучасні рішення дозволяють інтегрувати ці елементи у глобальні системи збору та аналізу даних, що підвищує загальну ефективність прогнозування погодних умов.

2.4. Інтеграція засобів моніторингу в системи прогнозування погодних умов

Інтеграція засобів моніторингу атмосферного тиску в системи прогнозування погоди дозволяє підвищити точність аналізу та передбачення змін погодних умов.

Синхронізація отриманих даних є критично важливим етапом у роботі систем моніторингу. Дані з різних сенсорів мають бути зіставлені за часом і місцем збору для формування цілісної картини погодних умов. Для цього використовуються часові мітки (timestamps), які додаються до кожного зчитаного показника.

Аналіз даних включає попередню фільтрацію, усереднення та виявлення аномалій. Попередня фільтрація усуває помилкові або шумові дані, а усереднення дозволяє зменшити вплив випадкових коливань. Алгоритми виявлення аномалій використовуються для ідентифікації різких змін тиску, які можуть свідчити про наближення циклону чи антициклону.

Існуючі метеорологічні платформи, такі як OpenWeatherMap або Weather Underground, дозволяють інтегрувати локальні системи моніторингу для розширення їх функціональності. Дані, отримані з сенсорів, можуть бути передані на ці платформи через API, що дозволяє поєднувати локальні вимірювання з інформацією з інших джерел, таких як супутники чи метеостанції.

Інтеграція з національними базами даних дозволяє створювати точніші моделі прогнозування. Локальні сенсори можуть доповнювати централізовані системи, надаючи детальнішу інформацію про погодні умови в конкретному регіоні. Це особливо важливо для територій, де відсутні традиційні метеостанції.

Отримані дані використовуються для прогнозування змін погодних умов шляхом застосування моделей аналізу часових рядів та алгоритмів машинного навчання. Зокрема, швидке падіння атмосферного тиску може вказувати на наближення циклону, що дозволяє прогнозувати опади або сильний вітер.

Крім того, дані з локальних сенсорів можуть бути введені в чисельні моделі прогнозування, які враховують різні параметри. Це дозволяє не лише створювати короткострокові прогнози, але й покращувати довгострокові моделі кліматичних змін.

Інтеграція засобів моніторингу атмосферного тиску в системи прогнозування погоди сприяє підвищенню точності прогнозів, забезпечуючи більш повну та детальну картину погодних умов завдяки синхронізації даних,

взаємодії з існуючими платформами та використанню сучасних аналітичних підходів.

Ефективна візуалізація та інтерпретація даних моніторингу атмосферного тиску є важливою складовою будь-якої системи контролю погодних умов. Використання сучасних підходів до відображення даних, таких як інтуїтивно зрозумілі інтерфейси користувача, інтерактивні графіки та алгоритми автоматичної інтерпретації, дозволяє спростити роботу з інформацією.

Інтерфейси користувача у системах моніторингу атмосферного тиску орієнтовані на забезпечення зручного доступу до інформації в реальному часі. Вони включають панелі моніторингу, де відображаються поточні показники атмосферного тиску, температура, вологість та інші параметри. Інтерфейси дозволяють користувачам налаштовувати частоту оновлення даних, вибирати необхідні параметри для відображення та отримувати сповіщення у разі виявлення критичних значень.

Веб-інтерфейси забезпечують віддалений доступ до даних через браузер або мобільні додатки. Це особливо важливо для фахівців, які потребують постійного моніторингу незалежно від місця знаходження.

Інтерактивні графіки дозволяють візуалізувати динаміку змін атмосферного тиску у часі. Наприклад, графік реального часу показує поточні значення та їх зміни, що дозволяє швидко виявляти аномалії або тенденції. Користувачі можуть масштабувати графіки, вибирати конкретні часові інтервали або накладати декілька параметрів для порівняння.

Картографічні відображення даних надають можливість оцінювати просторові зміни атмосферного тиску. Карти з температурними або тисковими ізолініями (ізобарами) наочно демонструють різниці між регіонами та допомагають виявляти зони підвищеного чи зниженого тиску. Інтерактивні карти забезпечують деталізацію та дозволяють користувачам вибирати регіони для аналізу.

Алгоритми автоматичного інтерпретування даних є ключовим елементом сучасних систем моніторингу, оскільки вони дозволяють швидко аналізувати

великі обсяги інформації та формувати рекомендації для прийняття рішень. Наприклад, алгоритми можуть виявляти тенденції на основі аналізу часових рядів даних про атмосферний тиск і генерувати попередження про можливі зміни погодних умов, такі як наближення циклону або антициклону.

Автоматизовані системи інтерпретації часто базуються на методах машинного навчання, які здатні прогнозувати подальші зміни на основі історичних даних. Це забезпечує не тільки виявлення поточних проблем, а й попередження про можливі ризики, наприклад, сильні опади чи вітри.

Сучасні методи візуалізації та інтерпретації даних про атмосферний тиск забезпечують зручний доступ до інформації, покращують розуміння її динаміки та сприяють прийняттю обґрунтованих рішень у реальному часі.

2.5. Метод реалізації дистанційного моніторингу атмосферного тиску

Метод, що використовується для реалізації системи моніторингу атмосферного тиску, базується на автоматизованому зборі, обробці та передачі даних про атмосферний тиск і температуру. Цей метод включає етапи калібрування сенсора, обробки даних, передачі інформації на IoT-платформу та візуалізації результатів.

Сенсор вимірює атмосферний тиск P_{raw} і температуру T_{raw} у формі сирих цифрових значень. Для отримання реальних значень використовується формула, яка враховує коефіцієнти калібрування, що зберігаються у внутрішній пам'яті сенсора.

Розрахунок температури здійснюється за формулою:

$$T = \frac{T_{raw} - \text{digT1}}{\text{digT2}} \cdot \text{digT3} , \quad (1)$$

де digT1 , digT2 , digT3 — коефіцієнти калібрування, що зчитуються з пам'яті сенсора.

Реальне значення атмосферного тиску обчислюється як:

$$P = \frac{P_{raw} \cdot \text{digP1} - \text{digP2}}{\text{digP3}}, \quad (2)$$

де digP1 , digP2 , digP3 — калібрувальні параметри для компенсації похибок сенсора.

Для усереднення значень і зменшення шумів використовується ковзне середнє:

$$P_{avg}(n) = \frac{1}{N} \sum_{i=n-N+1}^n P(i), \quad (3)$$

де N — кількість попередніх вимірювань, що враховуються, $P(i)$ — значення атмосферного тиску для i -го вимірювання. Цей підхід дозволяє отримати більш стабільні результати, які є менш чутливими до випадкових флуктуацій.

Оброблені дані передаються на IoT-платформу через протокол MQTT. Формат повідомлення включає:

$$\text{Payload} = \{\text{"Pressure"} : P_{avg}, \text{"Temperature"} : T\}, \quad (4)$$

де P_{avg} — усереднене значення тиску, T — температура. Передача даних здійснюється через Wi-Fi-з'єднання з використанням шифрування TLS для забезпечення безпеки.

На IoT платформі дані візуалізуються у вигляді графіків:

$$\text{Graph}(t) = \{(t_i, P_{avg}(t_i)), (t_i, T(t_i))\}, \quad (5)$$

де t_i — часові мітки, $P_{avg}(t_i)$ і $T(t_i)$ — значення атмосферного тиску та температури у момент часу t_i .

До переваг цього методу можна віднести автоматизовану компенсацію похибок, оскільки формули калібрування забезпечують високу точність вимірювань. Ковзне середнє згладжує флуктуації, що виникають через зовнішні фактори, забезпечуючи стабільність даних. Використання IoT-платформи забезпечує віддалений доступ та дозволяє відстежувати дані з будь-якого пристрою з інтернет-з'єднанням. Описаний метод забезпечує точність, стабільність та ефективність системи моніторингу атмосферного тиску.

2.6. Висновки до розділу 2

У другому розділі було досліджено теоретичні основи та практичні аспекти дистанційного моніторингу атмосферного тиску, що є важливим елементом прогнозування погодних умов. Розглянуто основні принципи дистанційного вимірювання тиску, зокрема використання сучасних сенсорів, які забезпечують високу точність і надійність отриманих даних.

Вивчено застосування технологій IoT для моніторингу атмосферного тиску, що дозволяє автоматизувати процес збору, обробки та передачі даних у реальному часі. Встановлено, що інтеграція сенсорних пристроїв із хмарними платформами значно розширює можливості систем моніторингу, забезпечуючи віддалений доступ до даних і візуалізацію результатів.

Проведено огляд існуючих IoT платформ і сенсорів, що використовуються для моніторингу атмосферного тиску. Визначено переваги та недоліки різних підходів, а також обґрунтовано вибір компонентів для проєктованої системи.

Розглянуто методи інтеграції засобів моніторингу у системи прогнозування погодних умов, що дозволяють використовувати отримані дані для побудови моделей змін тиску і аналізу кліматичних показників.

На основі отриманих результатів розроблено метод реалізації дистанційного моніторингу атмосферного тиску, що враховує сучасні вимоги до точності, надійності та енергоефективності. Цей метод став теоретичною основою для реалізації апаратно-програмної частини системи, описаної в наступному розділі.

РОЗДІЛ 3

РЕАЛІЗАЦІЯ АПАРАТНО-ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ АТМОСФЕРНОГО ТИСКУ

3.1. Апаратна реалізація системи дистанційного моніторингу атмосферного тиску

3.1.1. Структура системи дистанційного моніторингу атмосферного тиску представлена на рис. 3.1.

