

**«ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ,
МЕХАТРОНИКИ І РОБОТОТЕХНІКИ**
(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи магістра
на тему:

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА ВИМІРЮВАННЯ РАДІАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Виконав: студент 2 курсу, групи ІВТ-2м
напряму Інформаційно-вимірювальні
технології

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Миронов Богдан Євгенійович

(прізвище та ініціали)

Керівник д.т.н., професор Пількевич
Ігор Анатолійович

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

Житомир 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і
робототехніки

Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій
Спеціальність 175 «Інформаційно-вимірювальні технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри метрології та
інформаційно-вимірювальної техніки
д.т.н., професор Подчашинський Ю.О.

« _____ » _____ 202_ р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу магістра

Миронов Богдан Євгенійович

1. Тема роботи: Комп'ютеризована система вимірювання радіаційних параметрів навколишнього середовища

Затверджена Наказом по університету від «14» Листопада 2024 р. № 654/с

2. Термін здачі закінченої роботи на кафедру «23» Грудня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи:

Матеріали звіту про переддипломну практику, вимірювання радіації та температури, вологості, блютуз, вмикання/вимикання системи.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці):

- огляд та аналіз методів вимірювання радіації;

- розробка структурної, принципової схем;

- розробка програми та алгоритму;

- Розробка програмно-алгоритмічного та метрологічного забезпечення комп'ютеризованої системи;

5. Перелік графічного матеріалу (з точним визначенням обов'язкових креслень): Структурна схема, принципова схема, блок-схема алгоритму та друкована плата.

6. Консультанти з кваліфікаційної роботи магістра

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1,2	Пількевич І.А		
3,4	Пількевич І.А		

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Підготувати звіт про переддипломну практику	01.12.2023-06.12.2024	
2	Збір літературних даних за темою дипломної роботи та відомих систем вимірювання радіації	07.12.2024-14.12.2024	
3	Ознайомитись з основними принципами побудови систем вимірювання радіації	15.12.2024-21.12.2024	
4	Розробка структурної схеми системи вимірювання радіації	22.12.2024-28.12.2024	
5	Розробка структурної схеми системи вимірювання радіації	29.12.2024-04.12.2024	
6	Вибір компонентів	05.12.2024-15.12.2024	
7	Розробка блок-схеми алгоритму та програми системи вимірювання радіації	16.12.2024-20.12.2024	
8	Оформлення пояснювальної записки та презентаційного матеріалу	21.12.2024-26.12.2024	

Студент

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота магістра на тему «Комп'ютеризована система вимірювання радіаційних параметрів навколишнього середовища» містить 75 сторінки, 18 рисунків, 2 таблиць, 7 формули, 19 джерела.

В роботі проводиться обґрунтування актуальності створення нової комп'ютеризованої системи вимірювання радіаційних параметрів навколишнього середовища.

Розроблена структурна, та принципова схема системи вимірювання радіаційних параметрів навколишнього середовища. Прорахована надійність системи.

Розроблена блок-схема алгоритму роботи програми та відповідна програма.

ANNOTATION

The master's degree thesis on "Computerized system for measuring radiation parameters of the environment" contains 75 pages, 18 figures, 2 tables, 7 formulas, 19 sources.

The work substantiates the relevance of creating a computerized system for measuring environmental radiation parameters.

The structural, functional and schematic diagram of the system for measuring radiation parameters of the environment is developed. The reliability of the system is calculated.

A block diagram of the program algorithm and the corresponding program were developed.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ РАДІАЦІЇ.....	9
1.1.Огляд існуючих рішень вимірювання радіації.....	9
1.2.Опис існуючих методів вимірювання радіації	16
1.3. Формулювання завдань, що вирішуються в роботі.....	16
Висновки до 1 розділу.....	17
2. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ.....	18
2.1. Фізичні принципи вимірювання і метод вимірювання радіації	18
2.2 Обґрунтування складових.....	23
2.3. Обґрунтування мікроконтролера.....	25
2.4.Обґрунтування газорозрядного лічильника.....	27
2.5. Обґрунтування датчика температури та вологості	29
2.6.Обґрунтування акумулятора.....	30
2.7.Обґрунтування дисплею.....	31
2.8 Обґрунтування перетворювача напруги.....	33
2.9 Обґрунтування кнопки.....	34
2.10. Обґрунтування блютуз модуля	36
2.11. Математична модель	38
2.12.Структурна схема.....	39
Висновки до 2 розділу.....	41
3. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ.....	42
3.1. Вибір мікроконтролеру.....	42
3.2. Вибір газорозрядного лічильника	44
3.3. Вибір дисплею.....	46
3.4. Вибір датчика температури та вологості	48
3.5.Вибір акумулятора.....	50
3.6.Вибір перетворювача напруги.....	52
3.7.Вибір блютуз модуля.....	54

3.8. Побудова електрично-принципової схеми.....	56
3.9. Розробка друкованої плати.....	59
Висновок до 3 розділу.....	62
4. РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-АЛГОРИТМІЧНОГО ТА МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ.....	63
4.1. Розробка алгоритму.....	63
4.2. Розробка програми.....	66
4.3. Методи програмно-алгоритмічної обробки вимірювальної інформації (похибки).....	69
Висновок до 4 розділу.....	73
ВИСНОВКИ.....	74
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	75
ДОДАТКИ.....	78

ВСТУП

Актуальність теми. Усім хороші універсальні вимірювальні прилади. Радіаційна безпека є одним з найважливіших аспектів сучасного світу, особливо в умовах розвитку атомної енергетики та зростання кількості джерел іонізуючого випромінювання. Чорнобильська катастрофа підкреслила критичну потребу в комплексних та надійних системах радіаційного моніторингу в Україні, що стимулювало значний прогрес у цій галузі. Традиційні методи вимірювання радіаційних параметрів, хоча й досить точні, мають певні обмеження. Вони часто потребують значних затрат часу та людських ресурсів, а також не завжди дозволяють оперативно реагувати на зміни радіаційного фону. Саме тому розробка та впровадження комп'ютеризованих систем вимірювання радіаційних параметрів є надзвичайно важливим завданням.

Основне призначення дозиметра полягає в пошуку радіації в навколишньому середовищі, яке зазвичай виконується на різних ділянках зараження та АЕС або для повсякденного використання.

Отже, актуальність розробки комп'ютеризованої системи вимірювання радіаційних параметрів навколишнього середовища полягає в високоточних вимірювань радіаційного фону.

Метою даної роботи є розробка нової комп'ютеризованої системи вимірювання радіаційних параметрів навколишнього середовища.

Для досягнення даної мети необхідно вирішити наступні задачі:

- Аналіз існуючих методів та засобів вимірювання радіаційних параметрів;
- вибір контрольованого параметра і розробка на його основі структури КІВС радіаційних параметрів навколишнього середовища;
- розробка структурної та принципової схеми комп'ютеризованої системи вимірювання радіаційних параметрів навколишнього середовища;
- розробка блок-схеми алгоритму та програми забезпечення;

– розробка метрологічного забезпечення КІВС шляхом експериментального підтвердження метрологічних похибок вимірюваних значень радіації.

Об'єкт дослідження – процеси вимірювання радіаційних параметрів навколишнього середовища.

Предмет дослідження – комп'ютеризована система вимірювання радіаційних параметрів навколишнього середовища.

Методи дослідження базуються на аналітичному виведенні рівнянь математичної моделі вимірювального каналу, використанні методів визначення вимірювання радіації, використанні обчислювальних блоків у вимірювальному каналі, застосуванні методів комп'ютерного моделювання з наступною статистичною обробкою отриманих результатів.

Наукова новизна даної роботи полягає в:

- 1) Удосконалено структурну схему комп'ютеризованої системи вимірювання радіаційних параметрів навколишнього середовища;
- 2) Удосконалено програмно-алгоритмічний метод визначення радіаційного фону.

Практична цінність даної роботи полягає в:

- 1) вибрано сучасну елементну базу системи вимірювання радіаційних параметрів навколишнього середовища;
- 2) розраховано метрологічні характеристики комп'ютеризованої системи вимірювання радіаційних параметрів навколишнього середовища;
- 3) пропонується впровадити блютуз модуль, що дозволить передачу вимірюваних даних радіації на відстань безконтактним шляхом.

Структура та обсяг роботи. Дана робота складається з анотації, вступу, 3 основних розділів, висновків, переліку використаних літературних джерел та додатку. Робота викладена на 75 сторінках основного тексту і містить 25 рисунків, 4 таблиці та 20 джерел.

Публікації. За темою кваліфікаційної магістерської роботи було опубліковано 1 тези науково-практичної конференції:

Миронов Б.Є., Лугових О.О. Комп'ютеризована система вимірювання вмісту радіації в навколишньому середовищі. Тези XIII Міжнародної науково-технічної конференції «Інформаційно-комп'ютерні технології», 30–31 березня 2023 р. Житомир: "Житомирська політехніка", 2023. С. 158-159.

URL: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2023/06/povnyy-tekst.pdf>

1. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ РАДІАЦІЇ

1.1 Огляд існуючих рішень вимірювання радіації

На сьогоднішній день існує широкий спектр пристроїв для вимірювання радіації, які забезпечують моніторинг як для побутового, так і для професійного використання. Найпоширеніші серед них:

Портативні дозиметри:

Ecotest Terra-P

Найпопулярніший побутовий дозиметр в Україні та світі.

Створений на базі професійного приладу МКС-05 ТЕРРА, який знаходиться на озброєнні в української армії.

ТЕРРА-П допоможе вам перевірити радіаційну безпеку оселі, місця роботи та відпочинку, автомобіля, предметів побуту, одягу, будматеріалів, лісових ягід та грибів.

Дозиметр міряє рівень гамма-фону і накопичену дозу, оцінює бета-забруднення. Виконаний в ударостійкому корпусі жовтого кольору та має компактні розміри.

Дозиметр ТЕРРА-П відповідає педагогічним вимогам та рекомендований Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України для використання в закладах освіти як наочне обладнання.



Рис.1.1. Аналог Ecotest Terra-P

Технічні характеристики:

- Діапазон вимірювання потужності амбієнтного еквівалента дози гамма-випромінювання: від 0,1 до 999,9 мкЗв/год.
- Діапазон вимірювання амбієнтного еквівалента дози гамма-випромінювання: від 0,001 до 9 999 мЗв.
- Діапазон вимірювання щільності потоку бета-частинок: від 10 до 100 000 частинок/(см²·хв).
- Енергетичний діапазон вимірювання:
 - гамма-випромінювання: від 0,05 до 3,0 МеВ;
 - бета-випромінювання: від 0,5 до 3,0 МеВ.
- Час роботи від батареї: 6000 годин.
- Робочий температурний діапазон: від -10 до +50 °С.
- Вага: 0,2 кг.
- Розміри: 55 × 26 × 120 мм.

Дозиметр має вбудований лічильник Гейгера-Мюллера, чутливий до гамма- та бета-випромінювання. Він також має функції автоматичного налаштування інтервалів та діапазонів вимірювання, звукової сигналізації кожного зареєстрованого гамма-кванта або бета-частинки, програмування порогу звукової сигналізації потужності дози гамма-випромінювання, годинника та будильника.

Radex ONE

Це компактний персональний дозиметр, розроблений для виявлення бета, гамма- та рентгенівського випромінювання. Він призначений для вимірювання навколишнього іонізуючого випромінювання, а також радіоактивності матеріалів та продуктів. Radex ONE легкий і портативний, важить всього 40 г.



Рис.1.2. Аналог Radex ONE

Технічні характеристики:

- Діапазон вимірювання потужності дози: від 0,05 до 999 мкЗв/год.
- Діапазон вимірювання накопиченої дози: від 0 до 9 990 000 мкЗв.
- Енергетичний діапазон вимірювання:
 - гамма-випромінювання: від 0,1 до 1,25 MeV;
 - рентгенівське випромінювання: від 0,03 до 3,0 MeV;
 - бета-випромінювання: від 0,25 до 3,5 MeV.
- Похибка вимірювання потужності дози: $\pm(15+6/P)\%$, де P - потужність дози в мкЗв/год.
- Цикл вимірювання: 10 секунд.
- Живлення: 1 батарейка типу ААА.
- Температурний діапазон: від -20 до +50 °С.
- Розміри: 112 × 32 × 23 мм.
- Вага: 40 г (без батарейок).

ДКГ-21М

Індивідуальний дозиметр у пилозахисному корпусі підвищеного захисту, призначений для використання армією та службами цивільної оборони в умовах високих коливань температури та підвищеної запиленості атмосфери.

Використовується як електронний дозиметр прямої індикації для автоматизованої системи індивідуального дозиметричного контролю, а також як автономний прилад. Дозиметр дозволяє зберігати в енергонезалежній пам'яті історію накопичення дози з прив'язкою до реального часу та передавати її на комп'ютер.

При цьому автоматичне відключення живлення дозиметра блокується до моменту завершення процедури зчитування інформації, накопиченої в дозиметрі. У разі перевищення запрограмованих порогових рівнів дозою гамма-випромінювання або її потужністю спрацьовує світлова та звукова сигналізація. ДКГ-21М стоїть на озброєнні української армії.

