

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

Кафедра метрології та інформаційно-вимірювальної техніки
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи бакалавра

на тему:

**Комп'ютеризована система вимірювання радіаційних параметрів
навколишнього середовища**

Виконав: студент 4 курсу, групи МТ-2
напряму Метрологія та інформаційно-
вимірювальна техніка

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Миронов Богдан Євгенійович

(прізвище та ініціали)

Керівник старший викладач каф.
М та ІВТ Лугових О.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Шабурський Ю.В.

(прізвище та ініціали)

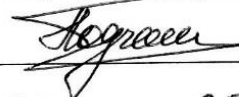
к.т.н., доц, доц. каф. РЕЧ

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

Кафедра метрології та інформаційно-вимірювальної техніки
Спеціальність 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

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


« 30 » 03 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

Миронов Богдан Євгенійович

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

Затверджена Наказом по університету від « 30 » 03 2023 р. № 129/с

2. Термін здачі закінченої роботи на кафедру « 10 » 06 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи:

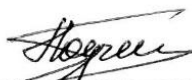
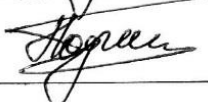
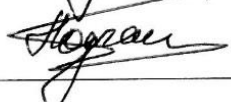
Матеріали звіту про переддипломну практику, вимірювання радіації та температури, вологості, вмикання/вимикання системи.

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;

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
1,2,3	старший викладач Лугових О.О		
4,5,6,7	старший викладач Лугових О.О		

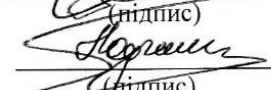
7. Дата видачі завдання 30.03.23

Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Підготувати звіт про переддипломну практику	01.05.2023-07.05.2023	
2	Збір літературних даних за темою дипломної роботи та відомих систем вимірювання радіації	08.05.2023-14.05.2023	
3	Ознайомитись з основними принципами побудови систем вимірювання радіації	15.05.2023-21.05.2023	
4	Розробка структурної схеми системи вимірювання радіації	22.05.2023-28.05.2023	
5	Розробка структурної схеми системи вимірювання радіації	29.05.2023-04.06.2023	
6	Вибір компонентів	05.06.2023-15.06.2023	
7	Розробка блок-схеми алгоритму та програми системи вимірювання радіації	16.06.2023-20.06.2023	
8	Оформлення пояснювальної записки та презентаційного матеріалу	21.06.2023-26.06.2023	

Студент

Керівник роботи


(підпис)

(підпис)

Миронов Б.Є.
(прізвище та ініціали)
Лугових О.О.
(прізвище та ініціали)

					МММТ 480.010.011 – ПЗ	Арк.
						2
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

АНОТАЦІЯ

Дипломна робота бакалавра на тему «Комп'ютеризована система вимірювання радіаційних параметрів навколишнього середовища» містить 73 сторінки, 18 рисунків, 3 таблиць, 9 формули, 18 джерела.

В роботі проводиться обґрунтування актуальності створення системи вимірювання радіації в повітрі.

Розроблена структурна, функціональна та принципова схема системи вимірювання радіації в повітрі. Прорахована надійність системи.

Розроблена блок-схема алгоритму роботи програми та відповідна програма.

ANNOTATION

The bachelor's thesis on "Computerized system for measuring radiation in the air (environment)" contains 73 pages, 18 figures, 3 tables, 9 formulas, 18 sources

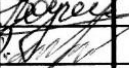
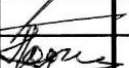
The work substantiates the relevance of creating a paper parameter control system.

The structural, functional and principle diagram of the paper parameter control system was developed. Calculated reliability of the system.

The block diagram of the algorithm of the program and the corresponding program have been developed.

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.....	17
3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ.....	27
3.1. Обґрунтування мікроконтролеру.....	27
3.2. Обґрунтування газорозрядного лічильника.....	28
3.3. Обґрунтування дисплея.....	29
3.4. Обґрунтування датчика температури та вологості.....	31
3.5. Обґрунтування акумулятора.....	32
3.6. Обґрунтування перетворювача напруги.....	33
3.7. Обґрунтування кнопки.....	34
3.8. Структурна схема.....	36
4. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ.....	38
4.1. Вибір мікроконтролеру.....	38
4.2. Вибір газорозрядного лічильника.....	39
4.3. Вибір дисплея	41
4.4. Вибір датчика температури та вологості.....	43
4.5. Вибір акумулятора.....	44
4.6. Вибір перетворювач напруги.....	45
4.7. Вибір кнопки	47
4.8. Побудова принципово-електричної схеми.....	48
4.9. Розрахунок похибок визначення радіаційного фону	50
5. РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ТА АЛГОРИТМУ	52
5.1. Розробка алгоритму	52
5.2. Розробка програми.....	54
6. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	58
6.1. Розробка друкованої плати.....	58
6.2. Розрахунок надійності системи.....	61
7. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	65
7.1. Охорона праці.....	65
7.2. Розробка заходів з охорони праці.....	67
ВИСНОВКИ.....	69
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	71

					МММТ 480.010.011 – ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Комп'ютеризована система вимірювання радіаційних параметрів навколишнього середовища Пояснювальна записка		
Розробив		Миронов Б.Є.					
Перевірив		Лугових О.О.					
Рецензент		Шавурський Н.В.					
Н. контр.							
Затверд.		Подчашинський Ю.О.			ДУ «Житомирська політехніка», МТ-2		
					Літ.	Арк.	Архів
						5	73

ВСТУП

Сучасні дозиметри призначені для визначення рівня ефективної дози радіаційного випромінювання, при цьому вони можуть визначити величину потужності іонізуючого потоку в певному часовому проміжку. І не дивлячись на те, що існує досить багато моделей подібних пристроїв, усі вони мають однаковий принцип роботи. Слід зазначити, що сучасні дозиметри можуть реєструватися або призначені для реєстрації бета-частинок, або ж гамма- чи рентгенівського випромінювання. Однак їх реєстрація відрізняється кілька, при цьому частіше всього використовується принцип газорозрядних рахунків Гейгера – Мюллера.

Дозиметр – прилад, який вимірює ефективну дозу або потужність іонізуючого випромінювання за який-то проміжок часу. Само вимірювання називається дозиметрією.

Чутливий елемент пристрою заповнюється аргоном і до нього подається напруга двох електродів, при цьому максимально усуваються всі можливості появи стрибків напруги. При проходженні бета-частинок через камеру датчика, заповнену аргоном під напругою, газ починає іонізуватися, що призводить до збільшення струмопровідних здібностей аргону, в результаті виникає електричний розряд, що знижує напругу на електродах аж до нульового значення. Після чого камера швидко відновлюється, напруга знову досягає номінального рівня, і датчик вже готовий до реєстрації та прийому нової бета-частинки. Подібні стрибки реєструє спеціальна мікропроцесорна плата, яка і перетворює їх на цифрові показники. Причому отримане значення при вимірі може бути задано на вказаний проміжок часу, наприклад, одна секунда або одна хвилина.

При реєстрації гамма-випромінювання або рентгенівських променів все відбувається за схожим принципом. Єдиною відмінністю є той факт, що виникнення розряду струму у чутливому елементі пристрою виникає через те, що гамма або рентгенівські фотони вибивають електрони із спеціальної плівки на поверхні датчика.

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Лист
						6
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

Рівень ефективної дози та потужність іонізуючого випромінювання в заданому проміжку часу, реєструється та визначається за рахунок послідовного підрахунку кожного такого імпульсу, а, отже, і кожної пройденної частки через датчик. Всі ці дані обробляються електронною схемою та потрапляють на рідкокристалічний монітор пристрою.

Для вимірювання вмісту радіації в навколишньому середовищі була розроблена структурна схема. До схеми входять такі компоненти: мікроконтролер, акумуляторна батарея, перетворювач напруги, трубка Гейгера перетворювач напруги, дисплей та активний зумер.

Крім виміру рівня радіації, пристрій дозволяє вимірювати температуру та вологість навколишнього середовища.

Мета роботи: Розробити комп'ютеризована система вимірювання радіаційних параметрів навколишнього середовища:

Задача, які необхідно виконати для досягнення мети:

1. Проаналізувати існуючі системи вимірювання радіації в повітрі;
2. Розробити структурну схему системи вимірювання радіації в повітрі;
3. Розробити принципову схему роботи;
4. Розробити друковану плату;
5. Розробити алгоритм роботи і друковану плату;
6. Прорахувати похибки і надійність системи;

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Лист
						7
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

1. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

1.1. Призначення та область застосування

Комп'ютеризована система вимірювання радіаційних параметрів навколишнього середовища має різноманітне призначення та області застосування. Ось декілька можливих варіантів:

1. Моніторинг радіаційного забруднення: Комп'ютеризована система вимірювання радіації може використовуватись для постійного моніторингу рівнів радіації в повітрі. Це особливо важливо для радіаційних зон, які пов'язані з ядерною енергетикою, медициною, промисловими процесами або природними джерелами радіації.
2. Раннє попередження про радіаційну небезпеку: Система може бути використана для раннього виявлення зростання рівня радіації в середовищі, що дозволить прийняти необхідні заходи безпеки та попередити можливі негативні наслідки для людей та навколишнього середовища.
3. Дослідження та наукові дослідження: Комп'ютеризована система вимірювання радіації може бути використана у наукових дослідженнях для збору даних про рівні радіації в різних середовищах та їх аналізу. Це може допомогти в розумінні впливу радіації на живі організми та навколишнє середовище.
4. Безпека та контроль: Система може використовуватися для забезпечення безпеки працівників у радіаційно небезпечних зонах або контролю рівнів радіації під час перевезення радіоактивних матеріалів.
5. Освіта та навчання: Комп'ютеризована система може бути використана для навчання та освіти щодо радіаційної безпеки. Вона дозволяє студентам та професіоналам ознайомитися з принципами вимірювання радіації та розуміти вплив радіації на оточуюче середовище.

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Лист
						8
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

1.2. Умови експлуатації

- Температура оточуючого повітря від мінус 10 до +50 С°.
- Відносна вологість до (95±3) % за температури 35 С° без конденсації вологи.
- Дія гамма-випромінення ПЕД до 100,0 мЗв/г.
- Живлення 3,7В.
- Похибка вимірювання — до ±30%.

1.3. Технічні параметри прилада

- Вимірювання радіаційної дози: Головна функція дозиметра - вимірювати радіаційну дозу, яку отримує об'єкт або середовище. Він може вимірювати як індивідуальну дозу для конкретної особи, так і загальну дозу в навколишньому середовищі.
- Візуалізація та відображення даних: Дозиметри зазвичай оснащені дисплеєм, який відображає виміряні дані. Це може бути числове значення дози, графік залежності дози від часу або інші візуальні індикатори.
- Звукові сигнали та сповіщення: Деякі дозиметри можуть мати звукові сигнали або сповіщення, які активуються при досягненні певного рівня радіаційної дози або при перевищенні заданого порогу. Це допомагає оператору своєчасно реагувати на зміни в рівні радіації.
- Зберігання даних та історія вимірювань: Деякі дозиметри мають можливість зберігати дані про вимірювання, що дозволяє стежити за динамікою радіаційної дози протягом певного періоду часу. Це може бути корисним для подальшого аналізу та оцінки радіаційного середовища.
- Інтерфейси та підключення: Деякі дозиметри можуть мати можливість підключення до комп'ютера або інших пристроїв за допомогою USB, Bluetooth або інших інтерфейсів. Це дозволяє передавати дані для подальшого аналізу, зберігання або обробки.

