

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

Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи бакалавра

на тему:

**Комп'ютеризований прилад для вимірювання радіаційного
фону на відкритій місцевості**

Виконав: студент 4 курсу, групи МТ-4
напряму Метрологія та інформаційно-
вимірювальна техніка

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Гусев Богдан Олександрович

(прізвище та ініціали)

Керівник дтн, проф. каф. ІВТ

Подчашинський Ю.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

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

Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій
Спеціальність 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

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

« 4 » __квітня__ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

Миронов Богдан Євгенійович

1. Тема роботи: Комп'ютеризований прилад для вимірювання радіаційного фону на відкритій місцевості

Затверджена Наказом по університету від « 4 » __квітня__ 2025 р. № 131/с

2. Термін здачі закінченої роботи на кафедру « 11 » __червня__ 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи:

Вимірювання радіації та температури, вологості, вмикання/вимикання системи, вивід на дисплей вимірних значень, точність системи не більше 1,5 мкР/год, час безвідмовної роботи не менше 14 000годин.

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

- технічне завдання;
- огляд та аналіз існуючих систем вимірювання радіації;
- розробка структурної,принципової схем;
- розробка програми та алгоритму;
- конструкторська частина;
- прорахунок надійності та точності 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 бакалавра

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-7	Подчашинський Ю.О.		

7. Дата видачі завдання 4 квітня 2025 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Підбір матеріалів з відомих систем вимірювання радіації	5.04.2025-07.04.2025	
2	Ознайомитись з основними принципами побудови систем вимірювання радіації	08.04.2025-14.04.2025	
3	Розробка структурної схеми системи вимірювання радіації	15.04.2025-21.04.2025	
4	Розробка принципової схеми системи вимірювання радіації	22.04.2025-28.04.2025	
5	Розрахунок точності та надійності системи	1.05.2025-10.05.2025	
6	Вибір складових елементів системи	11.05.2025-16.05.2025	
7	Розробка алгоритму та програми системи вимірювання радіації	27.05.2025-5.06.2025	
8	Оформлення пояснювальної записки та презентаційного матеріалу	10.06.2025-11.06.2025	

Студент

_____ Гусєв Б.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ Подчашинський Ю.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська дипломна робота на тему «Комп'ютеризований прилад для вимірювання радіаційного фону на відкритій місцевості» складається з 60 сторінок, містить 18 рисунків, 3 таблиці, 9 формул та 18 використаних джерел.

У дослідженні обґрунтовано актуальність створення системи для моніторингу радіації в атмосферному повітрі.

Розроблено структурну, функціональну та принципову схеми вимірювальної системи, а також здійснено розрахунок її надійності.

Створено блок-схему алгоритму роботи програмного забезпечення та реалізовано відповідну програму.

Ключові слова: радіаційний фон, лічильник Гейгера-Мюллера, мікроконтролер, іонізуюче випромінювання

ANNOTATION

Bachelor's thesis on the topic "Computerized device for measuring radiation background in open areas" consists of 60 pages, contains 18 figures, 3 tables, 9 formulas and 18 sources used.

The study substantiates the relevance of creating a system for monitoring radiation in atmospheric air.

The structural, functional and principle diagram of the measuring system has been developed, and its reliability has been calculated.

A block diagram of the software algorithm has been created and the corresponding program has been implemented.

Keywords: radiation background, Geiger-Muller counter, microcontroller, ionizing radiation.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	8
1.1. Призначення та область застосування.....	8
1.2. Умови експлуатації	9
1.3. Технічні параметри системи.....	9
1.4. Вимоги до конструкторського оформлення.....	11
2. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ	12
2.1. Загальний опис дозиметрів та їх історія походження.....	12
2.2. Аналоги дозиметрів.....	14
3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ.....	18
3.1. Обґрунтування мікроконтролера.....	18
3.2. Обґрунтування газорозрядного лічильника.....	19
3.3. Обґрунтування дисплея.....	20
3.4. Обґрунтування датчика температури та вологості.....	23
3.5. Обґрунтування живлення приладу	24
3.6. Обґрунтування кнопки.....	26
3.7. Структурна схема.....	27
4. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ.....	29
4.1. Вибір мікроконтролера.....	29
4.2. Вибір газорозрядного лічильника.....	30
4.3. Вибір дисплея	31
4.4. Вибір датчика температури та вологості.....	33
4.5. Вибір акумулятора.....	34
4.6. Вибір перетворювач напруги.....	35
4.7. Вибір кнопки	36
4.8. Побудова принципово-електричної схеми.....	37
4.9. Розрахунок похибок визначення радіаційного фону	39
5. РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ТА АЛГОРИТМУ.....	42
5.1. Розробка алгоритму	42
5.2. Розробка програми.....	44
6. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	48
6.1. Розробка друкованої плати.....	48
6.2. Розрахунок надійності системи.....	51
7. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	53
7.1. Охорона праці.....	53
7.2. Розробка заходів з охорони праці.....	56
ВИСНОВКИ.....	58
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	59

					МММТ 480.002.003 – ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Комп'ютеризований прилад для вимірювання радіаційного фону на відкритій місцевості	Літ.	Арк.	Аркшів	
Розробив		Гусєв Б.О.					5	60	
Перевірив		Подчашинський Ю.О.				ДУ «Житомирська політехніка», МТ-4			
Рецензент									
Н. контр.									
Затверд.		Подчашинський Ю.О.							
					Пояснювальна записка				

ВСТУП

Актуальність розробки. В умовах зростання техногенного навантаження на навколишнє середовище питання контролю рівня радіаційного фону набуває особливої важливості.

Одним із ключових чинників, що впливають на здоров'я населення та стан довкілля, є рівень радіаційного фону. Джерелами іонізуючого випромінювання можуть бути як природні радіонукліди, так і техногенні аварії, промислові об'єкти чи військові дії. Тому своєчасне виявлення та контроль рівня радіації є критично важливими для забезпечення безпеки людей.

Існуючі стаціонарні засоби вимірювання часто обмежені у своїй мобільності, а комерційні портативні пристрої можуть бути занадто дорогими або недостатньо гнучкими для адаптації під специфічні задачі. У зв'язку з цим виникає потреба у розробці доступного, надійного та функціонального комп'ютеризованого приладу, здатного виконувати оперативний контроль рівня радіаційного фону на відкритій місцевості.

Розробка подібного пристрою з використанням сучасних мікроконтролерів, датчиків і програмного забезпечення дозволить забезпечити точні вимірювання, зберігання та обробку даних, а також можливість подальшої інтеграції з системами сповіщення чи моніторингу. Це робить проєкт актуальним як з технічної, так і з соціально-екологічної точки зору.

Мета роботи: Розробити комп'ютеризований прилад для вимірювання радіаційного фону на відкритій місцевості, який забезпечує точне, надійне та зручне в користуванні визначення рівня іонізуючого випромінювання з можливістю обробки та збереження даних.

Предмет дослідження: Структура, принцип роботи та програмне забезпечення комп'ютеризованої системи вимірювання радіаційного фону з використанням мікроконтролера та датчика іонізуючого випромінювання (лічильника Гейгера-Мюллера).

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Об'єкт дослідження: Процес вимірювання радіаційного фону в навколишньому середовищі.

Задача, які необхідно виконати для досягнення мети:

- 1.Провести аналіз наявних систем для вимірювання рівня радіації в повітрі.
- 2.Побудувати структурну схему пристрою для радіаційного контролю.
- 3.Розробити принципову електричну схему роботи приладу.
- 4.Спроектувати друковану плату для реалізації апаратної частини.
- 5.Створити алгоритм функціонування пристрою та реалізувати відповідне програмне забезпечення.
- 6.Здійснити розрахунок похибок вимірювань і оцінити надійність системи.
- 7.Розглянути охорону праці при роботі з пристроєм для радіаційного контролю.

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

1.1. Призначення та область застосування

Розроблений комп'ютеризований прилад призначений для вимірювання рівня радіаційного фону в атмосфері на відкритій місцевості. Його основною функцією є оперативне виявлення іонізуючого випромінювання, що дозволяє своєчасно реагувати на перевищення допустимих норм радіації та забезпечити захист людей і довкілля.

Прилад виконує безперервний моніторинг, зчитування, обробку та виведення результатів вимірювань на екран, а також може зберігати дані для подальшого аналізу. Завдяки використанню сучасних мікроконтролерів, лічильника Гейгера-Мюллера та програмного забезпечення, пристрій є надійним, енергоефективним і зручним у використанні.

Сфери застосування приладу:

- екологічний моніторинг територій поблизу АЕС, промислових об'єктів, звалищ тощо;
- контроль радіаційного фону у зонах, потенційно забруднених внаслідок техногенних аварій або військових дій;
- використання в системах цивільного захисту та надзвичайних ситуацій;
- навчальні та науково-дослідні цілі у навчальних закладах;
- мобільні лабораторії та екологічні служби.

1.2. Умови експлуатації

Комп'ютеризований прилад для вимірювання радіаційного фону призначений для роботи в різноманітних умовах відкритої місцевості та повинен відповідати наступним експлуатаційним вимогам:

- Температурний діапазон роботи: від -20 °C до +50 °C;.
- Вологість повітря: від 10 % до 90 % без конденсації вологи;
- Атмосферний тиск: в межах від 86 до 106 кПа;

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Відсутність агресивних хімічних середовищ: пристрій не призначений для роботи в середовищах із підвищеною концентрацією агресивних газів чи пилу;
- Живлення: стабільне джерело живлення, можливе використання акумуляторів для автономної роботи (3,7В акумулятор, складові 5 В);
- Механічні умови: прилад має бути захищений від механічних пошкоджень, ударів та вібрацій під час транспортування і експлуатації;
- Інтервали обслуговування: періодична перевірка калібрування датчиків та технічне обслуговування не рідше одного разу на 6 місяців.

1.3. Технічні параметри прилада

На вхід системи надходить живлення від літійового акумулятора через підвищувальний перетворювач, який одночасно виконує функцію зарядного пристрою. До моменту подачі живлення на основну електроніку потрібно забезпечити стабільну вихідну напругу на рівні 5 В. Окрім живлення, система приймає сигнали з лічильника Гейгера-Мюллера у вигляді імпульсів, що генеруються під час проходження іонізуючих частинок через трубку. Ці імпульси надходять на спеціальний формувач сигналу на основі транзистора та передаються на мікроконтролер. Додатково на вхід системи надходять дані з цифрового датчика температури та вологості. Також через аналоговий вхід мікроконтролера здійснюється контроль рівня заряду акумулятора. Управління живленням здійснюється через здвоєний вимикач, який забезпечує безпечне включення і відключення як основної схеми, так і зарядного модуля.

На виході приладу формується декілька сигналів. Рівень радіаційного фону, температура, вологість повітря та рівень заряду виводяться на дисплей. У разі перевищення встановлених порогів рівня радіації активується звуковий сигнал за допомогою зумера, яким керує мікроконтролер. Також система формує високу напругу для живлення лічильника Гейгера – вона створюється

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

за допомогою перетворювача, керованого широтно-імпульсною модуляцією (ШІМ), що генерується на одному з цифрових виходів мікроконтролера.

Мікроконтролер виконує центральну роль в управлінні усіма функціями приладу. Він обробляє імпульси, що надходять від лічильника, підраховує їхню кількість за певний час та переводить у показник потужності дози. Крім цього, контролер генерує ШІМ-сигнал, який визначає рівень високої напруги, необхідної для роботи трубки. Він також зчитує дані з температурного та вологісного датчика, аналізує напругу акумулятора, керує зумером і дисплеєм, забезпечуючи користувачу повну інформацію про поточний стан навколишнього середовища та самого пристрою.

Робота приладу автоматизована: після вмикання всі процеси, включаючи вимірювання, аналіз та відображення даних, виконуються без необхідності втручання оператора.