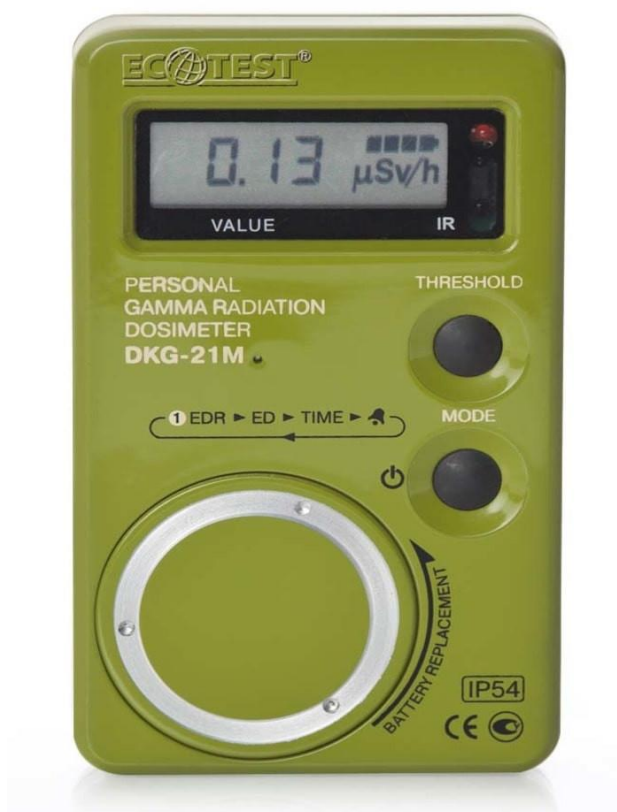


Рис.1.3. Аналог ДКГ-21М

Технічні характеристики:

- Діапазони вимірювання та відносні основні похибки:
 - Потужність індивідуальної еквівалентної дози гамма- та рентгенівського випромінювання Н Р (10) мкЗв/год 0,1... 1000000; (1 ... 10 мкЗв/год; $\pm 20\%$, 10 мкЗв/год ... 1 Зв/год; $\pm 10\%$);
 - Індивідуальна еквівалентна доза гамма- та рентгенівського випромінювання Н Р (10) мЗв 0,001... 9999; $\pm 15\%$;
- Енергетичний діапазон реєстрованого гамма-випромінювання та енергетична залежність МеВ 0,05...6,0; (0,05...1,25; $\pm 25\%$);
- Дискретність запам'ятовування в енергонезалежній пам'яті історії накопичення дози хв 5...255;
- Час зберігання інформації в енергонезалежній пам'яті року не менше 10;
- Швидкість обміну даними через інфрачервоний порт біт/с 38400;
- Відстань достовірного обміну даними між дозиметром та адаптером інфрачервоного порту м не більше 0,3;
- Час безперервної роботи від нового літієвого джерела живлення (CR2450)*год 4000;
- Діапазон робочих температур °С -20... 50;
- Вага кг 0.14;
- Розміри мм 56x96x16;

Стационарні системи моніторингу:

GammaTRACER - это автономный зонд для измерения мощности дозы гамма-излучения, разработанный компанией Bertin Instruments. Он предназначен для стационарного и мобильного использования, а также для работы в экстремальных условиях .

Технические характеристики:

- Тип излучения: рентгеновское и гамма-излучение.

- Тип детектора: 2 или 3 энергокомпенсированных счетчика Гейгера-Мюллера.
- Единица измерения: $H^*(10)$, H_x , R.
- Диапазон измерения мощности дозы:
 - BASIC: от 20 нЗв/ч до 10 мЗв/ч.
 - Wide: от 20 нЗв/ч до 10 Зв/ч.
 - High: от 1 мЗв/ч до 10 Зв/ч.
 - XL2: от 10 нЗв/ч до 10 Зв/ч.
- Цикл измерения: от 1 минуты до 120 минут.
 - Режим быстрого реагирования (XL2): 1 секунда.
- Энергетический диапазон:
 - BASIC/Wide: от 45 кэВ до 3 МэВ.
 - HIGH: от 80 кэВ до 4,4 МэВ.
 - XL2: от 45 кэВ до 2 МэВ.
- Внутренняя память: до 12 800 наборов данных, до 1065 дней, в зависимости от типа зонда и цикла измерения.
- Встроенные датчики: температура, влажность, удары, опционально GPS.
- Рабочая температура: от -20 °C до +50 °C (опционально от -40 °C до +60 °C).
- Автономность: до 10 лет без внутренней солнечной панели. Неограниченная с внутренней солнечной панелью (при 10-минутном цикле измерения, в зависимости от условий окружающей среды).
- Интерфейсы связи: инфракрасный, RS232/RS485, GSM/2G/3G/4G/LTE, радио ShortLINK/SkyLINK, спутниковый.
- Класс защиты: IP 68 (герметичный корпус), IP 67 (кабельные версии).
- Опции: дополнительные датчики (дождь, ветер, погода), питание от солнечных батарей, сейсмостойкая версия.



Рис.1.Аналог GammaTRACER.

Основні характеристики: висока точність вимірювань, довготривала робота без втручання оператора.

Використовуються для моніторингу в зонах підвищеного радіаційного ризику, наприклад, у зоні відчуження.

Автоматизовані системи вимірювання:

Сучасні розробки інтегрують мікроконтролери, сенсори та хмарні платформи.

Можливість передачі даних у реальному часі забезпечує високий рівень автоматизації та аналізу.

Огляд показує, що сучасні системи добре задовольняють потреби у визначенні радіаційного фону, проте існує необхідність створення рішень, які поєднують точність, автономність і доступність.

1.2 Опис існуючих методів вимірювання радіації

Для вимірювання радіації використовуються різноманітні методи:

Іонізаційний метод. Цей метод базується на вимірюванні іонізаційного струму, який виникає у газовому середовищі під дією випромінювання.

Лічильники Гейгера-Мюллера є найпоширенішими іонізаційними приладами.

Сцинтиляційний метод. Використовує сцинтиляційні матеріали, які випромінюють світло під дією іонізуючих частинок. Світловий сигнал фіксується фотопомножувачами.

Напівпровідниковий метод. Базується на використанні напівпровідників (кремній, германій), які генерують електричний сигнал під дією випромінювання.

Пасивні методи. Використовуються для довготривалого моніторингу радіації. Наприклад, термо-люмінесцентні детектори накопичують інформацію, яка аналізується пізніше у лабораторії.

1.3 Формулювання завдань, що вирішуються в роботі

На основі аналізу сучасних рішень та методів вимірювання радіації було визначено такі завдання:

1. Розробити комп'ютеризовану систему вимірювання радіації, яка поєднує переваги різних методів вимірювання.
2. Забезпечити автоматизацію процесу збору та обробки даних, використовуючи сучасні мікроконтролери та програмне забезпечення.
3. Інтегрувати IoT-платформи для передачі даних у реальному часі з можливістю централізованого моніторингу.
4. Забезпечити практичну цінність розробки шляхом адаптації системи для використання у різних середовищах (повітря, вода, ґрунт).

Висновок до 1 розділу

В даному розділі проаналізовано існуючі методи вимірювання радіації та технологічні рішення. Виявлено, що жодна з існуючих систем не забезпечує одночасно високу точність, автономність та економічну доступність. Це обґрунтовує актуальність розробки нової комп'ютеризованої системи, яка вирішує поставлені завдання та може бути використана для моніторингу в екстремальних умовах.

2. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

2.1. Фізичні принципи вимірювання і метод вимірювання радіації

Фізичні принципи вимірювання радіації

Радіація є потоком частинок або електромагнітних хвиль, що випромінюються нестабільними атомними ядрами або іншими джерелами.

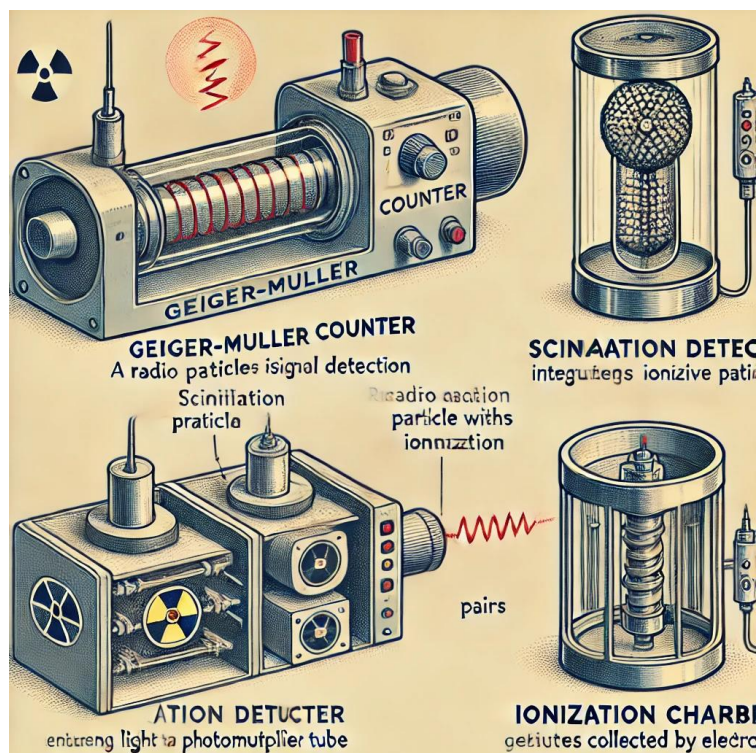


Рис.2 Фізичні принципи вимірювання радіації

Вимірювання радіації базується на взаємодії іонізуючого випромінювання з речовиною. Основні фізичні принципи, що використовуються у вимірюваннях:

Іонізація

Іонізуюче випромінювання (альфа, бета, гамма) утворює пари іонів у газовому, рідкому або твердому середовищі.

Цей процес лежить в основі роботи іонізаційних камер, лічильників Гейгера-Мюллера та інших приладів.

Сцинтиляція

Взаємодія іонізуючого випромінювання з сцинтиляційним матеріалом викликає випромінювання світла.

Світловий сигнал підсилюється та перетворюється у вимірюваний електричний імпульс.

Напівпровідникові явища

У напівпровідникових матеріалах радіація створює електронно-діркові пари, які генерують електричний сигнал.

Цей принцип використовується для високоточного аналізу енергії випромінювання.

Поглинання енергії

Дозиметри розраховують енергію, яку випромінювання передає середовищу, наприклад, людському тілу або датчику.

Вимірювання здійснюється в одиницях сівертів (Sv) або грей (Gy).

Радіаційна хімія

Радіація викликає хімічні зміни у спеціальних матеріалах, наприклад, в дозиметричних фільмах чи термолюмінесцентних матеріалах.

Інтенсивність цих змін пропорційна дозі опромінення.

Методи вимірювання радіації

Іонізаційний метод

Іонізація газу — один із найстаріших і найпоширеніших методів вимірювання радіації. Лічильники Гейгера-Мюллера є класичним прикладом цього підходу. Ці прилади використовуються для швидкого виявлення радіаційного фону та оцінки дози випромінювання

Method: Іонізаційна камера

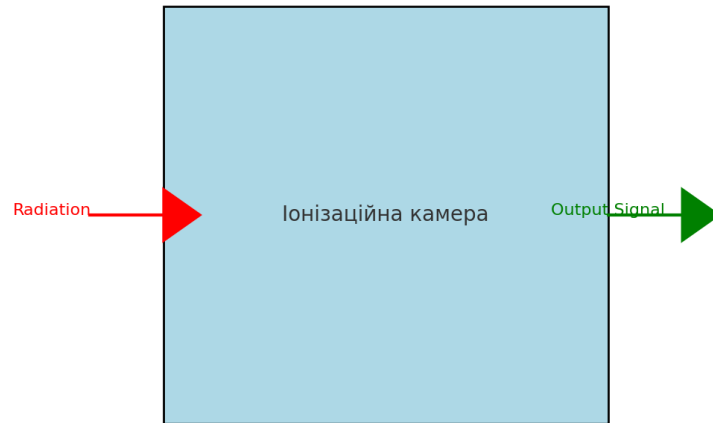


Рис.2.1 Схема іонізаційний метод

Сцинтиляційний метод

Цей метод забезпечує високу чутливість і точність завдяки використанню сцинтиляційних кристалів, які випромінюють світло під дією іонізуючої радіації. Світлові імпульси реєструються спеціальними підсилювачами.

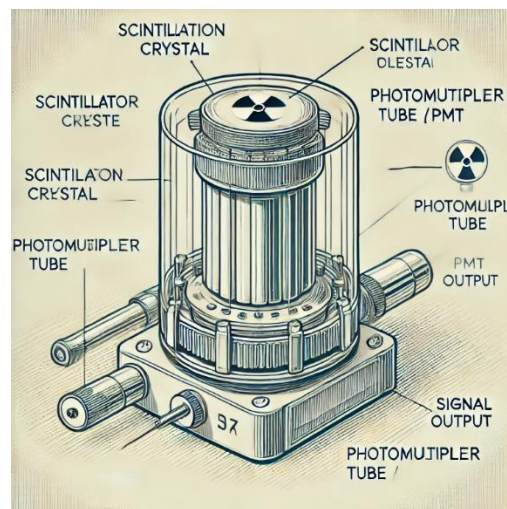


Рис.2.2 Схема сцинтиляційний метод

Напівпровідниковий метод

Напівпровідники є надзвичайно чутливими до іонізуючої радіації. Вони дозволяють проводити детальний спектральний аналіз випромінювання, що важливо для ядерної фізики та промисловості.

Люмінесцентний метод

Цей метод популярний для тривалого накопичення інформації про дозу радіації. Прилади цього типу не потребують постійного джерела живлення, але вимагають лабораторного аналізу для розшифрування даних.

Радіохімічний метод

Цей метод використовується для досліджень у високорадіаційних середовищах, наприклад, у зоні ядерних аварій. Радіація змінює хімічний склад матеріалів, що можна аналізувати лабораторно.

