

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Інформаційних радіотехнологій і технічного захисту інформації
(повна назва)

Кафедра Радіотехнологій інформаційно-комунікаційних систем
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

рівень вищої освіти перший (бакалавр)

Автоматизована система збору даних про кількість дощових опадів
(тема)

Виконав:

студент 4 курсу, групи ІТІР-20-1

Осетров Я. Ю.

(прізвище, ініціали)

Спеціальність 126 Інформаційні системи та технології

(код і повна назва спеціальності)

Освітня програма Інформаційні технології інтернету речей

(повна назва освітньої програми)

Керівник доктор філософії Мерзлікін А.О.

(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

В.о. зав. кафедри

(підпис)

Зрудний О.А.

(прізвище, ініціали)

2024 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Інформаційних радіотехнологій і технічного захисту інформації

Кафедра Радіотехнологій інформаційно-комунікаційних систем

Рівень вищої освіти перший (бакалавр)

Спеціальність 126 Інформаційні системи та технології

(код і повна назва)

Освітня програма Інформаційні технології інтернету речей

(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____

(підпис)

«_____» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові Осетрову Ярославу Юрьевичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Автоматизована система збору даних про кількість дощових опадів

затверджена наказом університету від 27.05 2024 р. № 500 Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 10 червня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи:

літературні джерела та електронні ресурси за темою кваліфікаційної роботи

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі:

перелічити назви всіх розділів роботи від вступу до додатків (див. зміст)

Вступ. 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ЗБОРУ ДАНИХ ПРО ОПАДИ 2 ВИБІР

ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РОЗРОБКИ ПРИСТРОЮ 3 ПРОЕКТУВАННЯ

ПРИСТРОЮ. Висновки. Перелік джерел посилання. Додатки

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п.5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри) _____

Комп'ютерна презентація

6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

| Найменування розділу | Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові) | Позначка консультанта про виконання розділу | |
|----------------------|--|---|------|
| | | підпис | дата |
| Основна частина | PhD. Мерзлікін А.О. | | |
| | | | |

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № | Назва етапів роботи | Терміни виконання етапів роботи | Примітка |
|---|------------------------------------|---------------------------------|----------|
| 1 | АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ЗБОРУ ДАНИХ | 06.05.24- 15.05.2024 | вик. |
| 2 | ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РОЗРОБКИ | 16.05.2024-20.05.2024 | вик. |
| 3 | ПРОЕКТУВАННЯ ПРИСТРОЮ | 20.05.2024-23.05.2024 | вик. |
| 4 | Висновки | 24.05.2024-30.05.2024 | вик. |
| 5 | Оформлення пояснювальної записки | 01.06.2024-09.06.2024 | вик. |
| 6 | Представлення роботи на кафедрі | 10.06.2024 | вик. |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Дата видачі завдання 06 травня 2024 р.

Студент _____ (підпис) Осетров Я. Ю. (прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____ (підпис) PhD. Мерзлікін А.О. (посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи магістра містить 52 сторінки тексту, 15 рисунків, 12 джерел посилання, 2 додатки.

ДАНИ. ОПАДИ. ІНФОРМАЦІЯ. ДАТЧИК. МІКРОКОНТРОЛЛЕР.

Предметом дослідження є збір дощових опадів.

Мета роботи – розробка пристрою автоматизованого збору дощових опадів.

У наслідок виконаної роботи Проведено розробку нових методів, які включають в себе використання передових технологій, таких як датчики, та вдосконалення алгоритмів обробки сигналів для підвищення якості та ефективності систем збору опадів

Результати дослідження можуть бути використані для впровадження в метеостанції.

ABSTRACT

The explanatory note of the master's qualification work contains 52 hundred lines of text, 15 figures, 12 references, 2 appendices.

DATA. PRECIPITATION. INFORMATION. SENSOR. MICROCONTROLLER.

The subject of research is rainfall collection.

The aim of the work is to develop a device for automated rainfall collection.

As a result of the work performed, new methods have been developed that include the use of advanced technologies, such as sensors, and improved signal processing algorithms to improve the quality and efficiency of rainfall collection systems

The results of the study can be used for implementation in weather stations.

ЗМІСТ

| | |
|---|--|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧОК, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І СКОРОЧЕНЬ.. | 6 |
| ВСТУП..... | 7 |
| 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ЗБОРУ ДАНИХ ПРО ОПАДИ | 8 |
| 1.1 Існуючі системи збору даних про опади | 8 |
| 1.2 Датчики опадів | Error! Bookmark not defined. 11 |
| 1.3 Сфери застосування дощомірів | 16 |
| 2 ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РОЗРОБКИ ПРИСТРОЮ | 19 |
| 2.1 Вимірювач кількості опадів - I2C & UART | 19 |
| 2.2 Вибір технології запису даних..... | Error! Bookmark not defined. 25 |
| 2.3 Вибір платформи для проектування та адаптер сигналу | 29 |
| 3 ПРОЕКТУВАННЯ ПРИСТРОЮ | 31 |
| 3.1 Розробка алгоритму та написання програми..... | 31 |
| 3.2 Результати отриманих даних | 35 |
| 3.3 Подальший розвиток пристрою..... | 37 |
| ВИСНОВКИ..... | 42 |
| ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ..... | 43 |
| Додаток А – КОПІЇ ПРЕЗЕНТАЦІЇ..... | 45 |
| Додаток Б – ВІДОМОСТІ АТЕСТАЦІЙНОГО ПРОЕКТУ | 53 |

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧОК, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І СКОРОЧЕНЬ

ВМО – всесвітня метеорологічна організація;

МС – мережеве сховище;

DLS - Data Logger Shield;

ВСТУП

Сучасний розвиток технологій та необхідність точного та надійного збору даних про кількість дощових опадів вимагає вдосконалення і автоматизації процесів обліку та аналізу погодних явищ. Дані про опади є важливим елементом для багатьох галузей, таких як сільське господарство, екологія, гідрологія та інші. Однак, традиційні методи збору цих даних залишаються працевдатними та часо- та ресурсомісткими.

Метою даної дипломної роботи є розробка автоматизованої системи збору даних про кількість дощових опадів. Система має на меті спростити процес збору та аналізу даних, забезпечуючи точність та надійність отриманих результатів.

У розділі "Огляд літератури" проведено аналіз існуючих систем збору даних про опади та вказано на переваги та недоліки кожної з них. Він також містить огляд сучасних методів та засобів для автоматизації збору даних, що був використаний при розробці системи.

У наступних розділах подано детальний опис розробленої системи, методику випробувань та аналіз отриманих результатів. Висновки та рекомендації щодо подальших досліджень завершують роботу і надають загальний висновок про досягнення поставлених цілей.

Автоматизована система збору даних про кількість дощових опадів є актуальною та перспективною розробкою, яка може знайти широке застосування в різних галузях, що вимагають точних та надійних даних про погодні умови.

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ЗБОРУ ДАНИХ ПРО ОПАДИ

1.1 Існуючі системи збору даних про опади

Аналіз існуючих систем збору даних про опади важливий для визначення недоліків та переваг кожної системи. Нижче подано загальний огляд деяких існуючих систем збору даних про опади:

Автоматичні станції збору даних: Ці станції встановлюються на певних ділянках території та автоматично реєструють кількість опадів. Вони можуть вимірювати інтенсивність опадів та час їх випадання. Однак такі станції можуть бути дорогими у встановленні та обслуговуванні.[1]

Добровільні спостерігачі: Це люди, які ведуть спостереження за погодними умовами, включаючи опади, на добровільній основі. Їх дані можуть бути корисними, але менш точними та надійними, ніж дані від автоматичних станцій.

Радари для вимірювання опадів (рисунок 1.1): Радари можуть вимірювати обсяг опадів на великій площі території. Вони зазвичай використовуються для прогнозування погоди, але їхні дані можуть бути корисними і для аналізу історичних даних про опади.

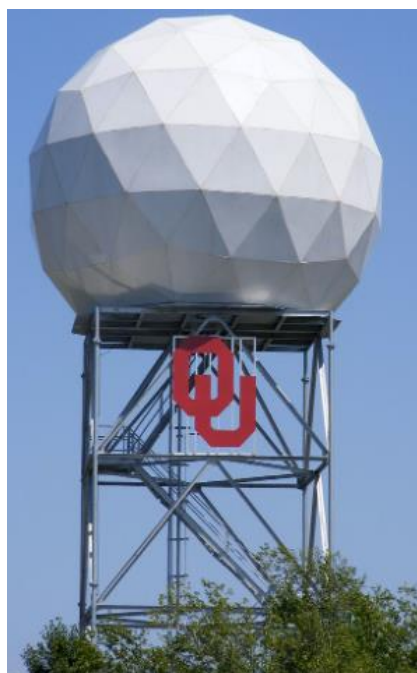


Рисунок 1.1 - Метеорологічний радар OU-PRIME в Оклахомському

університеті

Супутникові системи (рисунок 1.2) : Супутникові системи можуть надавати широкомасштабну інформацію про опади на великих територіях. Вони можуть бути корисними для великих масштабів аналізу, але їхні дані можуть бути менш точними, ніж дані від наземних станцій.