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Лист
						9
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

— Живлення та тривалість роботи: Дозиметри можуть живитися від батарей або акумуляторів. Важливо мати на увазі тривалість роботи пристрою та можливість заміни або перезарядки джерела живлення.

Обслуговування дозиметра включають в себе:

1. Калібрування: Дозиметри потребують періодичної калібрування для забезпечення точності вимірювань. Калібрування проводять відповідно до вимог виробника або стандартних процедур. Це може включати порівняння вимірювань дозиметра з відомими стандартами або використання калібрувальних джерел.
2. Перевірка функціональності: Регулярно слід перевіряти функціональність дозиметра, включаючи перевірку правильності відображення даних, працездатності датчиків та сповіщень. Це можна зробити за допомогою спеціальних тестових джерел або перевірочних процедур.
3. Очищення та догляд: Дозиметр потребує регулярного очищення та догляду. Важливо видалити будь-які забруднення, пил або інші частинки з корпусу, дисплея та датчиків. Для цього можна використовувати м'яку тканину або спеціальні засоби для очищення електроніки.
4. Заміна батарей або акумуляторів: Якщо дозиметр живиться від батарей або акумуляторів, важливо періодично перевіряти стан живлення та замінювати старі елементи на нові. Це допоможе уникнути відключення пристрою через розряджену батарею.
5. Зберігання: Для збереження дозиметра в робочому стані важливо дотримуватись рекомендацій виробника щодо зберігання. Зазвичай це вимоги до температури, вологості та захисту від пошкоджень.
6. Регулярне технічне обслуговування: Рекомендується проводити регулярне технічне обслуговування дозиметра у визначені терміни. Це може включати перевірку, очищення та ремонт пристрою фахівцями.

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Лист
						10
Зм	Лист	Но докум	Підпис	Дат		

Обслуговування дозиметра допомагає забезпечити його надійну та точну роботу протягом тривалого періоду. Рекомендується дотримуватись інструкцій виробника та вчасно виконувати рекомендовані процедури обслуговування.

1.4. Вимоги до конструктивного оформлення

Конструктивне оформлення:

- Корпус дозиметра складається з пластику ABS верхньої та нижньої накривок – розмір 137x91x50 мм;
- Друкована плата з акумуляторної батареєю – розмір 136x90мм;
- Ремонтно придатна;
- Надійність системи 13000 годин;
- Прорахована похибка прилада 1,45 мкР/год до $\pm 30\%$.

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Лист
						11
Зм	Лист	Но докум	Підпис	Дат		

2. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

2.1. Загальний опис дозиметрів та їх історія походження

Історія дозиметрів починається з відкриття радіоактивності у 1896 році Вільгельмом Рентгеном та відкриття радіоактивних елементів полонію та радію Марією та П'єром Кюрі у 1898 році. Ці відкриття спричинили необхідність вимірювання радіаційного випромінювання та контролю за безпекою. Перші дозиметри були розроблені в початку 20 століття і використовувалися для вимірювання рівня радіаційної дози. Один з перших приладів, що був використаний для цієї мети, був іонізаційний камерний дозиметр, який був створений Ернестом Резерфордом у 1909 році. Цей прилад вимірював заряд електричних частинок, що утворювалися при взаємодії з радіацією. У 1920-х роках Альфред Фрідмен розробив перший принципово новий тип дозиметра, який отримав назву "термолюмінесцентний дозиметр". Цей прилад базувався на властивості деяких матеріалів, які здатні поглинати радіацію та зберігати внутрішню енергію. Після опромінення ці матеріали випромінюють світло, яке можна виміряти для визначення отриманої дози радіації. У 1932 році Герман Мюллер запатентував лічильник Гейгера-Мюллера, який став першим широко використовуваним дозиметром для вимірювання радіаційної дози. Цей лічильник заснований на принципі розряду газу, що виникає при проходженні радіації через газовий розрядник. Лічильник Гейгера-Мюллера мав просту конструкцію, був портативним та досить ефективним у вимірюванні радіації. У подальшому розвитку дозиметрів було введено нові технології та методи. Наприклад, в 1950-х роках було розроблено твердотільні дозиметри, які використовують спеціальні кристали або напівпровідникові матеріали для вимірювання радіації. У 1960-х роках з'явилися електронні дозиметри, які використовують електронні прилади та сенсори для вимірювання радіаційної дози. Сучасні дозиметри постійно вдосконалюються, їхні можливості стають більш точними,

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Лист
						12
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

чутливими та зручними у використанні. Вони включають в себе різноманітні типи приладів, такі як дозиметри на основі фотоемульсії, твердотільні дозиметри, іонізаційні камери, лічильники Гейгера-Мюллера та інші. Вони забезпечують надійне вимірювання радіаційної дози та грають важливу роль у контролі радіаційної безпеки в різних сферах, включаючи медицину, промисловість та дослідження. Дозиметр - це пристрій для вимірювання дози або потужності дози іонізуючого випромінювання, отриманої приладом (і тим, хто їм користується) за деякий проміжок часу, наприклад, за період перебування на деякій території або за робочу зміну. Вимірювання вищезгаданих величин називається дозиметрією. Іноді "дозиметром" не зовсім точно називають радіометр - прилад для вимірювання активності радіонукліду в джерелі або зразку (в об'ємі рідини, газу, аерозолі, на забруднених поверхнях) або щільності потоку іонізуючих випромінювань для перевірки на радіоактивність підозрілих предметів і оцінки радіаційного стану в даному місці в даний момент. Вимірювання вищезгаданих величин називається радіометрією. Ренгенометр - різновид радіометра для вимірювання потужності гама-випромінювання. Побутові прилади, як правило, комбіновані, мають обидва режими роботи з переключенням «дозиметр»-«радіометр», світлову та (або) звукову сигналізацію і дисплей для відліку вимірювань. Маса побутових від 400 до декількох десятків грамів, розмір дозволяє покласти їх до кишені. Деякі сучасні моделі можна надіти на руку, як годинник. Час неперервної роботи від однієї батареї від декількох діб до декількох місяців. Діапазон вимірювання побутових радіометрів, як правило, від 10 мікрорентген за годину до 9.999 мілірентген за годину (0.1-99.99 мікрозіверт за годину), похибка вимірювання до $\pm 30\%$. Детектором (чутливим елементом дозиметра або радіометра, що слугує для перетворення явищ, викликаних іонізуючими випромінюваннями в електричний або інший сигнал, легко доступний для вимірювання) може бути іонізаційна камера, лічильник Гейгера, сцинтилятор, напівпровідниковий діод та і ін.

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Лист
						13
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

Іонізаційна камера - це газонаповнений датчик, призначений для вимірювання рівня іонізуючого випромінювання. Вимірювання рівня випромінювання відбувається шляхом вимірювання рівня іонізації газу в робочому об'ємі камери, який знаходиться між двома електродами. Між електродами створюється різниця потенціалів. При наявності іонів в газі між електродами виникає іонний струм, який може бути виміряний. Струм при інших рівних умовах пропорційний швидкості виникнення іонів і, відповідно, потужності дози опромінення. В широкому сенсі до іонізаційних камер відносять також пропорційні лічильники і лічильники Гейгера-Мюллера. В цих приладах використовується явище так званого газового підсилення за рахунок вторинної іонізації - в сильному електричному полі електрони, що виникли при прольоті іонізуючої частки, розганяються до енергії, достатньої, щоб у свою чергу іонізувати молекули газу. У вузькому сенсі іонізаційна камера - це газонаповнений іонізаційний детектор, що працює поза режимом газового підсилення. Газ, яким заповнюється іонізаційна камера, зазвичай є інертним газом (або їх сумішшю) з додаванням сполуки що легко іонізується (зазвичай вуглеводню, наприклад метану або ацетилену). Відкриті іонізаційні камери (наприклад, іонізаційні детектори диму) заповнені повітрям. Іонізаційні камери бувають струмовими (інтегруючими) і імпульсними. В останньому випадку на анод камери збираються більш рухливі електрони (за час порядку 1 мкс), тоді як повільно дрейфуючі важкі позитивні іони не встигають за цей час досягти катоду. Це дозволяє реєструвати окремі імпульси від кожної частки. В такі камери вводять третій електрод - сітку, розташовану поблизу анода, яка екранує його від позитивних іонів. Лічильник Гейгера, лічильник Гейгера-Мюллера - це газорозрядний прилад для підрахунку кількості потрапивших в нього іонізуючих часток. Являє собою газонаповнений конденсатор, що пробивається при прольоті іонізуючої частки через об'єм газу. Додаткова електронна схема забезпечує лічильник живленням (як правило, не менше 300В), забезпечує, при необхідності, гасіння розряду і підраховує кількість розрядів через лічильник.

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Лист
Зм	Лист	Но докум	Підпис	Дат		14

Лічильники Гейгера розділяються на ті, що не самогасяться і ті що самогасяться (що не вимагають зовнішньої схеми припинення розряду). Чутливість лічильника визначається складом газу, його об'ємом і матеріалом (і товщиною) його стінок. В побутових дозиметрах і радіометрах виробництва СРСР зазвичай застосовуються 400-вольтові лічильники: «СБМ-20» (по розмірам - трохи товще олівця), СБМ-21 (як цигарковий фільтр, обидва зі сталевим корпусом, придатним для жорсткого гама- і бета-випромінювань); «СИ-8Б» (зі слюдяним вікном в корпусі, придатний для вимірювання м'якого бета-випромінювання).

Широке застосування лічильника Гейгера-Мюллера пояснюється високою чутливістю, можливістю реєструвати різного роду випромінювання, порівняльною простотою і дешевизною установки. Лічильник був винайдений у 1908 році Гейгером і вдосконалений Мюллером. Циліндричний лічильник Гейгера-Мюллера складається з металевої трубки або металізованої зсередини скляної трубки і тонкої металевої нитки, натягнутої по вісі циліндра. Нитка слугує анодом, трубка – катодом. Трубка заповнюється розрідженим газом, в більшості випадків використовують благородні гази аргон і неон. Між катодом і анодом створюється напруга порядку 1500 В. Робота лічильна основана на ударній іонізації. Гама – кванти, що випромінюються радіоактивним ізотопом, потрапляючи на стінки лічильника, вибивають з нього електрони. Електрони, рухаючись в газі і стикаючись з атомами газу, вибивають з атомів електрони і створюють позитивні іони і вільні електрони. Електричне поле між катодом і анодом прискорює електрони до енергій, при яких починається ударна іонізація. Виникає лавина іонів, і струм через лічильник різко зростає. При цьому на опорі R утворюється імпульс напруги, який подається в реєструючий пристрій. Щоб лічильник зміг реєструвати наступну частку, лавинний заряд слід погасити. Це відбувається автоматично. В момент появи імпульсу струму на опорі R виникає велике падіння напруги, тому напруга між анодом і катодом різко зменшується і настільки, що розряд

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Лист
						15
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

припинається, і лічильник знову готовий до роботи. Важливою характеристикою лічильника є його ефективність. Не все гама-фотони, що потрапили на лічильник, дадуть вторинні електрони і будуть зареєстровані, так як акти взаємодії гама-променів з речовиною порівняно нечасті, і частина вторинних електронів поглинається в стінках приладу, не досягнув газового об'єму. Ефективність лічильника залежить від товщини стінок лічильника, їх матеріалу і енергії гамма - випромінювання. Найбільшу ефективність мають лічильники, стінки яких зроблені з матеріалу з великим атомним номером Z , так як при цьому збільшується утворення вторинних електронів. Крім того, стінки лічильника повинні бути достатньо товстими. Товщина стінки лічильника вибирається з умови її рівності довжині вільного пробігу вторинних електронів в матеріалі стінки. При великій товщині стінки вторинні електрони не пройдуть в робочий об'єм лічильника і виникнення імпульсу струму не відбудеться. Так як гама-випромінювання слабо взаємодіє з речовиною, то зазвичай ефективність гама - лічильників також мала і складає всього 1-2%. Іншим недоліком лічильника Гейгера – Мюлера є те, що він не дає можливість ідентифікувати частинки і визначати їх енергію. Ці недоліки відсутні в сцинтиляційних лічильниках. Сцинтилятори - речовини, що здатні випромінювати світло при поглинанні іонізуючого випромінювання (гама-квантів, електронів, альфа-часток і т.д.). Як правило, кількість випромінюваних фотонів для даного типу випромінювання приблизно пропорційно поглиненій енергії, що дозволяє отримувати енергетичні спектри випромінювання. Сцинтиляційні детектори ядерних випромінювань - основне застосування сцинтиляторів. В сцинтиляційному детекторі світло, що випромінюється при сцинтиляції, збирається на фотоприймачі (як правило, це фотокатод фотоелектронного помножувача - ФЕП, значно рідше використовуються фотодіоди і інші фотоприймачі), перетворюється в імпульс струму, підсилюється і записується тією чи іншою системою реєстрації.