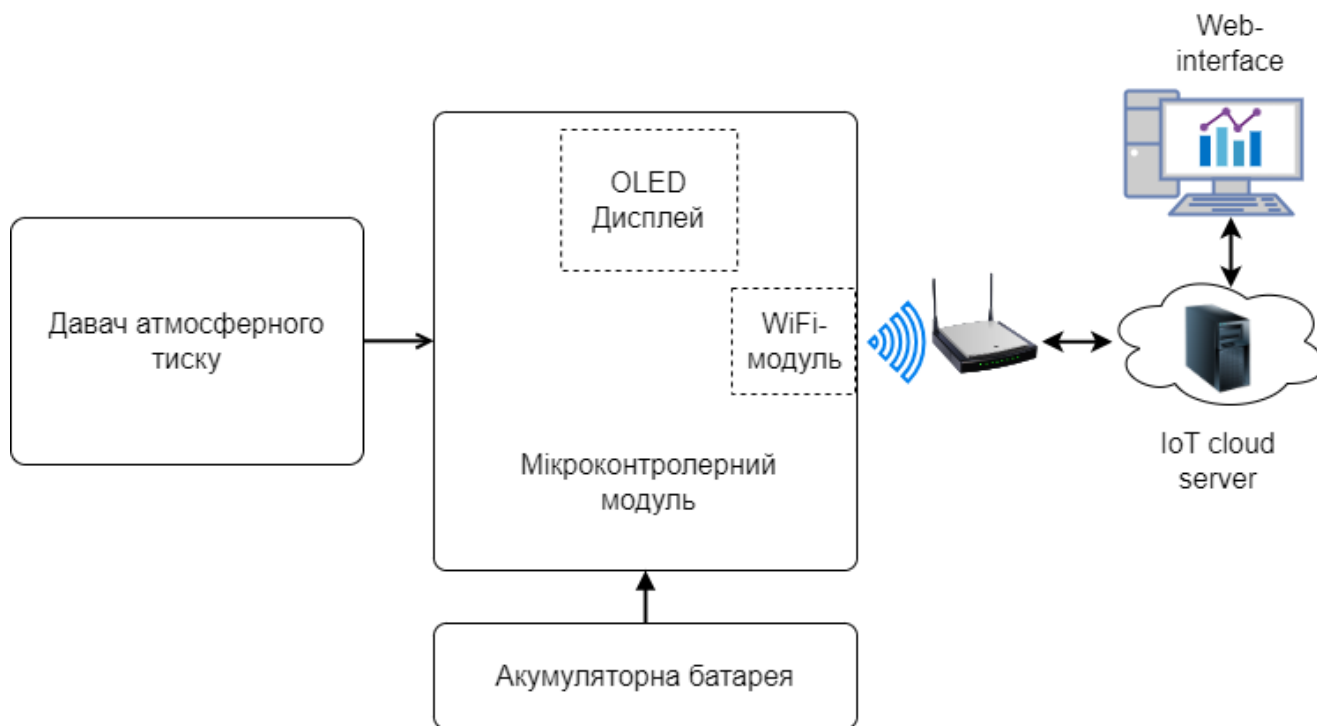


Рис. 3.1. Структура системи дистанційного моніторингу атмосферного тиску

Структурна схема системи дистанційного моніторингу атмосферного тиску для контролю за зміною погодних умов на основі IoT-технологій включає кілька основних компонентів, які забезпечують збір, обробку, передачу та зберігання даних.

Основою системи є давач, який вимірює атмосферний тиск у реальному часі. Він підключений до мікроконтролера, який обробляє сигнали від давача та

забезпечує передачу даних. Мікроконтролер також дозволяє підключити додаткові сенсори, що додає більше інформації для аналізу погодних умов.

Мікроконтролер ESP32 здійснює обробку та форматує отримані дані для подальшої передачі. Через Wi-Fi-модуль мікроконтролер надсилає дані на сервер або хмарну IoT-платформу. Вибір ESP32 обґрунтований тим, що він поєднує високу продуктивність, мале енергоспоживання і бездротовий модуль, що дозволяє зменшити кількість додаткового обладнання.

IoT-платформа виконує роль центрального вузла для обробки та зберігання інформації. На платформі зберігаються всі отримані дані з сенсорів, які доступні для аналізу та візуалізації в реальному часі. За допомогою веб-інтерфейсу користувачі можуть отримати доступ до поточних і минулих показників атмосферного тиску, переглядати їх у вигляді графіків і таблиць, а також аналізувати зміни у часі.

Дані, отримані з IoT-платформи, можуть бути інтегровані в більш складні системи прогнозування погоди або передані на інші аналітичні системи для подальшого аналізу. У разі виявлення різких змін атмосферного тиску платформа може надсилати повідомлення або попередження на мобільні пристрої користувачів.

Отже, структурна схема системи моніторингу атмосферного тиску на основі IoT складається з сенсорного блоку для вимірювань, мікроконтролера для обробки даних і бездротової передачі, а також IoT-платформи для зберігання, обробки та візуалізації даних. Така система забезпечує віддалений доступ до інформації про значення атмосферного тиску, що дає можливість оперативно реагувати на зміни погоди та проводити детальний аналіз.

3.1.2. TTGO ESP32 — це потужний і компактний модуль для розробки IoT-рішень, що поєднує в собі низку технічних можливостей і компонентів для бездротового зв'язку та обробки даних у реальному часі (рис. 3.2). Модуль базується на високопродуктивному мікроконтролері ESP32, який дозволяє одночасно обробляти кілька задач.



Рис. 3.2. Модуль TTGO ESP32

Завдяки вбудованому модулю Wi-Fi TTGO ESP32 може безперебійно підключатися до бездротових мереж і передавати дані в хмарні сервіси для подальшого аналізу. Крім того, підтримка Bluetooth 4.2, включаючи BLE, дозволяє підключати до модуля додаткові бездротові сенсори або інші пристрої, що є важливим для реалізації енергоефективних рішень.

Особливістю цього модуля є вбудований 1.14-дюймовий IPS-дисплей, який дозволяє візуалізувати дані, що значно спрощує процес налагодження та моніторингу без необхідності підключення додаткових зовнішніх дисплеїв.

Модуль підтримує живлення через USB-C або літій-іонний акумулятор, що дозволяє використовувати його в автономному режимі. Вбудований контролер заряду дозволяє підключати акумулятори та забезпечує їх автоматичне заряджання при підключенні до джерела живлення, що робить модуль зручним для використання в польових умовах або у віддалених локаціях.

Завдяки наявності кількох інтерфейсів, таких як I2C, SPI та UART, модуль легко інтегрується з різними сенсорами атмосферного тиску. Наприклад, популярні сенсори BMP280 або BME280 можуть бути підключені для збору даних про атмосферний тиск, температуру та вологість.

TTGO ESP32 також підтримує підключення через GPIO-піни, що дозволяє додавати різні сенсори та виконавчі пристрої. Вибір цього модуля для проєктованої системи моніторингу атмосферного тиску обґрунтовано його продуктивністю,

широкими можливостями бездротового зв'язку та зручністю інтеграції сенсорів. Цей модуль є ідеальним рішенням для створення автономних IoT-систем, що можуть працювати в різних умовах.

Загалом, TTGO ESP32 поєднує в собі високу функціональність, енергоефективність та можливість інтеграції з популярними IoT-платформами, що зумовило його вибір для реалізації системи моніторингу атмосферного тиску.

3.1.3. Давач атмосферного тиску BMP280 — це високоточний сенсор, розроблений компанією Bosch, який використовується для вимірювання атмосферного тиску, а також температури (рис. 3.3). Завдяки своїй точності, компактним розмірам і енергоефективності, цей сенсор підходить для різноманітних IoT-рішень і систем моніторингу погоди.

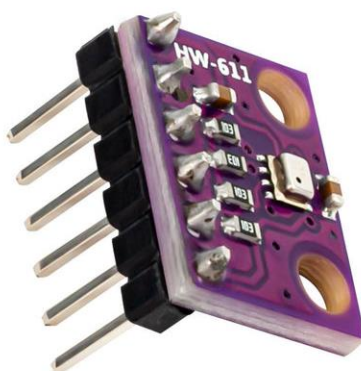


Рис. 3.3. Давач BMP280

BMP280 складається з мікроелектромеханічної системи (MEMS), яка інтегрована в мікросхему разом із цифровою схемою для обробки сигналів. Сенсор використовує п'єзорезистивний принцип вимірювання, що дозволяє точно реєструвати зміни атмосферного тиску.

Сенсор BMP280 вимірює атмосферний тиск шляхом реєстрації деформації мембрани під впливом тиску повітря. Ця мембрана змінює свій опір залежно від тиску, і ці зміни фіксуються електронною схемою. Потім сигнал оцифровується та передається через інтерфейси I2C або SPI до мікроконтролера для подальшої

обробки. Крім тиску, BMP280 також вимірює температуру середовища, що дозволяє додатково коригувати показники тиску залежно від температурних умов.

Діапазон вимірювання тиску становить 300-1100 гПа з точністю ± 1 гПа, що дозволяє визначати зміни тиску з високою точністю, необхідною для метеорологічних досліджень. Енергоспоживання становить 2,7 мкА у режимі вимірювання, що робить його надзвичайно енергоефективним і придатним для автономних систем. Модуль давача підтримує два популярні протоколи передачі даних — I2C та SPI.

Вибір сенсора BMP280 для реалізації системи моніторингу атмосферного тиску обґрунтований кількома ключовими факторами. Для моніторингу атмосферного тиску важливо отримувати точні дані, оскільки навіть незначні зміни можуть вказувати на зміни в погодних умовах. BMP280 забезпечує точність вимірювання на рівні ± 1 гПа, що є достатнім для багатьох наукових і практичних задач у метеорології. Система моніторингу часто працює в умовах автономного живлення, де важлива економія енергії. BMP280 споживає всього 2,7 мкА у режимі вимірювання, що дозволяє суттєво продовжити час роботи системи на одному заряді акумулятора.

Малий розмір сенсора дозволяє інтегрувати його в компактні та портативні пристрої, що є важливим для мобільних або розподілених систем моніторингу. BMP280 може вимірювати тиск як на низьких висотах, так і на значних висотах ад рівнем моря, що робить його універсальним для різних умов.

Підтримка двох інтерфейсів (I2C і SPI) спрощує інтеграцію з мікроконтролерами, такими як ESP32, що використовується у системі. Це також дозволяє легко адаптувати сенсор для різних конфігурацій і потреб IoT-рішень. Саме тому сенсор BMP280 обрано для проєктованої системи моніторингу атмосферного тиску на основі IoT завдяки його точності, енергоефективності, простоті інтеграції та універсальності використання в різних кліматичних і географічних умовах.

3.1.4. На рис. 3.4 зображено електричну принципову схему основного пристрою системи моніторингу атмосферного тиску на основі IoT-технологій. Схема дозволяє наочно побачити взаємозв'язок усіх компонентів системи. Вона складається з декількох ключових компонентів, зокрема мікроконтролера ESP32, давача атмосферного тиску BMP280, а також елемента живлення.