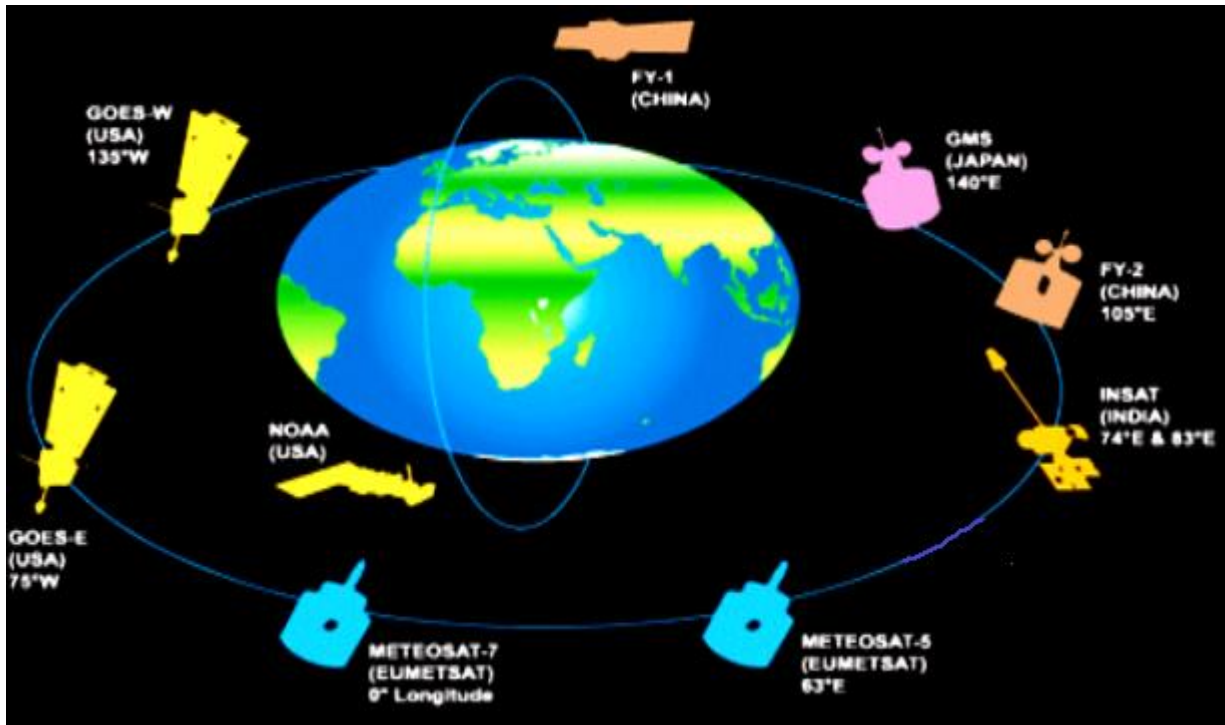


Рисунок 1.2 - Мережа космічних спостережень за атмосферою і земною поверхнею

Протягом останніх двох десятиліть, завдяки глобальній комп'ютеризації, значний обсяг супутникової інформації став доступним для широкого кола користувачів. На екранах комп'ютерів можна оглядати багато видимих і невидимих компонентів повітряної оболонки Землі, вивчати їх стан і еволюцію. Дані про стан атмосфери і океанів надходять з космічних супутників до центрів обробки інформації на Землі. Координуючу роль у міжнародному обміні інформацією відіграє Всесвітня метеорологічна організація (ВМО).[2]

Інформація, яка надходить з штучних супутників Землі, відіграє невід'ємну роль у сучасній метеорології, маючи дві ключові властивості. По-перше, це глобальність інформації, що означає можливість отримати метеорологічні дані практично з будь-якої точки земної поверхні за допомогою

різних супутникових систем. По-друге, це безперервність інформації, тобто можливість отримання характеристик стану атмосфери та поверхні Землі у реальному часі без необхідності інтерполяції. Це відрізняє дані від супутників від дискретних даних, отриманих з наземних метеорологічних станцій. Завдяки цим властивостям, ми можемо отримувати різноманітну метеорологічну інформацію в глобальному масштабі у будь-який час, що дозволяє:

- спостерігати великі та середні метеорологічні системи;
- моніторити та надавати попередження про небезпечні циклони та штормові зони;
- виявляти зони опадів та їх інтенсивність;
- визначати параметри снігового та льодового покриву;
- отримувати дані про температуру поверхні та верхню межу хмар, вологість різних шарів атмосфери та інше.

Дані, отримані з космічних супутників, відіграють важливу роль у сучасній метеорології. Вони надають можливість отримувати метеорологічну інформацію практично з будь-якої точки земної поверхні за допомогою різних супутникових систем. Глобальність цих даних дозволяє спостерігати великі та середні метеорологічні системи, моніторити та надавати попередження про небезпечні циклони та штормові зони, виявляти зони опадів та їх інтенсивність, визначати параметри снігового та льодового покриву, а також отримувати дані про температуру поверхні та верхню межу хмар, вологість різних шарів атмосфери та інше. Безперервність інформації, що надходить з космічних супутників, означає можливість отримання характеристик стану атмосфери та поверхні Землі у реальному часі без необхідності інтерполяції. Отже, дані, отримані з космічних супутників, є важливим джерелом інформації для аналізу опадів та інших погодних явищ.[3]

Автоматичні станції збору даних встановлюються на певних ділянках території та автоматично реєструють кількість опадів. Вони можуть вимірювати інтенсивність опадів та час їх випадання. Однак такі станції можуть бути дорогими у встановленні та обслуговуванні.

Добровільні спостерігачі ведуть спостереження за погодними умовами, включаючи опади, на добровільній основі. Їх дані можуть бути корисними, але менш точними та надійними, ніж дані від автоматичних станцій.

Ці системи допомагають збирати важливі дані про опади, які можуть бути використані для аналізу погодних умов, прогнозування погоди та моніторингу клімату. Комбінація різних систем збору даних дозволяє отримати більш повну та точну картину опадів на певній території, що є важливим для багатьох сфер, включаючи сільське господарство, водопостачання та планування міського розвитку.

1.2 Датчики опадів

Датчики виміру опадів є важливою складовою сучасних систем моніторингу погоди. Ці пристрої призначені для автоматичного вимірювання кількості та інтенсивності опадів. Основними типами датчиків опадів є:

Крапельний датчик: Використовується для вимірювання кількості опадів у вигляді рідини (дощу). При попаданні крапель до датчика, вони активують механізм вимірювання, який реєструє кількість крапель.

Сніговий датчик: Вимірює кількість снігу, який випав на площу датчика. Зазвичай використовується термічний елемент, який розташований в циліндричному контейнері. Коли сніг тоне, термічний елемент відчуває зміну температури, що дозволяє виміряти об'єм розтанутої води.

Льодяний датчик: Використовується для вимірювання кількості опадів у вигляді льоду. В основі лежить принцип зміни ваги датчика під впливом накопичення льоду.

Акустичний датчик: Вимірює інтенсивність дощу за допомогою звукових хвиль, які виникають при попаданні крапель дощу на датчик.

Датчики виміру опадів використовуються для збирання даних про погодні умови, що дозволяє забезпечити точність прогнозів та вчасне попередження про можливі негоди.[4]

Датчики виміру опадів є ключовими елементами сучасних систем

моніторингу погоди. Вони використовуються для автоматичного вимірювання кількості та типу опадів. Основні типи датчиків опадів включають:

Датчики дощу: вимірюють кількість рідинних опадів, таких як дощ. Вони активуються при попаданні крапель дощу на їхню поверхню і можуть вимірювати інтенсивність дощу та час тривалості опадів.

Датчики снігу: датчики призначені для вимірювання кількості снігу, який випав на землю. Вони можуть використовувати різні методи вимірювання, такі як зміна тиску під час накопичення снігу або використання лазерних сенсорів для вимірювання висоти сніжного покриву.

Датчики граду: Ці датчики призначені для вимірювання кількості граду, який випав на землю. Вони можуть використовувати акустичні чи оптичні методи для визначення розмірів та кількості граду.

Датчики замерзання дощу: використовуються для виявлення замерзання крапель дощу або рідини на поверхні, що може бути важливим для прогнозування погоди та управління дорожнім рухом в зимовий період.

Датчики виміру дощу грають важливу роль у сучасних системах моніторингу погоди, дозволяючи точно виміряти кількість та інтенсивність дощу. Вони допомагають у вчасному виявленні змін у погодних умовах та управлінні ризиками, пов'язаними з погодою. Основними типами датчиків виміру дощу є крапельні датчики, акустичні датчики та оптичні датчики. Розглянемо кожен з них докладніше:

Крапельні датчики:

Принцип дії: Крапельні датчики вимірюють кількість опадів шляхом реєстрації кожної краплі, яка попадає на поверхню датчика. Деякі моделі використовують тільки механічні датчики, які підсвічуються при попаданні дощових крапель.

Точність: Зазвичай крапельні датчики мають високу точність вимірювань, особливо для невеликих кількостей опадів.

Інтенсивність дощу: Деякі моделі крапельних датчиків можуть вимірювати інтенсивність дощу за допомогою вимірювання часу між крапками.

Акустичні датчики:

Принцип дії: Акустичні датчики вимірюють інтенсивність дощу за

допомогою звукових хвиль, які виникають при падінні дощових крапель на поверхню датчика.

Точність: Точність цих датчиків може залежати від умов експлуатації, таких як шум у довкіллі або погана якість зв'язку.