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Лист
						16
Зм	Лист	Но докум	Підпис	Дат		

2.2 Аналоги дозиметрів

Дозиметр радіації професійний радіометр Fnirsi GC-01, акумуляторний - дозволить швидко та зручно виміряти рівень радіації та виявити джерело випромінювання. Дозиметр є одним із найкращих варіантів на ринку України, підтримує функції радіометра та дозиметра. Пристрій призначений і використовується для вимірювання щільності потоку β , γ частинок, а також рентгенівського випромінювання (- промені) як для разових, так і тривалих досліджень. Особливістю дозиметра є хороша точність вимірювання, можливість звукового сповіщення про «спіймані» частинки, побудова графіків вимірювання, вбудована батарея та простота використання. Дозиметр радіації використовується для виявлення та контролю рівня радіації або радіаційного фону у приміщеннях, на відкритому повітрі (кар'єри, зона відчуження тощо). Завдяки установці всього обладнання, що детектує, в один корпус, з'являється можливість зручно і комфортно транспортувати і переносити прилад, використовуючи в потрібному місці.



Рис.2.1 Дозиметр радіації професійний радіометр Fnirsi GC-01

Технічні характеристики

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Лист
						17
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

- Типи вимірюваного випромінювання: X , β , γ - частинки та рентгенівське випромінювання промені.
- Тип сенсора: трубка GM.
- Енергетичний діапазон: 48 кеВ – 1,5 меВ (менше 30%).
- Одиниці вимірювання: $\mu\text{Sv/h}$, $\mu\text{Gy/h}$, mR/h , CPC, CPM.
- Діапазон показань: 0,1 мкЗв/год ~ 10 мЗв/год.
- Максимальна потужність еквівалентної дози: 10 мЗв/год.
- Відносна похибка: +/- 10%.
- Чутливість: 80 мЗв(usv).
- Оповіщення: звук частинок/вібрація/індикація на екрані.
- Живлення: вбудований акумулятор 1100 мАг.
- Температура експлуатації: від -25 до +45 °С.
- Матеріал корпусу: пластик ABS.
- Мова меню: англійська.
- Колір: чорний, із жовтими вставками.
- Розмір: 120 x 78 x 27 мм.
- Вага: 162 грами.

Портативний дозиметр радіації Nectronix HFS-P3 є напевно найменшою за розмірами моделлю дозиметра і формою нагадує маркер, але при цьому практично не поступається якістю вимірювань і функціональності іншим моделям набагато більшого розміру. Він працює від інтегрованого акумулятора, якого вистачає при повному заряді до 50 годин роботи. Дозиметр має невеликий контрастний OLED екран, на якому відображаються різні показники та рівень заряду акумулятора. Показники радіації добре видно на екрані навіть у темряві. Дозиметр радіації Nectronix HFS-P3 вимірює Бета (β) випромінювання, Гамма (γ) випромінювання, рентгенівське X-Ray випромінювання. Він має 4 режими відображення інформації:

1.Поточний (миттєвий) рівень радіації.

Зм	Дри	ЮЮ лорум	Пілпи	Лат

МММТ 480.010.011- ПЗ

- 2.Отримана доза радіації за період виміру.
- 3.Середній рівень радіації за період виміру
- 4.Максимальний рівень радіації за період виміру.

Також у налаштуваннях дозиметра можна встановити граничний рівень поточної та накопиченої радіації, при перевищенні якого увімкнеться звукова сирена. Головним його робочим елементом є чутлива газорозрядна трубка за принципом лічильника Гейгера, що дозволяє отримати точний результат вимірів.

Їм можна користуватися як під час перевірки продуктів харчування та будматеріалів, так і в радіологічних та рентгенівських кабінетах для контролю опромінення персоналу або загального радіаційного фону.

Відображення рівня радіаційного випромінювання відображається в мікрозивертах, де 1 мікрозиверт дорівнює 100 мікрорентгенів. Результати вимірювання виводяться на контрастний монохромний дисплей OLED. Похибка вимірів становить трохи більше 25%. Управління гранично просте і складається з 2-х кнопок: кнопки включення та кнопки перемикання режиму. Вимірювач радіації дозиметр Nectronix HFS-P3, крім відображення інформації на екрані має режим звукового інформування при перевищенні заданого порога поточного рівня радіації або накопиченої дози. Заряджається дозиметр радіації від джерела живлення USB з напругою 5 вольт через роз'єм USB Type-C, зарядний кабель йде в комплекті.

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Лист
						19
Зм	Лист	Но докум	Підпис	Дат		



Рис.2.2 Портативний дозиметр радіації Nectronix HFS-P3

Технічні характеристики

- Тип: дозиметр радіації.
- Типи вимірюваних випромінювань: β -бета, γ -гама, X-ray рентгенівське випромінювання.
- Одиниці виміру: мкЗв/год (мікрозиверт на годину).
- Діапазон вимірювань: 0.05 μ Sv – 50 mSv.
- Похибка показань: від - 17 до + 25% за Цезієм 137.
- Живлення: вбудований літєвий акумулятор. Зарядний порт USB Type-C.
- Тривалість роботи від акумулятора: до 50 годин (при вимкненому екрані).
- Час заряджання: 2-3 години.
- Необхідні параметри заряджання: напруга заряджання не бажано заряджати цей дозиметр від мобільних зарядок з функцією "Швидкої зарядки", від яких він з великою ймовірністю згорить.
- Діапазон робочих температур: від – 20 до + 50 градусів.
- Розміри (Д x Ш x В): 108 x 15 мм.

Зм	Дир	Юр. юрид.	Підп.	Лат.

МММТ 480.010.011- ПЗ

Дир
20

— Вага: 19 грам.

Дозиметр радіації побутовий радіометр лічильник Гейгера Nectronix BR-9B-XR1 є оновленою версією моделі BR-9B і має покращену схемотехніку, завдяки якій вимір відбувається швидше, а точність виміру краща. Також трохи змінився дизайн корпусу, на бічних гранях він став ребристий для більш надійного утримання приладу в руках. Дозиметр стане Вам у нагоді при дослідженнях радіоактивності різних матеріалів та моніторингу радіаційного фону. Головним його робочим елементом є чутлива газорозрядна трубка за принципом лічильника Гейгера, що дозволяє отримати точний результат вимірів.

Детектор радіації Nectronix BR-9B-XR1 визначає Бета (β) випромінювання, Гамма (γ) випромінювання, рентгенівське X-Ray випромінювання, забруднення радоном, радіоізотопи йод 131, йод 125, реній 241 та інші радіонукліди.

Вимірювач радіації дозиметр Nectronix BR-9B-XR1, крім відображення інформації на екрані, має кілька режимів звукового інформування - це звукова індикація, сигнал при перевищенні порога 0,5 мкЗв/год, і без звуку. Перемикаєти режими та вимикати підсвічування екрана можна за допомогою кнопок під ним. Як елементи живлення використовуються 3 звичайні пальчикові AA батареї, але є можливість підключити постійне живлення 5 В, 1 А через порт micro USB для проведення тривалих вимірювань.



					МММТ 480.010.011- ПЗ	Док
						21
Зм	Док	Ю доум	Підпи	Лат		

Рис.2.3 Дозиметр радіації побутовий радіометр лічильник Гейгера
Nectronix BR-9B-XR1

Технічні характеристики

- Тип: дозиметр радіації.
- Типи випромінювання: b-, y-, X-ray рентгенівське та інші.
- Одиниці виміру: мкЗв/год (мікрозиверт на годину).
- Максимальне значення: 99.99 мкЗв.
- Чутливість: 0,01 мкЗв.
- Похибка свідчень: до 10%.
- Живлення: від 3 батарейки АА або через кабель USB 5 В, 1 А.
- Тривалість роботи від батарейок: близько 4-6 годин (залежить від якості батарейок).
- Розміри (Д x Ш x В): 106 x 70 x 30 мм.

Дозиметр радіації Bluetooth FTLAB BSG-001 для вимірювання γ -гамма та X-рентгенівського випромінювання – дозволить швидко і досить точно виміряти рівень радіації за допомогою смартфона. Дозиметр служить для перевірки рівня радіації в будинку, місцях відпочинку, на роботі, а також предметів, що оточують вас - будівельні матеріали, продукти, металеві вироби тощо. Має можливість виміру загального радіаційного фону та фону від предметів. Дозиметр радіації розроблений Корейською фірмою FTLAB та виготовляється на заводах у Кореї та Китаї. Цей портативний дозиметр для смартфона - це абсолютно новий і унікальний пристрій у лінійці вимірювальних приладів. Дозиметр має трохи більшу вартість, ніж прості варіанти дозиметра, за рахунок установки подвійного датчика для вимірювання, який може вимірювати показання загального радіаційного фону та фону від предметів. Особливістю цієї моделі можна назвати тип підключення до телефону, а саме використання бездротового з'єднання Bluetooth. Завдяки бездротовому отриманню даних ви зможете безпечно

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Лист
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		22

вимірювати рівень радіації у тих місцях, де можливий небезпечний рівень випромінювання.

Дальність передачі бездротовим шляхом невелика (до 10 метрів), але є велика різниця при отриманні результатів вимірювання в «небезпечному місці» з 1 метра або з 10 метрів. Даний безпроводний напівпровідниковий дозиметр має невеликий розмір 58x58x18,5 мм та корпус, виконаний із пластику. Підключається до телефону за допомогою технології Bluetooth і проводить виміри радіації з достатньою точністю для побутових цілей. Живлення передбачено від 2 батарейок типу AAA або через Micro USB роз'єм від джерела живлення 5В/1А. Діапазон виміру становить від 0,1 до 200 мкЗ на годину з похибкою не більше 15%, що є високим показником. Дозиметр добре вимірює загальне радіаційне тло, але гірше справляється з визначенням радіоактивності матеріалів і предметів (хоч і може це робити з не високою точністю).

Щоб зробити замір правильно - виміряйте фон не менше 3 хвилин у ручному режимі або налаштуйте автоматичний режим з інтервалами 3, 5 або 10 хвилин. Пристрій сумісний зі смартфонами, що працюють на базі мобільних ОС iOS та Android.