Технічні характеристики системи та її складових частин:

–Точність вимірювання: відносна похибка не перевищує 10 %; абсолютна похибка становить не більше $\pm 1,5$ мкР/год у діапазоні фонових значень;

–Діапазон вимірювання радіації: від 0,05 до 1000 мкР/год (залежно від встановленої трубки);

–Надійність системи: середній час напрацювання на відмову не менше 14 000 годин;

–Вимірювальний елемент: газорозрядна трубка Гейгера-Мюллера (СТС-5 або СБМ-20).

Система комп'ютеризованого дозиметра повинна бути спроектована на основі стандартних, уніфікованих компонентів. До її складу входять мікроконтролер, газорозрядний датчик для виявлення іонізуючого випромінювання, цифровий сенсор навколишнього середовища, блок живлення зі стабілізованою вихідною напругою, рідкокристалічний дисплей для виведення інформації, а також звуковий сигналізатор для оповіщення користувача. Усі компоненти є доступними, широко використовуються в різних електронних пристроях та підтримуються великою кількістю програмних

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рішень. Завдяки цьому конструкція забезпечує гнучкість, зручність у складанні, технічному обслуговуванні й можливість швидкої заміни окремих елементів на сумісні без необхідності змінювати загальну схему системи.

1.4.Вимоги до конструктивного оформлення

Вимоги до конструктивного оформлення комп'ютеризованого дозиметра передбачають надійність, зручність використання та захист компонентів у польових умовах.

Корпус поивнен виготовляється з ударостійкого пластику ABS і складається з верхньої та нижньої частин розміром 137×91×50 мм. Усередині корпусу розміщується друкована плата з акумуляторною батареєю розміром 136×90 мм, що щільно прилягає до внутрішніх стінок і не створює люфтів.

У корпусі повинні бути передбачені вирізи для дисплея, кнопок і роз'ємів живлення, а також вентиляційні отвори. Високовольтні елементи ізольовані, акумулятор надійно зафіксований. Конструкція повинна бути стійка до вібрацій, пилу та механічних навантажень, забезпечуючи захист приладу в умовах відкритої місцевості.

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

2.1. Загальний опис дозиметрів та їх історія походження

Дозиметри – це прилади, призначені для вимірювання дози іонізуючого випромінювання, що потрапляє на об’єкт або накопичується протягом певного часу. Вони є ключовими інструментами у сфері радіаційного контролю, ядерної енергетики, медицини, промисловості, військовій справі та екологічному моніторингу. Основною метою дозиметрії є оцінка рівня радіаційного впливу на людину або навколишнє середовище для забезпечення безпеки.

Іонізуюче випромінювання – це тип енергії, який може змінювати атомну структуру речовин, і, у високих дозах, завдавати серйозної шкоди живим організмам. До джерел такого випромінювання належать радіоактивні ізотопи, рентгенівські установки, ядерні реактори, а також деякі технологічні й медичні прилади. У зв’язку з невидимістю іонізуючого випромінювання для людських органів чуття, постала необхідність у створенні спеціальних приладів, здатних його виявляти й вимірювати.

Історія дозиметрів тісно пов’язана з відкриттям явища радіоактивності наприкінці XIX століття. У 1895 році Вільгельм Рентген відкрив рентгенівське випромінювання, а в 1896 році Антуан Анрі Беккерель випадково виявив явище природної радіоактивності. Після відкриття полем Резерфордом та подружжям Кюрі альфа-, бета- та гамма-випромінювання, стало очевидним, що ці типи енергії можуть мати біологічний вплив.

Першими «дозиметрами» можна вважати фотоплівки, які чорніли під дією радіації. Їх використовували для фіксації факту опромінення, але вони не дозволяли точно оцінити дозу. Із розвитком науки з’явилися електроскопи – прості прилади, які вимірювали заряд, що зменшувався під впливом радіації. Ці пристрої були першими кроками до створення сучасних дозиметрів [1].

Етапи розвитку дозиметрії:

У 1920–1930-х роках відбулося удосконалення електрометричних методів вимірювання, а також почалася розробка спеціалізованих приладів для обліку

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

впливу радіації на людину. Одним із перших компактних дозиметрів був кишеньковий іонізаційний дозиметр, який дозволяв працівнику індивідуально контролювати отриману дозу. Його принцип дії базувався на зміні заряду в мініатюрному іонізаційному осередку.

Після Другої світової війни, на тлі зростання інтересу до ядерної енергетики та зброї, почався стрімкий розвиток дозиметрії. З'явилися сцинтиляційні лічильники, які працювали на основі реєстрації спалахів світла, що виникали в спеціальних матеріалах при проходженні через них іонізуючих частинок. Також отримали широке застосування газорозрядні прилади — зокрема лічильники Гейгера-Мюллера, які використовуються й донині завдяки своїй простоті, надійності та низькій вартості.

У 1960–1970-х роках розробляються термолюмінесцентні дозиметри (ТЛД), які після опромінення накопичують енергію, що згодом вивільняється у вигляді світла при нагріванні. ТЛД стали популярними завдяки своїй точності й можливості багаторазового використання. Їх активно використовують у медичній діагностиці, радіології та на ядерних об'єктах.

З розвитком електроніки у 1980–1990-х роках з'явилися цифрові електронні дозиметри, які забезпечують безперервний моніторинг, збереження даних, можливість встановлення порогів оповіщення та інтеграцію з комп'ютерними системами. Такі прилади зазвичай містять мікроконтролери, РК-дисплеї, зумери, інтерфейси для зчитування інформації [2].

Сучасні дозиметри поділяють за різними ознаками:

- За типом реєстрованого випромінювання: альфа-, бета-, гамма-дозиметри, нейтронні дозиметри;
- За способом використання: персональні (індивідуальні), побутові, стаціонарні, польові;
- За принципом дії: іонізаційні, сцинтиляційні, газорозрядні, напівпровідникові, термолюмінесцентні.

Один із найпоширеніших типів – газорозрядний дозиметр, в свою чергу працює на основі лічильника Гейгера-Мюллера, у якому електричні імпульси

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

виникають в результаті проходження заряджених частинок через газ. Кількість імпульсів за певний час дозволяє визначити потужність дози випромінювання.

У сучасних системах все частіше застосовуються комп'ютеризовані дозиметри, що включають мікроконтролери для обробки сигналів, управління індикацією, оповіщенням та збору статистики. Такі системи дозволяють гнучко адаптувати параметри вимірювання, здійснювати калібрування та віддалений моніторинг.

Загрозливі події, такі як аварія на ЧАЕС, Фукусімі чи інші радіаційні інциденти, наочно показали необхідність контролю радіаційного фону. Сучасні дозиметри дозволяють своєчасно виявляти перевищення радіаційного рівня, захищаючи тим самим життя та здоров'я людей[3].

Індивідуальні прилади дедалі частіше з'являються у вжитку не лише у фахівців, а й у цивільного населення – зокрема, туристів, працівників, що перебувають поблизу потенційно небезпечних об'єктів, або навіть власників ділянок, які перевіряють рівень фону самостійно.

2.2 Аналоги дозиметрів

Для порівняння аналогічних пристроїв вимірювання радіації з розроблюваним приладом пропонується розглянути декілька існуючих приладів.

UNI-T UT334A (рис.2.1) – це портативний дозиметр-радіометр, оснащений високочутливим лічильником Гейгера та використовується для контролю рентгенівського, бета- та гамма-випромінювання. Прилад характеризується високою чутливістю та точністю вимірювань. Дозиметр оснащений потужним мікропроцесором та кольоровим дводюймовим TFT-дисплеєм. Два режими сигналізації (звукова та візуальна) можна довільно комбінувати, також можна самостійно встановити граничне значення сигналізації. При досягненні цього значення прилад видасть сигнал тривоги.

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

UNI-T UT334A широко використовується в галузі охорони здоров'я, в радіаційній терапії, в ядерних лабораторіях, при інспекції товарів імпорту та експорту, у будівельних компаніях, геологічній розвідці та інших галузях виробництва, пов'язаних з радіаційною небезпекою.



Рис.2.1. Дозиметр-радіометр UNI-T UT334A

Технічні характеристики:

- Датчик: лічильник Гейгера;
- Діапазон вимірювання: 0,05 мЗв – 50 мЗв;
- Точність вимірювань: -17%~+25% на основі ^{137}CS ;
- Час спрацьовування сигналізації: <10 с;
- Дисплей: 2" TFT;
- Розміри: 120×65×25 мм;
- Вага: 127 г;
- Живлення: 3,7В Li-Ion акумулятор 1800 мА·год;
- Інтерфейс заряджання: USB C. [4]

Дозиметр FS-600 (рис.2.2) – це компактний портативний прилад від компанії Bosen, який призначений для вимірювання гамма-, бета- та рентгенівського випромінювання. Ця модель проста в керуванні та має хорошу точність. Завдяки цьому вона часто використовується для перевірки рівня

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

радіоактивного випромінювання у житлових квартирах та будинках, підсобних приміщеннях, складах, а також у медичних закладах. Крім того, з її допомогою легко перевірити випромінювання від автомобіля, будівельних матеріалів, продуктів та будь-яких інших предметів та речей.



Рис.2.2. Дозиметр FS-6

Для роботи пристрою в нього вбудований лічильник Гейгера-Мюллера з великим діапазоном і високою точністю вимірювань. Він реєструє кожен квант і виходячи з цього розраховує поточну потужність дози випромінювання, і навіть значення накопиченої дози. Всі ці результати відображаються в числовому вигляді на вбудованому рідкокристалічному дисплеї, який має роздільну здатність 128 x 64 пікселів. Також можна включити можливість графічного відображення кривої поточних значень.

Технічні характеристики:

- Тип детектора: трубка Гейгера–Мюллера (енергокомпенсована);
- Діапазон вимірювання потужності дози: від 0,1 $\mu\text{Sv}/\text{год}$ до 10 $\text{mSv}/\text{год}$;
- Діапазон накопичувальної дози: 0,00 μSv – 10 Sv ;
- Чутливість: понад 1 імпл/с на $\mu\text{Sv}/\text{год}$ (стосовно Co-60) ;
- Похибка: < 10 % (при 1 $\text{mSv}/\text{год}$) ;

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Максимальна потужність дози: 99,99 $\mu\text{Sv}/\text{год}$;
- Енергетичний діапазон реєстрації: 48 keV – 1,5 MeV.[5]

Дозиметр радіаційного випромінювання RD DM157 представлений на рис.2.3.Гаджет вловлює рентгенівське, бета- і гамма-випромінювання. Дозиметру радіаційного випромінювання RD DM157 досить кількох секунд для виявлення радіації. Ефективно працює в приміщеннях великої площі. Просте та зрозуміле кнопочке керування дає змогу швидко коригувати параметри пристрою під поточну ситуацію. Девайс упакований у кейс із міцного пластику. Зручний для транспортування та використання в несприятливих умовах.



Рис.2.3. Дозиметр радіаційного випромінювання RD DM157

Технічні характеристики:

- Тип вимірюваного випромінювання: гама (γ), рентгенівське (x), бета (β);
- Тип датчика: трубка Гейгера-Мюллера;
- Індивідуальний еквівалент дози: 0...1000 мкЗв/год;
- Спрямований еквівалент дози: 0...500 мкЗв;
- Діапазон енергій: 50...1500 $\leq \pm 30\%$ кеВ;

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Чутливість: 80 СРМ/мкЗв;
- Одиниці виміру: $\mu\text{Sv/h}$, $\mu\text{Gy/h}$;
- Живлення: вбудований акумулятор, 2000 мА·год;
- Пам'ять: вбудована;
- Індикація показань: цифрова;
- Повідомлення: звукове, вібрація
- Bluetooth: немає;;
- Дисплей: TFT кольоровий;
- Матеріал корпусу: пластик;
- Розміри: 189×70×30 мм. [6]

Дозиметр радіаційного випромінювання RD ZN-YM06 представлена на рис.2.4. Портативний девайс із вбудованим лічильником Гейгера виявляє гамма-, бета- та рентгенівське випромінювання за 1-3 секунди. Дозиметр радіаційного випромінювання RD ZN-YM06 забезпечує точне вимірювання доз радіації завдяки інноваційному сенсору з високим порогом чутливості та широким діапазоном вимірювання. ККД пристрою покращений удвічі, порівнюючи з моделями попередньої лінійки.