Таблиця 2.1. Порівняння методів вимірювання радіації

Метод	Принцип дії	Переваги	Недоліки	Застосування
Іонізаційний	Іонізуюче випромінювання викликає утворення пар іонів у газовому середовищі, що реєструється детектором як електричний імпульс.	Простота, надійність конструкції	Не дозволяє визначити енергію чи тип випромінювання	Використовується в персональних дозиметрах, мобільних приладах для моніторингу.
Сцинтиляційний	Радіація викликає свічення у спеціальному сцинтиляційному матеріалі, світло підсилюється фотоелектронним помножувачем та перетворюється на сигнал.	Висока точність і швидкість вимірювань	Висока вартість, чутливість до зовнішніх умов	Спектрометрія випромінювання, медичні прилади (наприклад, ПЕТ-сканери).
Напівпровідниковий	Радіація створює електронно-діркові пари в напівпровідниках, наприклад, у	Висока точність, можливість аналізу спектра	Потреба в охолодженні через тепловий шум, висока ціна	Використовується в спектрометрії, моніторингу наукових та

	кремнії чи германії, що реєструються як електричний сигнал.			промислових об'єктів.
Люмінесцентний	Випромінювання збуджує матеріали, які накопичують енергію. Під час нагрівання матеріал випромінює світло, інтенсивність якого пропорційна дозі опромінення.	Простота, довготривалий моніторинг	Низька швидкість вимірювань, складність лабораторного аналізу	Дозиметрія персоналу в довготривалих експозиціях (наприклад, в атомній енергетиці).
Радіохімічний	Радіація викликає хімічні реакції у спеціальних матеріалах, зміни яких можуть бути проаналізовані лабораторними методами.	Висока чутливість до високих доз	Вимагає лабораторних умов, непридатний для оперативного моніторингу	Дослідження високих доз радіації в ядерних реакторах, лабораторний аналіз.

Ці фізичні принципи та методи вимірювання забезпечують базу для створення більш сучасних, автоматизованих систем моніторингу, які дозволяють не лише реєструвати, а й аналізувати радіаційний фон у реальному часі.

2.2. Обґрунтування складових

Мікроконтролер ATmega328P. ATmega328P є основним елементом управління дозиметром. Завдяки своїй енергоефективності, доступності, зручності програмування через середовище Arduino IDE та підтримці інтерфейсів UART, SPI та I2C, цей мікроконтролер ідеально підходить для реалізації обчислювальних завдань. Він відповідає за обробку імпульсів, що надходять від трубки Гейгера, формування сигналів для високовольтного перетворювача, управління периферійними пристроями (дисплеєм, датчиком температури і вологості) та передавання даних.

Трубка Гейгера СБМ-20. СБМ-20 – це популярний, високочутливий датчик іонізуючого випромінювання, що забезпечує точність вимірювання рівня радіації. Вона характеризується високою стабільністю роботи та довговічністю. Трубка працює на принципі генерації імпульсів під впливом іонізуючого випромінювання. Для її живлення потрібна стабільна висока напруга (приблизно 400 В), що генерується у схемі дозиметра. СБМ-20 є надійним вибором для вимірювання радіаційного фону в польових та лабораторних умовах.

Дисплей LCD1602 з інтерфейсом I2C. LCD1602 використовується для відображення інформації про рівень радіації, температуру, вологість та стан акумулятора. Інтерфейс I2C дозволяє мінімізувати кількість необхідних з'єднань між дисплеєм і мікроконтролером, що спрощує монтаж і економить виводи на мікроконтролері. Завдяки дворядковому формату і 16 символам на рядок, LCD1602 забезпечує зручне відображення даних, що робить його ідеальним вибором для портативного пристрою.

Датчик АНТ10. АНТ10 – це сучасний цифровий датчик температури та вологості з високою точністю. Він підключається через інтерфейс I2C, що дозволяє легко інтегрувати його у схему дозиметра. Дані про температуру і вологість використовуються для моніторингу навколишнього середовища, оскільки ці параметри можуть впливати на точність вимірювання радіаційного фону. АНТ10 також має низьке енергоспоживання, що є важливою перевагою для автономного пристрою.

Літій-іонний акумулятор Samsung 18650. Акумулятор Samsung 18650 забезпечує автономність роботи дозиметра. Він має високу ємність і довговічність, що дозволяє тривало використовувати пристрій без частого заряджання. Літій-іонний акумулятор є оптимальним вибором для портативних пристроїв завдяки своїй компактності, енергоефективності та можливості багаторазової зарядки.

Плата підвищувального перетворювача J5019. J5019 забезпечує стабільну вихідну напругу 5 В для живлення мікроконтролера, датчиків і дисплея. Він також виконує функцію зарядки акумулятора Samsung 18650, що спрощує живлення пристрою. Ця плата має компактні розміри і вбудовану систему захисту акумулятора, що забезпечує безпечну та ефективну експлуатацію.

Модуль ESP32. ESP32 додає функцію бездротового передавання даних через Wi-Fi та Bluetooth. Завдяки цьому користувач може отримувати інформацію про рівень радіації, температуру і вологість у режимі реального часу через веб-інтерфейс або мобільний додаток. ESP32 також має значну обчислювальну потужність і підтримує інтерфейси I2C, SPI, UART, що дозволяє розширити функціональність дозиметра та інтегрувати його в IoT-системи.

Кожна з перелічених складових ретельно підібрана для забезпечення ефективної роботи дозиметра, мінімізації енергоспоживання та забезпечення багатофункціональності пристрою.

2.3. Обґрунтування мікроконтролера

Мікропроцесор (або чіп) - це мініатюрний електронний мозок, вбудований в комп'ютер або інший пристрій. Він відповідає за обчислення, управління та обробку інформації, виконуючи команди, які визначають роботу пристрою. Мікропроцесор складається з мільйонів крихітних елементів (транзисторів), що здійснюють різноманітні дії, такі як математичні розрахунки, логічні операції, зберігання даних та взаємодію з іншими компонентами. Він функціонує завдяки синхронізуючим імпульсам (тактовому сигналу), які задають темп роботи та обміну інформацією.

Існує величезна різноманітність мікропроцесорів з різними архітектурами та модифікаціями. Кожен з них має унікальні параметри, такі як кількість обчислювальних модулів (ядер), швидкість роботи (тактова частота), об'єм вбудованої пам'яті (кеш-пам'ять), підтримувані команди та інші особливості.

Виробники мікропроцесорів, такі як Intel, AMD, ARM та інші, постійно вдосконалюють свої вироби, створюючи нові генерації з покращеними характеристиками, продуктивністю та енергоефективністю.

Різновиди мікропроцесорів:

Atmel: Це сімейство мікропроцесорів з багатьма моделями, такими як ATmega16, ATmega64, ATmega128 та інші. Вони доступні, прості у використанні та мають розгалужене середовище розробки та багато готових програмних модулів. Часто застосовуються для навчання, створення прототипів та реалізації різноманітних проектів.

Raspberry Pi: Це міні-комп'ютер з вбудованим мікропроцесором ARM. Він надає більше можливостей у порівнянні з Arduino, включаючи підтримку операційних систем, здатність виконувати складні завдання та підключення до різних пристроїв. Raspberry Pi широко використовується для автоматизації дому, медіацентрів, проектів "Інтернету речей" та багато іншого.

ESP8266/ESP32: Ці мікроконтролери мають вбудовані модулі Wi-Fi та Bluetooth, що робить їх ідеальними для проектів, пов'язаних з мережею Інтернет. Вони мають високу продуктивність та здатність працювати з численними

датчиками та пристроями. Підтримуються популярним середовищем Arduino IDE.

Micro:bit: Це мікроконтролер, створений спеціально для освіти. Він має вбудовані кнопки, світлодіоди, датчик руху та може спілкуватися з іншими пристроями за допомогою бездротового зв'язку Bluetooth. Micro:bit має власне онлайн-середовище програмування, яке спрощує процес для початківців.

Обрано для приладу тип мікропроцесора Atmel.

2.4. Обґрунтування газорозрядного лічильника

Газорозрядний лічильник являє собою металевий (або скляний) контейнер (циліндр), наповнений розрідженою сумішшю інертних газів з невеликими домішками, які покращують його функціонування. Анодом служить тонка металева нитка, розтягнута всередині корпусу, який є катодом (у скляних лічильників катод – тонкий шар металу, нанесений на внутрішню поверхню корпусу).

Газорозрядні лічильники використовуються в пристроях, призначених для виявлення і вимірювання ступеня забруднення різних поверхонь радіоактивними речовинами. Вони також можуть застосовуватися для вимірювання потужності дози гамма-випромінювання (рівня радіації).

Різновиди газорозрядних лічильників:

Лічильники Гейгера-Мюллера: Це найпоширеніший тип газорозрядних лічильників. Вони складаються з газової трубки з анодом і катодом, наповненої газом під високим тиском. При виявленому випромінюванні газ у трубці іонізується, що створює електричні імпульси, які можна виміряти і порахувати.

Пропорційні лічильники: Ці лічильники працюють за принципом пропорційного розряду. У них зазвичай використовується змішаний газ, що складається з газу робочого середовища та додаткових компонентів. Результатом взаємодії радіаційних частинок з газом є утворення іонної пари, яка викликає електричний розряд. Вимірюються струми розряду для визначення рівня радіації.

Іскрові лічильники: Цей тип лічильника використовує іскровий розряд для вимірювання радіації. Енергія випромінювання призводить до утворення іскор в газовому середовищі, які реєструються та підраховуються.

Комбіновані лічильники: Ці лічильники поєднують властивості пропорційних лічильників та лічильників Гейгера-Мюллера. Вони працюють у пропорційному режимі для низьких рівнів радіації та у режимі лічильника Гейгера-Мюллера для високих рівнів радіації.

Це лише декілька загальних видів газорозрядних лічильників. Кожен тип має свої унікальні характеристики, переваги та обмеження, і вони можуть застосовуватися в різних галузях, включаючи ядерну фізику, медицину, промисловість та радіаційний контроль.

2.5. Обґрунтування датчика температури та вологості

Датчик температури та вологості – це електронний прилад, який застосовується для визначення температури та вологості в оточуючому середовищі. Він має вбудований сенсор, що реагує на зміни температури і вологості, а також мікроконтролер, який зчитує показники з сенсора і передає їх на зовнішній пристрій, такий як інший мікроконтролер або комп'ютер.

Різновиди датчиків температури та вологості:

Існує безліч різноманітних датчиків температури і вологості, створених для різних потреб та застосувань.

Ось декілька основних типів:

Резистивні датчики: Ці датчики використовують властивість деяких матеріалів змінювати свій електричний опір при зміні температури або вологості. Наприклад, термістори використовують залежність опору від температури, а резистори на основі полімерів можуть бути використані для вимірювання вологості.

Термопари: Термопари генерують електричний сигнал, який залежить від різниці температур між двома точками з'єднання різних металів. Цей сигнал може бути використаний для визначення температури.

Терморезистори: Це датчики, які змінюють свій опір залежно від температури. Наприклад, датчики на основі платини, такі як PT100 або PT1000, широко застосовуються для вимірювання температури в промисловості.

Ємнісні датчики: Ці датчики використовують залежність ємності від температури або вологості. Ємнісні датчики можуть бути засновані на різних матеріалах, таких як полімери або кераміка.

Оптичні датчики: Вони використовують властивості світла для вимірювання температури або вологості. Наприклад, оптичні датчики використовують залежність відбиття або пропускання світла від матеріалу для визначення параметрів.

2.6.Обґрунтування акумулятора

Акумулятори - це пристрої для накопичення електричної енергії, які можуть жити різні прилади та системи. Вони функціонують завдяки хімічним процесам, що дозволяють заряджати та розряджати акумулятор для зберігання та вивільнення електричної енергії.

Основний принцип роботи акумулятора полягає в тому, що під час заряджання він акумулює електричну енергію у своїй хімічній структурі, а під час розряджання віддає цю енергію у вигляді електричного струму. Хімічна реакція відбувається між двома електродами, розділеними електролітом (речовиною, що проводить електричний струм).

Залежно від типу акумулятора, використовується різна хімічна система. Найпоширеніші типи акумуляторів:

Свинцево-кислотний акумулятор: Застосовується в автомобілях, системах резервного живлення та інших великих застосуваннях. Він має високу ємність, але низьку енергетичну щільність.

Літій-іонний акумулятор: Широко використовується в портативній електроніці, такій як мобільні телефони, ноутбуки, планшети. Він має високу енергетичну щільність, низький рівень саморозряду і невеликі розміри.

Літій-полімерний акумулятор: Схожий на літій-іонний акумулятор, але має більш гнучку форму і може бути виготовлений у різних розмірах та формах. Використовується в портативній електроніці, дронах, робототехніці та інших пристроях.

Нікель-метал-гідридний акумулятор: Широко використовується у різних пристроях, включаючи фотоапарати, іграшки, портативні радіостанції. Він має високу ємність, але меншу енергетичну щільність у порівнянні з літій-іонним акумулятором.

2.7. Обґрунтування дисплею

Рідкокристалічний дисплей (LCD) - це електронний прилад для візуалізації інформації (екран), принцип роботи якого базується на зміні орієнтації молекул рідких кристалів під впливом електричного поля (явище Фредерікса). Екран складається з множини кольорових або монохромних точок (пікселів), а також джерела світла або відбивача.

Кожна кольорова точка LCD-екрана утворена кількома комірками (зазвичай трьома), перед якими розташовані світлові фільтри (найчастіше - червоний, синій і зелений). Таким чином, колір точки та її яскравість визначаються інтенсивністю світіння комірок, з яких вона складається. Управління кожною коміркою здійснюється за допомогою напруги, яку подається на неї одним з тонкоплівкових транзисторів (TFT). Рідкокристалічні екрани споживають мало енергії, тому вони широко використовуються як у портативних пристроях (годинниках, мобільних телефонах, кишенькових комп'ютерах), так і в комп'ютерних моніторах, телевізорах тощо.