Рис.2.4 Дозиметр радіації Bluetooth FTLAB BSG-001

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Лист
						23
Зм	Лист	Но докум	Підпис	Дат		

Технічні характеристики

- Тип датчика: напівпровідниковий.
- Вимірювані типи випромінювання: Gamma (гамма випромінювання), X-ray (рентгенівське випромінювання).
- Діапазон вимірів: від 0,1 до 200 мкЗв/год.
- Похибка виміру: <15%.
- Тип з'єднання: Bluetooth.
- Дальність бездротової передачі: до 10 метрів.
- Мобільні ОС, що підтримуються: Android, iOS.
- Живлення: 2 батареї AAA або 5В/1А через Micro USB роз'єм.
- Розмір: 58 x 58 x 18,5 мм.
- Вага: 30 грам.

Дозиметр-радіометр RadEye B20 (створений для ядерних аварій та катастроф)

RadEye B20 є сучасним малогабаритним універсальним вимірювачем радіоактивного забруднення для альфа-, бета-, гамма- і рентгенівського випромінювання.

Для цілей аварійного реагування може бути дискриміновано альфа- і бета-забрудненість з використанням іншого додаткового фільтра, а завдяки застосуванню відповідних фільтрів енергії гамма-випромінювання може проводитися вимірювання потужності дози гамма-випромінювання від 17 до 1300 кеВ. Набагато швидше і чутливіше за слюдяні дозиметри з великим порогом вимірювань, зашкалити прилад майже неможливо. При цьому прилад має високу точність показань.

Переваги RadEye B20:

- Легка вага (300 гр);
- Малогабаритний (13 x 7 x 6 см), зручно утримується в руці з рукавичкою або без;

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Лист
						24
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

—Дешевий в обслуговуванні, більш 500 годин вимірювань на 2 батарейках ААА

—Великий обсяг пам'яті для фіксації вимірі:

—зберігає 1600 останніх середніх і максимальних значень швидкості рахунку або потужності дози;

—журнал (logbook) зберігає останні 250 повідомлень про сигнали тривоги, помилки та зміни конфігурації і може бути збережений і роздрукований з допомогою ПК;

—Дані про 15 нуклидах разом з прилеглою до них калібрувальними коефіцієнтами (інформація може бути змінена за допомогою ПК)

—Великий рідкокристалічний дисплей яскравий, зручні кнопки навігації;

—Можливість установки мовних налаштувань

—Легко адаптується під різні завдання (прилад може бути налаштований від найпростішого режиму, що забезпечує тільки світіння світлодіода та інформування про сигнал тривоги до багатофункціонального режиму для досвідченого користувача, що істотно спрощує роботу оператора);

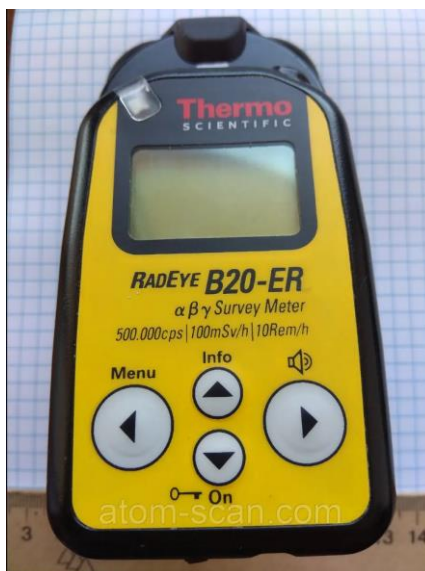


Рис.2.5 Дозиметр-радіометр RadEye B20 (створений для ядерних аварій та катастроф)

Технічні характеристики

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Док
						25
Зм	Док	Юр доцум	Підпис	Лат		

Вид випромінювання:

— Альфа, бета, гамма і рентгенівське випромінювання

Вимірювані величини:

— Швидкість рахунку (cps, cpm)

— Поверхневе забруднення (Бк, з^{-1} , хв^{-1} , Бк/с м^2)

— З фільтром гамма випромінювання 42506/8582

— Абиентная еквівалентна доза і потужність дози $\text{Н}^*(10)$

— Без фільтра: Спрямована еквівалентна доза Н^*07 бета випромінювання (середня енергія 100-800 кев) і фотони з енергіями 6-10 кев

Діапазон вимірювань:

— Швидкість рахунку: 0-10000 імп/сек

— Потужність дози: 0-2 мЗв/год, 0-200 мбер/год (200 мР/год)

Показання перевантаження:

— До 10Зв/год (1000 Р/год)

Похибка лінійності:

— Не більше $\pm 10\%$ в діапазоні вимірювань

Чутливість:

— Am-241: 28%; Co-60: 25%; C-14: 19%

— Залежності від щільності поверхневого випромінювання (2 п)

— Приблизно 4 імп/μЗв/г (Cs-137)

Пороги сигналу тривоги

— По два пороги тривоги для швидкості рахунку, активності, дози та потужності дози

Потужність звукового сигналу тривоги:

— 80dB на відстані 30 см

Час реакції (досягнення 90%):

— Типово: 10 сек для фону до 100 мбер/год (1 μЗв/год)

— Типово: 5 сек для фону до 300 мбер/год (3 μЗв/год)

— Типово: 2 сек для фону до 1 мР/год (μ10 Зв/год)

Діапазонів енергій фотонів:

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Док
						26
Зм	Док	Юр доцум	Піллія	Лат		

— 17 кеВ-1,3 МеВ: похибка менше ніж $\pm 30\%$ для вимірювання дози і потужності з використанням фільтра $H^*(10)$

Робочі температури:

— $-20^{\circ}\text{C} \dots +50^{\circ}\text{C}$

Температура зберігання:

— $-25^{\circ}\text{C} \dots +50^{\circ}\text{C}$

Тиск навколишнього повітря

— 70 гектоПа ... 1100 гектоПа

Відносна вологість

— 10 ... 90% при 35°C

Робоча напруга

— 1,8 ... 4 V, Попередження про розрядку з 2.1 В

3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

3.1 Обґрунтування мікропроцесора

Мікропроцесор (Microprocessor) - 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.

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Лист
						27
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

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 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.

Обрано для прилада тип мікропроцесора Atmel.

3.2 Обґрунтування газорозрядного лічильника

Газорозрядний лічильник уявляє собою металевий (або скляний) циліндр, заповнений розрідженою сумішшю інертних газів з невеликими

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Лист
						28
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

добавками, які поліпшують його роботу. Анодом служить тонка металева нить, натягнута всередині корпусу, котрий є катодом (у скляних лічильників катод – тонкий шар метала, нанесений на внутрішню поверхню корпусу.)

Газорозрядні лічильники застосовуються в приладах, призначених для виявлення і вимірювання ступеня забрудненості різних поверхонь радіоактивними речовинами. Вони також можуть використовуватися для вимірювання потужності дози гамма-випромінювань (рівня радіації).

Види газорозрядних лічильників:

- Трубки Гейгера-Мюллера: Це найпоширеніший тип газорозрядних лічильників. Вони складаються з газової трубки з анодом і катодом, наповненої газом під високим тиском. При виявленні радіації газ у трубці іонізується, що створює електричні імпульси, які можна виміряти і порахувати.
- Трубки пропорційного лічильника: Ці лічильники працюють за принципом пропорційного розряду. У них зазвичай використовується змішаний газ, що складається з газу робочого середовища та додаткових складових. Результатом взаємодії радіаційних частинок з газом є утворення іонної пари, яка викликає електричний розряд. Вимірюються струми розряду для визначення рівня радіації.
- Трубки іскрового лічильника: Цей тип лічильника використовує іскровий розряд для вимірювання радіації. Радіаційна енергія призводить до утворення іскор в газовому середовищі, які реєструються та пораховуються.
- Трубки пропорційного лічильника-лічильника: Ці лічильники комбінують властивості трубок пропорційного лічильника та лічильника Гейгера-Мюллера. Вони працюють у пропорційному режимі для низьких рівнів радіації та у лічильнику Гейгера-Мюллера для високих рівнів радіації.

Це лише кілька загальних видів газорозрядних лічильників. Кожен тип має свої унікальні характеристики, переваги та обмеження, і вони можуть

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Лист
						29
Зм	Лист	Но докум	Підпис	Дат		

використовуватися в різних областях, включаючи ядерну фізику, медицину, промисловість та радіаційний контроль.

3.3 Обґрунтування дисплея

Рідкокристалічний дисплей (англ. liquid crystal display (LCD)) — електронний пристрій візуального відображення інформації (дисплей), принцип дії якого ґрунтується на явищі електричного переходу Фредерікса в рідких кристалах. Дисплей складається з довільної кількості кольорових або монохромних точок (пікселів), і джерела світла або відбивача (рефлектора). Кожна з кольорових точок рідкокристалічного дисплея складається з кількох комірок (як правило, з трьох), попереду яких встановлюються світлові фільтри (найчастіше — червоний, синій і зелений). Тобто колір певної точки і її яскравість визначається інтенсивностями світіння комірок, з яких вона складається. Керування кожною рідкокристалічною коміркою здійснюється з допомогою напруги, яку подає на комірку один з тонкоплівкових транзисторів (TFT — аббревіатура від англ. Thin-Film Transistor). Рідкокристалічні дисплеї мають низьке енергоспоживання, тому вони знайшли широке застосування, як у кишенькових пристроях (годинниках, мобільних телефонах, кишенькових комп'ютера), так і в комп'ютерних моніторах, телевізорах тощо.

Види LCD-дисплеїв:

- LCD-дисплеї на базі HD44780: Це досить поширені і доступні LCD-дисплеї з розміщенням 16x2 або 20x4 символи. Вони працюють на основі контролера HD44780 і зазвичай мають вбудований зв'язок через шину I2C, що спрощує їх підключення до мікроконтролера або плати Arduino.
- OLED-дисплеї на базі SSD1306: Ці дисплеї використовують органічні світлодіоди (OLED) і також підтримують зв'язок через шину I2C. Вони мають високу яскравість та контрастність, а також здатні відображати текст і графіку на монохромному екрані.

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Лист
						30
Зм	Лист	Но докум	Підпис	Дат		

- TFT-дисплеї на базі контролерів ILI9341 або ST7789: Ці дисплеї використовуються для відображення кольорової графіки і зазвичай мають роздільну здатність 240x320 пікселів. Вони підтримують зв'язок через шину SPI та мають багатофункціональний драйвер, який дозволяє відображати текст, графіку та анімацію.
- Інтегровані дисплейні модулі: Деякі виробники, такі як Nextion або Waveshare, пропонують готові дисплейні модулі зі вбудованим контролером, які можуть бути керовані через шину UART або SPI. Ці модулі зазвичай мають сенсорну панель і дозволяють створювати інтерактивні інтерфейси з відображенням тексту, графіки та кнопок.

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 датчики: Ці датчики використовують зміну електричного опору матеріалу при зміні температури або вологості. Наприклад, термістори використовують залежність опору від температури, а резистори на основі полімерів можуть бути використані для вимірювання вологості.

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Лист
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		31

- Термопари: Термопари генерують електричний сигнал, що залежить від різниці температур між двома точками з'єднання різних металів. Цей сигнал може бути використаний для вимірювання температури.
- Терморезистори: Це датчики, які змінюють свій опір залежно від температури. Наприклад, датчики на основі платини, такі як PT100 або PT1000, є широко використовуваними для вимірювання температури в промислових застосуваннях.
- 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 вимірювання параметрів.