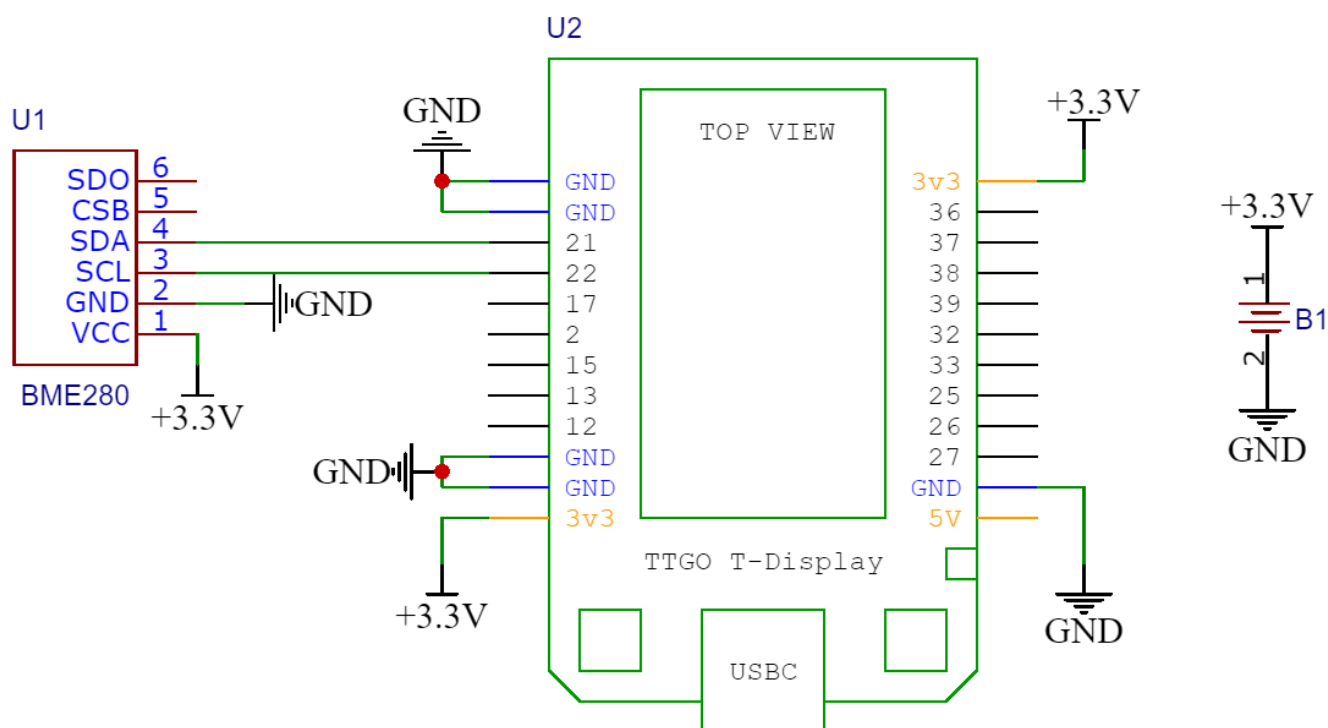


Рис. 3.4. Схема електричних з'єднань основного пристрою системи дистанційного моніторингу атмосферного тиску

Мікроконтролер ESP32 — основний компонент системи, який керує всіма процесами. Він забезпечує обробку сигналів від давача тиску та передає дані на IoT-платформу через вбудований модуль Wi-Fi, де дані зберігаються і візуалізуються.

Давач атмосферного тиску BMP280 — підключений до ESP32 через інтерфейс I2C. Він має виводи живлення (+3.3V і GND), а також виводи для передачі даних SDA і SCL. Давач вимірює атмосферний тиск і передає його значення до мікроконтролера для подальшої обробки. Модуль мікроконтролера також підключений до батареї, яка забезпечує автономну роботу пристрою.

3.2. Реалізація алгоритмічного та програмного забезпечення системи моніторингу атмосферного тиску

3.2.1. Алгоритм роботи програми для мікроконтролера ESP32, що реалізує функціонал системи дистанційного моніторингу атмосферного тиску на основі IoT, складається з кількох послідовних етапів (рис. 3.5). Вони включають ініціалізацію системи, збір даних із сенсора, їх обробку, передачу на IoT-платформу та циклічне повторення процесу для оновлення інформації в реальному часі.

На етапі ініціалізації система запускає мікроконтролер ESP32 і налаштовує інтерфейс I2C для зв'язку з сенсором BMP280. Програма визначає пін SDA для передачі даних і пін SCL для синхронізації сигналу згідно з конфігурацією. Після цього здійснюється підключення до бездротової мережі Wi-Fi, де програма використовує вказані SSID і пароль для автентифікації. Якщо з'єднання успішно встановлено, перевіряється його стабільність. Наступним кроком є ініціалізація IoT-платформи. Для цього задаються необхідні параметри, включаючи API-ключі, URL сервера та ідентифікацію пристрою.

На етапі збору даних програма надсилає запит до сенсора BMP280 для отримання значень атмосферного тиску та температури. Якщо сенсор не відповідає або дані недоступні, програма виконує повторний запит через певний проміжок часу. У разі успішного зчитування дані передаються для подальшої обробки.

Обробка даних включає фільтрацію або усереднення значень для зменшення впливу шумів і коливань. Оброблені дані форматуються у вигляді, що підходить для передачі на IoT-платформу, наприклад у форматі JSON.

Передача даних на IoT-платформу виконується через встановлення з'єднання з сервером за допомогою API. Дані передаються через протоколи HTTP або MQTT з автентифікацією. Після передачі програма перевіряє її успішність. У разі збою система повторює спробу відправлення через встановлений інтервал. Якщо передача вдалася, платформа підтверджує збереження даних, і користувач отримує доступ до інформації через веб-інтерфейс.

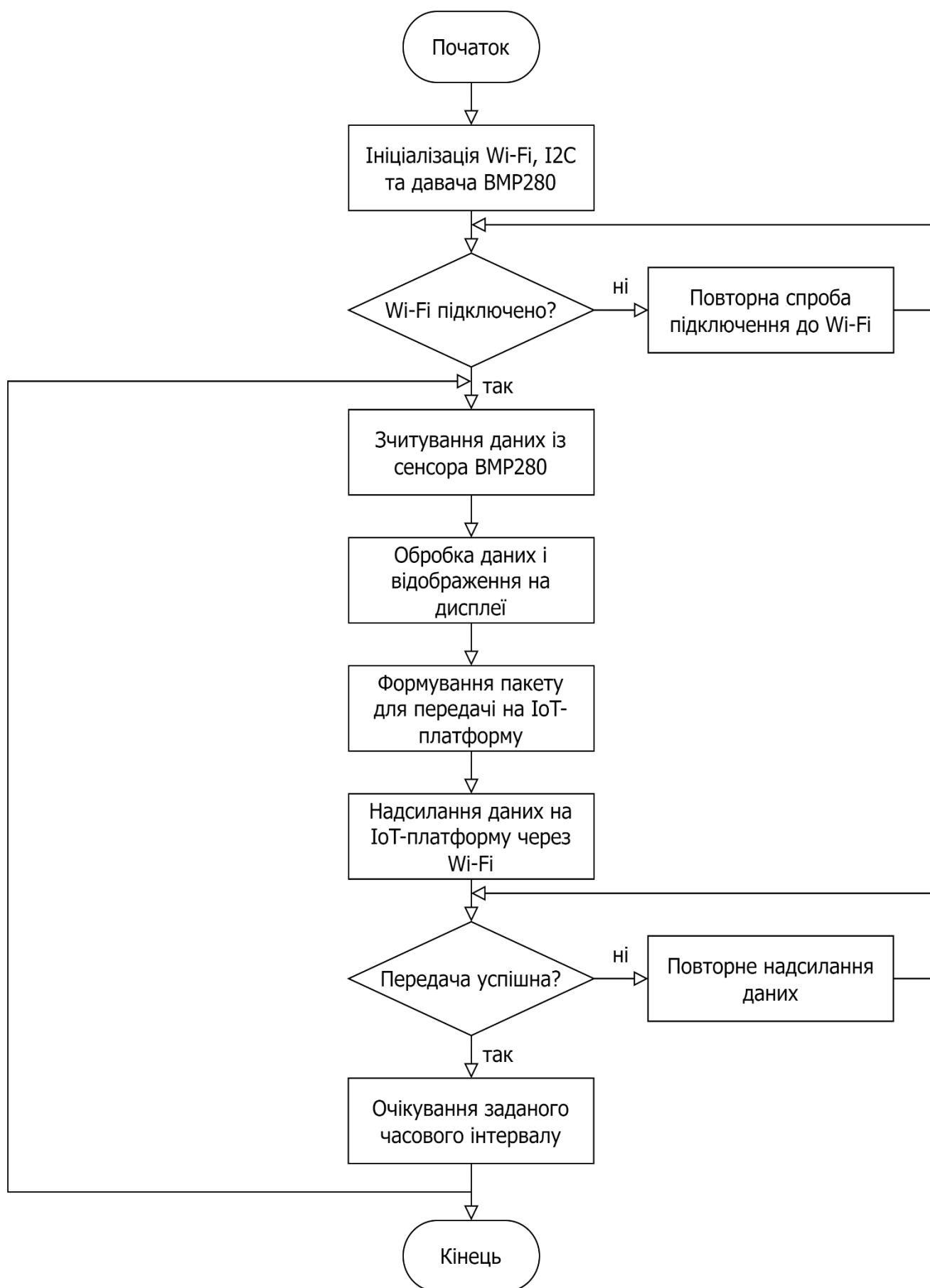


Рис. 3.5. Блок-схема алгоритму системи моніторингу атмосферного тиску

Програма працює в циклічному режимі. Після завершення одного циклу система переходить у стан очікування на певний проміжок часу. Після цього цикл повторюється, починаючи з етапу зчитування нових даних із сенсора.

У разі виникнення збоїв, таких як відсутність Wi-Fi-з'єднання або помилки у передачі даних, програма переходить до режиму повторних спроб підключення. Якщо помилка є критичною і блокує подальшу роботу, мікроконтролер перезапущається для забезпечення стабільності роботи системи.

Такий алгоритм забезпечує автономну роботу системи, дозволяючи автоматично зчитувати дані, передавати їх на платформу для аналізу та зберігання, а також в режимі реального часу відстежувати зміни атмосферного тиску.

3.2.2. Для написання програмного забезпечення проєктованої системи дистанційного моніторингу атмосферного тиску обрано середовище Arduino IDE (рис. 3.6). Це рішення обґрунтовано його зручністю, широкими можливостями та сумісністю з мікроконтролером ESP32 і давачем BMP280, які використовуються в системі.

Arduino IDE є інтуїтивно зрозумілим середовищем, яке підтримує мову програмування на основі C/C++. Воно розроблене для роботи з багатьма мікроконтролерами, зокрема ESP32, завдяки встановленню відповідних бібліотек і конфігурацій.

Перевагою Arduino IDE є велика кількість доступних бібліотек, що спрощують інтеграцію з апаратними компонентами. Для проєктованої системи використано бібліотеки для роботи з ESP32, давачем BMP280 та підтримки протоколів передачі даних. Це дозволяє швидко налаштувати зчитування даних з давача, обробку інформації та передачу її на IoT-платформу.

Ще одним важливим аргументом на користь Arduino IDE є його сумісність із різними операційними системами. Це забезпечує розробнику гнучкість у виборі робочого середовища. Крім того, середовище підтримує автоматичну перевірку синтаксису та виявлення помилок, що допомагає зменшити кількість можливих збоїв у програмі.