Оптичні датчики:

Принцип дії: Оптичні датчики вимірюють кількість дощу за допомогою лазерного променя, який переривається кожною краплею дощу. Чим більше крапель переривають промінь, тим більше опадів зафіксує датчик.

Точність: Оптичні датчики можуть бути досить точними вимірювальними приладами, але вони можуть вимагати регулярного обслуговування та очищення для збереження точності.

Датчики виміру дощу використовуються в метеорологічних станціях, на транспортних маршрутах, в аеропортах та інших місцях, де необхідно точно виміряти кількість та інтенсивність опадів. Вони є важливою частиною систем моніторингу погоди та допомагають у прогнозуванні погоди та управлінні водними ресурсами.[5]

Tipping Bucket Rain Gauge (рисунок 1.3) (Типовий дощомір): Цей тип датчика використовується для вимірювання кількості рідинних опадів, таких як дощ. Він має ковшоподібну конструкцію, яка наповнюється водою під час опадів. Коли ковш заповнюється, він повертається і відбиває воду в вимірювальний бак, де вимірюється кількість опадів.



Рисунок 1.3 - Вимірювач опадів цифровий TFA Drop

Acoustic Rain Gauge (Акустичний дощомір): Цей тип датчика

використовує акустичні хвилі, які виникають при падінні дощових крапель на поверхню датчика. Зміна в часі прибуття акустичних хвиль дозволяє визначити інтенсивність дощу.[6]

Optical Rain Gauge (рисунок 1.4) (Оптичний дощомір): Цей тип датчика використовує лазерний промінь, який переривається кожною краплею дощу. Зміна в кількості переривань променя дозволяє виміряти кількість опадів.



Рисунок 1.4 - RG-11 Оптичний дощомір

RG-11 - це оптичний дощомір-детектор інтенсивності дощу з імітованим імпульсним виходом, простою механічною конструкцією і сучасним програмним забезпеченням. На рисунку 1.5 показано принцип дії RG-11

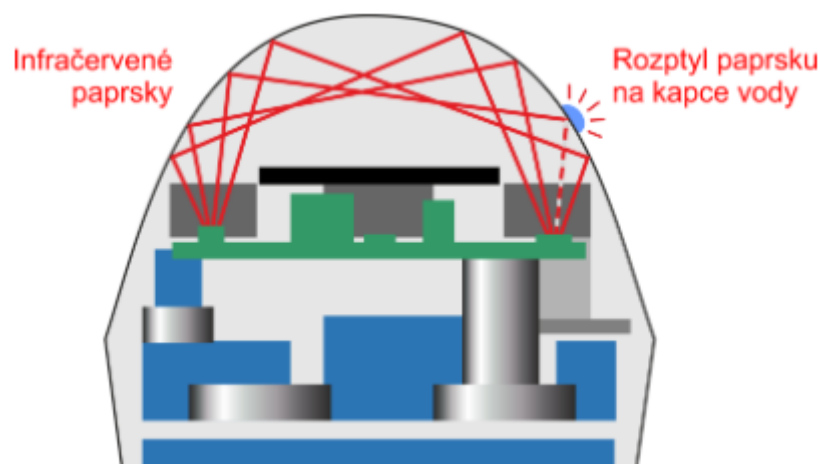


Рисунок 1.5 - принцип дії оптичного дощоміру RG-11

Принцип вимірювання опадів заснований на безперервній оцінці інтенсивності 4-х відбитих інфрачервоних променів від змоченого водою

прозорого сферичного покриття датчика діаметром 70 мм.

Weighing Rain Gauge (рисунок 1.6) (Дощомір з ваговою системою): Цей тип датчика вимірює кількість опадів шляхом вимірювання зміни ваги датчика під час опадів. Чим більше опадів, тим більше зміна ваги.



Рисунок 1.6 - Weighing Rain Gauge

Дощомір з ваговою системою (відомий також як ваговий дощомір) - це пристрій, який вимірює кількість опадів шляхом визначення зміни ваги пристрою під час дощу або снігу. Принцип його роботи полягає у використанні вагової системи для вимірювання маси води або снігу, які потрапляють на поверхню датчика. Основні компоненти датчика включають вагову платформу, датчики ваги та електронну систему вимірювання.[7]

Вагова платформа: Це основна частина датчика, на яку падають опади. Платформа зазвичай має водонепроникну конструкцію для захисту внутрішніх механізмів від вологи. Коли опади потрапляють на платформу, вони збираються в спеціальний резервуар або відводяться вниз через отвір для вимірювання.

Датчики ваги: Ці датчики розташовані під ваговою платформою і

вимірюють зміну ваги, що відбувається внаслідок накопичення опадів. Зміна ваги вказує на кількість опадів, які випали на поверхню датчика.

Електронна система вимірювання: Ця система обробляє дані з датчиків ваги і перетворює їх на кількість опадів. Вона може також включати функції збереження даних, передачі інформації та відображення результатів в реальному часі.

Принцип роботи датчика полягає у тому, що при падінні опадів на вагову платформу змінюється її вага, що вимірюється датчиками ваги. Ці дані обробляються електронною системою, яка визначає кількість опадів. Датчики вагової системи є надійними та точними засобами вимірювання опадів і використовуються в метеорологічних станціях та на спостережних пунктах для збирання погодних даних.

1.3 Сфери застосування дощомірів

Дощоміри знаходять широке застосування в різних галузях, де точне вимірювання опадів має важливе значення. Ось деякі з основних сфер їх застосування:

Метеорологія та кліматологія: Дощоміри використовуються в метеорологічних станціях для збору даних про кількість та інтенсивність опадів. Ці дані є важливими для прогнозування погоди та вивчення кліматичних змін.

Гідрологія: В гідрології дощоміри використовуються для вимірювання кількості опадів, які потрапляють на водні джерела, такі як річки, озера та ставки. Ці дані використовуються для аналізу рівня води, прогнозування повеней та управління водними ресурсами.

Сільське господарство: Дощоміри використовуються в сільському господарстві для вимірювання опадів на полях. Це допомагає сільськогосподарським підприємствам в плануванні поливу та визначенні оптимального рівня зволоженості для рослин.[8]

Екологія: В екології дощоміри використовуються для моніторингу опадів

в екосистемах, таких як ліси, болота та природні резервати. Ці дані допомагають вивчати вплив опадів на різноманіття рослин і тварин, а також на загальний екологічний стан об'єкта.

Цивільний захист: В рамках систем цивільного захисту дощоміри використовуються для моніторингу погодних умов та вчасного попередження про можливі небезпеки, пов'язані зі значними опадами, наприклад, повені.

Транспорт та авіація: Дощоміри встановлюються на транспортних маршрутах та в аеропортах для моніторингу погодних умов та забезпечення безпечної експлуатації транспорту.

Усі ці сфери застосування показують важливість дощомірів у різноманітних аспектах нашого життя, починаючи від безпеки та закінчуючи економічним розвитком та екологічною стійкістю.

В радіотехніці дощоміри можуть бути використані для вимірювання опадів, які можуть впливати на роботу антен та інших пристроїв зв'язку. Ось детальний опис їх використання в радіотехніці:

Дані для радіолокації: Опади, такі як дощ або сніг, можуть впливати на якість сигналів у радіолокаційних системах. Дощоміри використовуються для вимірювання кількості та інтенсивності опадів, що дозволяє коректно компенсувати цей ефект при обробці радіолокаційних даних.

Вплив на бездротовий зв'язок: Опади можуть впливати на бездротовий зв'язок, особливо на високочастотні сигнали. Дощоміри допомагають визначити величину цього впливу, що дозволяє враховувати його при плануванні та налагодженні радіозв'язку.

Моніторинг атмосферних умов: Дощоміри використовуються для збору даних про атмосферні умови, включаючи кількість та інтенсивність опадів. Ці дані можуть бути корисними для радіоінженерів при проектуванні та налагодженні систем радіозв'язку.

Прогнозування погоди для радіовипромінювальних систем: Дані, зібрані датчиками дощу, можуть використовуватися для прогнозування погоди, що важливо для радіовипромінювальних систем. Наприклад, планування передачі

сигналів на великі відстані може залежати від очікуваної інтенсивності опадів у місці призначення.

Метеорологічні радіолокаційні системи: Дощоміри можуть використовуватися в складі метеорологічних радіолокаційних систем для збору додаткових даних про опади, які можуть бути корисними для метеорологічного моніторингу та прогнозування погоди.

У цілому, використання дощомірів у радіотехніці дозволяє покращити якість та надійність бездротового зв'язку, а також забезпечує додаткові дані для вдосконалення систем радіолокації та метеорологічного моніторингу.

Опади, такі як дощ або сніг, можуть впливати на бездротовий зв'язок через їх властивості розсіювання та поглинання радіосигналів. Вплив може бути різним залежно від інтенсивності опадів, їх типу (дощ, сніг, град) та інших факторів. Давайте розглянемо детальніше, як опади впливають на бездротовий зв'язок:

Розсіювання сигналу: Опади можуть розсіювати радіосигнали, що приводить до зниження сигналу на приймачі. Це може призвести до зниження якості зв'язку або навіть до його втрати, особливо в разі сильного дощу або граду.

Поглинання сигналу: Опади можуть також поглинати радіосигнали, що призводить до зниження їхньої сили при вході до приймача. Це може вплинути на дальність зв'язку та стійкість сигналу.