3.5 Обґрунтування акумулятора

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-кислотний акумулятор (Lead-Acid): Використовується в автомобільних акумуляторах, системах резервного живлення та інших

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Лист
Зм	Лист	Но докум	Підпис	Дат		32

великих застосуваннях. Він має високу ємність, але низьку енергетичну щільність.

- Літій-іонний акумулятор (Lithium-Ion): Широко використовується в портативних електронних пристроях, таких як мобільні телефони, ноутбуки, планшети. Він має високу енергетичну щільність, низький рівень саморозряду і невеликі розміри.
- Літій-полімерний акумулятор (Lithium-Polymer): Схожий на літій-іонний акумулятор, але має більш гнучку форму і може бути виготовлений у різних розмірах та формах. Використовується в портативних електронних пристроях, дронів, робототехніці та інших пристроях.
- Нікель-метал-гідридний акумулятор (Nickel-Metal Hydride, NiMH): Широко використовується у різних пристроях, включаючи фотоапарати, іграшки, портативні радіостанції. Він має високу ємність, але меншу енергетичну щільність порівняно з літій-іонним акумулятором.

3.6 Обґрунтування перетворювача напруги

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.

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 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)

3.7 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.

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Лист
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		34

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:

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

—Тримаючі кнопки: Ці кнопки залишаються замкнутими після натискання і не повертаються у вихідний стан до наступного натискання. Вони забезпечують стійке замикання і використовуються для функцій, які мають тривалість або вимагають постійного зв'язку.

—Двосторонні кнопки: Ці кнопки мають контакти на обох боках, що дозволяє їх використання як перемикачів. Натискання однієї сторони вимикає контакт однієї половини кнопки, а натискання іншої сторони вимикає контакт другої половини.

—Кнопки з плавною роботою (аналогові): Ці кнопки забезпечують плавну зміну значення, коли їх натискають. Вони використовуються для налаштування параметрів, регулювання гучності або інших функцій, де потрібна поступова зміна.

—Кнопки з кришталевими контактами: Ці кнопки мають контакти, виконані з кристалю або подібного матеріалу, що забезпечує високу точність і довговічність замикання.

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Лист
						35
Зм	Лист	Но докум	Підпис	Дат		

- Мембранні кнопки: Ці кнопки складаються з гнучкої мембрани з контактами, які замикаються при натисканні. Вони зазвичай використовуються в електронних пристроях з плоскими панелями.
- Кнопки з індикацією: Ці кнопки мають вбудований світловий індикатор, який показує їх стан, такий як увімкнено або вимкнено.

3.8 Структурна схема

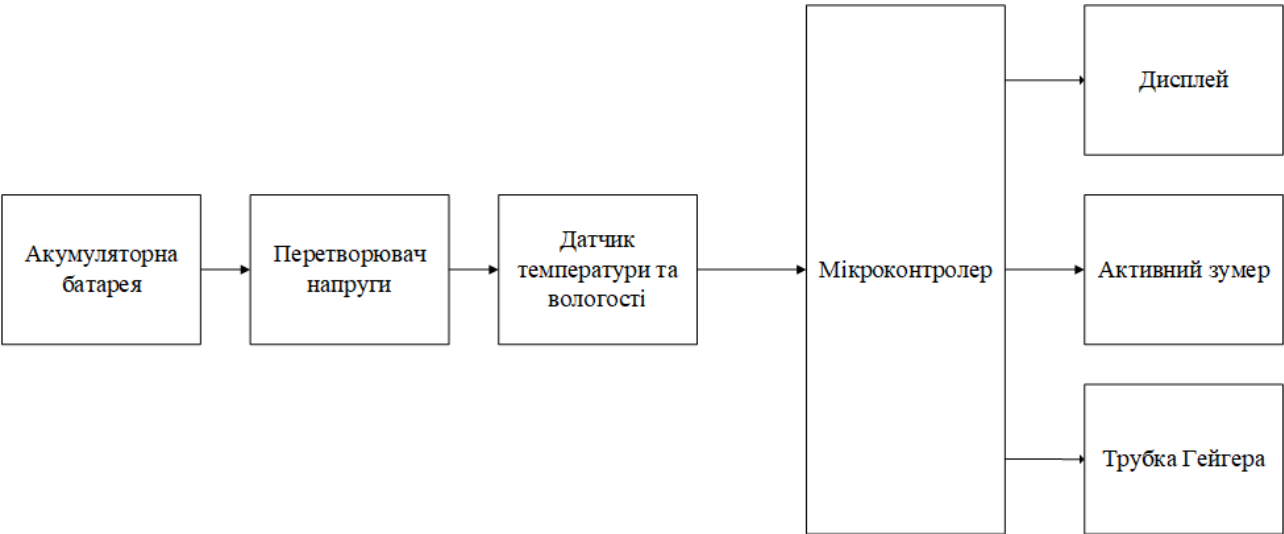


Рисунок 3.6 – Структурна схема комп’ютеризованої системи вимірювання вмісту радіації в навколишньому середовищі

З обґрунтованих компонентів була побудована структурна схема:

- Акумуляторна батарея: Це джерело живлення, яке забезпечує енергію для всієї системи.
- Перетворювач напруги: Цей модуль відповідає за перетворення напруги з одного рівня на інший. Він може використовуватися для зміни напруги з АКБ на рівень, необхідний для живлення інших компонентів системи.
- Датчик температури та вологості: Цей датчик вимірює температуру і вологість в навколишньому середовищі. Він може використовуватися для моніторингу показників температури та вологості і передачі цих даних до мікроконтролера для подальшої обробки.
- Мікроконтролер: Це основний керуючий блок системи. Він відповідає за керування роботою і взаємодію інших компонентів. Мікроконтролер може виконувати програмні інструкції, отримувати дані від датчиків, керувати виведенням інформації на дисплей і активним зумером, а також виконувати інші завдання, необхідні для роботи системи.
- Дисплей: Це модуль дисплея, який використовується для візуального відображення інформації. Він може показувати дані про температуру, вологість, стан системи або іншу важливу інформацію.
- Активний зумер: Цей модуль забезпечує звукову індикацію. Він може використовуватися для відтворення звукових сигналів або сигналів оповіщення, наприклад, в разі спрацювання датчика або досягнення певного стану системи.
- Трубка Гейгера: Цей модуль представляє собою трубку Гейгера, яка використовується для вимірювання рівня радіації в навколишньому середовищі. Він може детектувати і вимірювати рівень радіації і передавати ці дані до мікроконтролера для обробки або відображення.

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Лист
Зм	Лист	Но докум	Підпис	Дат		37

4. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

4.1 Вибір мікроконтролеру

ATmega328P є 8-бітним мікроконтролером з архітектурою AVR, виробленим компанією Microchip (раніше Atmel). Він є покращеною версією популярного мікроконтролера ATmega328 і має ряд удосконалень і додаткових можливостей.

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Лист
						38
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		



Рис.4.7 ATmega328P

Технічні характеристики

- 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 (двохзв'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.

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.4.8 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 480.010.011- ПЗ	Лист
						40
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

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 установах.
- 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.

4.3 Вибір дисплея

LCD1602 I2C - це універсальний дисплейний модуль, який дозволяє додати до ваших проектів РК-дисплей 16x2 символів з мінімальними витратами на підключення та програмування. Цей модуль використовує протокол зв'язку I2C, який дозволяє вам керувати дисплеєм за допомогою всього двох дротів, заощаджуючи піни на платі мікроконтролера.

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Лист
						41
Зм	Лист	Но докум	Підпис	Дат		

LCD1602 I2C має яскраве синє підсвічування, яке можна вмикати та вимикати, а також регульовану контрастність, що дозволяє регулювати яскравість та чіткість символів. Дисплей підтримує англійські символи, що робить його придатним для широкого кола програм та користувачів.

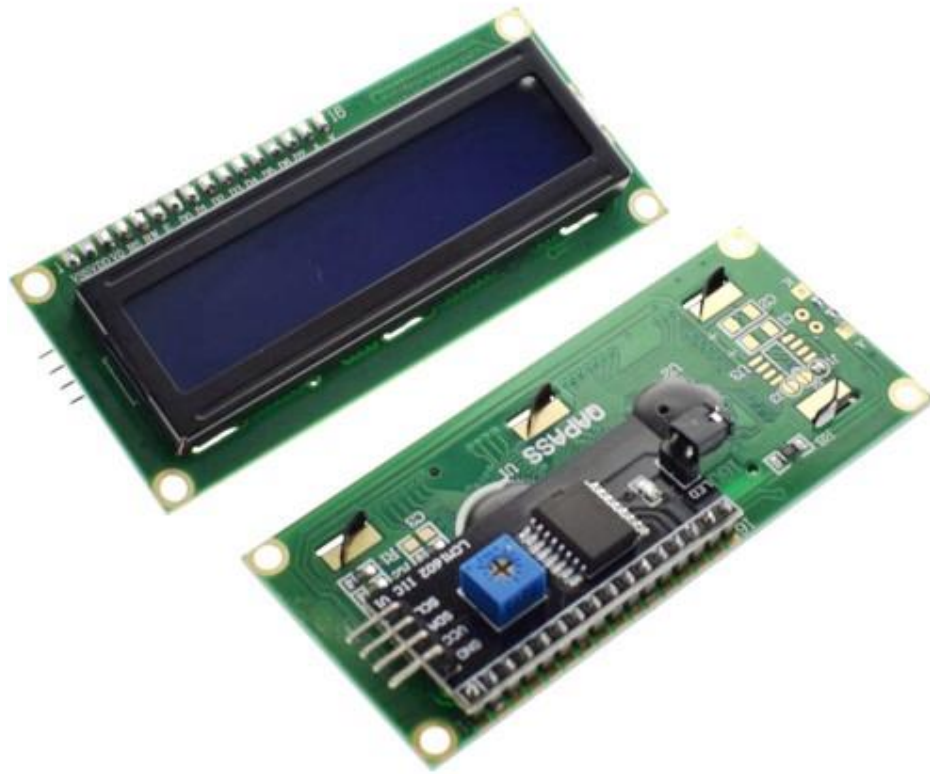


Рис 4.9 LCD1602 I2C

Технічні характеристики

- Символьний LCD індикатор з комунікаційним модулем I2C.
- 2 рядки.
- 16 символів в рядку.
- Блакитне підсвічування.
- Символи білого кольору.
- Адреса пристрою 0x3F или 0x27 (можна змінювати спеціальними перетинками на модулі I2C).
- Живлення 5 В.
- Контраст екрану підлаштовується змінним резистором.

- Прибравши джампер можна програмно керувати яскравістю підсвічування.
- До контролера підключається за допомогою двох сигнальних дротів. 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 – високоточний цифровий датчик температури та вологості від ASAIR, що працює по шині I2C. Датчик може працювати в широкому діапазоні напруги від 1,8 до 3,3 вольт. Напруга, що рекомендується - 3,3

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Лист
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		43

вольт. Для забезпечення цієї вимоги на платі модуля встановлено стабілізатор напруги ХС6206-3.3. На двох польових транзисторах реалізовано узгодження рівнів 3,3-5 вольт для безболісного підключення до п'ятивольтової логіки. При зв'язку по I2C шині використовується адреса 0x38, яку можна змінити на 0x39, перепаївши SMD перемичку на платі. Таким чином, на одній шині з'являється можливість використовувати два датчики.