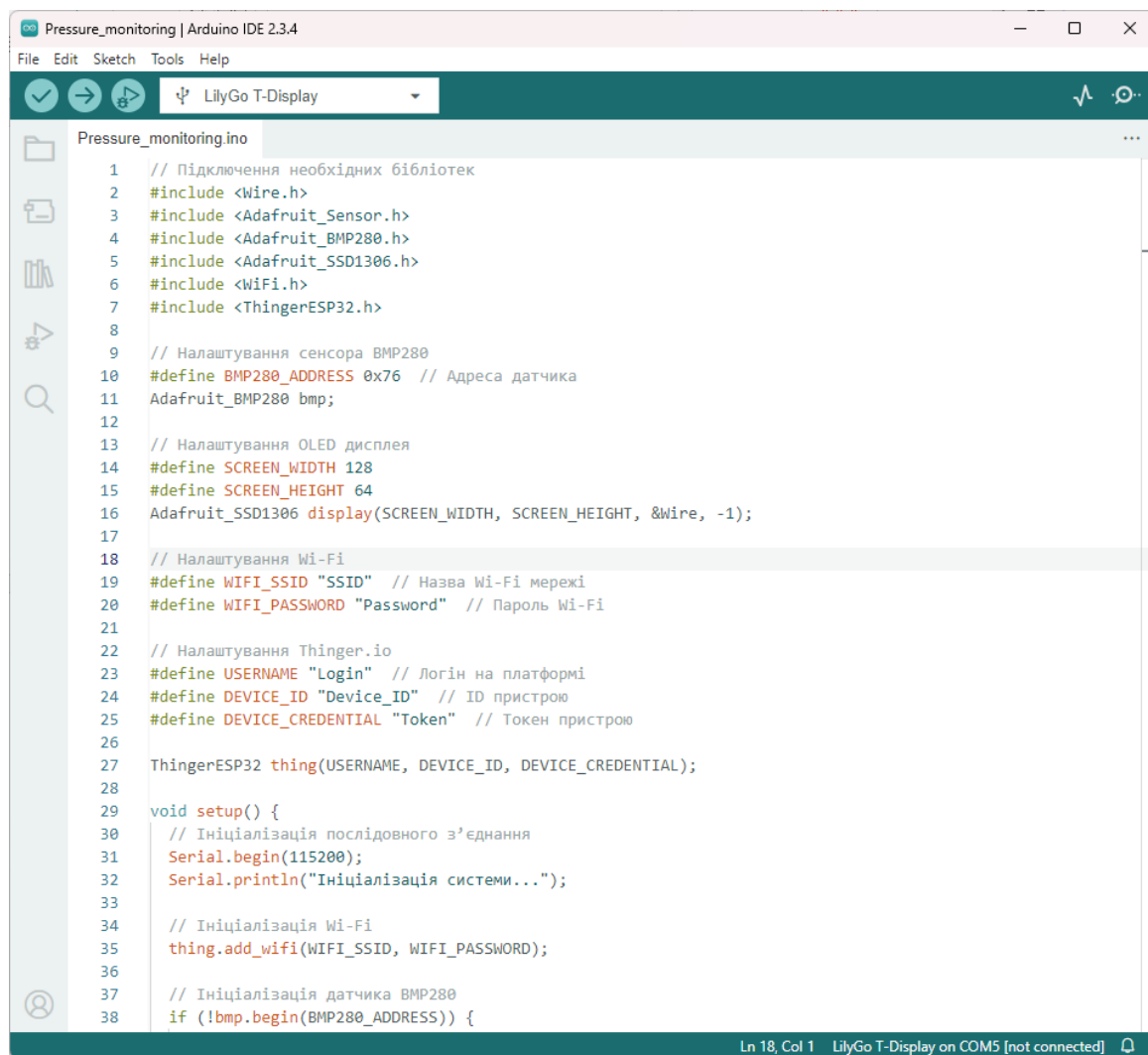


Рис. 3.6. Інтерфейс Arduino IDE

Arduino IDE також надає можливість легко оновлювати бібліотеки та драйвери, а інтеграція з онлайн-спільнотою дозволяє розробникам отримувати підтримку, ділитися кодом та користуватися готовими прикладами. Це значно скорочує час розробки, особливо для початкових етапів роботи.

Зручність використання, підтримка апаратних компонентів системи, доступ до численних бібліотек та активна спільнота роблять Arduino IDE ідеальним вибором для розробки програмного забезпечення для проєктованої системи. Це середовище забезпечує всі необхідні інструменти для створення, тестування та вдосконалення програмного коду, який реалізує функціонал системи дистанційного моніторингу атмосферного тиску.

3.2.3. Програма для мікроконтролера ESP32 реалізує функціонал системи дистанційного моніторингу атмосферного тиску з використанням сенсора BMP280 та IoT-платформи Thinger.io. Основні етапи роботи програми включають ініціалізацію пристрою, підключення до Wi-Fi, зчитування даних із сенсора, їх обробку та передачу на платформу для віддаленого моніторингу.

На початку підключаються необхідні бібліотеки, які забезпечують роботу всіх компонентів системи дистанційного моніторингу атмосферного тиску (рис. 3.7). Кожна бібліотека виконує певну роль, що дозволяє реалізувати всі функції проєктованої системи. Цей набір бібліотек формує базову основу для функціонування системи, поєднуючи можливості збору, обробки, візуалізації та віддаленої передачі даних.

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_BMP280.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#include <WiFi.h>
#include <ThingerESP32.h>
```

Рис. 3.7. Підключення бібліотек

Бібліотека <Wire.h> використовується для роботи з інтерфейсом I2C, який забезпечує зв'язок між мікроконтролером ESP32 і периферійними пристроями. У цьому проєкті через інтерфейс I2C передаються дані з давача BMP280 і відображаються на OLED-дисплеї.

<Adafruit_Sensor.h> є загальною бібліотекою, яка служить базовою основою для сенсорів Adafruit. Вона стандартизує інтерфейси для роботи з різними сенсорами і забезпечує сумісність з іншими бібліотеками, такими як бібліотека BMP280.

<Adafruit_BMP280.h> відповідає за інтеграцію із сенсором BMP280. Ця бібліотека забезпечує доступ до функцій сенсора для зчитування атмосферного тиску та температури, а також компенсацію похибок вимірювання за допомогою калібрувальних коефіцієнтів.

Бібліотека <Adafruit_SSD1306.h> дозволяє працювати з OLED-дисплеєм, який використовує контролер SSD1306. Завдяки цій бібліотеці можна відображати текстову інформацію на екрані, створювати графіки чи інші візуальні елементи, що додає зручності користувачу під час роботи із системою.

<WiFi.h> — це стандартна бібліотека для роботи з Wi-Fi пристроями на платформі ESP32. Вона забезпечує підключення мікроконтролера до бездротової мережі, що є основою для передачі даних на IoT-платформу.

Бібліотека <ThingyESP32.h> дозволяє інтегрувати ESP32 із хмарною платформою Thingy.io. Вона спрощує процес автентифікації, створення ресурсів і передачі даних до платформи, що забезпечує віддалений моніторинг параметрів, таких як атмосферний тиск і температура.

У фрагменті коду на рис. 3.8 визначається адреса сенсора BMP280 і створюється об'єкт для роботи з ним.

```
#define BMP280_ADDRESS 0x76 // Адреса датчика
Adafruit_BMP280 bmp;
```

Рис. 3.8. Фрагмент коду для створення об'єкту для роботи сенсора BMP280

Код на рис. 3.9 виконує налаштування Wi-Fi з'єднання та інтеграцію з платформою Thingy.io. Перші два рядки задають назву (SSID) і пароль для підключення ESP32 до Wi-Fi-мережі.

```
// Налаштування Wi-Fi
#define WIFI_SSID "SSID" // Назва Wi-Fi мережі
#define WIFI_PASSWORD "Password" // Пароль Wi-Fi

// Налаштування Thingy.io
#define USERNAME "Login" // Логін на платформі
#define DEVICE_ID "Device_ID" // ID пристрою
#define DEVICE_CREDENTIAL "Token" // Токен пристрою

ThingyESP32 thing(USERNAME, DEVICE_ID, DEVICE_CREDENTIAL);
```

Рис. 3.9. Код для налаштування Wi-Fi-з'єднання та інтеграції з Thingy.io

Рядки, пов'язані з Thingier.io, визначають облікові дані для підключення мікроконтролера до IoT-платформи: логін користувача (USERNAME), унікальний ідентифікатор пристрою (DEVICE_ID) та токен для автентифікації (DEVICE_CREDENTIAL). Об'єкт thing створює з'єднання з платформою, забезпечуючи можливість обміну даними між пристроєм і сервером Thingier.io. Це дозволяє відправляти показники сенсорів та отримувати доступ до них через веб-інтерфейс платформи.

Функція setup() виконує початкову ініціалізацію системи (рис. 3.10). Спочатку налаштовується послідовний порт для виводу діагностичних повідомлень, після чого здійснюється підключення до Wi-Fi через об'єкт thing. Далі перевіряється робота сенсора BMP280: якщо сенсор не виявлено, програма зупиняється. Успішно ініціалізований сенсор дозволяє зчитувати дані про тиск і температуру.

```
void setup() {
  // Ініціалізація послідовного з'єднання
  Serial.begin(115200);
  Serial.println("Ініціалізація системи...");
  // Ініціалізація Wi-Fi
  thing.add_wifi(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
  // Ініціалізація датчика BMP280
  if (!bmp.begin(BMP280_ADDRESS)) {
    Serial.println("Помилка: не вдалося знайти датчик BMP280!");
    while (1);
  }
  Serial.println("Датчик BMP280 ініціалізовано успішно!");
  // Ініціалізація OLED дисплея
  if (!display.begin(SSD1306_I2C_ADDRESS, 0x3C)) {
    Serial.println("Помилка: не вдалося ініціалізувати дисплей!");
    while (1);
  }
  display.clearDisplay();
  display.setTextSize(1);
  display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
  display.display();
  // Налаштування Thingier.io
  thing["pressure"] >> [](pson &out) {
    out["Pressure"] = bmp.readPressure() / 100.0; // Передача атмосферного тиску (гПа)
    out["Temperature"] = bmp.readTemperature(); // Передача температури (°C)
  };
}
```

Рис. 3.10. Лістинг коду функції setup()

Також у функції ініціалізується дисплей із перевіркою його коректної роботи. Якщо дисплей не вдалося ініціалізувати, програма також припиняє виконання. На завершення функція налаштовує ресурс `pressure` для передачі значень тиску на IoT-платформу `Thingier.io`.

Функція `loop()` (рис. 3.11) реалізує основний робочий цикл програми, який виконується безперервно. Спочатку функція зчитує дані про атмосферний тиск і температуру з сенсора `BMP280`, перетворюючи їх у `гПа` та `°C` відповідно. Ці дані передаються на платформу `Thingier.io`, забезпечуючи віддалений моніторинг у реальному часі. Далі функція викликає метод `thing.handle()`, який підтримує з'єднання з IoT-платформою та синхронізує обмін даними.