Мінливість сигналу: Внаслідок різкого зміну інтенсивності опадів може виникати мінливість сигналу, що може призвести до переривань у зв'язку або змін у швидкості передачі даних.

Відбивання сигналу: Дощові краплі можуть відбивати радіосигнал, що може спричинити множинні відбиття (мультипатчинг) та спотворення сигналу.

Зниження проникності: Сильний дощ або сніг може знизити проникність сигналу через перешкоди, такі як стіни або дахи будівель, що може вплинути на приймання сигналу у внутрішніх приміщеннях.

2. ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РОЗРОБКИ ПРИСТРОЮ

2.1 Вимірювач кількості опадів - I2C & UART

Датчик дощу DFRobot являє собою надійний і зручний інструмент для вимірювання кількості опадів. Він працює на основі принципу перекидного ковша, який забезпечує точні дані про кількість опадів у міліметрах і часу роботи системи. Датчик не містить внутрішніх електронних компонентів і має порожнисте дно, що дає змогу дощовій воді стікати автоматично, що робить його більш стабільним і чутливим. Він підтримує виведення даних через інтерфейси I2C і UART і сумісний з платформами micro:bit, Arduino, ESP32 і Raspberry Pi. Цей датчик опадів, інтегрований зі зручним інтерфейсом Gravity, ідеально підходить для налаштування системи моніторингу дощу з використанням наданих бібліотек. Датчик опадів на основі перекидного ковша забезпечує високоякісні дані про опади для метеостанцій, станцій моніторингу довкілля або "розумних" ферм.

Датчик дощу з перекидним ковшем - один із найпоширеніших пристроїв для моніторингу опадів у метеорологічних спостереженнях. Він включає в себе контейнер для збору і механізм для вимірювання. Під час дощу вода надходить до збірного контейнера через верхній отвір і, через лійку, стікає у відро, що перекидається. Після накопичення певного об'єму води відро, що перекидається, втрачає рівновагу і перекидається, генеруючи імпульсний сигнал кожним наконечником. Шляхом підрахунку імпульсних сигналів контролер може визначити кількість опадів. На рисунках 2.1 та 2.2 представлений датчик дощу DFRobot

Збоку від гойдалки в пластиковому корпусі змонтована плата з одним єдиним елементом - магнітним герконом. А в центрі гойдалки встановлено постійний магніт. Таким чином, коли гойдалка змінює своє положення, геркон під впливом магнітного поля на час замикається.[9]



Рисунок 2.1 - датчик дощу DFRobot



Рисунок 2.2 - датчик дощу DFRobot зі знятим корпусом

Дощова вода, зібрана в цій ємності, стікає через лійку у перекидне відро. Відро сконструйоване таким чином, що коли накопичена вода досягає певного рівня, його центр ваги зміщується, внаслідок чого воно втрачає рівновагу і перекидається. Кожне перекидання зливає воду з відра, і це призводить до того, що магніт проходить над датчиком на основі ефекту Холла, генеруючи імпульсний сигнал. Записуючи ці сигнали, пристрій може відстежувати рівень опадів. Цей процес повторюється, ефективно документуючи всю подію опадів.

Такі дощоміри нескладні і зручні у використанні. Багато ентузіастів-метеорологів створили свої власні за допомогою 3D-принтерів.

Дощомір з перекидним ковшем має безліч переваг:

Точність: Конструкція дощоміра з перекидним відром дозволяє відносно точно вимірювати кількість опадів. Коли фіксована кількість дощової води наповнює відро, воно перекидається, зливаючи воду, а інше відро починає її збирати. Кожне перекидання можна точно підрахувати, що дає змогу точно вимірювати кількість опадів.

Автоматизація: Цей тип дощомірів може автоматично реєструвати дані про кількість опадів, усуваючи необхідність ручного моніторингу або запису. Це робить їх ідеальними для використання в несприятливих погодних умовах або у віддалених місцях.

Простота і довговічність: Дизайн і конструкція дощомірів з перекидним ковшем відносно прості і надійні, що дозволяє їм працювати в різних умовах навколишнього середовища.

Однак, у перекидного дощоміра є і недоліки:

Проблеми з точністю: Хоча опадоміри з перекидним відром можуть забезпечити відносно точне вимірювання опадів, точність може знизитися, якщо інтенсивність дощу дуже низька, або в таких умовах, як сніг або змішані опади.[10]

Механічні несправності: Оскільки робота дощоміра з перекидним ковшем залежить від механічного руху ковша, можуть виникати механічні поломки. Наприклад, ківш може заклинити через накопичення бруду або сміття, або

вийти з ладу через тривалий знос.

Вимоги до технічного обслуговування: Дощоміри з перекидним ковшем потребують регулярного очищення та технічного обслуговування, щоб забезпечити їхню точність і надійність. Наприклад, накопичення сміття у відрі може вплинути на точність вимірювання кількості опадів.

Сифонний опадомір

Сифонні опадоміри зазвичай використовуються на професійних метеорологічних станціях. Вони призначені для безперервної реєстрації як кількості опадів, так і їх тривалості, надаючи уявлення про інтенсивність дощу. Цей тип дощомірів складається з чотирьох компонентів: дощоприймача, поплавкової камери, автоматичного записуючого годинника і захисного кожуха.

Коли починається дощ, він потрапляє в колектор через дощоприймач у верхній частині. Потім вода стікає через воронку в поплавкову камеру. У камері знаходиться поплавок, який піднімається разом з дощовою водою, що накопичується, одночасно піднімаючи записуюче перо.

Ця ручка прикріплена до барабана, що обертається і приводиться в рух автоматичним годинником. Коли барабан обертається, перо окреслює криву на аркуші паперу, прикріпленому до барабана. Ця крива відображає кількість опадів та їхню тривалість. Коли вода досягає певного рівня, скажімо, 10 міліметрів, вода в поплавковій камері перетікає в трубку, з'єднану з камерою. Це викликає ефект сифона, який швидко зливає воду з камери в пляшку для зберігання. Одночасно з цим ручка, що записує, опускається і починає записувати нову кількість опадів.

Вивчаючи криву на записуючому папері, ми можемо розпізнати різні аспекти дощу, такі як його початок і припинення, об'єм опадів і те, як його інтенсивність змінювалася в часі. Зображений на рисунку 2.3.

Переваги сифонного дощоміра включають

Точність: Сифонний дощомір може забезпечити високоточне вимірювання кількості опадів з точністю до міліметра.[11]

Здатність вимірювати великі обсяги опадів: Сифонний дощомір має велику площу збору і сифонну систему, здатну вловлювати значні обсяги опадів, що забезпечує його точність навіть під час сильного дощу.

Універсальність: Сифонний дощомір може вимірювати не тільки дощові опади, але й сніг та град.

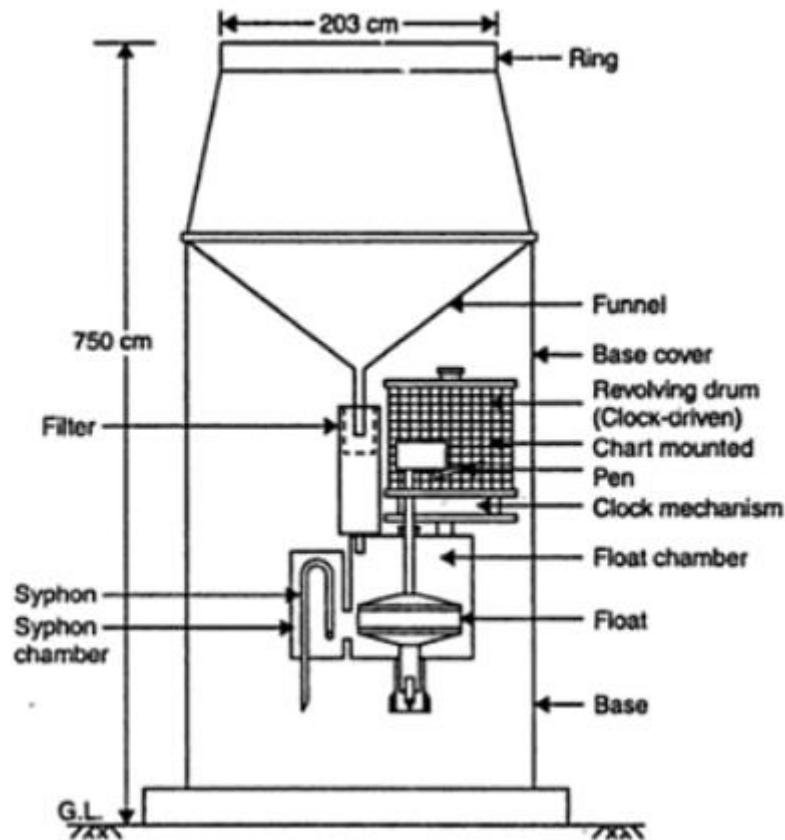


Рисунок 2.3 - Сифонний опадомір

Недоліки сифонного дощоміра

Необхідне регулярне технічне обслуговування: Сифонний дощомір потребує періодичного очищення та перевірки для забезпечення його точності та надійності. Якщо сифонна система заблокована, це може вплинути на точність вимірювання кількості опадів.

Великий розмір: Сифонні опадоміри, як правило, більші за інші типи опадомірів, тому потребують більше місця для встановлення та використання.

Знос компонентів: Частини сифонного дощоміра можуть зношуватися з часом через тривале використання, особливо барабан з поплавком і сифонна система, що вимагає періодичної заміни.