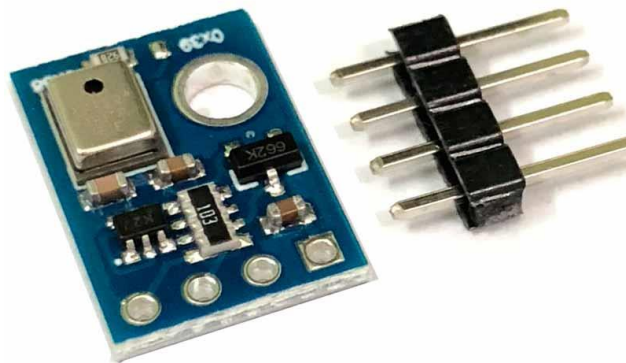


Рис.4.10 АНТ-10

Технічні характеристики

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

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, дрилях, модах та інших пристроях.

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Лист
						44
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

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.4.11 Акумулятор Li-ion Samsung 18650

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

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

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Лист
						45
Зм	Лист	Но докум	Підпис	Дат		

електронний пристрій, призначений для зарядки літій-іонних акумуляторних батарей (ЛАБ) та підвищення напруги від джерела живлення.

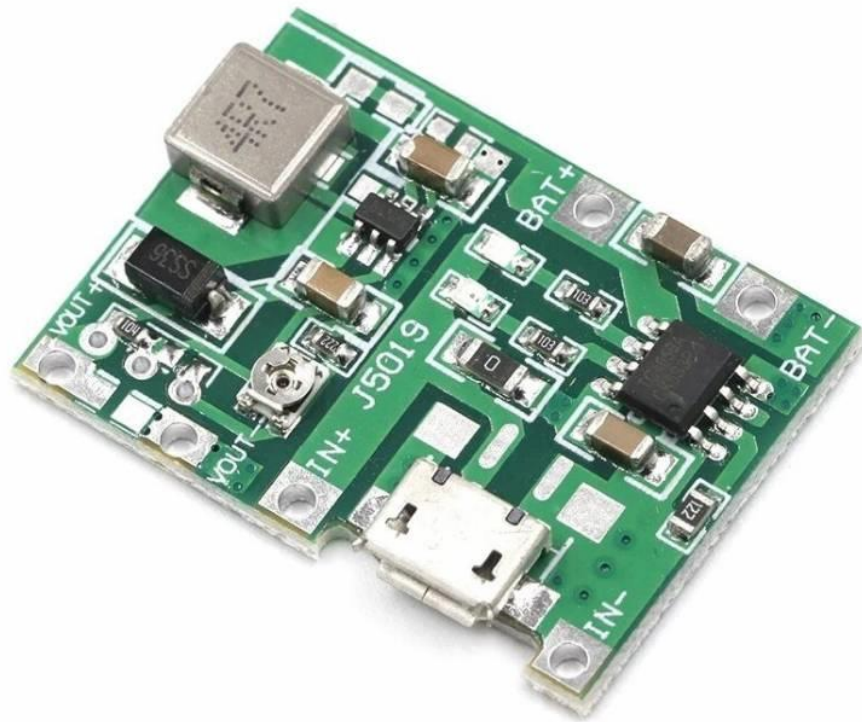


Рис.4.12 Модуль заряду Li-Ion АКБ з DC/DC step-up перетворювачем J5019

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 МС, 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)

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Лист
						46
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

- Фіксована частота перетворення 1.2MHz
- Внутрішній 4А 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

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Лист
						47
Зм	Лист	Но докум	Підпис	Дат		

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 6х6х5мм двоконтактна на 4 виводи, нормальний стан – розімкнута.



Рис.4.13. Кнопка

Технічні характеристики

- Діапазон температур: -20 °С ... +60 °С.
- Опір контактів: 30 мОм.
- Максимальна напруга: 250В (протягом 1 хвилини).
- Ліміт натисків: 10 000.

4.8 Побудова принципово-електричної схеми

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Лист
						48
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

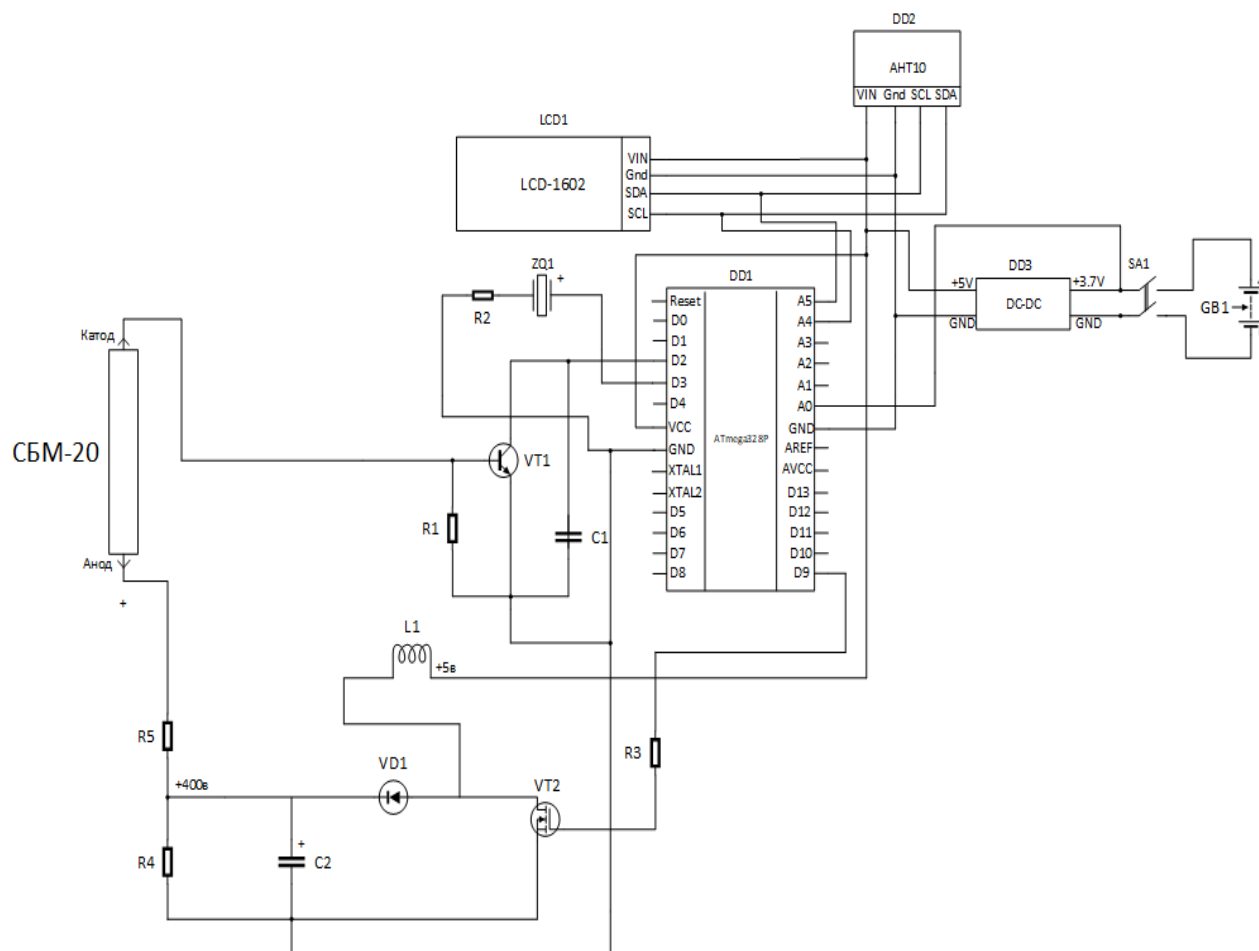


Рис. 4.14 Схема дозиметра.

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!).

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 Ардуіно по шині I2C. Контроль заряду GB1 здійснюється на піні A0 DD1, керування зумером - на 3 піні. Дозиметр зібрано на друкованій платі 136 x 90мм.

4.9. Розрахунок похибок визначення радіаційного фону

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Лист
						50
Зм	Лист	№ докум	Піпп	Лат		

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 $\bar{N}$ за (4.1):

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

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):

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

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:

$$\Delta_{\text{пр}} N = \frac{1}{300} 2,0 * 9,99 * 1 \approx 0,06 \text{ мкР/год};$$

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):

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

$$\approx 1,45 \text{ мкР/год.}$$

5. РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ТА АЛГОРИТМУ

5.1. Розробка алгоритму



Рис.5.15. 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

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Лист
						53
Зм	Лист	Но докум	Підпис	Дат		

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 вимірюваних даних та інших потрібних значень.
3. Задання констант та змінних: Встановлюєтєся 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 виконуєтєся 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, виконуєтєся звукова індикація за допомогою звукового модуля або динаміка.
6. Цикл обробки даних: У цьому кроці виконуєтєся додаткову обробку вимірюваних 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 виводитьєся вимірені дані, наприклад, значення радіації, температури та вологості, на LCD-дисплей або інший візуальний інтерфейс для подальшого відображення.

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Лист
						54
Зм	Лист	Но докум	Підпис	Дат		

5.2. Розробка програми

Вибір програмного середовища та мову програмування

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:

- Простота використання: Arduino IDE має простий та легкий у використанні інтерфейс, що дозволяє швидко оволодіти основами програмування. Його вбудована середовище розробки (IDE) має простий текстовий редактор і просту структуру проектів, що полегшує початок роботи.
- Велика спільнота: Arduino IDE має велику активну спільноту користувачів і розробників, які готові допомогти та поділитися своїми знаннями. Існує безліч онлайн-ресурсів, форумів і книг, які допомагають вирішувати проблеми і навчатися новому.
- Широкий вибір апаратних платформ: Arduino IDE підтримує різні апаратні платформи, включаючи Arduino Uno, Arduino Nano, Arduino Mega та багато інших. Це дає можливість вибрати платформу, яка найкраще підходить для вашого проекту.
- Велика кількість бібліотек: Arduino IDE має велику кількість бібліотек, які спрощують програмування певних функцій і пристроїв. Це означає, що ви можете використовувати готові рішення для роботи з сенсорами, актуаторами, комунікаційними модулями та іншими пристроями.
- Кросплатформенність: Arduino IDE підтримується на різних операційних системах, таких як Windows, macOS та Linux. Це означає, що ви можете працювати з Arduino на своєму улюбленому комп'ютері незалежно від платформи.

Звичайно, кожне середовище програмування має свої переваги та обмеження, і вибір залежить від конкретних потреб і вмінь. Однак Arduino IDE зазвичай

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Лист
						55
Зм	Лист	№ докум	Піппи	Лат		

вважається привітною та доступною платформою для початку вивчення програмування вбудованих систем.

Даний код представляє програму, яка виконує вимірювання рівня радіації, температури, вологості, та стану заряду акумулятора. Давайте розглянемо кожен крок окремо:

— 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 ШІМ (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 A0 для виміру напруги.
2. Здійснюється вимірювання напруги за допомогою аналогового входу A0 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.

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Лист
						56
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

5. Ініціалізується датчик температури та вологості АНТ10 з паузою 500 мс.
6. Налаштовується пін 9 для використання ШІМ (PWM) зі значенням шпаруватості DUTY.
7. Налаштовується пін 3 для використання пищалки 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 пищалка на пині 3.
4. Отримуються дані про температуру та вологість за допомогою методу "getEvent" об'єкта "aht".
5. Виміряне значення температури форматується та виводиться на перший рядок дисплею, а виміряне значення вологості - на другий рядок.
6. Вимикається пищалка.
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.

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Лист
						57
Зм	Лист	Но докум	Підпис	Дат		

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).