Різновиди LCD-екранів:

LCD на базі HD44780: Це досить поширені та доступні LCD-екрани з розміщенням 16x2 або 20x4 символи. Вони функціонують на основі контролера HD44780 і зазвичай мають вбудований інтерфейс I2C, що спрощує їх підключення до мікроконтролера або плати Arduino.

OLED на базі SSD1306: Ці екрани використовують органічні світлодіоди (OLED) і також підтримують інтерфейс I2C. Вони відрізняються високою яскравістю та контрастністю, а також здатні відображати текст і графіку на монохромному екрані.

TFT на базі ILI9341/ST7789: Ці екрани призначені для відображення кольорової графіки і зазвичай мають роздільну здатність 240x320 пікселів. Вони підтримують інтерфейс SPI та мають багатфункціональний драйвер, який дозволяє відображати текст, графіку та анімацію.

Інтегровані дисплейні модулі: Деякі виробники, такі як Nextion або Waveshare, пропонують готові дисплейні модулі з вбудованим контролером, які

можуть керуватися через інтерфейс UART або SPI. Ці модулі зазвичай мають сенсорну панель і дозволяють створювати інтерактивні інтерфейси з відображенням тексту, графіки та кнопок.

2.8 Обґрунтування перетворювача напруги

Перетворювач напруги, також відомий як блок живлення або інвертор, — це пристрій, який змінює рівень напруги з одного значення на інше. Основне його призначення — забезпечувати потрібний рівень напруги для роботи електронних пристроїв чи систем.

Перетворювачі напруги можуть мати різні функції та характеристики, залежно від сфери використання. Основні типи таких пристроїв включають:

AC/DC-перетворювачі (AC/DC Converters): Приймають змінну напругу (AC) від електромережі та перетворюють її в постійну напругу (DC), необхідну для живлення багатьох електронних пристроїв.

DC/DC-перетворювачі (DC/DC Converters): Приймають постійну напругу (DC) і змінюють її рівень на інший. Використовуються для підвищення або зниження напруги, щоб забезпечити відповідність вимогам конкретного пристрою чи системи.

DC/AC-перетворювачі (DC/AC Converters або інвертори): Перетворюють постійну напругу (DC) у змінну (AC). Застосовуються в сонячних енергосистемах, автомобільних джерелах живлення чи автономних енергетичних установках, де потрібно отримати змінну напругу для роботи різних пристроїв.

Для розроблюваного приладу обрано DC/DC-перетворювач, який забезпечує зміну постійної напруги на інший рівень, відповідний потребам системи.

2.9 Обґрунтування кнопки

Кнопка — це електромеханічний компонент, який використовується для передачі сигналу або активації функцій в електронних пристроях. Її конструкція включає контакти, з'єднані металевими пружинами, які замикаються при натисканні. Форми та розміри кнопок можуть бути різноманітними: круглими, прямокутними або іншими.

При натисканні кнопка замикає контакти, створюючи електричний зв'язок. Це дозволяє передавати сигнал або запускати певну функцію пристрою. Існують різні механізми замикання кнопок:

- Моментальні кнопки: контакти замикаються тільки на час натискання, після чого повертаються у вихідний стан.
- Тримаючі кнопки: залишаються замкнутими після натискання до наступного натискання.

Кнопки широко застосовуються в електроніці: від комп'ютерів і мобільних телефонів до побутової техніки, автомобілів та ігрових пристроїв. Вони забезпечують зручність у взаємодії з пристроями, дозволяючи виконувати команди та управляти функціями.

Типи кнопок:

Моментальні кнопки: Найпоширеніший вид, що активуються лише під час натискання та автоматично повертаються у вихідний стан.

Тримаючі кнопки: Забезпечують стійке замикання, залишаючись активованими до наступного натискання. Використовуються для функцій, які потребують постійного підключення або тривалої роботи.

Двосторонні кнопки: Оснащені контактами з обох боків, що дозволяє використовувати їх як перемикачі. Натискання на одну сторону розриває контакт однієї половини кнопки, тоді як натискання на іншу — розриває контакт другої половини.

Аналогові кнопки: Забезпечують плавну зміну значення при натисканні. Вони застосовуються для регулювання параметрів, таких як гучність або інші характеристики, де потрібна поступова корекція.

Кнопки з кристалічними контактами: Виконані з кристала або подібного матеріалу, що забезпечує високу точність і тривалий термін служби контактів.

Мембранні кнопки: Складаються з гнучкої мембрани, яка при натисканні замикає контакти. Цей тип кнопок часто використовується в пристроях із плоскими панелями керування.

Кнопки з підсвічуванням: Оснащені вбудованими світловими індикаторами, які відображають стан кнопки, наприклад, увімкнено або вимкнено.

2.10. Обґрунтування блютуз модуля

Обґрунтування блютуз модуля для бездротової передачі даних у системі вимірювання радіації

У рамках магістерської роботи, присвяченої розробці комп'ютеризованої системи вимірювання радіації, важливим аспектом є забезпечення зручного та ефективного зв'язку між системою та користувачем. У сучасному світі, де панує цифровий простір, бездротові технології відіграють ключову роль у забезпеченні зв'язку між різноманітними пристроями. Серед них особливе місце посідає Bluetooth - технологія, що стала невід'ємною частиною нашого повсякденного життя. Вона пропонує зручний та ефективний спосіб обміну інформацією на невеликих відстанях, відкриваючи широкі можливості для інновацій та покращення якості життя.

Bluetooth-модуль - це компактний електронний пристрій, який інтегрується в різноманітну електроніку, надаючи їй можливість бездротового зв'язку. Він функціонує як своєрідний "перекладач", перетворюючи дані в радіохвилі та навпаки, забезпечуючи обмін інформацією між пристроями без необхідності фізичного підключення.

Переваги використання Bluetooth-модуля:

Універсальність: Bluetooth є стандартизованою технологією, що забезпечує сумісність між різними пристроями різних виробників. Це дозволяє створювати гнучкі та масштабовані системи, де пристрої можуть легко взаємодіяти між собою.

Простота використання: Bluetooth-модулі легко інтегруються та налаштовуються, не вимагаючи складних процедур встановлення чи конфігурації. Користувачі можуть легко підключати та використовувати пристрої з Bluetooth без спеціальних знань чи навичок.

Енергоефективність: Сучасні Bluetooth-модулі, особливо ті, що використовують стандарт Bluetooth Low Energy (BLE), споживають мінімальну кількість енергії. Це дозволяє використовувати їх у портативних пристроях та пристроях з батарейним живленням, продовжуючи час автономної роботи.

Низька вартість: Bluetooth-модулі є відносно недорогими компонентами, що робить їх доступними для широкого кола застосувань, від побутової електроніки до промислових систем.

Безпека: Bluetooth використовує різні механізми безпеки, включаючи шифрування та аутентифікацію, для захисту даних від несанкціонованого доступу. Це забезпечує конфіденційність та цілісність інформації, що передається.

Bluetooth-модуль є важливим елементом сучасних технологій, що забезпечує бездротовий зв'язок між різними пристроями. Його універсальність, простота використання, енергоефективність та низька вартість роблять його привабливим рішенням для широкого кола застосувань. Він сприяє розвитку інновацій, покращенню якості життя та створенню більш зручного та підключеного світу.[16]

2.11. Матиматична модель

Етапи розробки математичної моделі

1. Фізичні процеси в детекторі

Радіація, проходячи через матеріал детектора, викликає:

Іонізацію: у газових детекторах створюються іонні пари.

Закон: $I = k \cdot N$, де I — кількість іонних пар, N — інтенсивність радіації, k — коефіцієнт іонізації.

Сцинтиляцію: світло випромінюється при взаємодії радіації з кристалом.

Закон: $L = E \cdot Y$, де L — кількість світла, E — енергія радіації, Y — світловий вихід матеріалу.

2. Інтенсивність радіації та потужність дози

Формула для потужності дози:

$$D = \frac{K \cdot A}{r^2},$$

де:

D — потужність дози (Гр/год),

K — коефіцієнт перетворення залежно від типу радіації,

A — активність джерела (Бк),

r — відстань від джерела до детектора (м).

3. Геометрія системи

Врахування розташування джерела радіації та детектора:

- Рівняння для ізотропного джерела:

$$I(r, \theta) = \frac{A}{4\pi r^2},$$

де θ — кут між напрямком радіації та детектором.

2.12. Структурна схема

Структурна схема системи вимірювання радіації:

Для створення системи вимірювання радіації було обрано наступні компоненти, які разом утворюють її "скелет":

1. Джерело живлення: Акумуляторна батарея, що забезпечує енергією всі елементи системи.
2. Перетворювач напруги: Модуль, який змінює напругу з акумулятора до рівня, необхідного для живлення інших компонентів.
3. Датчик температури та вологості: Пристрій, що вимірює температуру та вологість навколишнього середовища і передає ці дані мікроконтролеру.
4. Мікроконтролер: "Мозок" системи, який керує роботою всіх інших компонентів. Він отримує дані з датчиків, обробляє їх, керує виведенням інформації на дисплей та звуковими сигналами.
5. Дисплей: Екран, на якому відображається інформація про температуру, вологість, рівень радіації та стан системи.
6. Звуковий індикатор: Активний зумер, який видає звукові сигнали для оповіщення про певні події, наприклад, перевищення допустимого рівня радіації.
7. Датчик радіації: Трубка Гейгера, що вимірює рівень радіації в навколишньому середовищі та передає дані мікроконтролеру.
8. Bluetooth-модуль: Пристрій, який забезпечує бездротову передачу даних про рівень радіації на телефон або комп'ютер для подальшого аналізу та візуалізації.

Взаємодія компонентів:

- Акумулятор живить всю систему.
- Перетворювач напруги адаптує напругу для живлення компонентів.
- Датчики вимірюють температуру, вологість та радіацію.
- Мікроконтролер отримує дані з датчиків, обробляє їх та керує іншими компонентами.
- Дисплей та звуковий індикатор інформують користувача про стан системи та результати вимірювань.

— Bluetooth-модуль передає дані на зовнішні пристрої.

Таким чином, всі компоненти системи взаємодіють між собою для забезпечення її ефективної роботи та виконання поставлених завдань.

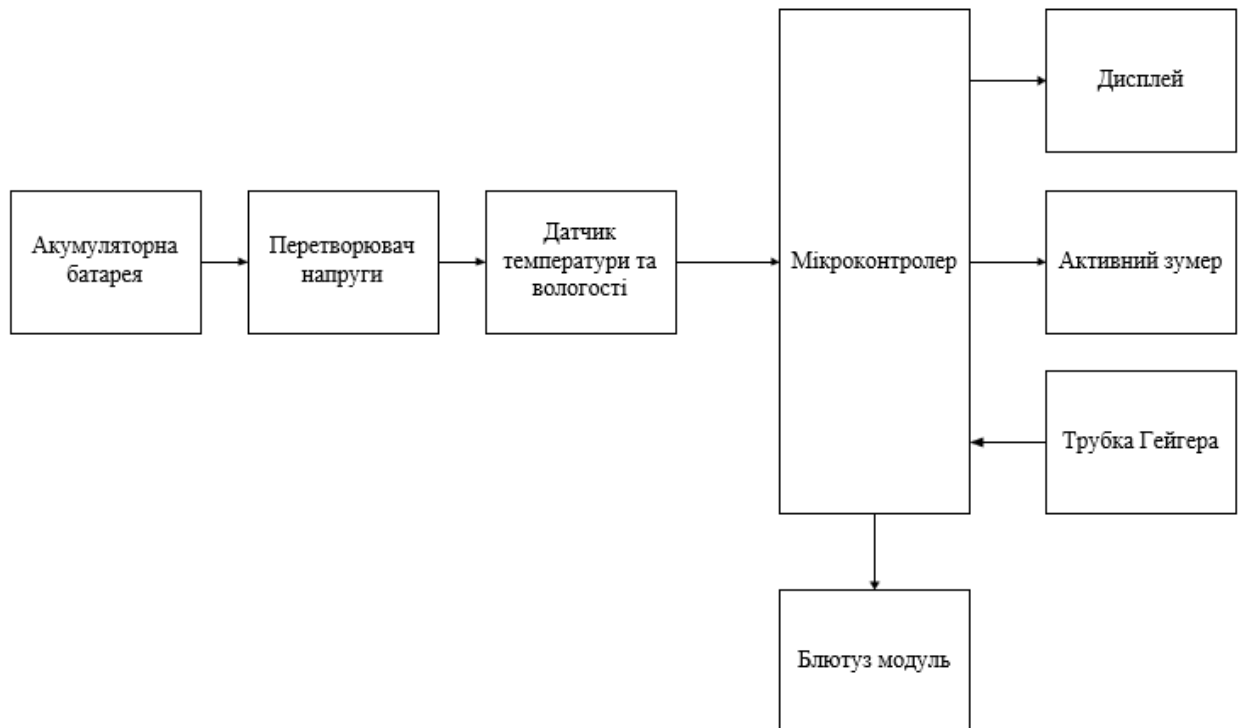


Рисунок 2.9 – Структурна схема комп’ютеризованої системи вимірювання вмісту радіації в навколишньому середовищі

Висновок до 2 розділу

У розділі 2 було проведено детальний аналіз та обґрунтування ключових аспектів, необхідних для розробки комп'ютеризованої системи вимірювання радіації.

Розглянуто основні фізичні явища, що лежать в основі вимірювання радіації (іонізація, сцинтиляція, напівпровідникові явища), та проаналізовано різні методи вимірювання, їх переваги та недоліки. Визначено, що для даної системи оптимальним є використання іонізаційного методу з застосуванням трубки Гейгера-Мюллера, що забезпечує достатню точність та надійність при відносно невисокій вартості.