Потенційний вплив температури: За екстремальних температурних умов, таких як сильний холод, продуктивність сифонного дощоміра може погіршитися, а вимірювання кількості опадів можуть бути неточними.

Не підходить для автоматизованого запису: Конструкція сифонного дощоміра ускладнює автоматизацію запису даних про кількість опадів, зазвичай вимагаючи ручного зчитування та запису.

П'єзоелектричний дощомір (рисунок 2.4) - це складний інструмент, який геніально використовує принцип збереження імпульсу для вимірювання без будь-яких рухомих частин. Цей пристрій використовує п'єзоелектричний перетворювач, який перетворює механічний рух, наприклад, вібрацію, в електричні сигнали. Коли краплі падають на датчик, генеруються вібрації, які згодом перетворюються в електричні сигнали.

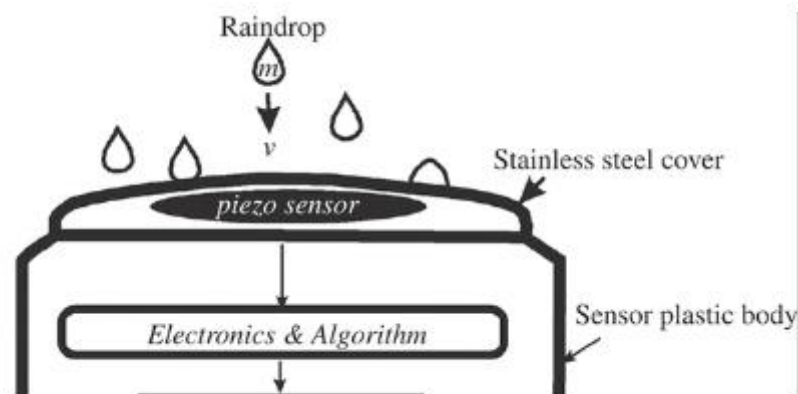


Рисунок 2.4 - П'єзоелектричний дощомір

Потім ми можемо визначити енергію падаючих крапель на основі форми цих електричних сигналів, або кривих напруги. Зміни у формі кривої напруги допомагають обчислити інтенсивність дощу. Враховуючи постійну швидкість крапель при падінні на землю, на яку впливають їхня вага та опір повітря, ми можемо виміряти силу удару крапель, використовуючи закон збереження імпульсу ($P=mv$, де P - імпульс, m - маса, а v - швидкість), що, в свою чергу, допомагає обчислити вагу крапель, а отже, і кількість опадів.

Таким чином, п'єзоелектричний дощомір може не тільки допомогти у вимірюванні кількості опадів, але й дозволяє нам зрозуміти вагу кожної краплі, що є надзвичайно точним методом вимірювання. Переваги:

Висока точність: П'єзоелектричний дощомір може точно вимірювати розмір крапель і швидкість дощу, надаючи більш точні дані про кількість та інтенсивність опадів.

Швидке реагування: Завдяки безпосередності п'єзоелектричного ефекту, п'єзоелектричний дощомір може відстежувати опади в режимі реального часу, швидко реагуючи на зміни в кількості опадів.

Немає рухомих частин: П'єзоелектричний дощомір не має механічних рухомих компонентів, що зводить до мінімуму ймовірність несправностей через знос або пошкодження.[12]

Недоліки:

Енергоспоживання: Для роботи п'єзоелектричного дощоміра потрібне джерело живлення, що потенційно може спричинити проблеми в певних регіонах, особливо у віддалених районах, де відсутнє стабільне електропостачання.

Чутливість до навколишнього середовища: Хоча п'єзоелектричний дощомір може забезпечити точні вимірювання, на нього можуть впливати несприятливі погодні умови, такі як сніг або лід, які можуть покривати датчик і впливати на його роботу.

Вартість: П'єзоелектричний дощомір, як правило, дорожчий за традиційні дощоміри, що потенційно обмежує його використання в певних регіонах.

Інші дощоміри

У нашому прагненні кількісно виміряти кількість опадів, ми знайомі з безліччю альтернативних методик. Серед них виділяються радіолокаційні датчики опадів та вагові датчики опадів, кожен з яких займає свою нішу в різних сферах.

Підсумок

Оснащені цими інструментами і методами, ми можемо проводити точні вимірювання і реєструвати дані про опади, тим самим підвищуючи точність наших погодних прогнозів. Більше того, широке впровадження та використання цих інструментів дає нам змогу глибше зрозуміти зміни клімату, слугуючи нашим маяком для прогнозування та розуміння майбутніх метеорологічних

змін.

2.2 Вибір технології запису даних

Є багато варіантів запису та збереження даних. Нижче приведені деякі з них.

Карта пам'яті:

Переваги: Надійне зберігання даних, доступність без інтернету, захист від несанкціонованого доступу, економічна ефективність, швидкий доступ до даних, гнучке управління даними.

Недоліки: Обмежена ємність, ризик втрати або пошкодження флешки.

Хмарні технології:

Переваги: Доступність даних із будь-якої точки світу, автоматичне резервне копіювання, висока ємність зберігання, відсутність потреби у фізичному носії.

Недоліки: Залежність від інтернет-з'єднання, можливість несанкціонованого доступу, додаткові витрати на хмарне сховище, повільний доступ до даних при великих обсягах.

Локальний сервер:

Переваги: Повний контроль над даними, висока швидкість доступу до даних у локальній мережі, можливість використання без інтернету.

Недоліки: Необхідність забезпечення безпеки та резервного копіювання даних, високі витрати на обладнання та обслуговування, обмежена доступність ззовні локальної мережі.

Мережеве сховище (NAS):

Переваги: Висока ємність зберігання, доступність з будь-якої точки мережі, автоматичне резервне копіювання, можливість роботи без прямого підключення до комп'ютера.

Недоліки: Необхідність наявності мережі, залежність від надійності мережевого обладнання, додаткові витрати на встановлення та обслуговування.

Жорсткий диск:

Переваги: Надійне зберігання даних, висока ємність, відносно низька вартість, можливість використання без інтернету.

Недоліки: Ризик пошкодження або втрати даних при збої жорсткого диска, обмежена мобільність, необхідність резервного копіювання.

Оптичний диск (наприклад, DVD):

Переваги: Надійне зберігання даних, низька вартість носіїв, можливість архівування даних.

Недоліки: Обмежена ємність, незручність у використанні (необхідність використання дисководу).

Файлові сховища на сервері:

Переваги: Легкий доступ до даних у локальній мережі, можливість спільного доступу до файлів, централізоване управління даними.

Недоліки: Необхідність забезпечення безпеки та резервного копіювання даних, залежність від надійності сервера, обмежена доступність ззовні мережі.

Кожен із цих способів має свої переваги та недоліки, і вибір оптимального методу залежить від конкретної ситуації та вимог до зберігання даних.

Існує кілька причин, через які дані інтенсивності дощів слід записувати на карту пам'яті, а не використовувати хмарні технології.

Надійність і доступність даних: Карти пам'яті надають стабільне та надійне зберігання даних, що не потребує постійного доступу до інтернету. У разі обриву зв'язку з хмарним сервісом, дані на флешці залишаться доступними для використання.

Безпека даних: Зберігання даних на флешці забезпечує їх захист від несанкціонованого доступу або витоку інформації. Це особливо важливо для конфіденційних даних, таких як дані про погоду, що можуть бути цінними для різних організацій та органів влади.

Економічна ефективність: Використання флешки для зберігання даних може бути більш економічно вигідним, ніж оплата за хмарне сховище. Флешки мають невелику вартість і забезпечують довгострокове зберігання даних без

додаткових витрат.

Швидкість доступу до даних: Флешки забезпечують швидкий доступ до даних без необхідності очікування завантаження з хмари. Це особливо важливо під час роботи з великим обсягом даних або в умовах, де потрібен миттєвий доступ до інформації.

Керування даними: Зберігання даних на флешці дає змогу гнучкіше керувати даними, включно з їхнім копіюванням, переміщенням і резервним копіюванням. Це полегшує роботу з даними і забезпечує їх збереження.