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

Arduino можна використовувати як програматор для інших мікроконтролерів. Зазвичай цей процес називається "Arduino as ISP" (Arduino як ISP - In-System Programmer). Для цього використовується спеціальна скетч (програма для Arduino), яка дозволяє використовувати Arduino для завантаження програмного коду на інші мікроконтролери, такі як ATmega328P або ATtiny85.

Для використання Arduino як програматора необхідно з'єднати Arduino з цільовим мікроконтролером за допомогою спеціальних з'єднувачів або дротів. Завантаживши скетч "Arduino as ISP" на Arduino, ви можете скористатися спеціальними програмами, такими як avrdude або Arduino IDE, для завантаження програмного коду на цільовий мікроконтролер.

Використання Arduino як програматора дозволяє економити кошти на додатковому програматорі та зробити процес розробки більш зручним і доступним.

6. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

6.1 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,

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Лист
						59
Зм	Лист	Но докум	Підпис	Дат		

перетворювач напруги J5019 - 34x24x5 мм, кнопка - 6x6x5мм. Також враховуємо робочу зону. Розмір плати буде складати 136мм x 90мм.

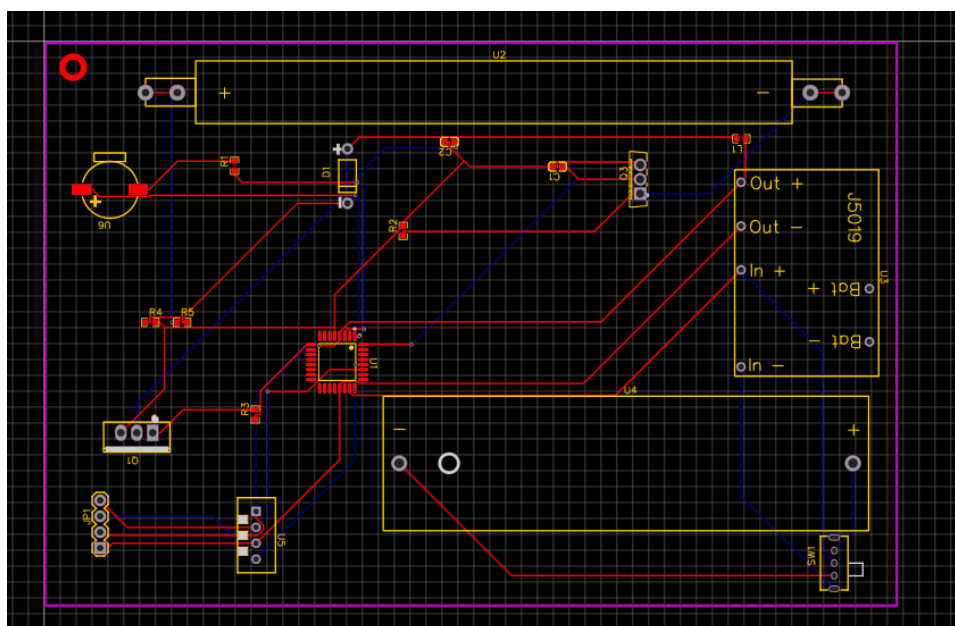


Рис.6.16 Двошарова друкована плата

Дозиметр виконаний в плоскому прямокутному пластмасовому корпусі з заокругленими кутами.

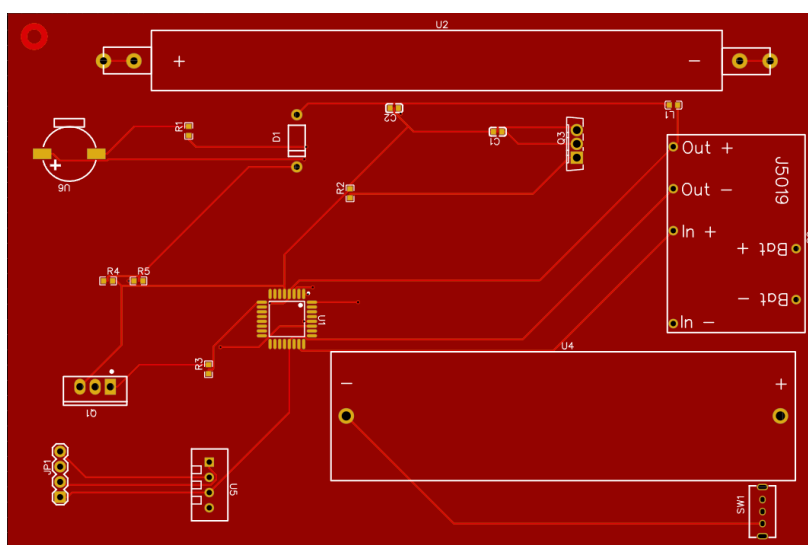


Рис.6.17 Верхня сторона друкованої плати 2D

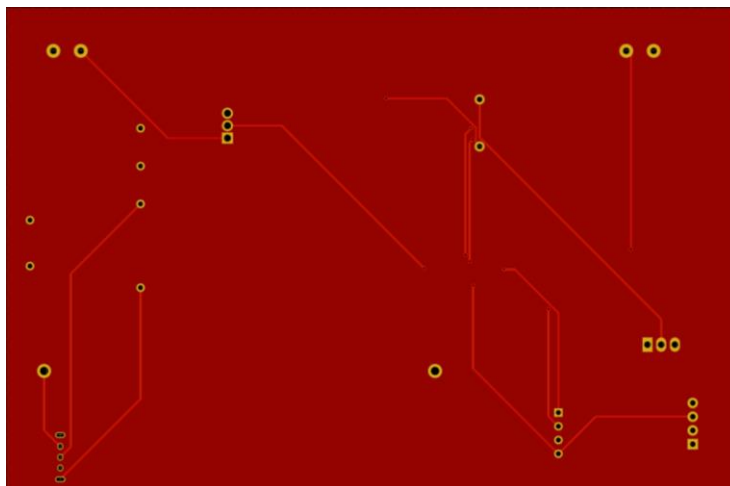


Рис.6.18 Нижня сторона друкованої плати 2D

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.

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 480.010.011- ПЗ	Лист
						62
Зм	Лист	Но докум	Піппп	Лат		

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 [24] з врахуванням вихідних даних для проектного виробу. По формулі (6.9) визначаємо потік відмовлень виробу (сума величин в графі 10 таблиці 6.3):

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Лист
						63
Зм	Лист	Но докум	Підпис	Лат		

Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t визначалася по формулі

$$P(t) = e^{-\lambda t} \approx 1 - \lambda t \quad (6.8)$$

де λ – параметр потоку відмовлень; t – час роботи виробу (год) [24].

Дані розрахунку $P(t)$ приведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 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 6.4 приведена залежність надійності $P(t)$.

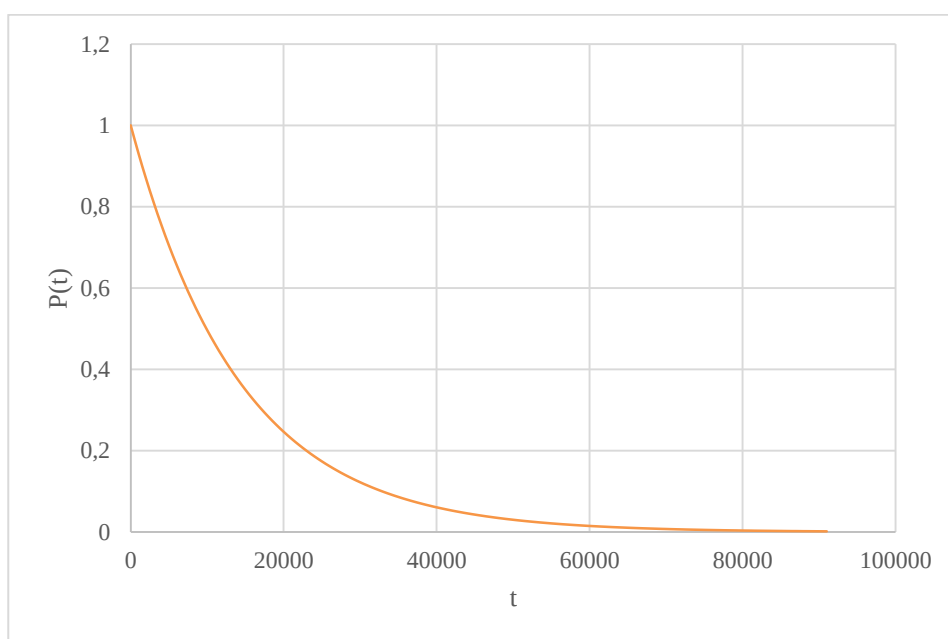


Рис.6.4 – Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t

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 6.3 – 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	
	АТmega328Р	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	
	U5019	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
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
	Разом								70,02

7.ОХОРОНА ПРАЦІ

7.1.Охорона праці

Охорона праці - це комплекс заходів, правил і нормативів, спрямованих на забезпечення безпеки та здоров'я працівників на робочому місці.

Основна мета охорони праці полягає в запобіганні виникненню професійних захворювань, травм та нещасних випадків на роботі шляхом виявлення, оцінки та управління ризиками, пов'язаними з виробничою діяльністю.

Охорона праці включає такі основні аспекти:

- Виявлення та оцінка ризиків: Аналізуються потенційні небезпеки та ризики на робочому місці, включаючи фізичні, хімічні, біологічні та ергономічні фактори. Ризики оцінюються з метою їх подальшого управління та зниження.
- Запобігання виникненню нещасних випадків та травм: Розробляються процедури безпеки, інструкції з роботи, проводяться навчання працівників правилам безпеки, встановлюються засоби захисту та безпеки (наприклад, засоби індивідуального захисту).
- Медичне обслуговування та дотримання стандартів здоров'я: Забезпечується доступ до медичних оглядів, обстежень та консультацій для працівників. Також встановлюються стандарти здоров'я, які регулюють допустимі рівні експозиції на робочому місці.
- Постійний моніторинг та вдосконалення: Охорона праці - це постійний процес, який вимагає моніторингу та оновлення підходів, щоб враховувати зміни в умовах праці, технології та нормативні вимоги.
- Культура безпеки: Забезпечується створення безпечної робочої культури, в якій працівники розуміють важливість безпеки,

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Лист
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		66

дотримуються правил та співпрацюють у виявленні потенційних небезпек.

Охорона праці є важливим аспектом будь-якої організації, оскільки вона сприяє забезпеченню безпеки, здоров'я та добробуту працівників, а також допомагає зменшити витрати, пов'язані з травмами, нещасними випадками та нездатністю працювати.

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Лист
						67
Зм	Лист	№ докум	Піпп	Лат		

7.2. Розробка заходів з охорони праці

Розробка заходів з охорони праці по використанню дозиметра передбачає впровадження заходів для забезпечення безпеки працівників, які користуються дозиметром. Основна мета цих заходів полягає в запобіганні впливу радіації на працівників та зниженні ризику виникнення радіаційного ураження.

Ось деякі рекомендації для розробки заходів з охорони праці:

- Ознайомлення з принципом роботи дозиметра: Забезпечення надання необхідної навчальної інформації щодо принципів роботи дозиметра, правил його використання та інструкцій з безпеки.
- Підготовка та навчання працівників: Забезпечення належної підготовки та навчання працівників з питань використання дозиметра, правил безпеки при роботі з радіаційними матеріалами, вимірювання та інтерпретації результатів вимірювань.
- Захист від радіації: Забезпечення належного захисту працівників від радіації шляхом використання відповідних захисних засобів, таких як спеціальний одяг, протирадіаційні екранування та інші засоби захисту.
- Контроль радіаційного фону: Встановлення процедури контролю радіаційного фону на робочих місцях та регулярна перевірка рівня радіації, щоб вчасно виявити будь-які відхилення від норми.
- План евакуації та надзвичайних ситуацій: Розробка плану евакуації та дій у надзвичайних ситуаціях, пов'язаних з радіацією. Працівники повинні бути налаштовані на швидку та правильну реакцію у разі виникнення аварійної ситуації.
- Моніторинг здоров'я: Забезпечення системи моніторингу здоров'я працівників, які користуються дозиметром, шляхом проведення регулярних медичних оглядів та вимірювань радіаційного навантаження.