Детально обґрунтовано вибір кожного компонента системи, включаючи мікроконтролер Atmel, датчик температури та вологості, акумулятор, дисплей, Bluetooth-модуль та інші. Вибір ґрунтувався на таких критеріях, як функціональність, надійність, енергоефективність, вартість та сумісність з іншими компонентами.

Розроблено математичну модель, яка враховує фізичні процеси в детекторі, залежність потужності дози від активності джерела та відстані, а також геометрію системи. Ця модель дозволить проводити моделювання та аналіз роботи системи в різних умовах.

Представлено структурну схему системи, яка відображає взаємозв'язок між усіма компонентами та їх роль у функціонуванні системи.

Таким чином, в розділі 2 було проведено всебічне обґрунтування теоретичних та практичних аспектів розробки комп'ютеризованої системи вимірювання радіації. Отримані результати стануть основою для подальшої розробки та реалізації системи.

3. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

3.1. Вибір мікроконтролеру

Для керування системою вимірювання радіації було обрано ATmega328P - компактний та потужний 8-бітний мікроконтролер від Microchip Technology. Цей чіп є вдосконаленою версією популярного ATmega328, пропонуючи розширені можливості та покращені характеристики.



Рис.4.7 ATmega328P

Основні переваги ATmega328P:

- Архітектура: AVR 8-біт.
- Напруга живлення: 1.8V - 5.5V.
- Частота роботи: До 20 МГц.
- Внутрішня флеш-пам'ять: 32 кілобайти (з 0.5 кілобайтами зарезервовано для заводського завантажувача).
- Внутрішня оперативна пам'ять (SRAM): 2 кілобайти.
- Внутрішня постійна пам'ять (EEPROM): 1 кілобайт.
- Кількість входів/виходів (GPIO): 23 (включаючи 6 аналогових входів).
- Інтерфейси зв'язку: UART (серійний порт), SPI (послідовний шинний інтерфейс), I2C (двозв'язковий протокол).

- Аналого-цифровий перетворювач (ADC): 10-біт, 6 каналів.
- Шини таймерів: 2 (8-бітний таймер/лічильник і 16-бітний таймер/лічильник).
- Ширина слова: 8 біт.

Вбудовані периферійні пристрої: PWM-канали, преривання, високоточний генератор часу реального світу (RTC) та інші.

Підтримка низького споживання енергії: Режими сну та енергозбереження для оптимізації енергоспоживання.

Враховуючи всі ці фактори, ATmega328P є оптимальним вибором для системи вимірювання радіації, забезпечуючи необхідну функціональність, продуктивність та ефективність.

3.2 Вибір газорозрядного лічильника

У системі вимірювання радіації ключову роль відіграє газорозрядний лічильник СБМ-20, також відомий як "Лічильник Бета-Мініатюрний 20". Це компактний та чутливий прилад, який ефективно реєструє різні види іонізуючого випромінювання, забезпечуючи точні дані про рівень радіації.

Цей лічильник має ряд переваг, які роблять його ідеальним вибором для даного проекту:

СБМ-20 здатен зафіксувати не лише гамма-випромінювання, але й альфа- та бета-частинки. Це робить його універсальним інструментом для моніторингу різних джерел радіації.

Завдяки мініатюрним розмірам (11x11x108 мм) та невеликій вазі (10 г) СБМ-20 легко інтегрується в різні пристрої, включаючи портативні дозиметри та компактні системи моніторингу.

СБМ-20 здатен реєструвати навіть слабкі рівні радіації, що робить його ефективним для виявлення незначних доз випромінювання та контролю радіаційного фону в робочому середовищі.

Лічильник має просту конструкцію з двома контактними ногами, що полегшує його підключення до вимірювального пристрою або мікроконтролера.

СБМ-20 є поширеним та доступним лічильником з прийнятною вартістю, що робить його привабливим рішенням для широкого кола застосувань.



Рис 4.9 СБМ-20

Технічні характеристики СБМ-20:

Джерело випромінювання: Cs.

Чутливість до гамма-випромінювання: 4,0 мкР-с-1; 67,5 мкР-1 $\pm$ 7,5 мкР-1

Номінальна робоча напруга: 400В.

Напруга початку лічби: 260В-320В.

Протяжність лічильної характеристики: не менше 100В.

Нахил лічильної характеристики: не більше 0,1%/В.

Власний фон: не більше 1,0 с-1.

Максимальна робоча ПЕД: 1400 с-1, 40 мкР-с-1, к. н. $\pm$ 20%.

Максимальна допустима ПЕД: не менше 360 Р-год-1.

Враховуючи універсальність, компактність, високу чутливість та доступність лічильника СБМ-20, він є оптимальним вибором для створення ефективної та надійної системи вимірювання радіації.

3.3 Вибір дисплея

LCD1602 I2C: компактний та зручний дисплей для візуалізації даних.

Для відображення інформації в системі вимірювання радіації було обрано. LCD1602 I2C - універсальний та легкий у використанні дисплейний модуль. Він дозволяє виводити текст та символи на дворядковому екрані розміром 16x2, забезпечуючи чітку та зрозумілу візуалізацію даних.



Рис 4.9 LCD1602 I2C

Основні переваги LCD1602 I2C:

Завдяки використанню протоколу I2C, дисплей підключається до мікроконтролера лише двома проводами, що зменшує кількість зайнятих пінів та спрощує монтаж.

Модуль має вбудоване підсвічування синього кольору з можливістю регулювання яскравості, що забезпечує комфортне зчитування інформації в різних умовах освітлення. Контрастність дисплея також можна налаштувати для досягнення оптимальної чіткості символів.

LCD1602 I2C сумісний з популярними платами мікроконтролерів, такими як Arduino, ESP32 та Raspberry Pi. Керування дисплеєм здійснюється за допомогою простих команд, що робить його доступним навіть для початківців.

Окрім виведення тексту, LCD1602 I2C підтримує створення власних символів, прокручування та позиціонування курсору, що дозволяє створювати динамічні та інтерактивні інтерфейси.

Дисплей має невеликі розміри та низьке енергоспоживання, що робить його придатним для використання в портативних пристроях.

Технічні характеристики:

Тип: Символьний LCD індикатор з комунікаційним модулем I2C

Розмір: 2 рядки по 16 символів

Підсвічування: Блакитне

Колір символів: Білий

Адреса пристрою: 0x3F або 0x27 (можна змінювати)

Живлення: 5 В

Керування контрастністю: Змінний резистор

Керування підсвічуванням: Програмне або за допомогою джампера

Підключення: Два дроти (I2C)

LCD1602 I2C - це надійний, зручний та доступний дисплейний модуль, який ідеально підходить для відображення даних в системі вимірювання радіації. Його простота використання, гнучкість та компактність роблять його відмінним вибором для даного проекту.

3.4 Вибір датчика температури та вологості

Для прецизійного вимірювання температури та вологості в системі моніторингу радіації обрано датчик АНТ10 від компанії ASAIR. Це високоточний цифровий сенсор, який забезпечує надійні дані про навколишнє середовище та легко інтегрується в систему завдяки інтерфейсу I2C.



Рис.4.10 АНТ-10

Цей датчик має ряд переваг, які роблять його оптимальним вибором для даного проекту:

Висока точність вимірювань: АНТ10 забезпечує точність вимірювання температури $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ та вологості $\pm 2\%$, що важливо для отримання достовірних даних про мікроклімат.

Широкий діапазон робочих умов: Датчик може працювати в широкому діапазоні температур (-40°C до $+85^{\circ}\text{C}$) та вологості (0% до 100%), що робить його придатним для використання в різних умовах.

Зручне підключення: АНТ10 підключається до мікроконтролера за допомогою інтерфейсу I2C, що спрощує монтаж та зменшує кількість зайнятих пінів.

Гнучкість налаштувань: Модуль має вбудований стабілізатор напруги ХС6206-3.3, що забезпечує стабільну роботу при напрузі живлення від 2,0 до 5,5 В. Узгодження рівнів 3,3-5 В реалізовано на польових транзисторах, що дозволяє підключати датчик до різних систем.

Можливість розширення: Адреса пристрою I2C може бути змінена з 0x38 на 0x39, що дозволяє підключати два датчики до однієї шини.

Технічні характеристики:

- Напруга живлення: 2,0 ... 5,5 В
- Діапазон вимірювання температури: -40 ... +85 °C
- Похибка вимірювання температури: $\pm 0,3$ °C
- Роздільна здатність температури: 0,01 °C
- Діапазон вимірювання вологості: 0 ... 100 %
- Похибка вимірювання вологості: ± 2 %
- Роздільна здатність вологості: 0,024 %

АНТ10 - це високоточний, надійний та зручний у використанні датчик температури та вологості, який ідеально підходить для застосування в системі моніторингу радіації. Його переваги включають високу точність, широкий діапазон робочих умов, зручне підключення та гнучкість налаштувань

3.5 Вибір акумулятора

Для живлення системи вимірювання радіації було обрано літій-іонний акумулятор Samsung 18650 з номінальною напругою 3,7 В та ємністю 4200 мАг. Цей акумулятор відрізняється високою енергетичною щільністю та здатністю працювати з високими струмами розряду, що робить його ідеальним вибором для портативних пристроїв.



Рис.4.11 Акумулятор Li-ion Samsung 18650

Висока ємність: Акумулятор має ємність 4200 мАг, що забезпечує тривалу автономну роботу системи вимірювання радіації.

Висока енергетична щільність: Li-ion технологія дозволяє зберігати значну кількість енергії в компактному та легкому корпусі.

Стабільна робота з високими струмами: Акумулятор здатен витримувати струми розряду до 5,2 А, що важливо для живлення електронних компонентів системи.

Доступність та надійність: Акумулятори Samsung 18650 широко доступні та відомі своєю надійністю та довговічністю.

Технічні характеристики:

- Тип: Li-ion.
- Типорозмір: 18650.
- Розміри: 65 x 18 мм (довжина x діаметр).
- Ємність: 4200 мАг.

- Напруга: Мінімальна: 2,5 В, Номінальна: 3,7 В, Максимальна: 4,2 В.
- Захисна плата: Ні.
- Високострумний: Ні.
- Максимальний струм розряду: 5,2 А.

Li-ion Samsung 18650 - це відмінне джерело енергії для системи вимірювання радіації, яке забезпечує необхідну ємність, стабільність та автономність. Враховуючи його технічні характеристики та доступність, він є оптимальним вибором для даного проекту.

3.6. Вибір перетворювача напруги

Для забезпечення живлення системи вимірювання радіації було обрано модуль J5019, який поєднує в собі функції зарядного пристрою для літій-іонних акумуляторів (Li-ion) та DC/DC перетворювача для підвищення напруги. Це компактне та універсальне рішення, яке дозволяє ефективно заряджати акумулятор та одночасно забезпечувати необхідний рівень напруги для живлення інших компонентів системи.



Рис.4.12 Модуль заряду Li-Ion АКБ з DC/DC step-up перетворювачем J5019

Два в одному: Модуль поєднує в собі функції зарядного пристрою та перетворювача напруги, що зменшує кількість компонентів та спрощує конструкцію системи.

Ефективна зарядка Li-ion акумуляторів: J5019 забезпечує безпечну та ефективну зарядку Li-ion акумуляторів з струмом до 1 А, який можна налаштувати за допомогою заміни резистора. Індикатори на платі сигналізують про процес заряджання та його закінчення.

Широкий діапазон вхідної напруги: Перетворювач напруги може працювати з вхідною напругою від 2 до 24 В, що робить його сумісним з різними джерелами живлення.

Регульована вихідна напруга: Вихідну напругу можна налаштувати в діапазоні від 4,2 до 28 В за допомогою підлаштування резистора на платі. Це дозволяє адаптувати модуль до різних потреб системи.

Високий ККД: J5019 має високий коефіцієнт корисної дії (до 97%), що мінімізує втрати енергії та підвищує ефективність системи.

Компактність: Модуль має невеликі розміри (34x24x5 мм), що полегшує його інтеграцію в систему.

Технічні характеристики:

- Контролер заряду:
- Вхідна напруга: DC 4.5V-5.5V;
- Вихідна напруга: DC 4.2V;
- Струм заряду: до 1A (налаштовується);
- Індикація процесу заряджання: червоний світлодіод;
- Індикація закінчення зарядки: зелений (синій) світлодіод;
- Перетворювач напруги:
- Вхідна напруга: 2V - 24V;
- Фіксована частота перетворення: 1.2MHz;
- Внутрішній ключ: 4A;
- Налаштовується вихідна напруга: 4.2V - 28V;
- ККД: до 97%;
- Розмір модуля: 34x24x5 мм;

J5019 - це ефективне та універсальне рішення для заряджання Li-ion акумуляторів та підвищення напруги в системі вимірювання радіації. Його функціональність, гнучкість та компактність роблять його оптимальним вибором для даного проекту.

3.7.Вибір блютуз модуля

Для цього було обрано Bluetooth-модуль ESP32, який пропонує широкий спектр можливостей та переваг у порівнянні з іншими рішеннями.

Основна мета використання Bluetooth - це бездротова передача даних про радіаційний фон на зовнішні пристрої, такі як смартфони, комп'ютери чи планшети. Це дозволяє здійснювати моніторинг радіації в реальному часі та інтегрувати систему з IoT-екосистемами, відкриваючи нові горизонти для аналізу та контролю даних.