Таким чином, використання флешки для запису даних інтенсивності дощів видається кращим варіантом, забезпечуючи надійне, безпечне та економічно ефективно зберігання інформації. На рисунку 2.5 зображено шилд запису даних з RTC DS1307 і SD (Data Logger Shield)

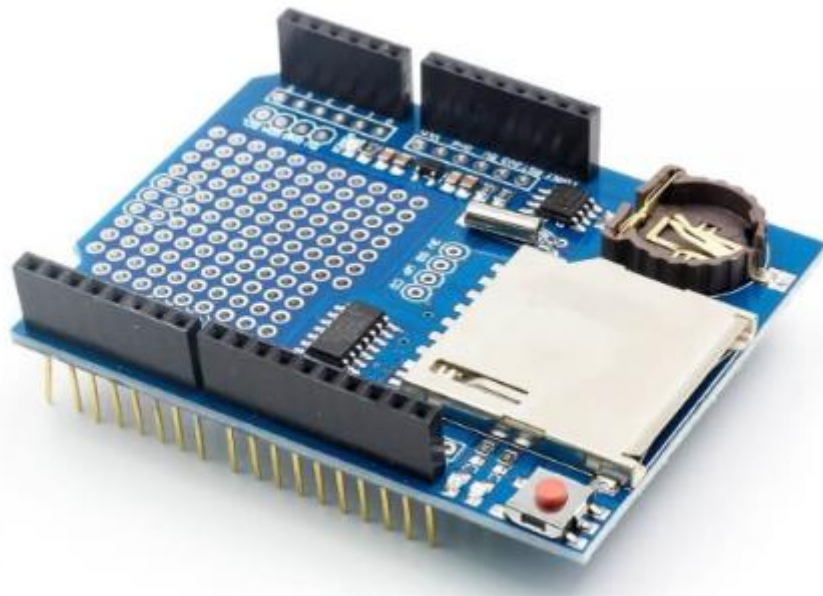


Рисунок 2.5 - Шилд запису даних з RTC DS1307 і SD (Data Logger Shield)

Шилд запису даних з RTC DS1307 і SD (Data Logger Shield) дає змогу записувати дані на SD карту з підтримкою Real Time Clock (за наявності батареї живлення). Шилд реєстрації та зберігання даних містить мікросхему годинника реального часу DS1307, що дає змогу фіксувати дату і час кожного вимірювання. На платі змонтовано тримач SD карти, контейнер для батареї живлення (CR1220). Батарея забезпечує хід годинника протягом кількох років. Макетне поле призначене для монтажу датчиків і електричних ланцюгів. Шилд

сумісний з Arduino UNO, Duemilanove, Diecimila, Leonardo, ADK, Mega R3. Для роботи з картою пам'яті можна використовувати бібліотеку SD.h, що входить до комплекту Arduino IDE.

2.3 Вибір платформи для проектування та адаптер сигналу

Вибір Arduino і адаптера сигналу Gravity виправданий у багатьох випадках завдяки їхній простоті використання, гнучкості та доступності. Ось кілька основних причин, через які їхній вибір може бути кращим:

Простота у використанні: Arduino надає простий і зрозумілий інтерфейс для програмування та управління різними пристроями. Це робить його ідеальним вибором для початківців і професіоналів, які бажають швидко створити прототип пристрою або системи.

Широка підтримка та спільнота: Arduino має величезну спільноту користувачів і розробників, що забезпечує доступ до безлічі прикладів коду, бібліотек і порад. Це спрощує розробку та налагодження проєктів.

Гнучкість і розширюваність: Arduino можна легко розширити за допомогою різних модулів і датчиків, таких як адаптер сигналу Gravity. Це дає змогу створювати проєкти з різним функціоналом і підвищує їхню адаптивність до мінливих вимог.

Доступність і вартість: Arduino і адаптери Gravity доступні за відносно низькою ціною і широко поширені. Це робить їх доступними для широкого кола користувачів і проєктів з обмеженим бюджетом.

Надійність і якість: Arduino і модулі Gravity зазвичай вирізняються високим рівнем надійності та якості, що забезпечує стабільну роботу проєктів на довгий термін.

Отже, вибір Arduino й адаптера сигналу Gravity обґрунтований з огляду на їхню простоту у використанні, гнучкість, доступність і надійність, що робить їх чудовим вибором для широкого спектра проєктів і завдань. На рисунку 2.6

показана схема підключення.

Вибір Arduino та адаптера сигналу Gravity є хорошим рішенням завдяки їхній простоті у використанні, гнучкості, доступності та надійності. Arduino забезпечує зручний інтерфейс для програмування та керування пристроями, а модулі Gravity розширюють його функціональність. Це робить Arduino і Gravity ідеальним вибором для створення різноманітних електронних проєктів, від розумного будинку до робототехніки.

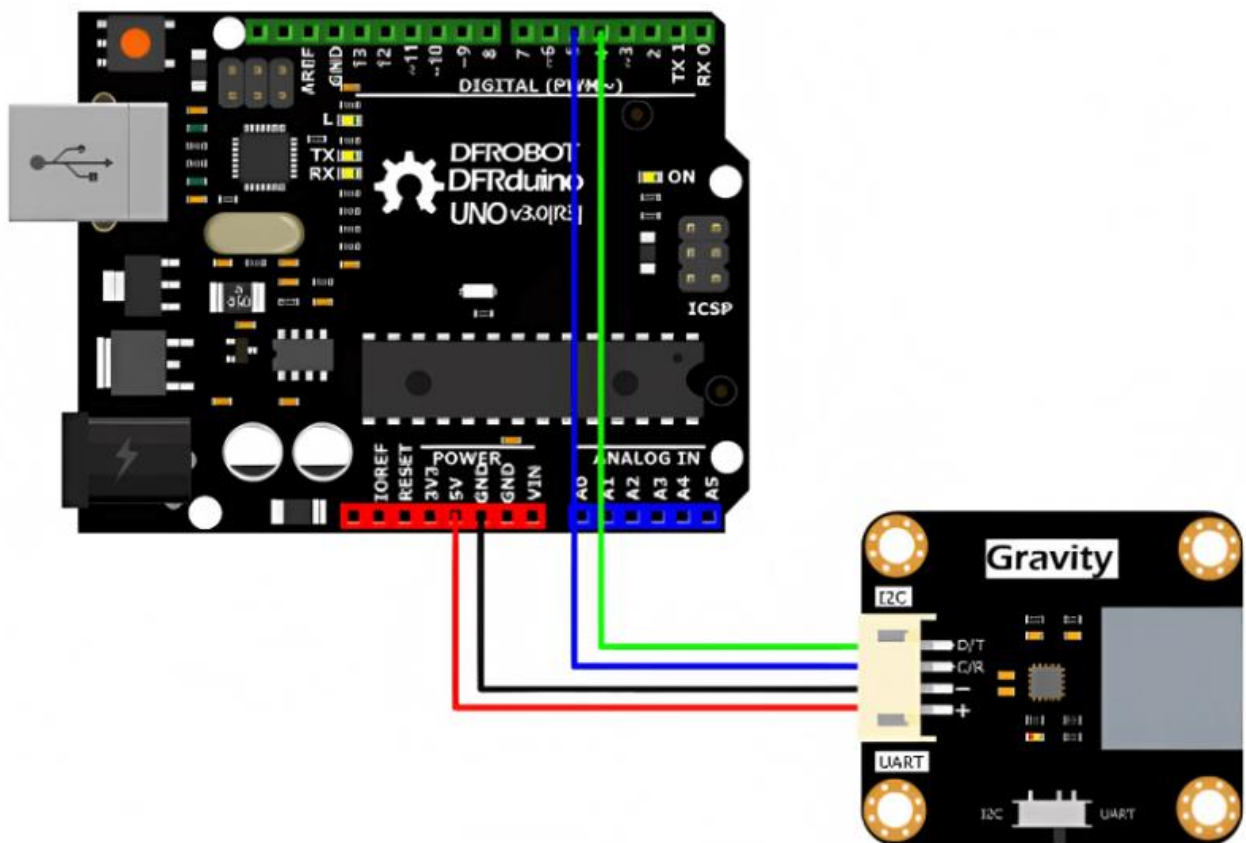


Рисунок 2.6 – схема підключення адаптера сигналу до плати Ардуіно

3. ПРОЕКТУВАННЯ ПРИСТРОЮ

3.1 Розробка алгоритму та написання програми

Алгоритм програми призначений для роботи з датчиком інтенсивності дощу та запису даних на SD-карту з використанням Arduino та адаптера сигналу Gravity. Програма виконує такі дії:

Ініціалізує підключення до Serial порту та SD-карти.

Ініціалізує підключення до датчика інтенсивності дощу та RTC модуля для роботи з часом.

В основному циклі програми:

Отримує дані з датчика інтенсивності дощу.

Виводить інформацію про дані та стан датчика на Serial порт.

Записує дані про кількість опадів на SD-карту.

Оновлює дату і час за допомогою RTC модуля.

Після кожної ітерації циклу програми затримується на 1 хвилину.

Цей алгоритм дає змогу безперервно моніторити та записувати дані про кількість опадів з датчика інтенсивності дощу на SD-карту з використанням Arduino та адаптера сигналу Gravity.

```
#include <Wire.h>
#include <SdFat.h>
#include "DFRobot_RainfallSensor.h"
#include <RTCLib.h>

const int chipSelect = 10; // Пін, до якого підключено CS (chip select) на
вашому шилді
DFRobot_RainfallSensor_I2C Sensor(&Wire);
RTC_DS3231 rtc;

SdFat sd;
SdFile dataFile;

void setup() {
  Serial.begin(115200);

  // Спроба ініціалізації карти пам'яті
```

```

if (!sd.begin(chipSelect, SPI_HALF_SPEED)) {
    Serial.println("Помилка ініціалізації карти пам'яті!");
    Serial.println("Перевірте підключення та форматування SD-карти.");
    while (1);
} else {
    Serial.println("Карту пам'яті ініціалізовано.");
}

// Створюємо (або відкриваємо) файл з іменем "data.txt"
// для запису даних у кінець файлу (O_APPEND)
if (!dataFile.open("data.txt", O_WRITE | O_CREAT | O_APPEND)) {
    Serial.println("Помилка відкриття файлу.");
    while (1);
} else {
    Serial.println("Файл відкрито.");
    dataFile.close();
}

Wire.begin();
delay(1000);
while (!Sensor.begin()) {
    Serial.println("Sensor init err!!!");
    delay(1000);
}
Serial.print("vid:\t");
Serial.println(Sensor.vid, HEX);
Serial.print("pid:\t");
Serial.println(Sensor.pid, HEX);
Serial.print("Version:\t");
Serial.println(Sensor.getFirmwareVersion());

if (!rtc.begin()) {
    Serial.println("Не вдалося ініціалізувати RTC!");
    while (1);
}

if (rtc.lostPower()) {
    Serial.println("RTC втратив живлення, давайте його налаштуємо!");
    rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));
}
}

void loop() {
    // Отримуємо дані з датчика
    int sensorValue = Sensor.getRawData();