```
void loop() {
    // Зчитування даних із сенсора
    float pressure = bmp.readPressure() / 100.0; // Тиск у гПа
    float temperature = bmp.readTemperature(); // Температура в °C
    thing["pressure"] >> [](pson &out) {
        out["Pressure"] = bmp.readPressure() / 100.0; // Передача атмосферного тиску (гПа)
        out["Temperature"] = bmp.readTemperature(); // Передача температури (°C)
    };
    // Виклик функції Thingier.io для підтримки з'єднання
    thing.handle();
    // Виведення даних у послідовний порт
    Serial.print("Атмосферний тиск: ");
    Serial.print(pressure);
    Serial.println(" гПа");
    Serial.print("Температура: ");
    Serial.print(temperature);
    Serial.println(" °C");
    // Виведення даних на дисплей
    display.clearDisplay();
    display.setCursor(0, 0);
    display.println("Моніторинг:");
    display.print("Тиск: ");
    display.print(pressure);
    display.println(" гПа");
    display.print("Температура: ");
    display.print(temperature);
    display.println(" C");
    display.display();
    // Затримка перед наступним циклом
    delay(10000); // Оновлення кожні 10 секунд
}
```

Рис. 3.11. Лістинг коду функції `loop()`

Отримані значення тиску та температури виводяться у послідовний порт, що дозволяє відстежувати роботу системи через монітор порту. Після цього дані відображаються на дисплеї. Екран оновлюється, очищується від попередньої інформації, і на нього виводяться текстові значення тиску та температури. Цикл завершується затримкою у 10 секунд, після чого процес повторюється.

3.3. Інтеграція системи з хмарною IoT платформою

Thingier.io – це популярна платформа для реалізації IoT-рішень, яка надає широкий спектр інструментів для збору, обробки, зберігання і візуалізації даних з підключених пристроїв. Вона орієнтована на розробників і компанії, що прагнуть створювати інтернет-речі з мінімальними зусиллями, пропонуючи хмарні сервіси для легкого управління IoT-пристроями.

Платформа підтримує стандартні IoT-протоколи. Наприклад, для інтеграції з ESP32 можна використовувати протокол MQTT для ефективної передачі даних про атмосферний тиск з давача BMP280.

Thingier.io має вбудований інтерфейс для моніторингу і візуалізації даних. Зібрані дані можуть бути представлені у вигляді графіків або таблиць, що спрощує аналіз результатів. Це дозволяє легко відображати зміни атмосферного тиску, отримані від сенсора, для прогнозування погодних умов.

Платформа дозволяє масштабувати проєкт, підключаючи безліч пристроїв і обробляючи великі обсяги даних. Це робить її придатною для розгортання на різних рівнях, від невеликих локальних систем до розподілених глобальних мереж IoT.

Thingier.io забезпечує безпеку даних за допомогою сучасних методів шифрування (TLS/SSL) для захисту переданих і збережених даних. Це особливо важливо при моніторингу критичних параметрів, де точність і захист даних мають велике значення.

Thingier.io надає простий API, що дозволяє легко інтегрувати дані в інші системи або додатки, а також підтримує підключення сторонніх сервісів, таких як Google Sheets або Node-RED. Це може бути корисно для автоматизації процесів аналізу або звітності на основі отриманих даних. Крім хмарного варіанту, платформа також підтримує розгортання на локальних серверах, що забезпечує гнучкість у виборі способу зберігання і обробки даних.

Платформа Thingier.io підтримує модуль ESP32, що використовується у проєктованій системі моніторингу. Це дозволяє швидко налаштувати обмін даними між сенсором BMP280 і хмарною платформою для збору інформації про атмосферний тиск.

Оскільки однією з вимог до системи є можливість відстеження змін атмосферного тиску в реальному часі, Thingier.io забезпечує необхідний інструментарій для візуалізації цих даних через веб-інтерфейс. Це спрощує аналіз та дозволяє оперативно реагувати на зміни погодних умов.

У перспективі система може бути розширена для моніторингу інших параметрів або підключення додаткових датчиків. Thingier.io надає можливості для такого масштабування без необхідності радикальної зміни архітектури.

Платформа забезпечує належний рівень захисту даних, що є критичним у випадках, коли система моніторингу працює в реальних умовах і повинна зберігати конфіденційність і точність вимірювань.

Таким чином, Thingier.io є оптимальним вибором для реалізації системи моніторингу атмосферного тиску завдяки своїй простоті інтеграції, функціональності візуалізації, масштабованості та безпеці, що дозволяє створювати надійні IoT-рішення з мінімальними витратами часу та ресурсів.

Процес налаштування IoT-платформи Thingier.io для відображення результатів дистанційного моніторингу атмосферного тиску починається з реєстрації користувача на сайті платформи. Після створення облікового запису необхідно увійти до особистого кабінету, де користувач отримує доступ до

основних інструментів Thinger.io, таких як додавання пристроїв, створення ресурсів та налаштування панелі моніторингу.

У панелі керування потрібно перейти до розділу «Devices» та натиснути кнопку «Add Device». У вікні створення пристрою вводяться його назва, короткий опис та унікальний ID, що використовуватиметься для ідентифікації. Після збереження налаштувань пристрій буде додано до переліку та отримає автентифікаційний токен, який буде потрібен для підключення.

На етапі підключення мікроконтролера ESP32 до Thinger.io потрібно внести отримані дані (ID пристрою та токен) у програмний код на ESP32. Це дозволить мікроконтролеру ідентифікуватися на платформі та передавати дані. ESP32 підключається до Wi-Fi мережі, після чого встановлює зв'язок із сервером Thinger.io, використовуючи API-платформи.

У розділі пристрою на платформі потрібно додати ресурс, який буде відповідати за зчитування та передачу даних атмосферного тиску. Для цього у меню пристрою вибирається пункт «Add API» та вказуються параметри зчитування, такі як частота оновлення даних та інтерфейс зчитування. Цей ресурс зв'яжеться із сенсором тиску BMP280 на мікроконтролері ESP32, забезпечуючи передачу свіжих показників до Thinger.io.

Після створення ресурсу даних можна перейти до розділу «Dashboards» і створити нову панель для візуалізації показників тиску. На панелі можна додати віджети для графіків, таблиць та індикаторів, що в режимі реального часу відображатимуть зібрані дані. Для кожного віджета потрібно вказати, до якого ресурсу він підключений, а також налаштувати його формат та інтервал оновлення.

Якщо потрібно налаштувати автоматичні сповіщення, платформа дозволяє встановити порогові значення для тиску, за яких Thinger.io надсилатиме повідомлення на електронну пошту чи в мобільний додаток. Це зручно для оперативного реагування на зміни погодних умов.

Після завершення налаштувань потрібно перевірити роботу системи, переконавшись, що дані з мікроконтролера успішно передаються на платформу та

відображаються на панелі моніторингу. За потреби можна внести коригування у програмний код ESP32 або налаштування ресурсів.

Таким чином, Thinger.io дозволяє зручно налаштувати збір, зберігання та відображення даних про атмосферний тиск у реальному часі, що дає користувачу можливість контролювати зміни погодних умов віддалено та оперативно реагувати на них.

3.4. Тестування системи моніторингу атмосферного тиску

На рис. 3.12 зображено прототип пристрою для дистанційного моніторингу атмосферного тиску на основі IoT-технологій у процесі тестування. Пристрій складений із основних компонентів, таких як мікроконтролер ESP32 з IPS-дисплеєм, давач атмосферного тиску BMP280 та додаткові пасивні елементи, які з'єднані між собою за допомогою провідників на макетній безпаячній платі.

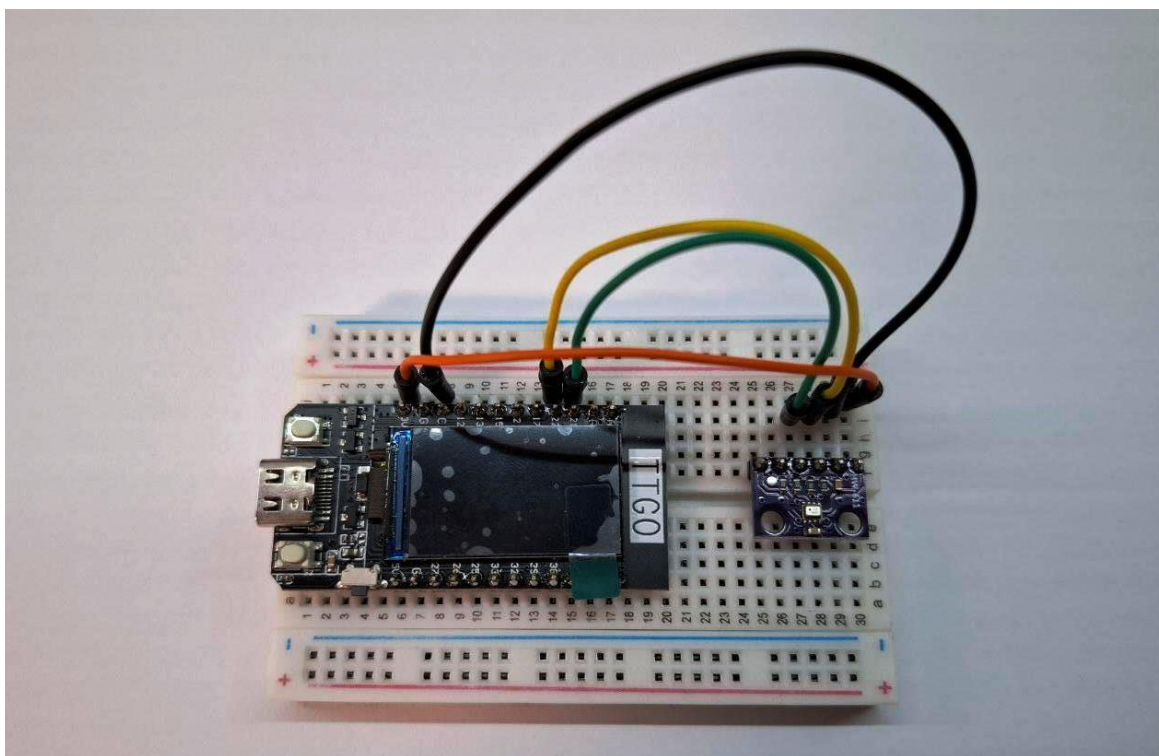


Рис. 3.12. Пристрій для моніторингу атмосферного тиску

Мікроконтролер ESP32 підключений до давача BMP280 через інтерфейс I2C. Для з'єднання використовуються кольорові провідники, що полегшує тестування та внесення змін у прототип.

У процесі тестування пристрій налаштований для передачі даних про атмосферний тиск на IoT-платформу через Wi-Fi-з'єднання мікроконтролера ESP32.

Після завершення розробки системи дистанційного моніторингу атмосферного тиску проведено тестування її роботи з відображенням результатів вимірювання як на локальному дисплеї, так і у веб-інтерфейсі IoT-платформи. Під час тестування система в реальному часі збирала показники атмосферного тиску та передавала їх на платформу Thingier.io, забезпечуючи доступ до даних через віддалений інтерфейс.

На локальному дисплеї, підключеному до мікроконтролера ESP32, значення атмосферного тиску відображалися числовим індикатором, що дозволяло оперативно контролювати дані без необхідності підключення до інтернету. Дисплей оновлювався з заданою періодичністю, що забезпечувало точне відстеження поточних умов. Таке локальне відображення було зручним для швидкої перевірки параметрів на місці встановлення системи.

У веб-інтерфейсі IoT-платформи Thingier.io дані про атмосферний тиск були представлені на панелі моніторингу, де для відображення використовувалися візуальні елементи. Графік реального часу відображав зміну тиску протягом обраного періоду, що дозволяло спостерігати за тенденціями та виявляти різкі коливання. Графік можна було масштабувати, переглядаючи як детальні, так і довготривалі зміни. Окрім графіка, показники тиску були представлені цифровими індикаторами, що спрощувало точне зчитування поточного значення.

Також на панелі моніторингу було додано додаткові елементи, такі як гістограми для відображення середніх значень протягом дня або години, що дозволяло аналізувати зміни тиску в залежності від часу. Інтерактивні елементи у