Рис.2.4. Дозиметр радіаційного випромінювання RD ZN-YM06

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Девайс сигналізує про перевищення радіаційного порога за допомогою звукового сповіщення, вібрації або мерехтіння вбудованого світлодіода. Користувач може вручну налаштувати поріг радіаційного випромінювання для забезпечення високого рівня безпеки.

Технічні характеристики:

- Призначення – для повітря;
- Вимірювання – Радіаційний фон;
- Робочі температури – -20... +50 °C;
- Способи живлення – акумулятор;
- Робоча вологість: до 95%;
- Ємність акумулятора: 350 мА·год;
- Роз'єм: USB Type-C. [7]

Порівняльний аналіз таких дозиметрів, як UNI-T UT334A, FS-6, RD DM157 і RD ZN-YM06, показав, що ці прилади мають низку переваг – серед них зручність у використанні, мобільність, базовий рівень точності та доступність. Водночас вони мають і суттєві обмеження: більшість не передбачають можливості довготривалого моніторингу, не мають функції збереження або передавання даних, а також не завжди адаптовані до роботи в змінних кліматичних умовах або на великих відкритих просторах.

З огляду на це виникає потреба у створенні власного комп'ютеризованого приладу для вимірювання радіаційного фону на відкритій місцевості. Такий пристрій має забезпечувати вищу точність вимірювань, стійкість до зовнішніх впливів, можливість безперервного моніторингу, збереження даних у пам'яті або передавання на віддалений сервер, а також бути зручним для автоматизованого аналізу та інтеграції в екологічні або аварійно-рятувальні системи. Це дозволить суттєво підвищити ефективність контролю радіаційної безпеки у польових умовах.

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

3.1 Обґрунтування мікропроцесора

Мікропроцесор – це інтегральна схема, що виконує функцію центрального процесора (CPU) в комп'ютері або електронному пристрої. Він виконує обчислювальні та керуючі операції, обробляє дані та виконує інструкції, що керують роботою пристрою. Мікропроцесор складається з мільйонів транзисторів, які виконують різні функції, такі як арифметичні операції, логічні операції, керування пам'яттю та взаємодія зі зовнішніми пристроями. Він працює за допомогою тактового сигналу, який визначає швидкість операцій та обміну даними.

Існує безліч варіацій та моделей мікропроцесорів в межах кожної архітектури. Кожен мікропроцесор може мати різні технічні характеристики, такі як кількість ядер (одноядерні, багатоядерні), тактова частота, розмір кеш-пам'яті, підтримувані набори інструкцій та інші особливості.

Виробники мікропроцесорів, такі як Intel, AMD, ARM, IBM, Qualcomm, NVIDIA та багато інших, постійно вдосконалюють свої продукти, випускаючи нові покоління мікропроцесорів з покращеними характеристиками, продуктивністю та енергоефективністю.

Види мікропроцесорів:

Atmel є мікропроцесором з великою кількістю різних моделей, таких як ATmega16, ATmega64, ATmega128 і багато інших. Вони доступні, легкі у використанні та мають широке співпрацююче середовище розробки (IDE) та багато готових бібліотек. Arduino часто використовується для навчання, прототипування та реалізації різних проектів.

Raspberry Pi – це одноплатний комп'ютер, який має вбудований мікропроцесор ARM. Він пропонує більше можливостей порівняно з Arduino, включаючи підтримку операційних систем, здатність виконувати складні завдання та підключення до периферійних пристроїв. Raspberry Pi широко

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використовується для домашніх автоматизаційних систем, медіацентрів, IoT-проектів та багато іншого.

Ці мікроконтролери ESP8266 і ESP32 мають вбудований модуль Wi-Fi і Bluetooth, що робить їх ідеальними для проектів Інтернету речей (IoT). Вони мають хорошу продуктивність і здатність працювати з великою кількістю сенсорів та пристроїв. Підтримуються популярним середовищем Arduino IDE.

Micro:bit – це мікроконтролер, розроблений спеціально для освіти. Він має вбудовані кнопки, світлодіоди, акселерометр і може взаємодіяти з іншими пристроями за допомогою бездротового з'єднання Bluetooth. Micro:bit має власне онлайн-середовище розробки, яке спрощує процес програмування для початківців.

Для розробки приладу пропонується обрати тип мікропроцесора Atmel.

3.2 Обґрунтування газорозрядного лічильника

Газорозрядний лічильник — це пристрій у вигляді металевого або скляного циліндра, заповненого розрідженою сумішшю інертних газів з додатковими речовинами, які покращують його роботу. Всередині лічильника розташована тонка металева нитка (анод), а корпус виконує роль катода. У скляних моделях катодом є тонкий металевий шар, нанесений на внутрішню поверхню колби.

Ці лічильники використовують для виявлення та вимірювання радіоактивного забруднення поверхонь, а також для визначення рівня гамма-випромінювання (потужності дози).

Існує кілька основних типів газорозрядних лічильників:

- Гейгера-Мюллера – найбільш поширений тип. Працює на основі іонізації газу всередині трубки при потраплянні радіації, що спричиняє імпульс електричного струму.

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– Пропорційні лічильники – дають змогу вимірювати не лише факт радіоактивного випромінювання, а й його інтенсивність, завдяки пропорційній залежності між енергією частинок і отриманим імпульсом.

– Іскрові лічильники – фіксують випромінювання за допомогою іскрових розрядів, що виникають у газовому середовищі.

– Комбіновані пропорційні/Гейгер-Мюллер лічильники – здатні працювати у різних режимах в залежності від рівня радіації.

Кожен тип газорозрядного лічильника має специфічні технічні характеристики, що робить їх придатними для застосування у сфері ядерної енергетики, медицини, екологічного моніторингу та промислової безпеки.

3.3 Обґрунтування дисплея

Рідкокристалічний дисплей є електронним пристроєм для візуального представлення інформації, принцип роботи якого заснований на електричному ефекті Фредерікса, що виникає в рідких кристалах. Дисплей складається з певної кількості пікселів (кольорових або монохромних), а також джерела підсвітки або відбивального шару.

Кожен кольоровий піксель формується з кількох сегментів (зазвичай трьох), перед якими розташовані світлофільтри основних кольорів: червоного, зеленого та синього. Колір і яскравість пікселя визначаються інтенсивністю випромінювання цих сегментів. Управління окремими сегментами здійснюється шляхом подачі напруги через тонкоплівкові транзистори (TFT *Thin-Film Transistor*). Завдяки низькому енергоспоживанню, LCD-дисплеї широко застосовуються в мобільних пристроях, електроніці, моніторах та телевізорах.

Основні типи LCD-дисплеїв:

– HD44780 – класичні LCD-дисплеї з символами 16x2 або 20x4, що працюють на однойменному контролері. Часто підтримують інтерфейс I2C, що полегшує інтеграцію з мікроконтролерами.

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– OLED-дисплеї (SSD1306) – базуються на органічних світлодіодах, мають високу контрастність і яскравість, а також підтримку тексту й графіки, переважно в монохромному режимі.

– TFT-дисплеї (ILI9341, ST7789) – кольорові дисплеї з роздільною здатністю 240x320 пікселів, що працюють через SPI-інтерфейс. Підходять для відображення анімації, графіки й тексту.

– Інтегровані модулі (Nextion, Waveshare) – дисплеї зі вбудованими контролерами і сенсорним інтерфейсом, які підключаються через UART або SPI. Забезпечують зручну розробку інтерактивних інтерфейсів користувача.

Ці дисплеї відрізняються за функціональністю, якістю зображення, типом підключення та зручністю інтеграції у різні електронні системи.

3.4 Обґрунтування датчика температури та вологості

Датчик температури та вологості – це електронний пристрій, який використовується для вимірювання температури та вологості в навколишньому середовищі. Він має вбудований сенсор температури і вологості, а також мікроконтролер, який зчитує дані з сенсора і передає їх на зовнішній пристрій, такий як мікроконтролер або комп'ютер.

Види датчиків температури та вологості:

Існує багато різних видів датчиків температури і вологості, розроблених для різних потреб і застосувань.

Ось декілька основних видів датчиків температури і вологості:

Резистивні сенсори працюють на принципі зміни електричного опору матеріалу при зміні фізичних параметрів, таких як температура чи вологість. Наприклад, термістори реагують на зміну температури шляхом зміни опору, а полімерні резистивні елементи використовуються для визначення рівня вологості.

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Термопари генерують електричну напругу, яка прямо пропорційна температурній різниці між двома спаяними провідниками з різних металів. Ця напруга дозволяє визначити температуру в точці вимірювання.

Терморезистори, зокрема платинові датчики на кшталт PT100 або PT1000, змінюють опір залежно від температури. Вони широко застосовуються в промислових системах для точного контролю температури.

Ємнісні сенсори вимірюють зміну електричної ємності, яка змінюється в залежності від вологості або температури. Для їх виготовлення зазвичай використовують полімерні або керамічні матеріали.

Оптичні датчики працюють на основі властивостей світла — наприклад, змін у відбиванні або проходженні світлового потоку через матеріал. Ці зміни дозволяють визначати температуру чи вологість у середовищі.

3.5 Обґрунтування живлення приладу

Акумулятори є пристроями для зберігання електричної енергії і можуть бути використані для живлення різних пристроїв та систем. Вони працюють на основі хімічних реакцій, які дозволяють заряджати та розряджати акумулятор для накопичення та вивільнення електричної енергії.

Основна ідея акумулятора полягає в тому, що під час зарядки він накопичує електричну енергію у своїй хімічній структурі, а під час розрядження віддає цю енергію у вигляді електричного струму. Хімічна реакція відбувається між двома електродами, розділеними електролітом (речовина, що проводить електричний струм).

У залежності від типу акумулятора, використовується різна хімічна система. Найпоширеніші типи акумуляторів включають:

– Свинцево-кислотні акумулятори зазвичай застосовуються в автомобілях, системах безперебійного живлення та інших енергоємних установках. Вони характеризуються великою ємністю, проте мають низьку питому енергетичну щільність.

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– Літій-іонні акумулятори активно використовуються в мобільних телефонах, ноутбуках, планшетах та іншій портативній електроніці. Вони вирізняються високою енергетичною щільністю, компактністю та низьким рівнем саморозряду.

– Літій-полімерні акумулятори, які є модифікацією літій-іонних, мають гнучку конструкцію, що дозволяє виготовляти їх у різноманітних формах і розмірах. Їх часто застосовують у дронах, портативних пристроях, роботах та сучасній техніці.

– Нікель-метал-гідридні акумулятори (NiMH) знаходять застосування у побутових приладах, фотоапаратах, радіостанціях, іграшках. Вони мають високу ємність, хоча поступаються літієвим за енергетичною щільністю.

Перетворювач напруги, також відомий як блок живлення або інвертор, це пристрій, який використовується для зміни рівня напруги з одного рівня на інший. Основна функція перетворювача напруги полягає в тому, щоб перетворити один тип напруги на інший, надаючи потрібний рівень напруги для живлення підключених електронних пристроїв або систем.

Так, як напруга живлення акумулятор а може бути 3,7 В, 4,8 В, а складові елементи повинні житися від 5 В. Для підвищення напруги живлення від акумулятора до складових елементів пропонується застосовувати перетворювач напруги.

Перетворювачі напруги можуть мати різні характеристики і функціонал в залежності від конкретного застосування.

Основні типи перетворювачів напруги включають:

– АЦ/DC-перетворювачі(AC/DC Converters): Ці перетворювачі приймають змінну напругу (AC) з електричної мережі і перетворюють її в постійну напругу (DC), яка необхідна для живлення багатьох електронних пристроїв.

– DC/DC-перетворювачі(DC/DC Converters): Ці перетворювачі приймають постійну напругу (DC) та перетворюють її на інший рівень постійної напруги. Вони використовуються, наприклад, для зниження або

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підвищення напруги від одного рівня до іншого, що потрібно для конкретного пристрою або системи.