```

```

// Виводимо інформацію в монітор порту
Serial.print("Значення з датчика: ");
Serial.println(sensorValue);

// Виводимо інформацію про датчик у монітор порту
Serial.print("Sensor WorkingTime:\t");
Serial.print(Sensor.getSensorWorkingTime());
Serial.println(" H");
Serial.print("Rainfall:\t");
float rainfall = Sensor.getRainfall();
Serial.println(rainfall);
Serial.print("1 Hour Rainfall:\t");
Serial.print(Sensor.getRainfall(1));
Serial.println(" mm");
Serial.print("rainfall raw:\t");
Serial.println(Sensor.getRawData());

// Записуємо дані на SD-карту
writeDataToFile(rainfall);

// Затримка перед наступною ітерацією
delay(60000); // Затримка в 1 хвилину (60,000 мілісекунд)

// Оновлюємо дату і час
DateTime now = rtc.now();
Serial.print(now.year(), DEC);
Serial.print('/');
Serial.print(now.month(), DEC);
Serial.print('/');
Serial.print(now.day(), DEC);
Serial.print(" ");
Serial.print(now.hour(), DEC);
Serial.print(':');
Serial.print(now.minute(), DEC);
Serial.print(':');
Serial.println(now.second(), DEC);
}

void writeDataToFile(float data) {
  // Відкриваємо файл "data.txt" для запису
  if (!dataFile.open("data.txt", O_WRITE | O_APPEND)) {
    Serial.println("Помилка відкриття файлу для запису на SD.");
    while (1);
  }
}

```

```

// Якщо файл успішно відкрито, записуємо дані в нього
// Записуємо значення в міліметрах
dataFile.println(data);

// Записуємо дату і час
DateTime now = rtc.now();
dataFile.print(now.year(), DEC);
dataFile.print('/');
dataFile.print(now.month(), DEC);
dataFile.print('/');
dataFile.print(now.day(), DEC);
dataFile.print(" ");
dataFile.print(now.hour(), DEC);
dataFile.print(':');
dataFile.print(now.minute(), DEC);
dataFile.print(':');
dataFile.println(now.second(), DEC);

Serial.print("Записано на SD: ");
Serial.print(data);
Serial.println(" mm");

dataFile.close(); // Закриваємо файл
}

*** Translated with www.DeepL.com/Translator (free version) ***

```

Ця програма призначена для моніторингу та запису даних про кількість опадів з датчика інтенсивності дощу на SD-карту з використанням Arduino та адаптера сигналу Gravity.

На початку програми відбувається ініціалізація підключень до Serial порту, SD-карти, датчика інтенсивності дощу та RTC модуля. Після успішної ініціалізації програма переходить до основного циклу.

В основному циклі програма спочатку отримує дані про кількість опадів з датчика інтенсивності дощу. Потім вона виводить інформацію про дані та стан датчика на Serial порт для відображення та налагодження. Після цього програма записує дані про кількість опадів на SD-карту.

Після запису даних програма оновлює дату і час за допомогою RTC модуля. Після кожної ітерації основного циклу програма затримується на 1

хвилину, щоб забезпечити періодичний запис даних і запобігти перевантаженню системи.

Таким чином, ця програма забезпечує безперервний моніторинг і запис даних про кількість опадів з датчика інтенсивності дощу на SD-карту, що дає змогу зберігати й аналізувати ці дані для різних цілей.

3.2 Результати отриманих даних

Дані записуються у файл "data.txt" на SD-карті. При цьому використовується функція `writeDataToFile`, яка відкриває файл "data.txt" для запису даних у кінець файлу за допомогою команди `O_WRITE | O_APPEND`. Після успішного відкриття файлу відбувається запис даних про кількість опадів (змінна `data`) у міліметрах з нового рядка за допомогою `dataFile.println(data)`;

Після цього записується дата і час події, коли були отримані дані про кількість опадів, за допомогою команди:

```
dataFile.print(now.year(), DEC);  
dataFile.print('/');  
dataFile.print(now.month(), DEC);  
dataFile.print('/');  
dataFile.print(now.day(), DEC);  
dataFile.print(" ");  
dataFile.print(now.hour(), DEC);  
dataFile.print(':');  
dataFile.print(now.minute(), DEC);  
dataFile.print(':');  
dataFile.println(now.second(), DEC);
```

Таким чином, кожен рядок у файлі "data.txt" містить дані про кількість опадів і відповідну дату та час події, коли ці дані було отримано та записано на SD-карту.

На рисунках 3.1а та 3.1б показано результати

| | |
|-------------------|-------------------|
| 2.79 | |
| 2024/3/15 1:48:24 | |
| 2.79 | 0.00 |
| 2024/3/15 1:49:24 | 2024/3/24 0:37:33 |
| 2.79 | 0.00 |
| 2024/3/15 1:50:25 | 2024/3/24 0:38:34 |
| 2.79 | 0.00 |
| 2024/3/15 1:51:25 | 2024/3/24 0:39:34 |
| 2.79 | 0.00 |
| 2024/3/15 1:52:25 | 2024/3/24 0:40:34 |
| 2.79 | 0.00 |
| 2024/3/15 1:53:25 | 2024/3/24 0:41:34 |
| 2.79 | 0.00 |
| 2024/3/15 1:54:25 | 2024/3/24 0:42:34 |
| 2.79 | 0.00 |
| 2024/3/15 1:55:25 | 2024/3/24 0:43:34 |
| 2.79 | 0.00 |
| 2024/3/15 1:56:26 | 2024/3/24 0:44:34 |
| 2.79 | 0.00 |
| 2024/3/15 1:57:26 | 2024/3/24 0:45:34 |
| 2.79 | 0.00 |
| 2024/3/15 1:58:26 | 2024/3/24 0:46:34 |
| 2.79 | 0.00 |
| 2024/3/15 1:59:26 | 2024/3/24 0:47:35 |
| 3.07 | 0.00 |
| 2024/3/15 2:0:26 | 2024/3/24 0:48:35 |
| 3.07 | 0.00 |
| 2024/3/15 2:1:26 | 2024/3/24 0:49:35 |
| | - - - |
| а) | б) |

Рисунок 3.1 – Результати запису

Запис даних про кількість опадів і час їх отримання у файл "data.txt" на SD-карті має кілька переваг:

Зручність читання даних: Дані записуються в структурованому форматі, що полегшує їхнє подальше читання та аналіз. Кожен рядок містить інформацію про кількість опадів і відповідний час, що дає змогу легко визначити, коли і скільки опадів випало.

Простота зберігання: Файл "data.txt" легко зберегти і зберігати на SD-карті. Він не вимагає складних структур даних або спеціального формату зберігання, що робить його зручним для використання.

Легкість обробки: Дані у файлі "data.txt" можна легко обробляти за

допомогою програмних інструментів. Наприклад, можна створити скрипт для аналізу даних і створення статистики щодо опадів.

Відкритість формату: Файл "data.txt" використовує простий текстовий формат, який легко читати і змінювати. Це дає змогу легко адаптувати дані для різних цілей та інтегрувати їх в інші системи.

Економія ресурсів: Запис даних до файлу "data.txt" не потребує великих ресурсів пам'яті або процесорного часу, що робить цей метод ефективним і економічним для використання на мікроконтролерах типу Arduino.

Таким чином, запис даних про кількість опадів і час їхнього отримання до файлу "data.txt" на SD-картці надає зручний та ефективний спосіб зберігання й аналізу даних для метеорологічних спостережень та інших додатків.

3.3 Подальший розвиток пристрою

Для подальшого розвитку дощоміру можна розглянути додавання таких функцій:

Підключення дисплея: Додайте LCD дисплей (рисунок 3.2), щоб відображати поточні показники дощоміру, такі як час останнього дощу, обсяг опадів тощо.



Рисунок 3.2 - LCD 1602 модуль для Arduino

Послідовна нумерація записів: Додайте можливість автоматичної нумерації записів у журналі даних на SD карті для зручності подальшого аналізу.

Збереження інших показників: Покращення можливостей збереження інших показників, таких як температура, вологість повітря тощо.

Інтеграція з IoT: Додайте можливість віддаленого моніторингу даних через Інтернет за допомогою модуля ESP8266 (рисунок 3.2) або ESP32.