веб-інтерфейсі дозволяли налаштувати межі для сповіщень та автоматично генерувати повідомлення при досягненні критичних показників тиску.

Результати тестування підтвердили стабільну роботу системи: дані з давача передавалися без затримок, відображалися коректно як на локальному дисплеї, так і на IoT-платформі, що забезпечило повну функціональність системи моніторингу атмосферного тиску в реальному часі.

3.5. Висновки до розділу 3

У третьому розділі описано реалізацію апаратно-програмної системи для дистанційного моніторингу атмосферного тиску на основі IoT-технологій. Система охоплює всі ключові елементи, необхідні для забезпечення функціональності: апаратну складову, алгоритмічне та програмне забезпечення, інтеграцію з хмарною платформою та проведення тестування.

На етапі апаратної реалізації системи було розроблено та зібрано прототип із використанням сучасних компонентів, таких як мікроконтролер ESP32 з дисплеєм та сенсор BMP280. Це дозволило створити компактний і енергоефективний пристрій, здатний здійснювати точні вимірювання атмосферного тиску та температури.

Алгоритмічне та програмне забезпечення було реалізовано з використанням середовища розробки Arduino IDE. Програма забезпечує зчитування даних із сенсора, їх обробку, передачу на IoT-платформу та відображення результатів на локальному дисплеї. Реалізований алгоритм дозволяє автоматизувати процес моніторингу в реальному часі та забезпечує високу точність результатів.

Система була інтегрована з хмарною платформою Thingier.io, що забезпечило можливість віддаленого доступу до даних про атмосферний тиск і температуру. Використання цієї платформи дозволило візуалізувати результати у вигляді графіків і таблиць, а також створювати сповіщення у разі досягнення критичних значень параметрів.

Тестування системи підтвердило її коректну роботу, зокрема точність вимірювання, стабільність передачі даних і надійність роботи апаратної частини. Відображення інформації на локальному дисплеї та хмарній платформі показало зручність використання системи в різних умовах.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Охорона праці

В кваліфікаційній роботі магістра представлено систему моніторингу атмосферного тиску для контролю за зміною погодних умов на основі IoT технологій. Враховуючи потенційні небезпечні ситуації, які може спричинити дана комп'ютеризована система, для їх уникнення, необхідно дотримуватись всіх правил охорони праці та техніки безпеки.

Робоче місце працівника, який здійснює розробку, виробництво, калібрування систем моніторингу атмосферного тиску, можна прирівняти до робочих місць у приміщеннях конструкторських бюро (КБ).

Електротравма – це травма, яка спричинена дією на організм людини електричного струму і (або) електричної дуги. Працюючи з електричними компонентами комп'ютерної системи слід дотримуватись комплексу заходів щодо забезпечення електробезпеки. Основними заходами для захисту від ураження електричним струмом є:

- забезпечення недоступності провідників, що знаходяться під напругою, від випадкового дотику;
- усунення небезпеки ураження з появою напруги на корпусах, в кожухах та інших частинах електроустаткування, що досягається застосуванням малих напруг, використанням подвійної ізоляції, захисним зануленням, захисним відключенням.

Доцільним є застосування занулення мережі. Занулення – це навмисне з'єднання з нульовим захисним проводом металевих струмоведучих частин, що можуть виявитися під напругою.

Відповідно до ДБН В.1.1.7-2016 усі виробництва поділяють на пожежо-, і вибухонебезпечної категорії. Дане приміщення відноситься до категорії Д. Мікроклімат у приміщенні, де проводяться роботи, нормується відповідно до

ДСН 3.3.6.042-99. Умови, що визначають стан повітря робочої зони, характеризуються [36]:

- температурою навколишнього повітря;
- відотною вологістю;
- швидкістю руху повітря.

Оптимальні показники мікроклімату, які необхідно забезпечити у приміщеннях, де експлуатуються ПК у теплу пору року повинні становити: температура – +22 - +24°C, відносна вологість – 40-60 %, швидкість руху повітря 0,1 м/с [36].

На робочому місці розробника системи моніторингу атмосферного тиску необхідно забезпечити дотримання вимог НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» [37].

Основними вимогами, визначеними у цьому нормативному документі є:

- площу та об'єм для одного робочого місця оператора визначають згідно з вимогами ДСанПіН 3.3.2-007-98. Площа має бути не менше 6,0 кв.м, об'єм – не менше 20,0 куб.м;
- заземлені конструкції, що знаходяться в приміщеннях, де розміщені робочі місця операторів (батареї опалення, водопровідні труби, кабелі із заземленим відкритим екраном), мають бути надійно захищені діелектричними щитками або сітками з метою недопущення потрапляння працівника під напругу;
- приміщення, де розміщені робочі місця операторів, крім приміщень, у яких розміщені робочі місця операторів великих ЕОМ загального призначення (сервер), повинні бути оснащені системою автоматичної пожежної сигналізації.

Заходи для захисту від випромінювань:

- застосування захисних екранів;
- застосування спеціальних екранів зі слабким випромінюванням;
- застосування монохромних або рідкокристалічних екранів.

Природне освітлення приміщення здійснюється бічним світлом через світлові пройми в зовнішніх стінках (вікна), а штучне – утворюється електричними

лампами. Використовується також суміщене освітлення – при якому у світлий час доби, коли недостатньо за нормами природного освітлення, додається штучне.

Для забезпечення високого рівня освітленості на робочих поверхнях застосовують комбіноване освітлення, якщо застосування загального освітлення є неекономічним. Виробниче освітлення нормується ДБН В.2.5-28-2018. Приміщення, яке використовується, належить до приміщень І групи за зоровою роботою. При розробці системи моніторингу атмосферного тиску враховані всі вимоги до охорони праці та техніки безпеки.

4.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях

4.2.1. Оцінка дії електромагнітного імпульсу на засоби моніторингу і методи захисту. У воєнний час при застосуванні ядерної зброї проти України на електронно-обчислювальне обладнання в першу чергу буде впливати електромагнітний імпульс (ЕМІ) ядерного вибуху у вигляді короткого імпульсу, який вражає головним чином електричну та електронну апаратуру [38].

ЕМІ виникають в основному в результаті взаємодії гамма-випромінювання з атомами навколишнього середовища. На утворення ЕМІ йде невелика кількість ядерної енергії, але він здатен викликати високі імпульси струмів та напруг в кабелях повітряних і підземних ліній зв'язку, сигналізації, управління, електропередачі, в антенах радіостанцій. Вплив ЕМІ може привести до згорання чутливих електронних та електричних елементів, зв'язаних з великими антенами чи відкритими дротами, а також до порушень в обчислювальних пристроях. Вплив ЕМІ необхідно враховувати для всіх електричних та електронних систем. Для найбільш важливих приладів треба використовувати засоби захисту і підвищувати їх стійкість до ЕМІ.

Особливістю ЕМІ, як вражаючого фактору є його здатність розповсюджуватись на десятки і сотні кілометрів в оточуючому середовищі. Тому ЕМІ може вплинути своєю дією на об'єкти, там де вибухова хвиля, світлове випромінювання, проникаюча радіація втрачають своє значення, як вражаючі

фактори. При наземних та низьких повітряних вибухах в лініях зв'язку та електрозабезпечення виникають напруги, які можуть викликати пробій ізоляції провідників та кабелів відносно землі, пробій ізоляції елементів приладів підключених до повітряних і підземних ліній. Степінь враження залежить від наведеного імпульсу напруги чи струму і також електричної міцності обладнання.

Найбільш піддані впливу ЕМІ системи зв'язку, сигналізації, управління. Використані в цих системах кабелі та апаратура мають обмежену електричну міцність не більше 10кВ імпульсної напруги, тоді як наведені імпульси напруги від ЕМІ можуть перевищувати ці значення. Найбільш піддана впливу ЕМІ апаратура виконана на напівпровідниках та інтегральних схемах, працюючих на малих струмах і напругах, і значить відчутних до впливу зовнішніх електричних і магнітних кіл, в тому числі і елементи програмного засобу для управління процесом міграції віртуальних машин в обчислювальній хмарі. ЕМІ пробиває ізоляцію, спалює елементи електричних схем радіоапаратури, викликає коротке замикання в радіопристроях, іонізацію діелектриків, змінює або повністю стирає магнітний запис. Встановлено, що при дії ЕМІ на апаратуру найбільша напруга наводиться на вході. В транзисторах відбувається така залежність: чим більший коефіцієнт підсилення транзистора, тим менша його електрична міцність.

ЕМІ пошкоджує також резистори, викликає іскріння в їх міжконтактних з'єднаннях і деяких областях провідної поверхні. Найбільшу небезпеку ЕМІ представляє для апаратури, яка встановлена в особливо міцних спорудах, які витримують великі тиски ударної хвилі. В цих спорудах апаратура не виходить з ладу від механічних пошкоджень, але ЕМІ може вивести з ладу всю незахищену апаратуру системи зв'язку, сигналізації і керування. Найбільших значень досягають напруги, які наводяться між кабелем і землею. Напруженість електромагнітного поля всередині споруди в деяких випадках недостатня для того, щоб вивести з ладу апаратуру, але такі поля в змозі викликати короткочасний збій роботи радіотехнічних пристроїв.

Розглянемо можливі шляхи рішення задачі захисту від ЕМІ сервісу для адміністрування і обліку роботи автомобільної пар. Ідеальним захистом від ЕМІ