– DC/AC-перетворювачі(DC/AC Converters або інвертори):Ці перетворювачі приймають постійну напругу (DC) та перетворюють її в змінну напругу (AC). Інвертори використовуються, наприклад, у сонячних енергетичних системах, автомобільних системах живлення або у системах незалежного живлення, де потрібно отримати змінну напругу для підключення різних пристроїв.

Обрано для прилада тип перетворювача напруги DC/DC-перетворювач (DC/DC Converters).

3.6. Обґрунтування кнопки

Кнопка - це електромеханічний пристрій, який використовується для введення сигналу або активації функції в електронних пристроях. Вона складається з контактів, які з'єднані металевими пружинами та замкнуться при натисканні на кнопку. Кнопка може мати різні форми та розміри, включаючи круглі, прямокутні або інші форми.

При натисканні на кнопку контакти замикаються, утворюючи електричне з'єднання. Це дає можливість передати сигнал або активувати певну функцію в електронному пристрої. Кнопки можуть мати різні типи замикання, такі як моментальне замикання (повертаються у вихідний стан після відпускання), тримаюче замикання (залишаються замкнутими поки не будуть знову натиснуті) або комбінацію обох.

Кнопки широко використовуються в електронних пристроях, включаючи комп'ютери, мобільні телефони, побутову техніку, автомобілі, електронні ігри та багато інших пристроїв. Вони забезпечують користувачам зручний спосіб взаємодії з пристроєм, дозволяють виконувати різні команди та керувати функціями.

Види кнопок:

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.Моментальні кнопки активуються лише під час натискання контакт замикається на короткий час і розмикається одразу після відпускання. Це один із найпоширеніших типів кнопок.

2.Фіксуючі кнопки зберігають свій стан після натискання: контакт залишається замкненим, доки користувач не натисне кнопку ще раз. Вони підходять для керування функціями, які повинні залишатися активними тривалий час.

3.Двосторонні або перемикаючі кнопки мають контакти з обох боків, дозволяючи чергувати між двома станами. Натискання з одного боку замикає один контакт, а з іншого другий.

4.Аналогові кнопки з плавною реакцією дозволяють поступово змінювати параметри, наприклад, гучність або яскравість. Вони реагують на силу або тривалість натискання.

5.Кнопки з кришталевими або твердими контактами забезпечують точне й надійне спрацювання завдяки матеріалам з високою зносостійкістю, що підвищує термін їх служби.

6.Мембранні кнопки мають гнучку конструкцію й спрацьовують при натисканні на спеціальну плівкову поверхню. Широко застосовуються в пристроях із сенсорною або плоскою панеллю керування.

7.Кнопки з підсвічуванням або індикацією оснащені вбудованими світлодіодами, які сигналізують про поточний стан наприклад, чи активована функція, чи ні.

3.7. Структурна схема

Враховуючі обрані елементи складемо структурну схему приладу для вимірювання радіаційного фону рис.3.1.

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

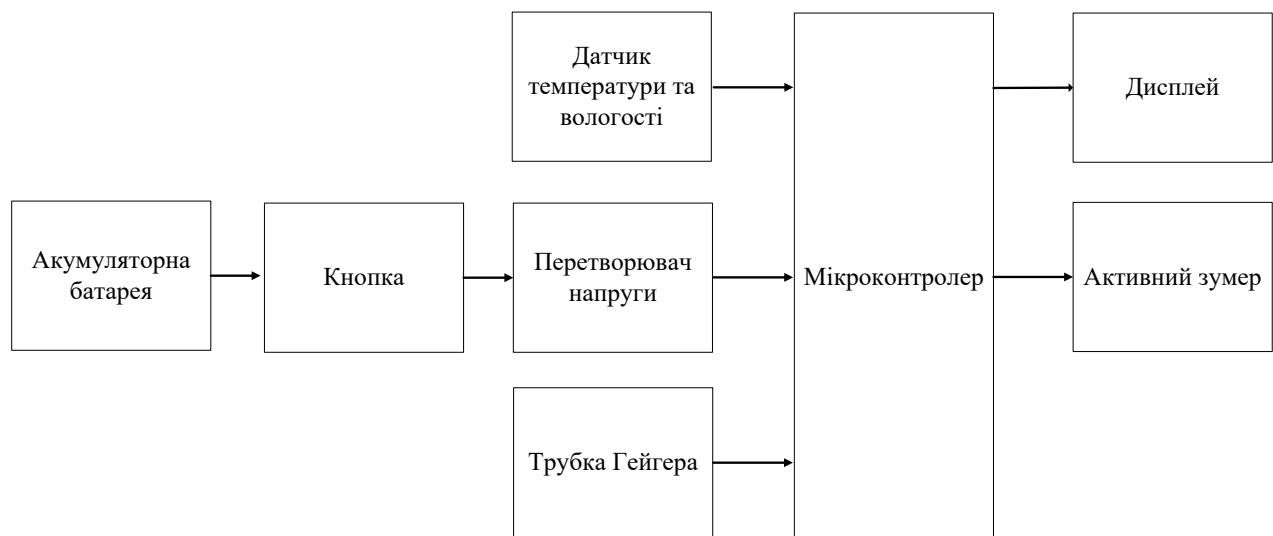


Рисунок 3.1. Структурна схема комп'ютеризованого приладу для вимірювання радіаційного фону

З обґрунтованих компонентів була побудована структурна схема:

1. Система живиться від акумуляторної батареї, яка слугує основним джерелом електроенергії для всіх модулів. Для забезпечення стабільної роботи окремих елементів, перетворювач напруги змінює рівень напруги до значень, необхідних для живлення різних компонентів.

2. Датчик температури та вологості виконує вимірювання метео умов навколишнього середовища та передає ці дані до мікроконтролера, що є центральним вузлом системи. Мікроконтролер аналізує отриману інформацію, керує роботою всіх модулів і реалізує програмну логіку пристрою.

3. Трубка Гейгера здійснює детекцію і реєстрацію рівня радіаційного фону, а отримані значення також обробляються мікроконтролером.

4. Для надання зворотного зв'язку користувачу в системі передбачено дисплей, на якому виводиться актуальна інформація про стан середовища та системи, а також активний зумер, який генерує звукові сигнали у випадку перевищення допустимих показників або появи небезпеки.

5. Усі ці компоненти взаємодіють у межах узгодженої архітектури, забезпечуючи безперебійну роботу пристрою в реальному часі для моніторингу радіаційної ситуації на відкритій місцевості.

4. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

4.1. Вибір мікроконтролера

АТmega328Р є 8-бітним мікроконтролером з архітектурою AVR, виробленим компанією Microchip (раніше Atmel). Він є покращеною версією популярного мікроконтролера АТmega328 і має ряд удосконалень і додаткових можливостей.

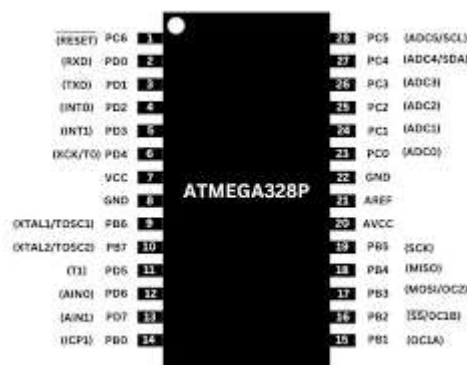


Рис.4.1. АТmega328Р

Мікроконтролер АТmega328Р має 8-бітну архітектуру AVR з максимальною тактовою частотою 20 МГц і виконує одну команду за один такт. Обладнаний 32 КБ Flash-пам'яті (з яких 0.5 КБ зарезервовано для завантажувача), 2 КБ оперативної пам'яті SRAM та 1 КБ EEPROM. Має 23 цифрових входи/виходи, з яких 6 підтримують ШІМ-сигнали, та 6 аналогових входів із 10-бітним АЦП. Підтримує інтерфейси UART, SPI, I²C (TWI) та має 3 таймери (два 8-бітні і один 16-бітний). Працює при напрузі від 1.8 В до 5.5 В (типово — 5 В), максимальний струм на вихід — 40 мА. Має низьке енергоспоживання з підтримкою режимів енергозбереження (Idle, Power-down, Power-save), вбудований Watchdog-таймер та захист від зниження напруги (BOD). Доступний у корпусах DIP-28, TQFP-32, MLF-32.

Підтримує програмування через ISP та сумісний з Arduino IDE. Ідеально підходить для освітніх, аматорських і промислових проєктів [8].

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2. Вибір газорозрядного лічильника

Газорозрядний лічильник СБМ-20 (Лічильник Бета-Мініатюрний 20) є одним з найпопулярніших газорозрядних лічильників, який використовується для вимірювання радіації.



Рис.4.2. Газорозрядний лічильник СБМ-20

Технічні характеристики:

- Джерело випромінювання - Cs;
- Чутливість до гамма-випромінювання:
- ПЕД - 4,0мкР-с-1;
- 67,5мкР-1 $\pm$ 7,5мкР-1;
- Номінальна робоча напруга приладу лічильник Гейгера-Мюллера СБМ-20 - 400В;
- Напруга початку лічби - 260В-320В;
- Протяжність лічильної характеристики - не менше 100В;
- Нахил лічильної характеристики - не більше 0,1%/В;
- Власний фон приладу лічильник Гейгера-Мюллера СБМ-20 - не більше 1,0с-1;
- Максимально робоча ПЕД - 1400с-1, 40мкР-с-1, к. н. $\pm$ 20%;
- Максимально допустима ПЕД - не менше 360Р-год-1;
- Габарити - 11х11х108мм;
- Маса приладу лічильник Гейгера-Мюллера СБМ-20 - 10г.

					МММТ 480.002.003 - ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Деякі з переваг цього лічильника включають:

– Чутливість до різних типів радіації: Лічильник СБМ-20 може виявляти як альфа- і бета-частки, так і гамма-випромінювання. Це робить його універсальним для вимірювання різних джерел радіації.

– Компактний розмір: Лічильник СБМ-20 має мініатюрний розмір, що дозволяє легко використовувати його в різних додатках та пристроях. Він підходить для використання в портативних пристроях та лабораторних установках.

– Висока чутливість: Лічильник СБМ-20 має високу чутливість до радіації, що дозволяє вимірювати навіть низькі рівні радіації. Це особливо важливо в ситуаціях, коли потрібно виявити невеликі дози радіації або контролювати рівень радіації в робочому середовищі.

– Простота використання: Лічильник СБМ-20 є простим у використанні. Він має дві контактні ноги, які підключаються до вимірювального пристрою або мікроконтролеру. Після підключення його можна використовувати для вимірювання радіації.

– Доступність та вартість: Лічильники СБМ-20 є достатньо поширеними та доступними на ринку. Вони мають прийнятну вартість, що робить їх доступними для широкого кола користувачів та дослідників [9].

4.3. Вибір дисплея

LCD1602 I2C – це зручний модуль рідкокристалічного дисплея з розміром 16×2 символи, який легко інтегрується у різноманітні електронні проекти. Завдяки використанню інтерфейсу I2C, для підключення дисплея до мікроконтролера необхідно лише два сигнальні дроти, що дозволяє значно зекономити порти вводу/виводу.

Модуль обладнаний яскравим синім підсвічуванням, яке можна вмикати або вимикати при потребі, а також має регулювання контрастності для

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

оптимального відображення символів. Дисплей підтримує виведення англійських символів, що робить його універсальним рішенням для більшості прикладних задач.