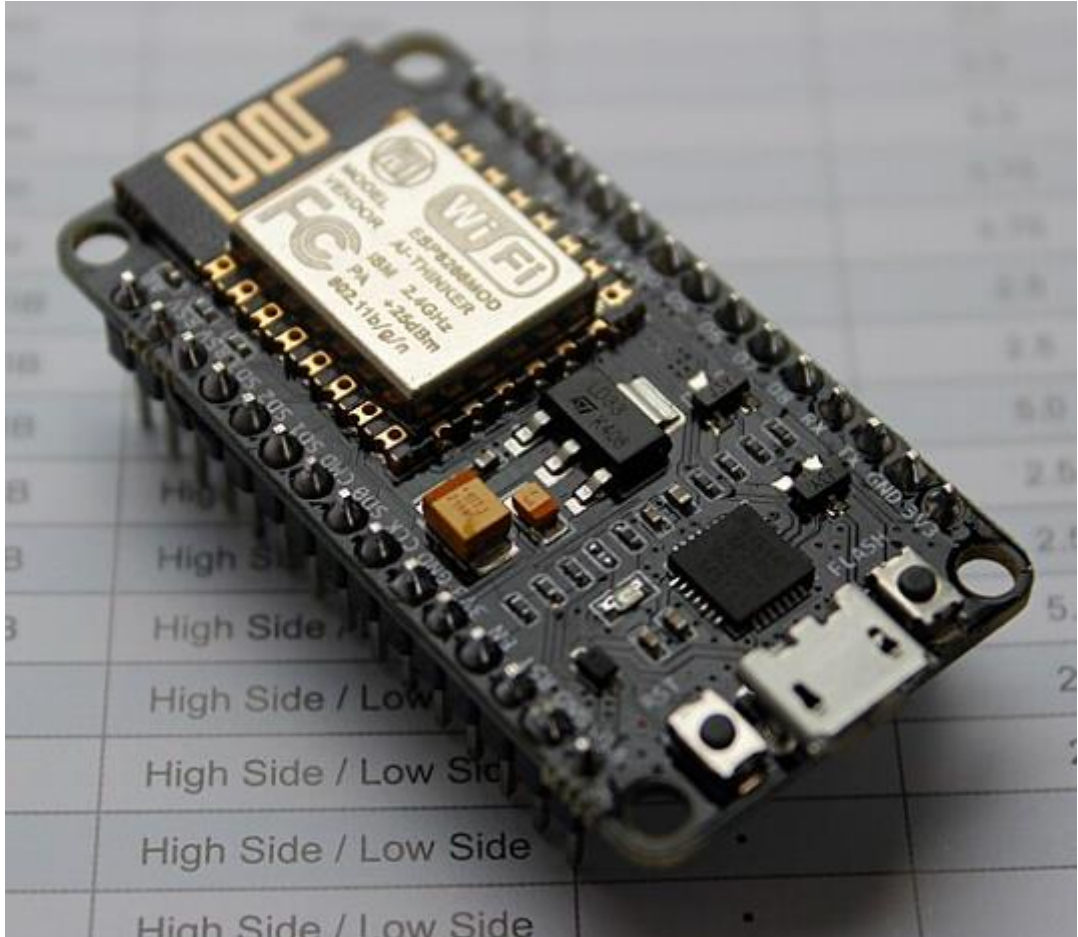


Рисунок 3.2 - Мікроконтролер ESP8266

Управління енергоспоживанням: Додавання можливості вимкнення запису даних на SD карту у відсутність дощу для економії енергії. Для того, щоб не записувати дані на SD-карту, коли немає дощу, можна внести зміни у функцію `writeDataToFile`. Ось варіант, який перевіряє, чи значення опадів більше за заданий поріг, перед тим як записати дані:

```
void writeDataToFile(float data) {
    // Поріг для запису даних (в мм дощу)
    float threshold = 0.1;
    // Перевірка, чи значення опадів більше порогу
    if (data >= threshold) {
```

```
// Откриваємо файл "data.txt" для запису
if (!dataFile.open("data.txt", O_WRITE | O_APPEND)) {
    Serial.println("Помилка відкриття файлу для запису на SD.");
    while (1);
}

// Якщо файл відкрито успішно, записуємо дані в нього
// Записуємо значення в міліметрах
dataFile.println(data);

// Записуємо дату і час
DateTime now = rtc.now();
dataFile.print(now.year(), DEC);
dataFile.print('/');
dataFile.print(now.month(), DEC);
dataFile.print('/');
dataFile.print(now.day(), DEC);
dataFile.print(" ");
dataFile.print(now.hour(), DEC);
dataFile.print(':');
dataFile.print(now.minute(), DEC);
dataFile.print(':');
dataFile.println(now.second(), DEC);

Serial.print("Записано на SD: ");
Serial.print(data);
Serial.println(" мм");

dataFile.close(); // Закриваємо файл
} else {
```

```
Serial.println("Опадів немає, дані не записані.");  
}  
}
```

Удосконалення датчика дощу: можливість використання більш точного або чутливого датчика дощу для покращення точності вимірювань.

Калібрування датчика дощу: Для отримання більш точних результатів вимірювань опадів проведено калібрування датчика дощу.

Додати індикатор стану: Щоб забезпечити зручність користування та візуальне відображення стану дощоміру, додано світлодіодний індикатор або LCD дисплей.

Змінити формат збереження даних: Для полегшення подальшого аналізу у програмах обробки даних, дані тепер зберігаються у форматі CSV (Comma Separated Values).

Додати можливість вимірювання температури: Для додаткового функціоналу та збільшення корисності, до дощоміру додано датчик температури і вологості.

Використання енергонезалежного джерела живлення: Додано акумулятор або сонячну батарею для забезпечення живлення у випадку відключення основного джерела.

Додати можливість вибору інтервалу збереження даних: Для оптимізації використання місця на SD карті, додано можливість налаштування інтервалу запису даних.

Розширення можливостей відображення даних: Для зручності користування, додано можливість відображення додаткової інформації, такої як сумарний обсяг опадів за день, тиждень або місяць.

Додати можливість віддаленого керування: Для забезпечення зручності моніторингу та управління, інтегровано можливість віддаленого керування через Bluetooth, Wi-Fi або Інтернет.

Додати систему сповіщення: Для підвищення функціональності, додано можливість відправки сповіщень або повідомлень у випадку виявлення

значного дощу або інших критичних умов.

Покращено механізм очищення датчика: Для забезпечення ефективності роботи, розглянуто можливість автоматизованого механізму очищення датчика від забруднень.

ВИСНОВКИ

Актуальність теми дослідження: Дослідження проведено в контексті швидкого розвитку бездротових технологій та постійного прагнення до підвищення ефективності радіосистем.

Огляд літератури: В процесі роботи був проведений детальний огляд літератури, що дозволив виявити основні проблеми та тенденції у галузі використання антенних рішень та обробки сигналів у радіосистемах.

Розроблені методи: Проведено розробку нових методів, які включають в себе використання передових технологій, таких як датчики, та вдосконалення алгоритмів обробки сигналів для підвищення якості та ефективності систем збору опадів.

Експериментальні дослідження: Проведено серію експериментів, які підтвердили високу ефективність та переваги запропонованих методів у порівнянні з традиційними підходами.

Практична реалізація: Розроблені методи успішно впроваджено у реальних умовах, що підкреслює їхню практичну цінність та можливість застосування у сучасних радіосистемах.

Висновки та перспективи: Висновки дослідження підкреслюють важливість використання передових антенних технологій та алгоритмів обробки сигналів у радіосистемах для досягнення більшої ефективності та якості зв'язку. Рекомендації стосуються подальшого вдосконалення та впровадження розроблених методів у сучасних радіосистемах з метою підвищення їхньої ефективності та конкурентоспроможності.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Ганшин Д. Г. Исследование защищенности системы связи с многочастотными сигналами. / Д. Г. Ганшин, В. В. Маслий, А. И. Цопа // Радиотехника. Всеукраинский межведомственный научно-технический сборник. – 2013. – Выпуск № 173. – С. 195-203.
2. Andre GM Lima, Leonardo Menezes. Smart antennas as an approach to instantaneous air inter- face with software-defined radios. IEEE antennas & propagation magazine vol. 49, No. 3, June 2007.
3. Hamid Krim, Mats Viberg. Two decades of array signal processing research. The parametric approach.// IEEE signal processing magazine. July 1996.
4. Теоретические основы радиолокации, под ред. Я. Д. Ширмана, М., 1970.
5. Бойко І.Ф. Застосування методу стохастичних інтегральних зображень для опису відбиття радіолокаційних сигналів від розподілених об'єктів //Вісник НАУ, № 1. – К.: НАУ, 2004. – С. 12 – 17.
6. Грехов А. М. Радіолокаційна станція // Велика українська енциклопедія. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://vue.gov.ua/> Радіолокаційна станція. (Дата звернення 10.11.23)
7. Jayamohan, "Not Your Grandfather's ADC: RF Sampling ADCs Offer Advantages," 2015.
8. Радіолокаційні станції розвідки рухомих цілей міліметрового діапазону [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://uos.ua/produksiya/tehnika-pvo/rls/104-> (Дата звернення 10.11.23)
9. J. G. Proakis and D. K. Manolakis, "Digital Signal Processing: Principles, Algorithms and Application," 4th Edition, Pearson, 2006.
10. Радіолокаційна станція П-190У [Електронний ресурс] –Режим доступу: <https://uos.ua/produksiya/tehnika-pvo/rls/108-radiolokatsionnayastantsiya-p-190u>
11. Мобільна станція дальньої радіотехнічної розвідки «Кольчуга» [Електронний ресурс]– Режим доступу: <https://uos.ua/produksiya/tehnika-pvo/rls/111-> (Дата звернення 10.11.23)
12. Модернізований рухомий радіовисотомір ПРВ-16МА [Електронний

ресурс]– Режим доступу: <https://uos.ua/produksiya/tehnika/pvo/rls/110-> (Дата
звернення 10.11.23)