виявилося б повне укриття приміщення, в якому розміщена радіоелектронна апаратура, металевим екраном. Водночас зрозуміло, що практично забезпечити такий захист у ряді випадків неможливо, тому що для роботи апаратури часто потрібно забезпечити її електричний зв'язок із зовнішніми пристроями. Тому використовуються менш надійні засоби захисту, такі, як струмопровідні сітки, або плівкові покриття для вікон, щільникові металеві конструкції для повітрезабірників і вентиляційних отворів і контактні пружинні прокладки, розміщені по периметру дверей і люків.

Більш складною технічною проблемою рахується захист від проникнення ЕМІ в апаратуру через різноманітні кабельні входи. Радикальним рішенням даної проблеми міг би стати перехід від електричних мереж зв'язку до практично не схильних до впливу ЕМІ волоконно-оптичних. Проте заміна напівпровідникових приладів у всьому спектрі виконуваних ними функцій електронно-оптичними пристроями можлива тільки у віддаленому майбутньому. Тому в даний час в якості засобів захисту кабельних входів найбільш широко використовуються фільтри, у тому числі волоконні, а також іскрові розрядники, металоокисні варистори та ін. [39].

Всі ці засоби мають як переваги, так і недоліки. Так, ємнісно-індуктивні фільтри достатньо ефективні для захисту від ЕМІ малої інтенсивності, волоконні фільтри захищають у відносно вузькому діапазоні надвисоких частот. Іскрові розрядники мають значну інерційність й в основному придатні для захисту від перевантажень, що виникають під впливом напруг і струмів, що наводяться в обшивці літака, кожусі апаратури й оплетенні кабеля.

Металоокисні варистори є напівпровідниковими приладами, що різко підвищують свою провідність при високій напрузі. Проте, при застосуванні цих приладів у якості засобів захисту від ЕМІ варто враховувати їх недостатньо високу швидкодію і погіршення характеристик при кількаразовому впливі навантажень. Ці недоліки відсутні у високошвидкісних зенеровських діодах, дія яких заснована на різкій лавиноподібній зміні опору від високого значення практично до нуля, при перевищенні прикладеної до них напруги граничного розміру. Крім того на відміну

від варисторів характеристики зенеровських діодів після багатократних впливів високих напруг і переключень режимів не погіршуються.

Найбільш раціональним підходом до проектування засобів захисту від ЕМІ кабельних входів є створення таких роз'ємів у конструкції яких передбачені спеціальні заходи, що забезпечують формування елементів фільтрів і установку вмонтованих зенеровських діодів. Подібне рішення сприяє одержанню дуже малих значень ємності й індуктивності, що необхідно для забезпечення захисту від імпульсів, що мають незначну тривалість і, отже, потужну високочастотну складову [40].

Складність рішення задачі захисту від ЕМІ і висока вартість розроблених для цих цілей засобів і методів змушують піти по шляху їхнього вибіркового застосування в особливо важливих системах зброї і військової техніки. Такий же шлях обраний і для захисту систем, що мають велику протяжність, керування і зв'язку. Проте основним методом рішення даної проблеми спеціалісти вважають створення так званих розподілених мереж зв'язку.

4.3. Висновки до розділу 4

В даному розділі описані актуальні питання щодо охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях. Була опрацьована інформація стосовно комплексу заходів щодо забезпечення електробезпеки під час розробки проекрованої системи. Також, розглянуте питання щодо оцінки дії електромагнітного імпульсу на засоби моніторингу і методи захисту.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі були вирішені поставлені завдання, що дозволило досягти мети розроблення методів і засобів для моніторингу атмосферного тиску на основі IoT-технологій. Основні результати роботи:

1. Проведено аналіз літературних джерел і наукових публікацій, у результаті якого визначено сучасні підходи, методи та засоби моніторингу атмосферного тиску, встановлено ключові вимоги до проєктованої системи, що включають точність, надійність, енергоефективність та інтеграцію з IoT-платформами.

2. Розроблено метод дистанційного моніторингу атмосферного тиску, що базується на використанні сенсорів BMP280 і IoT-технологій, який забезпечує точне вимірювання, автоматичну обробку даних та передачу інформації на хмарну платформу для подальшого аналізу та візуалізації.

3. Виконано апаратну реалізацію системи, здійснено вибір компонентів, зокрема мікроконтролера ESP32 та давача BMP280, зібрано прототип системи, що відповідає вимогам компактності та енергоефективності.

4. Розроблено алгоритмічне забезпечення для обробки даних, що дозволило підвищити стабільність і точність отриманих показників.

5. Створено ПЗ для мікроконтролера ESP32, яке забезпечує зчитування даних із сенсора, їх обробку, передачу на IoT-платформу та відображення результатів на локальному дисплеї, забезпечено роботу системи у реальному часі з можливістю віддаленого моніторингу.

Отже, у роботі реалізовано систему дистанційного моніторингу атмосферного тиску, яка відповідає сучасним вимогам точності, надійності та інтеграції з IoT-технологіями. Результати роботи можуть бути використані у метеорології, екологічному моніторингу та наукових дослідженнях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Паламар А., Жаровський Р., Гарбич Ю. Система моніторингу атмосферного тиску за допомогою IoT-технологій. Матеріали XII науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (Тернопіль, 18-19 грудня 2024 року), Тернопіль: ТНТУ, 2024. С. 115.

2. Паламар А., Гарбич Ю. Комп'ютеризована система для IoT-моніторингу атмосферного тиску. Матеріали XII науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (Тернопіль, 18-19 грудня 2024 року), Тернопіль: ТНТУ, 2024. С. 117.

3. Луцик Н.С., Луцків А.М., Осухівська Г.М., Тиш Є.В. Програма та методичні рекомендації з проходження практики за тематикою кваліфікаційної роботи для студентів спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» другого (магістерського) рівня вищої освіти усіх форм навчання. Тернопіль: ТНТУ. 2024. 45 с.

4. Луцик Н.С., Луцків А.М., Осухівська Г.М., Тиш Є.В. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи магістра для студентів спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» другого (магістерського) рівня вищої освіти усіх форм навчання. Тернопіль. 2024. 44 с.

5. Варавін А.В., Лецишин Ю.З., Чайковський А.В. Методичні вказівки до виконання курсового проєкту з дисципліни «Дослідження і проєктування комп'ютерних систем та мереж» для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» усіх форм навчання. Тернопіль: ТНТУ, 2024. 32 с.

6. Яновицький О., Горященко К., Цюрпіта Ю., Свячій О. Метод вимірювання барометричного тиску на безпілотних літальних апаратах для автоматичного визначення висоти. Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах, 2021. Вип. 1, С. 38-49.

7. Шліхта О. Прогнозування опадів на основі швидкості зміни атмосферного тиску. Collection of scientific papers «Scientia», 2022, С. 83-88.

8. Лактіонов І.С., Вовна О.В., Лебедєв В.А., Лактіонова Г.А. Результати розробки та дослідження комп'ютеризованої системи моніторингу кліматичних параметрів для сільськогосподарських об'єктів. Технічна інженерія, 2020. 1 (85), С. 165-170.

9. Shibata K., Hanada K., Seki H. Microcomputer-based acquisition of atmospheric pressure data via a sensor-equipped remote monitoring system and related application to education in electrical engineering, 2017. Vol. 36. P. 137-145.

10. Kim Y.H., Ha J.H., Yoon Y., Kim N.Y., Im H.H., Sim S., Choi R.K. Improved correction of atmospheric pressure data obtained by smartphones through machine learning. Computational intelligence and neuroscience, 2016 (1). P. 9467878.

11. Otsuka T., Torii Y., Ito T. Anomaly weather information detection using wireless pressure-sensor grid. Journal of Information Processing, 2015. 23(6). P. 745-752.

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

13. Оконський М.В., Лупенко С.А., Паламар А.М. Інформаційно-вимірювальна система для контролю метеорологічних параметрів на основі Інтернету речей. Матеріали IX науково-технічної конференції "Інформаційні моделі, системи та технології" Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (Тернопіль, 8–9 грудня 2021 року), Тернопіль: ТНТУ, 2021. С. 118.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

25. Stadnyk M., Palamar A. Project management features in the cybersecurity area. Scientific Journal of TNTU, Ternopil, Ukraine, 2022. Vol. 106, No 2. P. 54–62.

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

27. Palamar A., Palamar M., Osukhivska H. Real-time Health Monitoring Computer System Based on Internet of Medical Things. CEUR Workshop Proceedings, 3rd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems (ITTAP 2023), Ternopil, Ukraine, Opole, Poland, November 22–24, 2023. Vol. 3628. P. 106-115.

28. Voloshchuk A., Velychko D., Osukhivska H., Palamar A. Computer system for energy distribution in conditions of electricity shortage using artificial intelligence. CEUR Workshop Proceedings, 2nd International Workshop on Computer Information Technologies in Industry 4.0 (CITI 2024), Ternopil, Ukraine, June 12-14, 2024. Vol. 3742 P. 66-75.

29. Voloskyi V., Leshchyshyn Y., Romanyshyn N., Palamar A., Tarasenko L. Method and algorithm for efficient cell balancing in the lithium-ion battery control system. CEUR Workshop Proceedings, The 1st International Workshop on Bioinformatics and Applied Information Technologies (BAIT 2024), Zboriv, Ukraine, October 02-04, 2024. Vol. 3842. P. 258-267.