Рис 4.3. LCD1602 I2C

Технічні характеристики:

- Тип дисплея: Рідкокристалічний (LCD), символний;
- Розмір відображення: 2 рядки по 16 символів (16×2);
- Інтерфейс: I2C (з інтегрованим адаптером на базі контролера PCF8574)
- Напруга живлення: 5 В постійного струму;
- Споживаний струм: ~1 мА (без підсвічування), до 20 мА (з підсвічуванням);
- Контрастність: Регулюється потенціометром;
- Підсвічування: Синє з білими символами (LED), увімкнене за замовчуванням;
- Розміри модуля: приблизно 80 × 36 × 12 мм;
- Кількість використовуваних пін I2C: лише 2 (SDA дані, SCL тактова лінія);
- Сумісність: Arduino, ESP8266, ESP32, STM32 та інші мікроконтролери;
- Адреса I2C (за замовчуванням): 0x27 або 0x3F (може варіюватись залежно від виробника);
- Температурний діапазон роботи: від 0°C до +50°C;
- Контролер дисплея: HD44780 або його сумісний аналог [10].

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При цьому використовуються тільки два інформаційних канали контролера.

Однією з основних переваг LCD1602 I2C є простота використання та сумісність з популярними платами мікроконтролерів, такими як Arduino, ESP32 (з перетворювачем 3,3В->5В) та Raspberry Pi (з перетворювачем 3,3В->5В). Усього кількома рядками коду ви можете відображати на екрані повідомлення, числа та символи і навіть створювати власні символи за допомогою вбудованої пам'яті CGRAM. Модуль також підтримує прокручування та позиціонування курсору, що дозволяє створювати динамічні та інтерактивні меню.

В цілому, LCD1602 I2C – це надійний та зручний дисплейний модуль, який пропонує відмінне співвідношення ціни та якості. Його компактний розмір, низьке енергоспоживання та простота використання роблять його ідеальним вибором для широкого кола додатків та користувачів від початківців до професіоналів.

4.4. Вибір датчика температури та вологості

АНТ10 – це цифровий сенсор температури та вологості високої точності, розроблений компанією ASAIR, який функціонує через інтерфейс I2C. Він підтримує роботу в діапазоні напруги живлення від 1,8 до 3,3 В, причому рекомендоване значення становить 3,3 В. Для стабільної роботи на модулі передбачено вбудований стабілізатор напруги XC6206-3.3. Додатково, завдяки використанню двох польових транзисторів, забезпечено узгодження логічних рівнів між 3,3 В і 5 В, що дозволяє безпечно підключати модуль до мікроконтролерів із п'ятивольтовою логікою. За замовчуванням модуль використовує I2C-адресу 0x38, однак її можна змінити на 0x39, замкнувши відповідну перемичку на платі, що дає змогу одночасно підключити два такі сенсори до однієї шини.

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

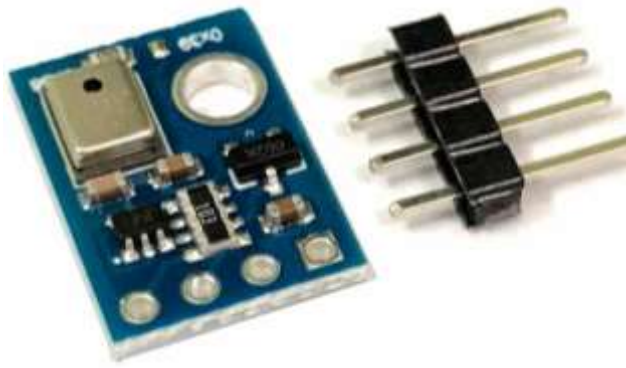


Рис.4.4. Датчик температури та вологості АНТ-10

Технічні характеристики:

- Напруга живлення, 2,0 ... 5,5;
- Діапазон вимірювання температури, °C -40 ... +85;
- Похибка вимірювання температури, °C 0,3;
- Роздільна здатність температури, °C 0,01;
- Діапазон вимірювання вологості, % 0 ... 100;
- Похибка вимірювання вологості, % 2;
- Роздільна здатність вологості, % 0,024.[11]

4.5. Вибір акумулятора

Акумулятор Li-ion Samsung 18650, 3,7В, ємністю 4200 мАг. Ця акумуляторна батарея призначена для використання у ліхтариках, електронних сигаретах, портативних шуруповертах, дрелях, модах та інших пристроях.

Завдяки покращеному складу елементів такі АКБ позиціонують себе як акумулятори з високою енергетичною щільністю та високою реальною ємністю. Акумулятори без шкоди працюють із високими струмами.



Рис.4.5. Акумулятор Li-ion Samsung 18650

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічні характеристики:

- Розміри (довжина x діаметр): 65 x 18 мм;
- Місткість: 4200 мАг;
- Вихідна напруга: 2,5 (мінімальне);
- 3,7 (номінальне);
- 4,2 (максимальне);
- Захисна плата: ні;
- Високострумний: ні;
- Тип акумулятора: Li-ion;
- Максимальний струм розряду: 5,2А;
- Типорозмір: 18650. [12]

4.6. Вибір перетворювача напруги

Модуль заряду Li-Ion АКБ з DC/DC step-up перетворювачем J5019 (також відомий як модуль зарядного пристрою TP4056 з підвищувачем напруги) – це електронний пристрій, призначений для зарядки літій-іонних акумуляторних батарей (ЛАБ) та підвищення напруги від джерела живлення.



Рис.4.6. Модуль заряду Li-Ion АКБ з DC/DC step-up перетворювачем J5019

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Технічні характеристики:

Контролер заряду:

- Вхідна напруга: DC 4.5V-5.5V;
- Вихідна напруга: DC 4.2V ;
- Струм заряду: до 1A (налаштовується шляхом заміни резистора на другій нозі MC, за замовчуванням 1A);
- Індикація процесу заряджання - червоний світлодіод;
- Індикація закінчення зарядки - зелений (синій) світлодіод.

Перетворювач напруги:

- Вхідна напруга: від 2V до 24V (увага модуль не оснащений контролером захисту Li-Ion акумулятора);
- Фіксована частота перетворення 1.2MHz ;
- Внутрішній 4A ключ;
- Налаштовується вихідна напруга від 4.2V до 28V, за допомогою підлаштування резистора на платі (є клеми для під'єднання зовнішнього резистора);
- ККД до 97%;
- Розмір модуля 34x24x5 мм.

Модуль заряду Li-Ion АКБ з DC/DC step-up перетворювачем J5019 дозволяє ефективно заряджати та використовувати літій-іонні акумуляторні батареї в різних застосуваннях, де необхідне підвищення напруги для живлення електронних пристроїв.

4.7. Вибір кнопки

Моментальні кнопки це тип кнопок, які мають миттєве замикання при натисканні і повертаються у вихідний стан після відпускання. Вони активуються лише тоді, коли натиснуті.

Кнопка 6x6x5мм двоконтактна на 4 виводи, нормальний стан – розімкнута.

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ доцм.	Підпис	Дата		



Рис.4.7. Кнопка

Технічні характеристики:

- Діапазон температур: $-20^{\circ}\text{C} \dots +60^{\circ}\text{C}$.
- Опір контактів: 30 мОм.
- Максимальна напруга: 250В (протягом 1 хвилини).
- Ліміт натисків: 10 000.

4.8. Побудова принципово-електричної схеми

На базі структурної схеми та обраних складових елементів побудуємо принципову схему приладу рис.4.8.

Живлення дозиметра здійснюється від літієвого GB1 через підвищувальний перетворювач DD3, який є водночас і платою зарядки. Перед підключенням основної схеми до живлення, слід встановити напругу на виході перетворювача +5 вольт! Оскільки в схемі застосовується контроль заряду GB1, то під'єднання GB1 здійснюється через здвоєний вимикач. На транзисторі VT2, індуктивності L1, діоді VD1 і конденсаторі C2 зібрано перетворювач високої напруги для живлення трубки Гейгера.

ШІМ-сигнал на перетворювач надходить із піна 9 DD1. Резистор R4 є навантажувальним, його опір від 330 кОм до 390 кОм (підбирають під час налаштування!).

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перед під'єднанням трубки до схеми слід налаштувати рівень високої напруги, для СТС-5 - 390 в, для СБМ-20 - 400 в., для інших датчиків дивимося дані в паспорті на датчик.

Рівень напруги залежить від шпаруватості ШІМ, який потрібно підібрати в скетчі, в рядку `#define DUTY 550` (що вища шпаруватість, то вища напруга!), а також від значення навантажувального резистора R4 - що вищий опір, то вища напруга.

На транзисторі VT1 зібрано лічильник імпульсів, які приймаються піном 2 DD1. Дисплей LCD1602 і датчик температури та вологості АНТ10 під'єднані до Ардуїно по шині I2C. Контроль заряду GB1 здійснюється на піні A0 DD1, керування зумером - на 3 піні. Дозиметр зібрано на друкованій платі 136 x 90мм.

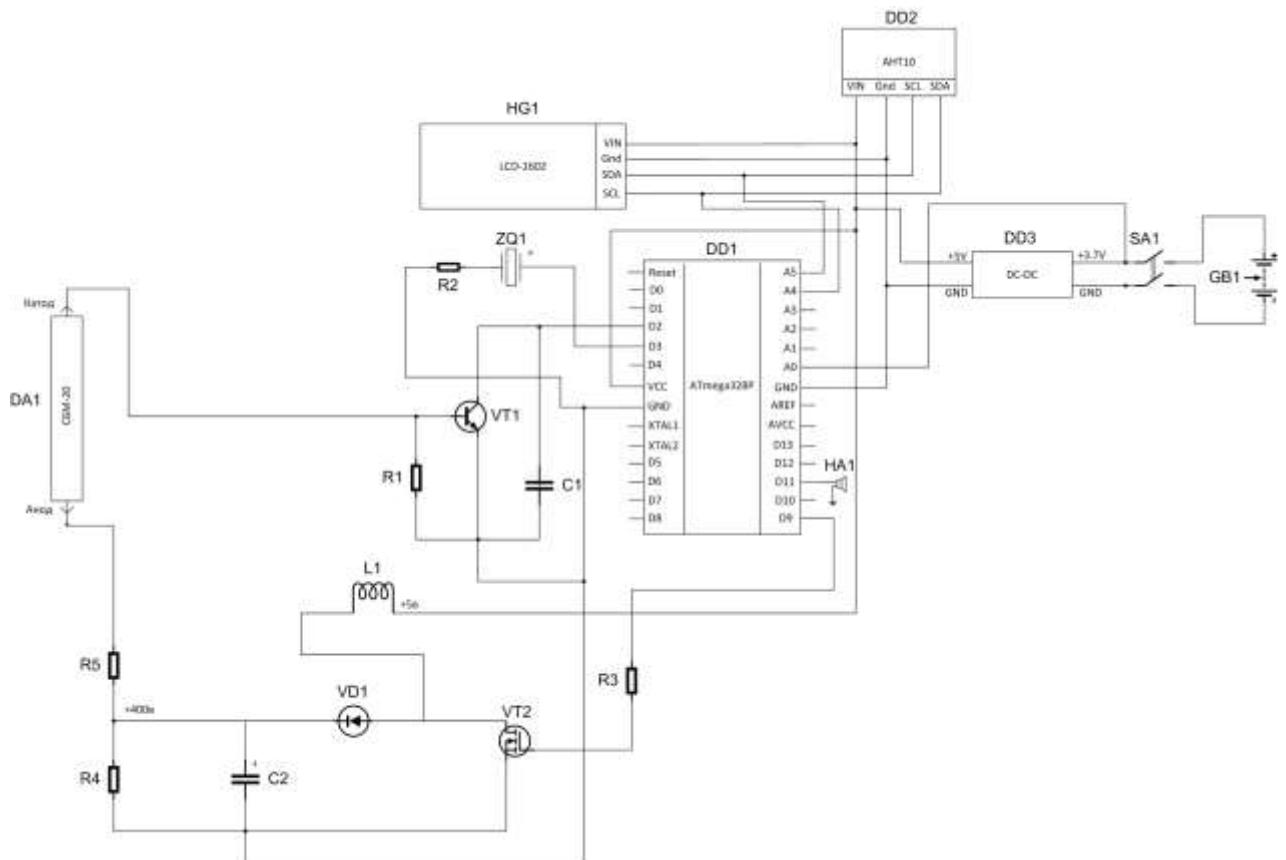


Рис. 4.8. Схема гомп'ютеризованого приладу для вимірювання радіаційного фону

Перелік елементів:

- 1.DD1 – Мікроконтролер ATmega328P;
- 2.DD2 – Датчик температури та вологості АНТ-10;

- 3.DD3 –Перетворювач напруги J5019;
- 4.DA1 – газорозрядний лічильник СБМ-20;
- 5.HG1 – дисплей LCD 1602 Blue I2C;
- 6.HA1 – активний зумер;
- 7.SA1 – кнопка 6x6x5 4-pin;
- 8.VT1 – C945;
- 9.VT2 – IRF840;
- 10.VD1 – HER106;
- 11.R1 – 10 кОм;
- 12.R2 – 100 Ом;
- 13.R3 – 22 Ом;
- 14.C1 – 470 пФ;
- 15.C2 – 4,7 мкФ;
- 16.ZQ1 – кварцевий резонатор 16 МГц;
- 17.L1 – 220 мкГн;
- 18.GB1 Акумулятор Li-ion Samsung 18650.