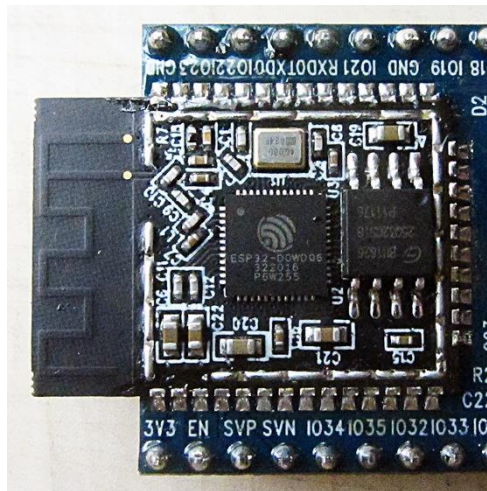


Рис.4.13. Bluetooth-модуль ESP32

Цей модуль вирізняється наступними характеристиками, які роблять його ідеальним вибором для даного проекту:

Універсальна підтримка Bluetooth: ESP32 підтримує як класичний Bluetooth, так і Bluetooth Low Energy (BLE). Це надає гнучкість у налаштуванні системи для різних задач, дозволяючи передавати як великі обсяги даних, так і невеликі пакети з результатами вимірювань, оптимізуючи енергоспоживання.

Вбудований Wi-Fi: Окрім Bluetooth, ESP32 має інтегрований Wi-Fi модуль, що розширює можливості системи. Це дозволяє передавати дані на хмарні сервіси, в локальні мережі або створювати веб-інтерфейс для дистанційного моніторингу. Така функціональність особливо важлива для IoT-проектів, де потрібна інтеграція з іншими пристроями та сервісами.

Висока продуктивність: ESP32 оснащений двоядерним процесором та достатнім обсягом пам'яті, що забезпечує ефективну обробку даних від сенсорів в реальному часі. Це дозволяє виконувати локальні обчислення, такі як фільтрація чи нормалізація даних, перед їх передачею на смартфон або сервер.

Оптимізоване енергоспоживання: Хоча ESP32 може споживати більше енергії, ніж деякі BLE-модулі, він має режим глибокого сну (Deep Sleep). Це дозволяє значно знизити енергоспоживання та продовжити час автономної роботи системи від акумулятора.

Зручність розробки: ESP32 підтримується популярним середовищем розробки Arduino IDE, що робить його зручним у використанні навіть для розробників з базовим досвідом роботи з Arduino. Також доступні SDK (Software Development Kit) для реалізації більш складних проєктів.

Широкий вибір периферії: ESP32 має велику кількість GPIO (General Purpose Input/Output), що дозволяє підключати різноманітні сенсори, дисплеї та інші пристрої без необхідності використовувати додаткові мікроконтролери.

Технічні характеристики:

- Процесор: Двоядерний Tensilica Xtensa LX6;
- Тактова частота: до 240 МГц;
- Пам'ять: Flash: до 16 МБ, SRAM: 520 КБ;
- Бездротові інтерфейси: Wi-Fi 802.11 b/g/n, Bluetooth v4.2 BR/EDR та BLE;
- Периферія: GPIO, SPI, I2C, UART, ADC, DAC, таймери, PWM;
- Напруга живлення: 3.3 В;[15]
- Споживання енергії: 5 мкА (режим глибокого сну) - 240 мА (максимальне);

ESP32 - це універсальний та потужний модуль зв'язку, який ідеально підходить для створення сучасних комп'ютеризованих систем вимірювання радіації. Його функціональність, гнучкість та можливості інтеграції з IoT роблять його оптимальним рішенням для магістерської роботи, забезпечуючи надійну та ефективну передачу даних та розширені можливості для моніторингу та аналізу.

3.8. Побудова електрично-принципової схеми

Для розробки електрично-принципової схеми було обрано програму Visio.

Microsoft Visio - це потужний інструмент для створення діаграм, який широко використовується в різних галузях, включаючи електротехніку. Він пропонує широкий спектр функцій та можливостей для створення детальних та точних електричних схем.

Ось деякі з ключових переваг Visio для розробки електрично-принципових схем:

Visio надає велику бібліотеку шаблонів та фігур, спеціально розроблених для електротехніки. Ви можете легко знайти та вставити потрібні символи для різних компонентів, таких як резистори, конденсатори, транзистори, інтегральні схеми тощо.

Visio має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, який дозволяє легко створювати та редагувати схеми. Ви можете перетягувати фігури, з'єднувати їх лініями, додавати текст та мітки, а також формувати схему відповідно до ваших потреб.

Visio має функцію автоматичного з'єднання фігур, що спрощує процес створення схем. Коли ви перетягуєте фігуру поруч з іншою, Visio автоматично з'єднує їх лінією, забезпечуючи правильне зображення електричних з'єднань.

Visio підтримує різні стандарти для електричних схем, що дозволяє створювати схеми, які відповідають вимогам вашої галузі.

Visio інтегрується з іншими програмами Microsoft, такими як Word та Excel, що дозволяє легко вставляти схеми в документи та презентації.

Загалом, Microsoft Visio - це потужний та універсальний інструмент для розробки електрично-принципових схем. Він пропонує широкий спектр функцій та можливостей, які спрощують процес створення схем та забезпечують їх точність та відповідність стандартам.

Тому було обрано цю програму бо дає можливість лаконічно та зрозуміло отримати результат, для своєї електрично-принципової схеми.

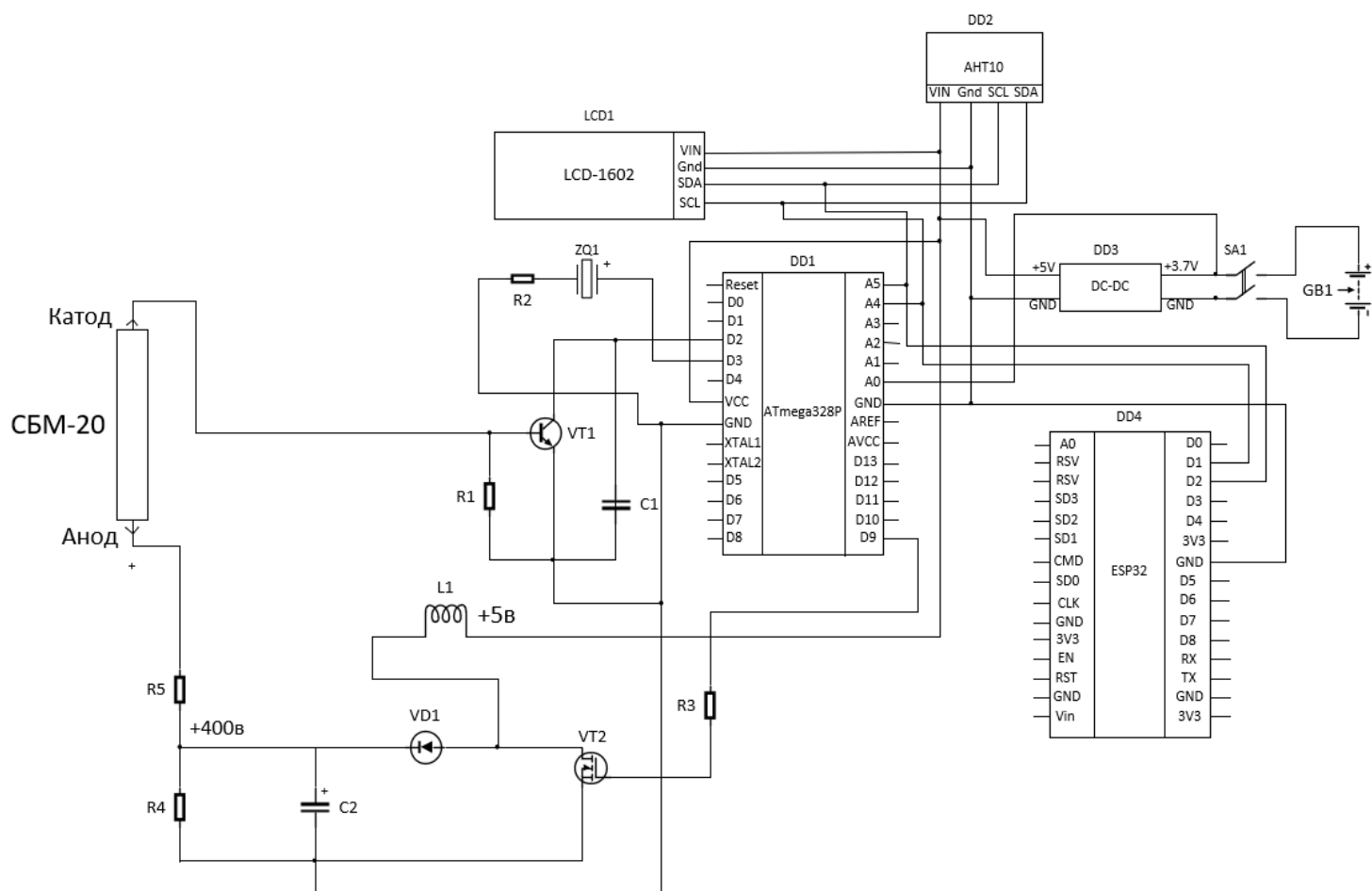


Рис. 3. Принципова схема комп'ютеризованої системи вимірювання радіаційних параметрів навколишнього середовища

Живлення дозиметра здійснюється від літієвого акумулятора GB1 через підвищувальний перетворювач DD3, який також виконує функцію плати зарядки. Перед підключенням основної схеми до живлення необхідно налаштувати вихідну напругу перетворювача на рівні +5 В. Оскільки в схемі реалізовано контроль заряду GB1, підключення акумулятора здійснюється через здвоєний вимикач SA1.

Перетворювач високої напруги для живлення трубки Гейгера побудований на транзисторі VT2, індуктивності L1, діоді VD1 та конденсаторі C2. Для забезпечення необхідного рівня високої напруги ШІМ-сигнал подається з виводу 9 мікроконтролера DD1 або відповідного PWM-виходу ESP32.

Резистор R4 виконує функцію навантаження; його опір має бути в межах 330–390 кОм (точне значення підбирається під час налаштування).

Перед підключенням трубки Гейгера до схеми потрібно встановити правильний рівень високої напруги: для СТС-5 — 390 В, для СБМ-20 — 400 В. Для інших датчиків використовуються значення, зазначені в паспорті.

Напруга регулюється шляхом зміни шпаруватості ШІМ-сигналу, заданої в коді в рядку `#define DUTY 550` (збільшення шпаруватості підвищує напругу), а також підбором опору навантажувального резистора R4 (більший опір дає вищу напругу).

Схема лічильника імпульсів, що надходять від трубки Гейгера, реалізована на транзисторі VT1. Імпульси приймаються мікроконтролером через вивід 2 DD1 або GPIO ESP32, налаштований на прийом переривань. Для відображення інформації використовується дисплей LCD1602, а дані температури та вологості зчитуються датчиком АНТ10, підключеним через шину I2C, яку забезпечує ESP32.

Інтеграція ESP32 у схему відкриває нові можливості, зокрема організацію бездротового передавання даних через Wi-Fi. За допомогою вбудованого веб-сервера ESP32 користувач може отримувати інформацію про рівень радіації, температуру та вологість у режимі реального часу через веб-інтерфейс. Контроль заряду акумулятора GB1 здійснюється на піні A0 DD1 або відповідному аналоговому вході ESP32, а управління зумером — на піні 3 або вільному GPIO ESP32. Дозиметр зібрано на друкованій платі 136 x 90мм.

3.9.Розробка друкованої плати

Для розробки друкованої плати було обрано програму EasyEDA.

EasyEDA - це онлайн-сервіс для проектування електронних схем та розробки плат. Він надає інтуїтивно зрозумілий графічний інтерфейс, що дозволяє користувачам створювати схеми електричних ланцюгів та дизайни плат, а також розміщувати компоненти та маршрутизувати сліди.

Пропонує широкий набір функцій та інструментів для проектування, включаючи бібліотеки компонентів, можливість спільної роботи з іншими користувачами, вбудований симулятор, автоматичне маршрутизування слідів та імпорт/експорт файлів для співпраці з іншими програмами.

EasyEDA є веб-програмою, що означає, що ви можете працювати над своїми проектами безпосередньо у веб-браузері без необхідності встановлювати додаткове програмне забезпечення. Це робить його зручним для використання на будь-якому комп'ютері з доступом до Інтернету.

Має вбудовані бібліотеки компонентів, які містять широкий вибір електронних компонентів для використання у ваших проектах. Ви можете шукати та вставляти компоненти з цих бібліотек безпосередньо у свої схеми та дизайни плат.

Окрім вбудованих бібліотек, EasyEDA також дозволяє користувачам створювати власні бібліотеки компонентів або імпортувати зовнішні бібліотеки. Це дозволяє вам розширити набір доступних компонентів і використовувати спеціалізовані компоненти, які можуть бути не включені у вбудовані бібліотеки.

Плата пристрою розроблена в середовищі EasyEDA, на рисунку 6.1-6.3.

Розмір мікроконтролера ATmega328P - 44x18 мм, Трубка Гейгера СБМ-20 - 11x11x108мм, дисплей LCD1602 - 80 x 36 мм, датчик температури та вологості АНТ-10 - 15,5x11 мм, акумулятор Li-ion Samsung 18650 - 65 x 18 мм, перетворювач напруги J5019 - 34x24x5 мм, кнопка - 6x6x5мм, ESP32 – 51x28мм. Також враховуємо робочу зону. Розмір плати буде складати 140мм x 97мм.