30. Palamar A., Voloskyi V., Kramar O., Kramar T., Stankevych O., Yatsyshyn V. Information computer system with a virtual tour for cultural heritage preservation of the Zbarazh Castle Museum's exhibition hall. CEUR Workshop Proceedings, The 3rd International Workshop on Social Communication and Information Activity in Digital Humanities (SCIA 2024), Lviv, Ukraine, October 31, 2024. Vol. 3851. P. 6-16.

31. Palamar A., Stadnyk M., Palamar M. Adaptive PID regulation method of uninterruptible power supply battery charge current based on artificial neural network. Scientific Journal of TNTU, Ternopil, Ukraine, 2022. Vol. 107, No 3. P. 5–13.

32. Palamar M., Yavorska M., Palamar A., Strembitskyi M. Modeling and Research of Satellite Antenna Adjustment Process for Earth Remote Sensing. 2022 IEEE 2nd Ukrainian Microwave Week, Kharkiv, Ukraine, November 14-18, 2022. P. 317-320.

33. Palamar M., Horyn T., Palamar A., Batuk V. Method of calibration MEMS accelerometer and magnetometer for increasing the accuracy determination angular orientation of satellite antenna reflector. Scientific Journal of TNTU, Ternopil, Ukraine, 2022. Vol. 108, No 4. P. 79–88.

34. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д., Пасічник В. В. Комп'ютерні мережі. Книга 2. [навчальний посібник]. Львів : "Магнолія 2006", 2014. 312 с.

35. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д. Телекомунікаційні системи та мережі. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. 384 с.

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

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

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

39. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання «Безпека в надзвичайних ситуаціях» / В.С. Стручок. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 156 с.

40. Навчальний посібник «Техноекологія та цивільна безпека. Частина «Цивільна безпека»» / автор-укладач В.С. Стручок. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 156 с.

Додаток А

Тези конференцій

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ІВАНА ПУЛЮЯ
НАУКОВЕ ТОВАРИСТВО ім. ШЕВЧЕНКА**

МАТЕРІАЛИ

ХІІ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

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



18-19 грудня 2024 року

**ТЕРНОПІЛЬ
2024**

В. Бражніков, Г. Осухівська ВПЛИВ ПЕРСОНАЛІЗАЦІЇ КЛІЄНТСЬКИХ ВЗАЄМОВІДНОСИН НА ЕФЕКТИВНІСТЬ CRM-СИСТЕМ У ЛОГІСТИЦІ	
V. Brazhnikov, H. Osukhivska THE IMPACT OF CUSTOMER RELATIONSHIP PERSONALIZATION ON THE EFFICIENCY OF CRM SYSTEMS IN LOGISTICS	114
А. М. Паламар, Р. О. Жаровський, Ю. С. Гарбїч СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ АТМОСФЕРНОГО ТИСКУ ЗА ДОПОМОГОЮ ІОТ-ТЕХНОЛОГІЙ	
A. M. Palamar, R. O. Zharovskyi, Y. S. Harbich SYSTEM FOR MONITORING ATMOSPHERIC PRESSURE USING IOT TECHNOLOGIES	115
С. Вінтонів, Є. Тиш ОПТИМІЗАЦІЯ КІЛЬКОСТІ ЗАПИТІВ ДО БАЗИ ДАНИХ ДЛЯ GRAPHQL-API З ВИКОРИСТАННЯМ DATALOADER	
S. Vintoniv, Ye. Tysh OPTIMIZING THE NUMBER OF DATABASE QUERIES FOR GRAPHQL-API USING DATALOADER	116
А. М. Паламар, Ю. С. Гарбїч КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА ДЛЯ ІОТ-МОНІТОРИНГУ АТМОСФЕРНОГО ТИСКУ	
A. M. Palamar, Y. S. Harbich COMPUTERIZED SYSTEM FOR IOT MONITORING OF ATMOSPHERIC PRESSURE	117
Н. О. Гладовський ПРОГРАМНІ РІШЕННЯ МОНІТОРИНГУ СИСТЕМ ТА МЕРЕЖ	
N. M. Holovetskyi SYSTEM AND NETWORK MONITORING SOFTWARE SOLUTIONS	118
Н. О. Гладовський ВИЯВЛЕННЯ НЕСПРАВНИХ ПАРАМЕТРІВ У ХОДІ МОНІТОРИНГУ МЕРЕЖІ	
N. M. Holovetskyi DETECTION OF FAULTY PARAMETERS DURING NETWORK MONITORING	119
Н. М. Головецький УПРАВЛІННЯ ПРИСТРОЯМИ В ЛОКАЛЬНІЙ M2M МЕРЕЖІ	
N. M. Holovetskyi DEVICE MANAGEMENT IN A LOCAL M2M NETWORK	120
Л. П. Дмитроца, О. Т. Старицький ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА SEO ПРИ МАСШТАБУВАННІ ПРОЄКТІВ НА ОСНОВІ REACT I NEXT.JS	
L. P. Dmytrotsa, O. T. Starytskyi OPTIMIZING PERFORMANCE AND SEO WHEN SCALING PROJECTS BASED ON REACT AND NEXT.JS	121
М. В. Дрогобицький, А. І. Фіялка, Н. С. Луцик МЕТОДИ ВИКОРИСТАННЯ МЕРЕЖ MICROGRID ДЛЯ ДИНАМІЧНОГО БАЛАНСУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ ЗАГАЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ	
M. V. Drohobyskyi, A. I. Fiialka, N. S. Lutsyk METHODS OF USING MICROGRID NETWORKS FOR DYNAMIC LOAD BALANCING OF GENERAL ELECTRICAL GRIDS	123
Р. О. Жаровський, В. А. Іваницький GSM-СИГНАЛІЗАЦІЇ ЯК СПОСІБ РОЗШИРЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОСТІ РОЗУМНИХ БУДИНКІВ ТА ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ НЕРУХОМОСТІ	
R. O. Zharovskyi, V. A. Ivanytskyi GSM-ALARM AS A WAY OF SMART HOUSE FUNCTIONALITY EXTENDING AND PROPERTY'S SAFETY INCREASING	124

УДК 681.518.3

А.М. Паламар, канд. техн. наук; Р.О. Жаровський, канд. техн. наук; Ю.С. Гарбіч
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ АТМОСФЕРНОГО ТИСКУ ЗА ДОПОМОГОЮ ІОТ-ТЕХНОЛОГІЙ

UDC 681.518.3

A.M. Palamar, Ph.D, Assoc. Prof.; R. O. Zharovskyi, Ph.D, Assoc. Prof.; Y.S. Harbich

SYSTEM FOR MONITORING ATMOSPHERIC PRESSURE USING IOT TECHNOLOGIES

Погодні аномалії можуть мати серйозний вплив на різні сфери життя, такі як сільське господарство, транспорт і енергетика. Саме тому актуальним питанням є підвищення точності прогнозування погоди. Атмосферний тиск є одним із ключових параметрів, які визначають формування та рух циклонів і антициклонів.

Традиційні методи моніторингу атмосферного тиску, які базуються на використанні стаціонарних метеостанцій, обмежені локальним охопленням і часом оновлення даних. Це створює необхідність у використанні розподілених мереж моніторингу на основі технологій інтернету речей (IoT), які забезпечують гнучкість, масштабованість і доступність даних у реальному часі [1].

Метою цього дослідження є розробка системи моніторингу атмосферного тиску на основі IoT, яка дозволяє не лише забезпечити оперативний доступ до даних, але й підвищити точність прогнозування погоди завдяки інтеграції з хмарними платформами та алгоритмами обробки даних.

Запропонована система складається з сенсора BMP280 для вимірювання атмосферного тиску, мікроконтролера ESP32 для обробки даних і передачі їх на IoT-платформу, а також хмарної інфраструктури для зберігання та аналізу отриманих результатів.

Після зчитування даних сенсор передає їх на мікроконтролер ESP32, який формує інформаційне повідомлення для передачі на хмарну платформу. Використання IoT-платформи Thingier.io дозволяє зберігати дані, аналізувати їх у реальному часі та візуалізувати результати у вигляді графіків і діаграм. Це сприяє більш детальному аналізу динаміки змін атмосферного тиску та його впливу на погодні умови. Такий підхід також відкриває можливість інтеграції з метеорологічними платформами для створення комплексних систем прогнозування.

Перевагами розробленої системи є її висока точність, гнучкість у використанні та можливість інтеграції з іншими системами моніторингу. Крім того, доступ до даних через веб-інтерфейс значно розширює можливості використання системи в різних галузях. Запропонований метод на основі IoT є перспективним інструментом для забезпечення точного моніторингу атмосферного тиску та покращення процесу прогнозування погодних умов. Використання розподілених систем і хмарних технологій відкриває нові горизонти у сфері метеорології та кліматичних досліджень.

Література:

1. Оконський М.В., Лупенко С.А., Паламар А.М. Інформаційно-вимірвальна система для контролю метеорологічних параметрів на основі Інтернету речей. Матеріали IX науково-технічної конференції "Інформаційні моделі, системи та технології" Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (Тернопіль, 8–9 грудня 2021 року), Тернопіль: ТНТУ, 2021. С. 118.

УДК 681.518.3

А.М. Паламар, канд. техн. наук, доц., Ю.С. Гарбіч

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА ДЛЯ ІОТ-МОНІТОРИНГУ АТМОСФЕРНОГО ТИСКУ

UDC 681.518.3

А.М. Palamar, Ph.D, Assoc. Prof., Y.S. Harbich

COMPUTERIZED SYSTEM FOR IOT MONITORING OF ATMOSPHERIC PRESSURE

Розвиток технологій Інтернету речей (IoT) відкриває нові можливості для моніторингу навколишнього середовища, зокрема атмосферного тиску, який є важливим параметром для прогнозування змін погоди. Традиційні методи моніторингу, що базуються на стаціонарних метеостанціях, мають обмежене покриття та не забезпечують оперативного доступу до даних у режимі реального часу. Це створює необхідність у розробці розподілених комп'ютеризованих систем моніторингу на основі IoT, які поєднують сучасні сенсори, мікроконтролери та хмарні технології. Метою дослідження є створення такої системи для забезпечення точного, ефективного та масштабованого моніторингу атмосферного тиску.

Запропонована система складається з сенсора BMP280, мікроконтролера ESP32 та IoT-платформи (рис. 1). Сенсор зчитує дані про тиск і температуру, які передаються на мікроконтролер для обробки. Після цього дані у реальному часі відправляються на хмарну платформу, де вони зберігаються, аналізуються і візуалізуються у вигляді графіків.

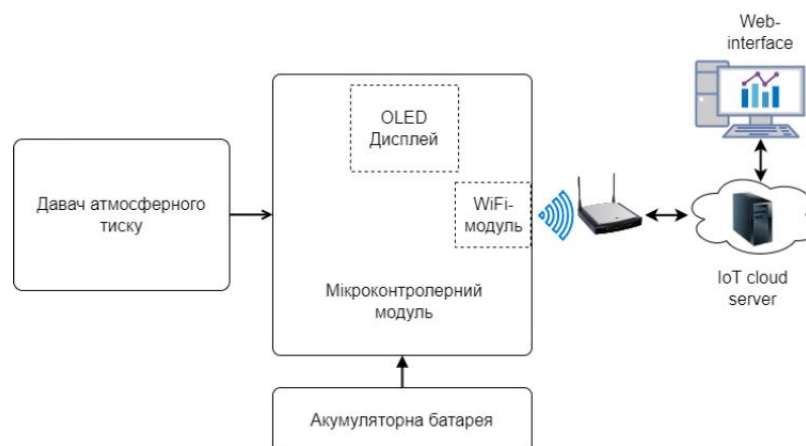


Рисунок 1. Структурна схема проектованої системи

Перевагами запропонованої системи є її автономність, низьке енергоспоживання, висока точність вимірювань та можливість інтеграції з IoT платформами. Крім того, система забезпечує оперативний доступ до даних через веб-інтерфейс.

Розроблена система демонструє високу ефективність у задачах моніторингу атмосферного тиску, забезпечуючи надійний збір, передачу та візуалізацію даних. Це підтверджує перспективність використання IoT-технологій для розв'язання актуальних задач у сфері метеорології.