4.9. Розрахунок похибок визначення радіаційного фону

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

Було отримано наступну вибірку:

$N = (18; 20; 21; 19; 15; 18; 21; 22; 18; 19)$ мкР/год

За відомими формулами шукаємо:

1) середнє арифметичне N за (4.1):

$$\bar{N} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} N_i \cong 19,1 \quad (4.1)$$

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1) похибки повторних вимірювань ΔN_i та ΔN_i^2 (4.2):

$$\Delta N = |\bar{N} - N_i| \text{ та } \Delta N_i^2 = (\bar{N} - N_i)^2, \quad (4.2)$$

де $i = 1, 2 \dots 10$;

Результати вимірювань та обчислень заносимо у табл. 4.1.

Таблиця 4.1.

№ з. п.	N, мкР/год	ΔN_i , мкР/год	ΔN_i^2 , мкР/год ²
1	18	1,1	0,20703
2	20	0,9	0,18063
3	21	1,9	0,19803
4	19	0,1	0,18923
5	15	4,1	0,19803
6	18	1,1	0,19803
7	21	1,9	0,19803
8	22	2,9	0,20703
9	18	1,1	0,20703
10	19	0,1	0,19803
сер	19,1	1,52	0,022012

Розрахуємо випадкову похибку вимірювання за (4.1). За даними табл. 4.2 знайдемо коефіцієнт Стюдента для 10 вимірювань і довірчої ймовірності 0,95 $t_{0,95}=2,26$; розрахуємо за (4.2) виправлене вибіркове середнє квадратичне відхилення:

$$\sigma_B = \sqrt{\frac{1}{10 \times 9} \sum_{i=1}^{10} (\bar{N} - N_i)^2} \approx 0,64 \text{ мкР/год}$$

та знайдемо випадкову похибку:

$$\Delta_B N = 2,26 * 0,64 = 1,45 \text{ мкР/год}$$

(Результати вимірювань та обчислень заносимо у табл. 4.1.)

1) похибку приладу за (4.3):

$$\Delta_{\text{пр}} N = \frac{1}{300} t_p k T_{\text{гр}} \quad (4.3)$$

Для надійної ймовірності $P = 0,95$ з табл. 4.2 знайдемо при умові $t_{0,95}=2,0$.

Враховуючи, що за умовою $N_{\text{гр}} = 9,99$ мкР/год, а клас точності $k = 1$, отримаємо:

					МММТ 480.002.003 - ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta_{\text{пр}} N = \frac{1}{300} 2,0 * 9.99 * 1 \approx 0,06 \text{ мкР/год};$$

2) похибку заокруглення за (4.4):

$$\Delta N_3 = P \frac{h}{2}. \quad (4.4)$$

Для цього знайдемо інтервал заокруглення h як половину останнього розряду виміряної величини — 0,05. Отже:

$$\Delta N_3 = 0,95 * \frac{0,05}{2} \approx 0,02 \text{ мкР/год};$$

3) загальну абсолютну похибку (4.5):

$$\Delta N = \sqrt{(\Delta_B T)^2 + (\Delta_{\text{п}} T)^2 + (\Delta_3 T)^2} = \sqrt{1,45^2 + 0,06^2 + 0,02^2} \approx \quad (4.5)$$

$$\approx 1,45 \text{ мкР/год}.$$

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ТА АЛГОРИТМУ

5.1. Розробка алгоритму

Враховуючи функції системи, складові системи був побудований алгоритм роботи приладу рис.5.1.



Рис.5.1. Алгоритм роботи прилада

Даний алгоритм є описом послідовності кроків, які потрібно виконати для вимірювання рівня радіації (в мкР/г), температури та вологості, а також для звукової індикації та виведення даних на дисплей. Давайте розглянемо кожен крок окремо:

1.Підключення бібліотек: Цей крок включає підключення необхідних бібліотек до програми, які надають функції для взаємодії з різними пристроями, такими як датчики радіації, датчики температури та вологості, звуковий модуль, дисплей і т.д.

2.Ініціалізація даних: У цьому кроці резервується пам'ять або створюєтє змінні, які будуть використовуватися для зберігання виміряних даних та інших потрібних значень.

3.Задання констант та змінних: Встановлюється значення констант або змінних, які будуть використовуватися в програмі, наприклад, порог значень радіації, максимально допустимих температурних меж або вологості тощо.

4.Вимірювання мкР/г, температури та вологості: В цьому кроці виконується вимірювання рівня радіації у мікрорентгенах на годину, температури та вологості за допомогою відповідних датчиків або модулів.

5.Звукова індикація: Якщо вимірені значення радіації, температури або вологості перевищують задані пороги, виконується звукова індикація за допомогою звукового модуля або динаміка.

6.Цикл обробки даних: У цьому кроці виконується додаткову обробку виміряних даних, наприклад, порівнювати їх зі значеннями порогів, обчислювати середні значення або виконувати будь-яку іншу логіку обробки даних, яка необхідна для програми.

7.Вивід даних на дисплей: На цьому кроці виводиться вимірені дані, наприклад, значення радіації, температури та вологості, на LCD-дисплей або інший візуальний інтерфейс для подальшого відображення.

8.Надалі цикл повторюється 67 разів тому, що це відповідає кількості імпульсів у хвилину для конкретного датчика (СБМ-20) при нормальному рівні радіаційного фону. Таким чином, за 60 секунд відбувається підрахунок

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

імпульсів, які потім перетворюються у мікрозіврти на годину, що дає точну оцінку радіації згідно з характеристиками використовуваного датчика.

9.Кінець відбувається в випадку, коли живлення до приладу перестає поступати. Це може бути виключення кнопки або інші ситуації, коли живлення перестане поступати.

5.2. Розробка програми

Arduino IDE є популярним середовищем програмування, особливо для початківців у сфері мікроконтролерів і вбудованих систем. Ось кілька причин, чому Arduino IDE може бути перевагою порівняно з іншими середовищами програмування:

1.Зручність використання: Arduino IDE має інтуїтивно зрозумілий і простий інтерфейс, що дозволяє швидко навчитися основам програмування. Вбудоване середовище розробки містить легкий текстовий редактор і просту структуру проєктів, що полегшує старт роботи.

2.Активна спільнота: Arduino IDE підтримується великою спільнотою користувачів та розробників, які готові допомогти і поділитися досвідом. Існує безліч онлайн-ресурсів, форумів та навчальної літератури для швидкого вирішення проблем і здобуття нових знань.

3.Підтримка різноманітних апаратних платформ: Arduino IDE сумісна з багатьма платами, такими як Arduino Uno, Nano, Mega та інші, що дає можливість вибрати оптимальне рішення для конкретного проєкту.

4.Великий набір бібліотек: У середовищі доступна широка колекція бібліотек, які значно спрощують роботу з сенсорами, актуаторами, комунікаційними модулями та іншими компонентами, дозволяючи використовувати готові функції.

5.Кросплатформеність: Arduino IDE працює на різних операційних системах, зокрема Windows, macOS та Linux, що дає змогу працювати з улюбленим обладнанням незалежно від платформи.

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Код програми представлений в Додатку А. Код представляє програму, яка виконує вимірювання рівня радіації, температури, вологості, та стану заряду акумулятора. Опис кожного кроку представлений нижче:

Підключення бібліотек та ініціалізація об'єктів:

1. Підключаються бібліотеки "GyverPWM.h" та "LCD_1602_RUS_ALL.h", які містять необхідні функції для роботи з PWM (ШИМ) та керуванням LCD-дисплеєм відповідно.

2. Створюється об'єкт "lcd" для взаємодії з LCD-дисплеєм.

3. Створюється об'єкт "aht" для взаємодії з датчиком температури та вологості АНТ10.

Визначення змінних та констант:

1. Задається масив "myStr" розміром 5 для зберігання текстових значень.

2. Визначається константа "DUTY" для налаштування шпаруватості ШИМ (відповідає напрузі).

3. Визначаються змінні "counter" для лічильника імпульсів, "doza" для значення фону радіації, "sec" та "ch_sec" для виміру часу, "event" для позначення події, "voltage" для виміру напруги.

4. Визначаються константи "NORMA" та "FON_NORMA" для порігових значень імпульсів на хвилину та нормального фону радіації відповідно.

Налаштування:

1. Встановлюється режим вхідного піна А0 для виміру напруги.

2. Здійснюється вимірювання напруги за допомогою аналогового входу А0 та розрахунок значення напруги.

3. Ініціалізується LCD-дисплей та встановлюється підсвічування.

4. Виводиться рядок "АКБ=" на першому рядку дисплею, а на другому рядку виводиться виміряна напруга.

5. Ініціалізується датчик температури та вологості АНТ10 з паузою 500 мс.

6. Налаштовується пін 9 для використання ШИМ (PWM) зі значенням шпаруватості DUTY.

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.Налаштовується пін 3 для використання пицалки та встановлюється його стан в 0.

8.Налаштовується пін 2 як вхід з підтягнутим резистором.

Обробка переривань:

1.Встановлюється переривання на пині 0 (INT0), яке викликає функцію "btnIsr" при спаді сигналу (зміні з HIGH на LOW).

2.Функція "btnIsr" інкрементує лічильник "counter" та встановлює флаг "event" у стан HIGH, що вказує на наявність нової події.

Основний цикл програми:

1.Умовний оператор "if" перевіряє наявність нової події.

2.Якщо подія відбулась, виконуються наступні дії:

3.Вмикається пицалка на пині 3.

4.Отримуються дані про температуру та вологість за допомогою методу "getEvent" об'єкта "aht".

5.Вимірне значення температури форматується та виводиться на перший рядок дисплею, а вимірне значення вологості - на другий рядок.

6.Вимикається пицалка.

7.Вимірюється кількість пройдених секунд "ch_sec" та порівнюється зі значенням "sec".

8.Якщо пройшло більше 59 секунд, виконуються наступні дії:

9.Розраховується значення фону радіації "doza" на основі лічильника "counter" та порогових значень "FON_NORMA" та "NORMA".

10.Лічильник "counter" скидається.

11.Значення фону радіації виводиться на другий рядок дисплею.

12.Вимірюється напруга та перевіряється, чи не розрядилась акумулятора. У разі недостатньої напруги виводиться повідомлення на дисплей та програма завершується в безкінечному циклі (припиняє свою роботу).

Дана програма передбачає постійне вимірювання температури, вологості, рівня радіації та стану заряду акумулятора. Значення виводяться на LCD-дисплей та супроводжуються звуковою індикацією.

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Arduino можна застосовувати як програматор для інших мікроконтролерів, цей метод часто називають «Arduino як ISP» (In-System Programmer). Для цього на Arduino завантажується спеціальна програма (скетч), яка дає змогу передавати програмний код на інші мікроконтролери, наприклад ATmega328P або ATtiny85.

Щоб використовувати Arduino як програматор, його потрібно підключити до цільового мікроконтролера за допомогою відповідних проводів або конекторів. Після завантаження скетчу «Arduino as ISP» можна скористатися такими інструментами, як avrdude або Arduino IDE, для прошивки цільового пристрою.