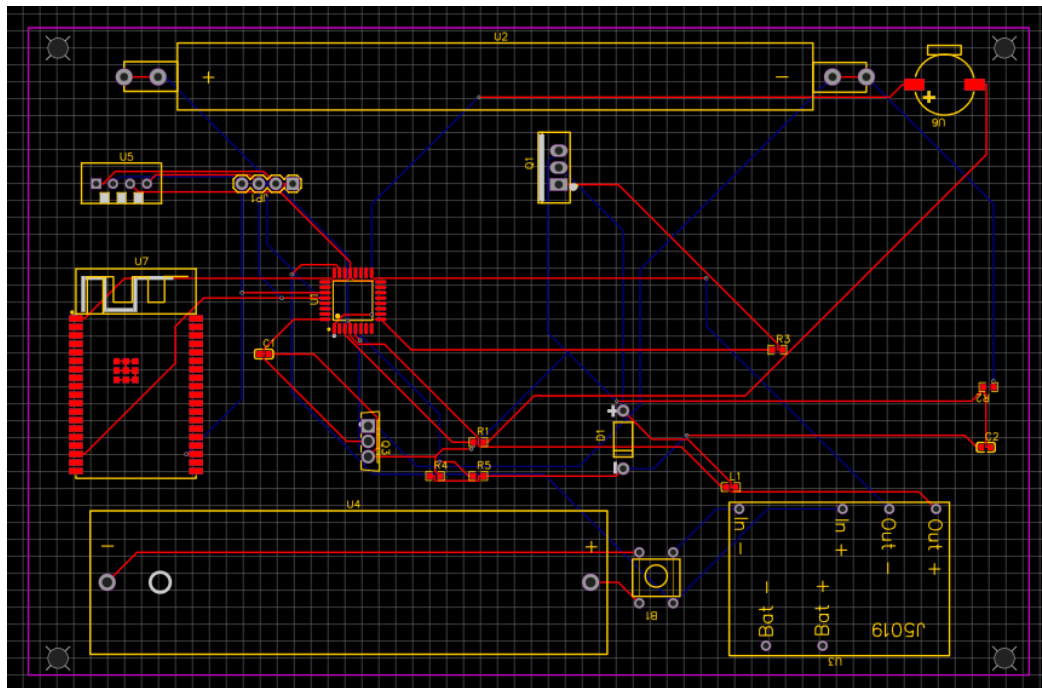


Рис.6.16 Двошарова друкована плата

Дозиметр виконаний в плоскому прямокутному пластмасовому корпусі з заокругленими кутами.

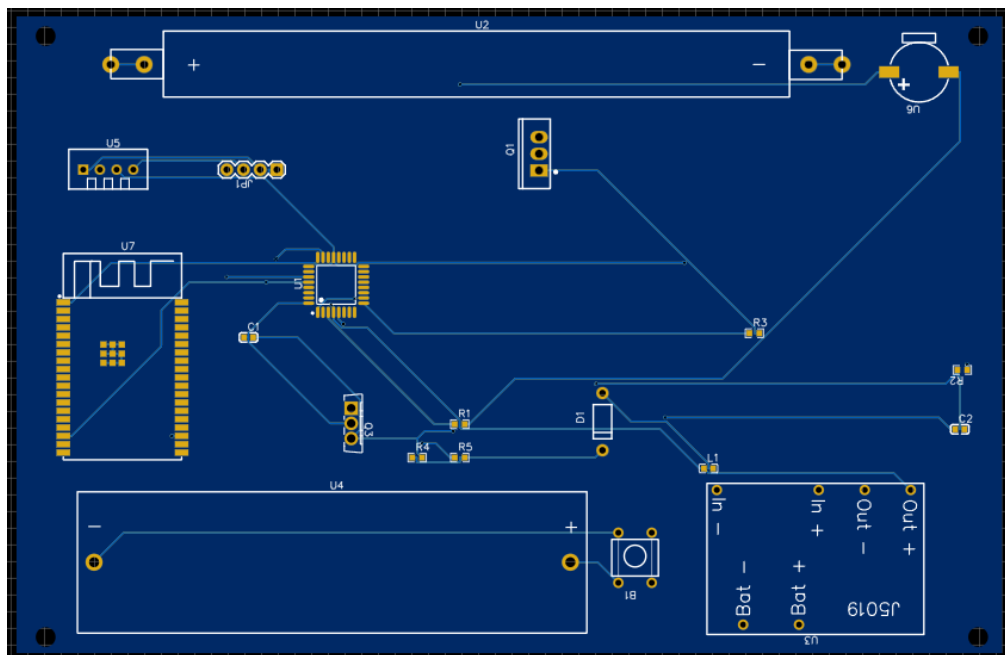


Рис.6.17 Верхня сторона друкованої плати 2D

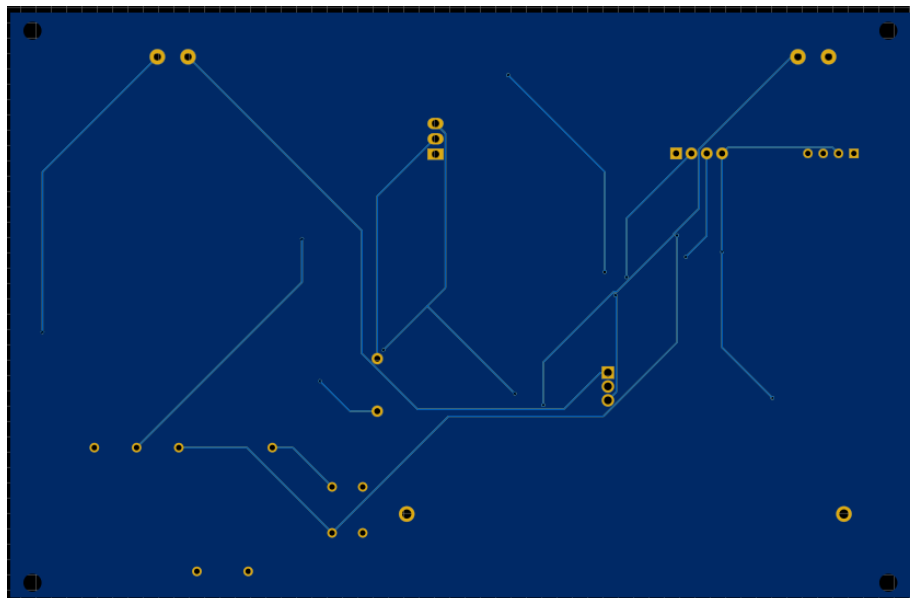


Рис.6.18 Нижня сторона друкованої плати 2D

Корпус дозиметра складається з верхньої та нижньої накривок. В середній частині верхньої накривки дозиметра розташовано панель індикації, зліва і справа над нею - дві клавіші управління роботою дозиметра, а в верхній частині накривки - гучномовець. У нижній накривці дозиметра розміщено відсік для елементів живлення, а також вікно для реєстрації поверхневої забрудненості бетарадіонуклідами. Відсік живлення і вікно закриваються відповідно накривками і фіксація яких здійснюється за рахунок пружних властивостей матеріалу. В середині корпусу знаходиться друкована плата, на якій розташовані всі елементи електричної схеми, за винятком гучномовця.

Гучномовець прикріплюється до верхньої накривки і електрично під'єднується до друкованої плати за допомогою пружинних контактів. Друкована плата прикріплюється до верхньої накривки корпусу гвинтами. Нижня накривка скріплюється з верхньою накривкою за рахунок зчеплення спеціальних конструктивних елементів, а також за допомогою двох гвинтів. Цими ж гвинтами прикріплюються контакти для підключення елементів живлення. Органи управління та індикації дозиметра мають відповідні написи. На нижній накривці дозиметра нанесена інформаційна таблиця. Для правильного підключення елементів живлення на дні відсіку живлення нанесені знаки полярності.

Висновок до 3 розділу

У третьому розділі проведено вибір ключових компонентів системи вимірювання радіації та обґрунтовано доцільність їх використання. Для керування системою обрано мікроконтролер ATmega328P, який завдяки своїй функціональності, компактності та низькому енергоспоживанню забезпечує стабільну та ефективну роботу пристрою. Газорозрядний лічильник СБМ-20 був обраний як основний датчик радіації через його високу чутливість, компактність і доступність.

Для візуалізації даних використано дисплейний модуль LCD1602 I2C, який забезпечує економію ресурсів мікроконтролера та зручний інтерфейс. Для вимірювання температури та вологості застосовано датчик АНТ10, що характеризується високою точністю та широким діапазоном робочих умов. Живлення системи забезпечується літій-іонним акумулятором Samsung 18650 у поєднанні з модулем зарядного пристрою та перетворювача напруги J5019, що гарантує автономність і стабільність роботи.

Для реалізації бездротової передачі даних обрано модуль ESP32, який підтримує класичний Bluetooth і BLE, відкриваючи можливості інтеграції системи з IoT-платформами. Кожен із вибраних компонентів оптимально відповідає вимогам проекту, забезпечуючи надійність, енергоефективність і функціональність системи вимірювання радіації.

4. РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-АЛГОРИТМІЧНОГО ТА МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ

4.1. Розробка алгоритму

Ось алгоритмічна схема роботи комп'ютеризованої системи. Вона відображає основні етапи роботи



Рис.4 Алгоритм роботи приладу

Алгоритм роботи приладу з ESP32

Цей алгоритм описує послідовність дій, які виконує прилад для вимірювання рівня радіації (в мкР/г), температури та вологості, а також для відображення даних на дисплеї та подачі звукових сигналів. До алгоритму додано функціональність ESP32 для розширення можливостей приладу.

Кроки алгоритму:

1. Підключення бібліотек: На цьому етапі підключаються необхідні бібліотеки, які забезпечують взаємодію з датчиками, дисплеєм, звуковим модулем та ESP32 (для Wi-Fi та Bluetooth).

2. Ініціалізація: Створюються змінні для зберігання даних з датчиків, налаштувань та стану приладу. Ініціалізуються модулі ESP32 (Wi-Fi та Bluetooth) для подальшої передачі даних.

3. Задання констант та змінних: Встановлюються порогові значення для рівня радіації, температури та вологості, а також інші параметри роботи приладу.

4. Вимірювання: Здійснюється збір даних з датчиків:

5. Радіація: Вимірюється рівень радіації в мкР/г за допомогою трубки Гейгера-Мюллера.

6. Температура та вологість: Отримуються дані про температуру та вологість з датчика АНТ10.

7. Обробка даних: Виміряні значення аналізуються та обробляються:

8. Порівняння з порогамі: Перевіряється, чи перевищують отримані значення задані пороги.

Обчислення: За потреби виконуються додаткові обчислення, наприклад, усереднення значень.

Формування повідомлень: Готуються дані для відображення на дисплеї та передачі через ESP32.,

1. Індикація:

Якщо виявлені перевищення порогів, активується звуковий сигнал.

На дисплеї відображаються виміряні значення радіації, температури та вологості.

2. Передача даних:

Дані відправляються на смартфон або інший пристрій через Bluetooth.

Дані передаються на хмарний сервіс або локальний сервер через Wi-Fi.

3. Циклічність:

Алгоритм повторюється з кроку 4 для безперервного моніторингу та аналізу даних.

Завдяки ESP32 прилад отримує розширені можливості:

Користувач може спостерігати за даними з будь-якої точки світу через смартфон або вебінтерфейс.

Дані можуть бути зібрані та проаналізовані на хмарних сервісах для виявлення тенденцій та аномалій.

Прилад може бути частиною більш широкої IoT екосистеми, взаємодіючи з іншими пристроями та сервісами.

Цей алгоритм забезпечує ефективну та зручну роботу приладу, дозволяючи збирати, обробляти та аналізувати дані про радіацію, температуру та вологість, а також інформувати користувача про результати вимірювань та передавати дані на зовнішні пристрої та сервіси.

4.2. Розробка програми

Розробка програми для вимірювання радіації з ESP32 Arduino IDE та інтеграція бездротового зв'язку

Arduino IDE - це популярне середовище розробки, особливо для тих, хто робить перші кроки у світі мікроконтролерів. Його простота та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс дозволяють швидко опанувати основи програмування.

Програма для вимірювання радіації:

Ця програма, написана в Arduino IDE, виконує комплексний моніторинг рівня радіації, температури, вологості та стану заряду акумулятора. Вона також забезпечує відображення даних на дисплеї та звукову індикацію при перевищенні заданих порогів.

Основні етапи програми:

Підключення бібліотек та ініціалізація об'єктів:

Підключення бібліотек для роботи з PWM (GyverPWM.h), LCD-дисплеєм (LCD_1602_RUS_ALL.h), датчиком АНТ10 та ESP32.

Створення об'єктів для взаємодії з дисплеєм, датчиком АНТ10 та ESP32.

Визначення змінних та констант:

- Створення змінних для зберігання даних з датчиків, стану приладу та інших параметрів.
- Задання констант для порогових значень та інших налаштувань.
- Налаштування:
- Налаштування пінів мікроконтролера для роботи з датчиками, дисплеєм, звуковим модулем та ESP32.
- Ініціалізація LCD-дисплея, датчика АНТ10 та ESP32 (Wi-Fi та Bluetooth).
- Обробка переривань:
- Налаштування переривання для реєстрації імпульсів з трубки Гейгера-Мюллера.
- Основний цикл програми:

- Збір даних з датчиків (радіація, температура, вологість, напруга акумулятора).
- Обробка даних (порівняння з порогами, обчислення).
- Індикація (звукова та візуальна).
- Передача даних через ESP32 (Bluetooth та Wi-Fi).

Додаткові можливості з ESP32:

ESP32 дозволяє передавати дані на смартфон або комп'ютер через Bluetooth або Wi-Fi, забезпечуючи можливість спостерігати за показаннями приладу дистанційно.

Завдяки Wi-Fi модулю ESP32 дані можуть бути відправлені на хмарний сервіс або локальний сервер для зберігання та подальшого аналізу.

ESP32 дозволяє інтегрувати прилад в IoT екосистему, де він може взаємодіяти з іншими пристроями та сервісами.