Цей підхід дозволяє заощадити на покупці окремого програматора і робить процес розробки простішим і доступнішим.

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

6.1 Розробка друкованої плати

Для розробки друкованої плати було обрано програму EasyEDA.

EasyEDA – це онлайн-платформа для розробки електронних схем і друкованих плат. Вона пропонує зручний графічний інтерфейс, який дозволяє створювати електричні схеми, проєктувати плати, розміщувати компоненти та прокладати траси.

Сервіс має широкий набір інструментів і функцій, серед яких бібліотеки компонентів, можливість спільної роботи, вбудований симулятор, автоматичне трасування та підтримка імпорту і експорту файлів для сумісності з іншими програмами.

EasyEDA працює у веб-браузері, що дає змогу працювати над проектами без установки додаткового програмного забезпечення, роблячи платформу доступною з будь-якого комп'ютера з Інтернетом.

Вона містить вбудовані бібліотеки з великим вибором електронних компонентів, які можна легко знаходити та додавати до схем і плат.

Крім того, користувачі можуть створювати власні бібліотеки або імпортувати зовнішні, що розширює можливості платформи та дозволяє використовувати спеціалізовані компоненти, відсутні у стандартних бібліотеках.

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. Також враховуємо робочу зону. Розмір плати буде складати 136мм x 90мм.

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

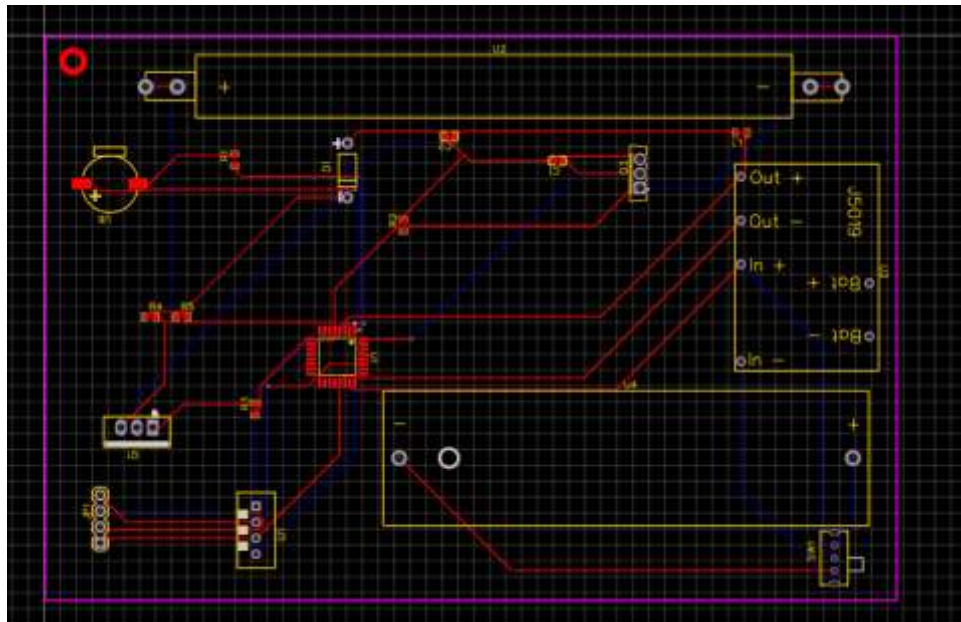


Рис.6.1. Двошарова друкована плата

Дозиметр виконаний в плоскому прямокутному пластмасовому корпусі з заокругленими кутами.

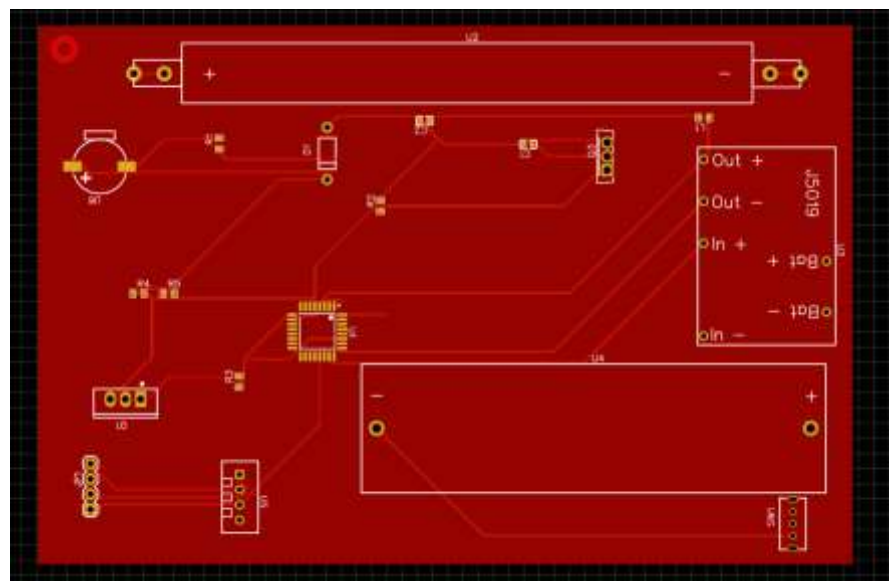


Рис.6.2. Верхня сторона друкованої плати 2D

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

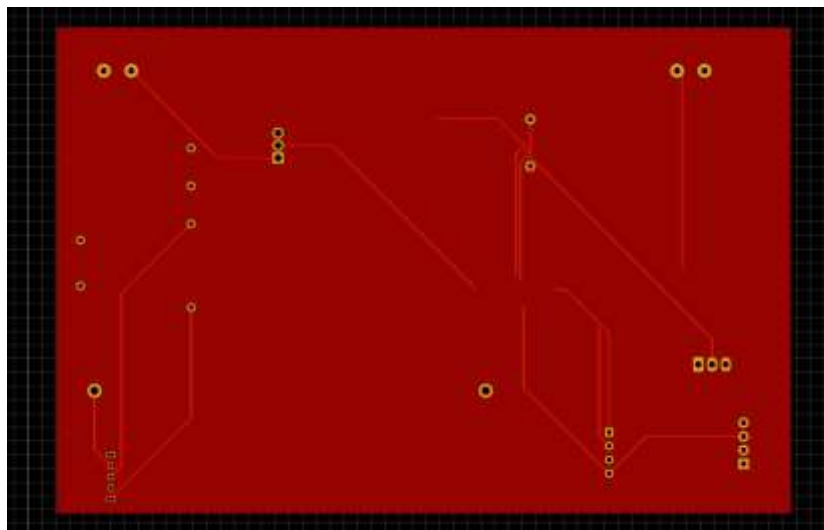


Рис.6.3. Нижня сторона друкованої плати 2D

Корпус дозиметра складається з верхньої та нижньої кришок. У центральній частині верхньої кришки розташована панель індикації, з обох боків від якої знаходяться дві кнопки управління дозиметром, а у верхній частині – гучномовець. Нижня кришка містить відсік для елементів живлення та вікно для фіксації поверхневої забрудненості бета-радіонуклідами. Відсік живлення і вікно закриваються кришками, які фіксуються завдяки пружним властивостям матеріалу.

Всередині корпусу розміщена друкована плата з усіма електронними компонентами, крім гучномовця. Гучномовець прикріплений до верхньої кришки та з'єднаний із платою за допомогою пружинних контактів. Плата фіксується до верхньої кришки гвинтами.

Нижня і верхня кришки з'єднуються між собою за допомогою спеціальних конструктивних елементів і двох гвинтів, які одночасно фіксують контакти для підключення живлення. Кнопки управління та індикації мають відповідні позначення. На нижній кришці розміщена інформаційна табличка, а на дні відсіку живлення нанесені позначки полярності для правильного підключення елементів живлення.

6.2.Розрахунок надійності системи

Надійність системи – це властивість системи функціонувати без відмов або з відмовами, що не перешкоджають її правильному функціонуванню. Це показник, який відображає здатність системи виконувати свої призначені функції протягом певного періоду часу в заданих умовах.

Надійність системи вимірюється за допомогою різних параметрів, таких як:

- Середній час безвідмовної роботи (MTBF, Mean Time Between Failures) - це середня тривалість роботи системи до виникнення відмови. Він вказує на середню тривалість, протягом якої система працює без відмови.

- Імовірність відмови (PF, Probability of Failure) - це ймовірність того, що система вийде з ладу протягом певного періоду часу. Чим нижча ймовірність відмови, тим більш надійна система.

- Імовірність відновлення після відмови (PR, Probability of Recovery) - це ймовірність успішного відновлення системи після виникнення відмови. Вона вказує на здатність системи відновитися до працездатного стану після відмови.

- Інтервали технічного обслуговування (MTTR, Mean Time To Repair) - це середній час, необхідний для відновлення системи після виникнення відмови. Він вказує на час, який потрібно для виправлення відмови та відновлення системи до робочого стану.

Загальною метою досягнення надійності системи є забезпечення безперебійної та безвідмовної роботи системи протягом тривалого періоду часу. Для досягнення високої надійності системи можуть використовуватися різні методи, такі як подвоєння складових, використання резервних блоків, тестування та моніторинг стану системи.

Розрахунок надійності спроектованого виробу проводиться в відповідності з електричною принциповою схемою виробу і з обліком заданих кліматичний категорії і виконання виробу.

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок параметра потоку відмовлень виробу проводиться по формулі:

$$\lambda = \sum_{i=1}^n N_i \lambda_i, \quad (6.6)$$

де n – загальне число групи КВ, що входять до складу проектного виробу;
 $N_i \lambda_i$ – кількість і інтенсивність відмовлень КВ i -ої групи відповідно.

Інтенсивність відмовлень КВ i -ої групи в робочому режимі визначалася по формулі

$$\lambda_i = \lambda_{oi} a_i \dots a_n. \quad (6.7)$$

де λ_{oi} – інтенсивність відмовлень КВ в номінальному режимі і нормальних умовах; $a_i \dots a_n$ – поправочні коефіцієнти, що враховують умови роботи (кліматичні і механічні впливи в залежності від призначення й умов майбутньої роботи), електричне навантаження КВ і температуру навколишнього середовища, ступінь інтеграції інтегральних мікросхем, а також співвідношення видів відмовлень. Конкретні формули, по яких визначалися інтенсивність відмовлень кожної групи комплектуючих виробів, приведені в таблиці 6.1.

Величини значень визначилися по довідковим даним, приведеним у [16] з врахуванням вихідних даних для проектного виробу. По формулі (6.2) визначаємо потік відмовлень виробу (сума величин в графі 13 таблиці 6.2):

Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t визначалася по формулі

$$P(t) = e^{-\lambda t} \approx 1 - \lambda t \quad (6.1)$$

де λ – параметр потоку відмовлень; t – час роботи виробу (год) [16].

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дані розрахунку $P(t)$ приведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t

250	500	750	1000	2000	5000	8000	10000
0,9826	0,9655	0,9488	0,9323	0,8693	0,7046	0,5711	0,4964

На графіку, приведеному на рис 6.3 приведена залежність надійності $P(t)$.

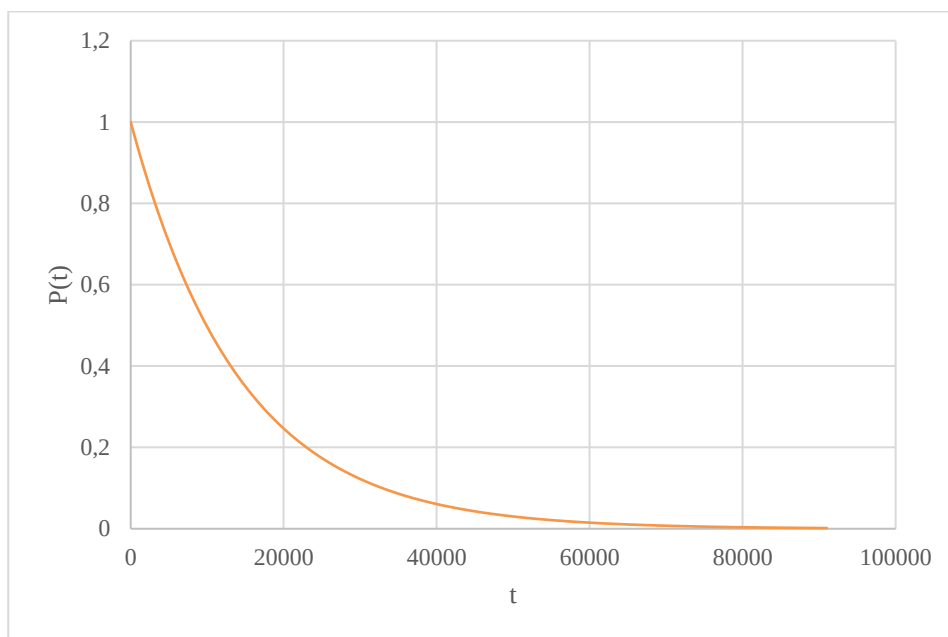


Рис.6.4. Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t

Середній наробіток до відмовлення виробу визначався по формулі:

$$T_0 = \lambda^{-1} \quad (6.9)$$

Підставляючи дані в формулу (2.4) одержимо

$$T = (70,02 \cdot 10^{-6})^{-1} = 14\,281 \text{ годин.}$$

Таблиця 6.2. Перелік комплектуючих виробів

Поз.	Найменування	Кіл.	$\lambda_{i0} \cdot 10^6$ год ⁻¹	Формула розрахунку λ_i	Коефіцієнти				$\Sigma \lambda_i \cdot 10^6$ год ⁻¹
1	Мікросхеми				a_1	a_2	a_4	a_6	
	АТmega328P	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
2	Перетворювач напруги				a_1	a_2	a_4	a_6	
	J5019	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819

Поз.	Найменування	Кіл.	$\lambda_{i0} \cdot 10^6$ год ⁻¹	Формула розрахунку λ_i	Коефіцієнти				$\Sigma \lambda_i \cdot 10^6$ год ⁻¹
3	Датчики				a_1	a_2	a_4	a_6	
	АНТ-10	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
4	Резистори	5	0,008	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_6$	2,1	0,8		1	0,0672
5	Діоди				a_1	a_2	a_4	a_6	
	HER106	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
6	Транзистори				a_1	a_2	a_4	a_6	
	C945	1	0,4	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_6$	2,1	0,7		1	0,588
	IRF840	1	0,4	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_6$	2,1	0,7		1	0,588
7	Дисплей LCD 1602 з I2C	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
8	Кнопка	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
9	Конденсатори	2	0,008	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_6$	2,1	0,8		1	0,02688
10	Бuzzer	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
11	Пайки	90	0,0001	$\lambda_0 \cdot a_1$	2,1				0,0189
12	Акумулятор 3.7В	1	30	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_6$	2,1			1	63
13	Разом								70,02

7.ОХОРОНА ПРАЦІ

7.1.Охорона праці

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних, лікувально-профілактичних та реабілітаційних заходів, спрямованих на забезпечення безпеки працівників, збереження їхнього здоров'я під час виконання трудових функцій, а також на створення безпечних і здорових умов праці.

Охорона праці включає такі основні аспекти: створення безпечних умов праці, попередження нещасних випадків і професійних захворювань, забезпечення правильного організаційного та технічного рівня виробництва, контроль за дотриманням норм і правил безпеки, проведення навчання і інструктажів для працівників, а також забезпечення медичного нагляду і реабілітації постраждалих на виробництві.

Охорона праці регулюється низкою законодавчих актів, нормативних документів та стандартів, які встановлюють вимоги щодо безпечних і здорових умов праці. Основним законом, що визначає загальні принципи і права у сфері охорони праці, є Закон України «Про охорону праці». Цей закон встановлює обов'язки роботодавців і працівників щодо забезпечення безпеки на робочому місці, а також порядок контролю за виконанням норм охорони праці.

Крім того, важливу роль відіграють державні стандарти, санітарні правила, інструкції з охорони праці та технічні регламенти, які деталізують вимоги до обладнання, виробничих процесів і організації праці.

Регулювання здійснюється також через міжнародні угоди і рекомендації, які імплементуються в національне законодавство. Контроль за дотриманням норм охорони праці покладається на відповідні державні органи, що мають повноваження проводити перевірки і накладати санкції у разі порушень. Усі ці документи і механізми спрямовані на збереження життя і здоров'я працівників, попередження нещасних випадків і професійних захворювань на виробництві [17].

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.2. Розробка заходів з охорони праці

Для розробки заходів з охорони праці за темою дозиметрії та роботи з радіаційним обладнанням необхідно передусім забезпечити безпеку персоналу, що працює з дозиметром та радіаційними джерелами. Важливо розробити чіткі інструкції з експлуатації обладнання, які передбачають правила поводження з дозиметром, заходи захисту від іонізуючого випромінювання, а також алгоритми дій у випадку перевищення безпечних рівнів радіації.

Особливу увагу слід приділити навчання працівників, що працюють із дозиметрами, щодо правил безпечної роботи, правильного зчитування і аналізу показників, а також використання засобів індивідуального захисту, зокрема спеціального одягу, рукавичок і респіраторів.

Необхідно впровадити регулярний медичний контроль працівників, які піддаються впливу радіації, а також організувати систематичний контроль технічного стану дозиметрів та їх калібрування для забезпечення точності вимірювань.

Важливим заходом є встановлення зон радіаційного контролю, де обмежується доступ сторонніх осіб і впроваджується система сигналізації у разі небезпечного підвищення рівня випромінювання.

Крім того, потрібно забезпечити правильне зберігання і утилізацію радіоактивних матеріалів відповідно до нормативних вимог, а також розробити план дій у випадку аварійних ситуацій, щоб мінімізувати ризики для здоров'я працівників і навколишнього середовища.

Загалом, всі заходи з охорони праці мають бути документально оформлені, регулярно переглядатися та оновлюватися відповідно до змін у нормативній базі та технологічних процесах.

Для розробки заходів з охорони праці важливо включити кілька ключових рекомендацій. Насамперед слід забезпечити ознайомлення працівників з принципами роботи дозиметра, правилами його експлуатації та інструкціями з безпеки, що допоможе уникнути помилок і підвищить рівень безпеки під час роботи.

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Також необхідно організувати підготовку і навчання персоналу з питань безпечного використання дозиметра, роботи з радіоактивними матеріалами, а також правильного вимірювання та інтерпретації результатів.

Важливим аспектом є створення належного захисту від радіації шляхом застосування спеціального захисного одягу, протирадіаційних екранів та інших засобів захисту. Для своєчасного виявлення перевищень норм радіаційного фону потрібно встановити процедури регулярного контролю рівня радіації на робочих місцях.

Крім того, слід розробити чіткий план дій на випадок надзвичайних ситуацій та евакуації, що дозволить працівникам оперативно і правильно реагувати при аваріях, пов'язаних з радіацією. Особливу увагу необхідно приділити моніторингу стану здоров'я персоналу, який працює з дозиметрами, через регулярні медичні огляди та оцінку радіаційного навантаження.

Для забезпечення точності та надійності вимірювальної техніки необхідно впровадити регулярне технічне обслуговування і калібрування дозиметрів. Важливо також надавати працівникам доступ до наочних інформаційних матеріалів, які висвітлюють правила безпеки та правильне використання обладнання.

Ведення детального обліку результатів вимірювань радіації допоможе аналізувати отримані дані та контролювати безпеку на робочих місцях. Нарешті, заходи з охорони праці повинні проходити регулярний аудит і оновлення з урахуванням сучасних нормативних вимог і нових досліджень у галузі радіаційної безпеки. Таким чином, комплексний підхід до розробки та впровадження заходів забезпечить ефективний захист працівників від небезпек, пов'язаних з іонізуючим випромінюванням[18] .

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВОК

Комп'ютеризована система вимірювання радіаційного фону є ефективним, точним та багатофункціональним інструментом для контролю рівня радіації в навколишньому середовищі. Вона складається з датчика радіації (трубки Гейгера), мікроконтролера, джерела живлення, дисплея для відображення даних та звукового сигналізатора. За допомогою спеціалізованого програмного забезпечення система збирає, аналізує та візуалізує інформацію в реальному часі, що дозволяє оперативно контролювати радіаційний фон і своєчасно реагувати на потенційні загрози.

Система забезпечує зберігання і архівування даних, що важливо для проведення досліджень, звітності та виявлення довгострокових змін у рівні радіації. Можливість інтеграції з іншими системами безпеки, такими як автоматичне оповіщення чи евакуація, робить її важливим елементом комплексного контролю за радіаційною безпекою. Візуалізація даних через графіки та діаграми сприяє швидкому аналізу і прийняттю обґрунтованих рішень.

Таким чином, комп'ютеризована система вимірювання радіаційного фону є незамінним інструментом для забезпечення безпеки працівників і захисту навколишнього середовища, роблячи процес контролю радіації більш зручним, надійним і ефективним.

У дипломній роботі виконано наступні завдання:

- проведено аналіз існуючих систем вимірювання радіаційного фону;
- обрано складові елементи комп'ютеризованої системи вимірювання радіації;
- розроблено структурну та принципову схеми системи;
- створено друковану плату для розміщення електронних компонентів;
- розроблено алгоритм роботи системи та відповідне програмне забезпечення;
- проведено розрахунок надійності приладу, що підтвердив безвідмовну роботу протягом 14 281 години з похибкою вимірювань 1,45 мкР/год;
- розписані заходи охорони праці при використанні системи.

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1.Тупицький В. І. Основи радіаційної безпеки: підручник / В. І. Тупицький. – К.: Видавництво «Наука», 2015. – 320 с.
- 2.Дутковський В. Л. Іонізуюче випромінювання та радіаційна безпека: навчальний посібник / В. Л. Дутковський. – Харків: ХНУ, 2012. – 280 с.
- 3.Козловський О. І. Дозиметрія і радіаційний контроль: навчальний посібник / О. І. Козловський. – Львів: ЛНУ, 2016. – 250 с.
- 4.Дозиметр-радіометр UNI-T UT334A[Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://a99.com.ua/ua/p2211275070-dozimetr-bytovoj-uni.html>.
- 5.Дозиметр Bosean FS-600 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://atest.com.ua/products/dozimetr-bosean-fs-600>.
- 6.Дозиметр радіаційного випромінювання RD DM157 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://a99.com.ua/ua/p2007015862-dozimetr-radiatsionnogo-izlucheniya.html>.
- 7.Дозиметр радіаційного випромінювання RD ZN-YM06 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://a99.com.ua/ua/p2008279855-dozimetr-radiatsionnogo-izlucheniya.html>.
- 8.Розпіновка мікропроцесора ATmega328P [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.vyrian.com/blog/atmega328p-microcontroller-features-pinout-configuration-datasheets>.
- 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://co-di.com.ua/ua/p776525104-displej-lcd-1602.html>.
- 11.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>.
- 12.Акумулятор Battery Li-ion Samsung 18650, 3,7V 4200mAh [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://foton.ua/catalog/litij-ionnie-/>

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

akkumulatory battery-li- ion-samsung-18650_-3_7v-4200mah.html.

13. Модуль заряду Li-Ion АКБ з DC/DC step-up перетворювачем J5019 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://vopon.ua/uk/catalog/037023--modul-zaryada-li-ion-akb-c-dcdc-step-up-preobrazovatelem-j5019>.

14. Кнопка 6x6x5мм [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arduino.ua/prod317-knopka-6x6x5mm>.

15.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.

16. 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.

17.В. Г. Грибан, О. В. Негодченко Охорона праці: Навчальний Посібник, «Центр учбової літератури», 2011 р., с.280.

18.Білецький В. С., Жидецький В. М. Охорона праці в галузі : навч. посіб. / В. С. Білецький, В. М. Жидецький. – Львів : Афіша, 2020. – 312 с.

					МММТ 480.002.003 – ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		