Використання Arduino як програматора:

Arduino може бути використаний як програматор (Arduino as ISP) для завантаження програмного коду на інші мікроконтролери, такі як ATmega328P. Це дозволяє зекономити кошти на придбанні окремого програматора та робить процес розробки більш гнучким.

Arduino IDE - це зручне та доступне середовище розробки, яке дозволяє створювати програми для вимірювання радіації з розширеною функціональністю. Завдяки ESP32 прилад отримує можливості бездротового зв'язку та інтеграції з IoT, що робить його більш універсальним та сучасним.

Код програми:

```
#include "GyverPWM.h"

#define _LCD_TYPE 1 // для роботи з I2C дисплеями
#include <LCD_1602_RUS_ALL.h>
LCD_1602_RUS lcd(0x27, 16, 2);

#include <Adafruit_AHT10.h>
Adafruit_AHT10 aht;
```

```

#include <WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <WebServer.h>
#include <BluetoothSerial.h>

// Настройки WiFi
const char* ssid = "YOUR_WIFI_SSID";
const char* password = "YOUR_WIFI_PASSWORD";

// Створюємо об'єкти для WiFi і Bluetooth
WebServer server(80);
BluetoothSerial SerialBT;

char myStr[5];
#define DUTY 550 // скважність ШИМ.
volatile int counter = 0; // Змінна-лічильника імпульсів
int doza = 0; // змінна значення фону радіації
uint32_t sec = millis() / 1000ul; // повна кількість секунд
uint32_t ch_sec = millis() / 1000ul; // повна кількість секунд
boolean event = LOW;
float voltage = 0;
#define NORMA 67 // Кількість імпульсів за хвилину при нормальному
фоні.
#define FON_NORMA 15 // нормальний радіаційний фон 15мкР/г

// Обробник для кореневого шляху веб-сервера
void handleRoot() {
    server.send(200, "text/plain", "Hello from ESP32!");
}

```

4.3.Методи програмно-алгоритмічної обробки вимірювальної інформації (похибки)

Розрахунок похибок визначення радіаційного фону

Проведено двадцять повторних радіаційних вимірювань лічильника СБМ-20, діапазон мкР/год виміру згідно технічних характеристик від 0 - 999 мкР/год.

Було отримано наступну вибірку:

$N = (18.1; 20.2; 21.3; 19.4; 15.1; 18.2; 21.7; 22.5; 18.3; 19.1; 15.9; 11.9; 10.7; 23.5; 24.9; 12.1; 16.7; 17.4; 18.7; 19.1;) \text{ мкР/год.}$

1. Estimates of the actual value.

Mean value: 18.240.

Geomean value: 17.830.

Median: 18.500.

2. Estimates of the random value.

Estimation of variance: 3.781.

Estimation of RMS: 0.845.

Conclusion: values dont exceed the allowable range.

3.1. Irwin's criterion.

False value: 23.500.

False value: 12.100.

3.2. Romanovsky criterion.

3.3. Dixon criterion.

Estimates of the eliminated array.

Mean value: 18.240.

Allowable range: 18.240 ± 1.471 .

Проведемо експеримент з вибіркою в 20 значень та отримаємо відповідні дані табл.4.1.

Вибірка X1:

X1 = [18.1 20.2 21.3 19.4 15.1 18.2 21.7 22.5 18.3 19.1 15.9 11.9 10.7 23.5 24.9 12.1 16.7 17.4 18.7 19.1];

Середньоарифметичного значення результатів багатократних вимірювань опору для вибірки X1:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_i x_i = 18.240.$$

Середньо геометричного значення результатів багатократних вимірювань опору для вибірки X1:

$$G(x) = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n x_j} = 17.830.$$

Значення медіани результатів багатократних вимірювань фізичної величини опору для вибірки X1:

$$M = \frac{x_{(n/2)} + x_{(n/2)+1}}{2} = 18.500.$$

Оцінки випадкової величини наступні:

Оцінка дисперсії: 3,781

Середньоквадратичного відхилення середнього значення: 0,845.

Висновок: значення не перевищують допустимий діапазон.

Визначаємо закон розподілу результатів вимірювань на основі побудови гістограми для вибірки X1 рис.4.2.

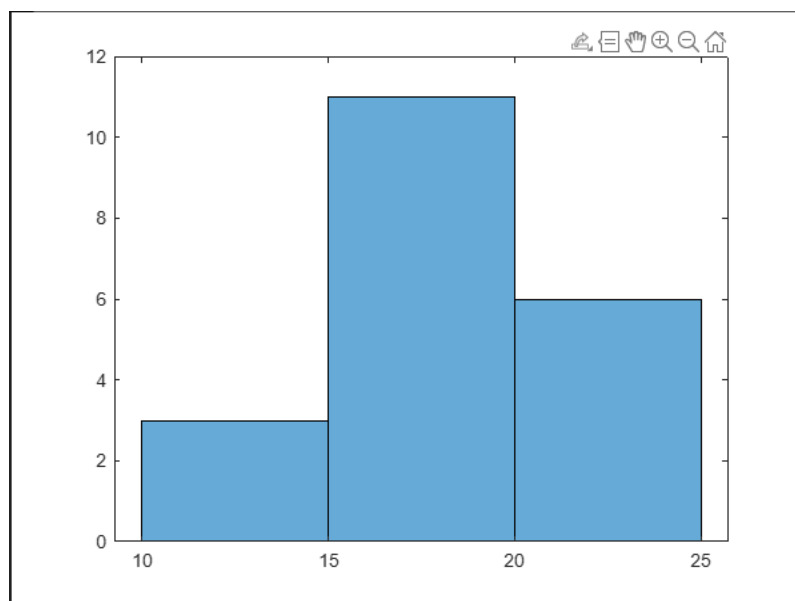


Рис.4.2. Закон розподілу результатів вимірювань на основі побудови

гістограми для вибірки X_1

Виконуємо перевірку на наявність грубих помилок за критерієм Ірвіна, для цього визначаємо коефіцієнти по формулі (4.1).

Таблиця 4.1. Обрахунок наявності похибки у вибірці за критерієм Ірвіна

N	X_1	Похибка
1	18,1	Відсутня
2	20,2	Відсутня
3	21,3	Відсутня
4	19,4	Відсутня
5	15,1	Відсутня
6	18,2	Відсутня
7	21,7	Відсутня
8	22,5	Відсутня
9	18,3	Відсутня
10	19,1	Відсутня
11	15,9	Відсутня
12	11,9	Відсутня
13	10,7	Відсутня
14	23,5	Присутня
15	24,9	Відсутня
16	12,1	Присутня
17	16,7	Відсутня
18	17,4	Відсутня
19	18,7	Відсутня
20	19,1	Відсутня

Як бачимо з результатів обчислення, декілька результатів вимірювання вважається помилковим, тому їх потрібно виключити при подальшій обробці результатів спостережень.

За критерієм Романовського обрахуємо помилки табл.4.2.

Таблиця 4.2. Обрахунок наявності похибки у вибірці за критерієм

N	X1	Похибка
1	18,1	Відсутня
2	20,2	Відсутня
3	21,3	Відсутня
4	19,4	Відсутня
5	15,1	Відсутня
6	18,2	Відсутня
7	21,7	Відсутня
8	22,5	Відсутня
9	18,3	Відсутня
10	19,1	Відсутня
11	15,9	Відсутня
12	11,9	Відсутня
13	10,7	Відсутня
14	23,5	Відсутня
15	24,9	Відсутня
16	12,1	Відсутня
17	16,7	Відсутня
18	17,4	Відсутня
19	18,7	Відсутня
20	19,1	Відсутня

За обрахунками значення з грубою помилкою не виявилось, при подальшій роботі з вибіркою, не потрібно виключити якісь значення.

Оцінки елімінованого масиву за критерієм Діксона.

Середнє значення: 18,240.

Допустимий діапазон: 18.240 +/- 1.471.

Висновки до 4 розділу

У розділі розглянуто процес розробки програмно-алгоритмічного та метрологічного забезпечення комп'ютеризованої системи вимірювання радіаційних параметрів.

Алгоритм роботи системи був створений для забезпечення циклічного вимірювання радіаційного фону, температури та вологості, їх обробки, відображення на дисплеї та передачі через бездротові модулі ESP32. Додатково реалізовано механізми індикації перевищення порогових значень.

Програмне забезпечення реалізовано в середовищі Arduino IDE, що забезпечує простоту налаштування та можливість використання широкого спектру бібліотек. Програма інтегрує функції збору даних, обробки, індикації, а також передачі через Bluetooth та Wi-Fi.

Метрологічний аналіз включає оцінку похибок вимірювань на основі вибірки даних. Використання критеріїв Ірвіна, Романовського та Діксона дозволило визначити й усунути дані з грубими помилками, забезпечуючи високу точність результатів.

У підсумку, розроблена система є ефективною для моніторингу радіаційного фону та екологічних параметрів із можливістю інтеграції у IoT-екосистеми. Такий підхід дозволяє забезпечити гнучкість, розширюваність і точність у вимірювальних задачах.

ВИСНОВКИ

Проаналізовано існуючі методи та пристрої для вимірювання радіації, обґрунтовано вибір кожного компонента системи, включаючи мікроконтролер, датчики, дисплей, модуль Bluetooth та інші. Розроблено структурну та принципову схеми, алгоритм роботи та програмне забезпечення для системи. Також проведено метрологічний аналіз для оцінки похибок вимірювань.

Ключові особливості розробленої системи:

Використання сучасних технологій, таких як мікроконтролер ATmega328P та модуль ESP32, для забезпечення високої точності, автономності та можливості бездротової передачі даних.

Інтеграція різних датчиків, включаючи трубку Гейгера-Мюллера, датчик температури та вологості, для комплексного моніторингу радіаційного фону та екологічних параметрів.

Розробка програмного забезпечення в середовищі Arduino IDE, що забезпечує простоту налаштування та гнучкість у використанні.

Застосування методів метрологічного аналізу для забезпечення високої точності та надійності вимірювань.

Розроблена система може бути використана для моніторингу радіаційного фону в різних середовищах, включаючи повітря, воду та ґрунт. Вона має практичну цінність для різних галузей, таких як екологія, промисловість та наукові дослідження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Прилади для вимірювання та контролю радіацій [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://doza.net.ua/pages/ua_ref_dozim_descr.html
2. Принцип роботи дозиметра [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://sorbpolimer.com.ua/princip_raboti_dozimetra.
3. Розпіновка мікропроцесора ATmega328P [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://miniboard.com.ua/mcu/581-robotdyn-nano-v3-atmega328ch340g-unsoldered.html>.
4. Акумулятор Battery Li-ion Samsung 18650, 3,7V 4200mAh [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://foton.ua/catalog/litiy-ionnie-akkumulyatory/battery-li-ion-samsung-18650_-3_7v-4200mah.html.
5. Модуль заряду Li-Ion АКБ з DC/DC step-up перетворювачем J5019 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://voron.ua/uk/catalog/037023--modul-zaryada-li-ion-akb-c-dcdc-step-up-preobrazovatelem-j5019>.
6. Дозиметр [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/>.
7. Цифровий модуль вимірювання температури і вологості АНТ10 I2C [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://beegreen.com.ua/cifrovij-modul-vimiryuvannya-temperaturi-i-vologosti-aht10-i2c-analog-sht20-17874>.
8. Кнопка 6х6х5мм [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arduino.ua/prod317-knopka-6x6x5mm>.
9. Технічні характеристики СБМ-20 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://doza.net.ua/pages/ru_goods_compare.htm.
10. Рідкокристалічний дисплей LCD [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/>.
11. Методичні рекомендації кваліфікаційної роботи [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://learn.ztu.edu.ua/pluginfile.php/216601/mod_resource/content/1/.pdf.

12. Л. А. Яцюк, О. В. Косогін, Д. Ю. Ущаповський, О. В. Лінючева, Ю. Ф. Фатєєв Технологія нанесення неметалевих покриттів та виробництво плат друкованого монтажу: підручник, Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018 р., с.331.
13. В. Г. Грибан, О. В. Негодченко Охорона праці: Навчальний Посібник, «Центр учбової літератури», 2011 р., с.280.
14. Вишнівський В.В., Василенко В.В., Гніденко М.П., Звенігородський О.С., Зінченко О.В., Іщеряков С.М. Основи надійності та діагностики інформаційних систем: Навчальний посібник, Київ, Державний університет телекомунікацій, 2020 р., с.184.
15. Характеристики ESP32 [Електронний ресурс]. – режим доступу: <https://oxorona.com/esp32/>
16. Технологія Bluetooth [Електронний ресурс]. – режим доступу: https://wiki.cusu.edu.ua/index.php/_Bluetooth
17. Дозиметрія [Електронний ресурс]. – режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki>
18. Вимірювання радіації [Електронний ресурс]. – режим доступу: <https://ukrayinska.libretexts.org>
19. Дозиметр [Електронний ресурс]. – режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki>
20. GAMMATRACER [Електронний ресурс]. – режим доступу: <https://www.bertin-technologies.com/product/environmental-radiation-monitoring/gammatracer-spider/>
21. Ecotest Terra [Електронний ресурс]. – режим доступу: <https://ecotest.ua/products/terra-p-dozymetr-radiometr-pobutovyy-mks-05/>
22. Radex ONE [Електронний ресурс]. – режим доступу: <https://smart-gadget.club/ua/smart-fitness/survival/personal-dosimeter-radex-one>
23. Ecotest Terra-P [Електронний ресурс]. – режим доступу: <https://ecotest.ua/products/terra-p-dozymetr-radiometr-pobutovyy-mks-05/>

24. ДКГ-21М [Электроний ресурс]. – режим доступу:
<https://ecotestshop.com.ua/dkg-21m>.