- Регулярне технічне обслуговування: Провадження регулярного технічного обслуговування та калібрування дозиметра, щоб забезпечити його точність та надійність.
- Інформаційні матеріали: Забезпечення надання наочних інформаційних матеріалів про радіаційну безпеку, правила використання дозиметра та розповсюджуйте їх серед працівників.
- Запис даних: Ведення обліку та збереження даних про вимірювання радіації, щоб мати можливість проводити аналіз та перевірку в майбутньому.
- Аудит та оновлення: Регулярний аудит та оновлення заходи з охорони праці, пов'язані з використанням дозиметра, з урахуванням нових нормативних вимог та відкриттів в галузі радіаційної безпеки.

Важливо пам'ятати, що це загальні рекомендації, і конкретні заходи з охорони праці повинні відповідати конкретним вимогам та умовам роботи з дозиметром у вашій організації. Рекомендується звернутися до спеціаліста з охорони праці або радіаційної безпеки для отримання конкретних порад та встановлення відповідних заходів з охорони праці

ВИСНОВОК

Комп'ютеризована система вимірювання радіації в повітрі є ефективним та точним інструментом для контролю рівня радіації в навколишньому середовищі. Вона використовує датчики радіації, контролери, комп'ютер та спеціалізоване програмне забезпечення для збору, аналізу та візуалізації даних.

Ця система дозволяє отримувати реальний час інформацію про рівень радіації, створювати графіки, звіти та здійснювати аналізи даних. Вона також забезпечує можливість зберігання даних для подальшого використання.

Використання комп'ютеризованої системи вимірювання радіації в повітрі допомагає забезпечити безпеку працівників у промислових, наукових та медичних сферах, а також контролювати вплив радіації на навколишнє середовище. Ця система спрощує процес вимірювання та аналізу даних, роблячи його більш зручним та швидким.

У результаті, комп'ютеризована система вимірювання радіації в повітрі є важливим інструментом для контролю рівня радіації, забезпечення безпеки та оцінки впливу радіації на людей та навколишнє середовище.

Крім того, комп'ютеризована система вимірювання радіації в повітрі дозволяє забезпечити документацію та архівування даних. Це має велике значення для звітності, досліджень та довідкових цілей. Завдяки системі можна зберігати довготривалі дані про рівень радіації, що дозволяє виявити тренди, аномалії та зміни у рівні радіації з часом.

Однією з переваг комп'ютеризованої системи вимірювання радіації є можливість візуалізації даних. Завдяки графікам, діаграмам та іншим візуальним елементам можна легко спостерігати за змінами рівня радіації та швидко реагувати на них. Це допомагає операторам системи швидко оцінити ситуацію та прийняти відповідні заходи.

Крім того, комп'ютеризована система може бути інтегрована з іншими системами безпеки та моніторингу, що дозволяє забезпечити комплексний підхід до контролю радіації та безпеки працівників. Наприклад, вона може

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Лист
						70
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

бути підключена до системи автоматичного сповіщення та евакуації в разі перевищення допустимих рівнів радіації.

У загальному, комп'ютеризована система вимірювання радіації в повітрі є незамінним інструментом для забезпечення безпеки, контролю та моніторингу радіаційного середовища. Вона дозволяє отримувати точні дані, аналізувати їх, вживати необхідні заходи та робити обґрунтовані рішення з питань безпеки працівників та збереження навколишнього середовища.

В дипломній роботі вирішенні такі завдання:

- Проведений аналіз існуючих системи вимірювання потоку рідини.
- Обрано складові елементи комп'ютеризованої вимірювальної системи;
- Розроблена структурна та принципова схеми системи.
- Розроблена друкована плата;
- Розроблена блок-схема алгоритму роботи та відповідна програма.
- Розрахована надійність системи.
- Описана охорона праці на виробництві.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Прилади для вимірювання та контролю радіації [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. Портативний дозиметр радіації на акумуляторі у вигляді маркера Nectronix HFS-P3 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://yavshoke.ua/dozimetr-radiatsii-portativniy-na-akkumulyatore-v-vide-markera-nectronix-hfs-p3-4495822/>.
4. Дозиметр радіації побутовий радіометр лічильник Гейгера Nectronix BR-9B-XR1 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://yavshoke.ua/dozimetr-radiometr-bitovoy-schetchik-geygера-pribor-dlya-izmereniya-radiatsii-kailishen-br-9b/>.
5. Дозиметр радіації професійний радіометр Fnirsi GC-01 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://yavshoke.ua/dozimetr-radiatsii-professionalniy-radiometr-fnirsi-gc-01-akkumulyatorniy/>.
6. Дозиметр радіації Bluetooth FTLAB BSG-001 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://yavshoke.ua/dozimetr-radiatsii-bluetooth-dlya-smartfona-ftlab-bsg-001-izm-4467389/>.
7. Дозиметр-радіометр RadEye B20-ER (створений для ядерних аварій та катастроф) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.akp.com.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=158:red eyeb20&catid=60:prod-thermo&Itemid=99.
8. Розпіновка мікропроцесора ATmega328P [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://miniboard.com.ua/mcu/581-robotdyn-nano-v3-atmega328ch340g-unsoldered.html>.
9. Акумулятор Battery Li-ion Samsung 18650, 3,7V 4200mAh [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://foton.ua/catalog/litii-ionnie-akkumulyatory/battery-li-ion-samsung-18650_-3_7v-4200mah.html.

					<i>МММТ 480.010.011- ПЗ</i>	Лист
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		72

10. 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>.
11. Дозиметр [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%00%94%00%BE%00%B7%00%B8%00%BC%00%B5%1%82%1%80>.
12. 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>.
13. Кнопка 6х6х5мм [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arduino.ua/prod317-knopka-6x6x5mm>.
14. Технічні характеристики СБМ-20 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://doza.net.ua/pages/ru_goods_compare.htm.
15. Рідкокристалічний дисплей LCD [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/0A01960B40BA0BED0BA1800B81811820B00BB1961870B0B80B9_0B40B81810BF0BB0B50B9.
16. Методичні рекомендації кваліфікаційної роботи [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://learn.ztu.edu.ua/pluginfile.php/216601/mod_resource/content/1/%D0%9E%00%9A%2036.%20%00%9A%00%B2%00%00%BB%1%96%1%84%1%96%00%BA%00%B0%1%86%1%96%00%B9%00%B%00%B0%20%1%80%0%BE%00%B1%00%BE%1%82%00%B0%20%E2%80%93%202021.pdf.
17. Л. А. Яцюк, О. В. Косогін, Д. Ю. Ущиповський, 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.
18. В. Г. Грибан, О. В. Негодченко Охорона праці: Навчальний Посібник, «Центр учбової літератури», 2011 р., с.280.

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Лист
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		73

19.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.

					МММТ 480.010.011- ПЗ	Лист
						74
Зм	Лист	№ докум	Піпп	Лат		

ДОДАТКИ

Додаток А

```
#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;

char myStr[5];
#define DUTY 550 // шпаруватість ШИМ. Від шпаруватісті залежить напруга! В
мене 390 вольт при значенні 550 (максимальне 1023)
volatile int counter = 0; // перемінне-лічильник імпульсів
int doza = 0; // перемінне 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, для
СТС-5 = 27, для СБМ-20 = 67, для других лічильників дв.паспорт
#define FON_NORMA 15 // нормальний радіаційний фон 15мкР/ч

void setup() {
    pinMode(A0, INPUT);
    voltage = (float)(analogRead(0) * 5.0) / 1024;
    lcd.init();
    lcd.backlight();
    lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("АКБ=");

    sprintf(myStr, "%d", int(voltage*10));
    lcd.write(myStr[0]); lcd.print(","); lcd.write(myStr[1]); lcd.print("В");
    lcd.setCursor(0, 1); lcd.print("Заміп...");
    aht.begin(); delay(500);

    pinMode(9, OUTPUT); // ШИМ на D9
    PWM_16KHZ_D9(DUTY); // ШИМ 16 кГц на піні D9, заповнення DUTY из 1023
    pinMode(3, OUTPUT); // піщалка на D3
    digitalWrite(3, 0);
    // підключили катод датчика на D2
    pinMode(2, INPUT_PULLUP);
    // FALLING - при прольоті частинки буде сигнал 0, його і ловим
    attachInterrupt(0, btnIsr, FALLING);
}

void btnIsr() {
    counter++; // + частинка
    event=HIGH; // частинка пролетіла
}

void loop() {
    if (event) { // Якщо пролетіла частинка оновлюємо дані температури та
вологості і пищить
        event = LOW; // одразу відкидуємо флажок частинки
        digitalWrite(3, 1); // пищить
        sensors_event_t humidity, temp;
        aht.getEvent(&humidity, &temp); // отримуємо дані про температуру та
вологості
        sprintf(myStr, "%+03d", int(temp.temperature));
```

```

    lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("T="); lcd.print(myStr); lcd.write(223);
    lcd.print("C ");
    sprintf(myStr,"%d",int(humidity.relative_humidity));
    lcd.print("Вл.="); lcd.print(myStr); lcd.print("%");
    digitalWrite(3, 0); // не пищать
    }

    ch_sec = millis() / 1000ul;
    if ((ch_sec - sec) >59 ) { doza= round(counter*FON_NORMA/NORMA); counter=0;
    sec=ch_sec; lcd.setCursor(0, 1); lcd.print("
    ");
    sprintf(myStr,"%d",int(doza));
    lcd.setCursor(0, 1); lcd.print("P.фон="); lcd.print(myStr);
    lcd.print("мкР/ч");
    voltage = (float)(analogRead(0) * 5.0) / 1024; // провіряем АКБ
    if (voltage<3.2) {lcd.clear(); lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("АКБ
    розрядився !!!");
    sprintf(myStr,"%d",int(voltage*10));
    lcd.setCursor(0, 1); lcd.print("U="); lcd.write(myStr[0]); lcd.print(",");
    lcd.write(myStr[1]); lcd.print("В"); while (1) {};}
    }

}

```

*Лугових О.О., ст. викл. кафедри МтаІВТ
Миронов Б.Є., студент МТ-2
Державний університет «Житомирська політехніка»*

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА ВИМІРЮВАННЯ ВМІСТУ РАДІАЦІЇ В НАВКОЛИШНЬОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Сучасні дозиметри призначені для визначення рівня ефективної дози радіаційного випромінювання, при цьому вони можуть визначити величину потужності іонізуючого потоку в певному часовому проміжку. І не дивлячись на те, що існує досить багато моделей подібних пристроїв, усі вони мають однаковий принцип роботи. Слід зазначити, що сучасні дозиметри можуть реєструватися або призначені для реєстрації бета-частинок, або ж гамма- чи рентгенівського випромінювання. Однак їх реєстрація відрізняється кілька, при цьому частіше всього використовується принцип газорозрядних рахунків Гейгера – Мюллера.

Дозиметр – прилад, який вимірює ефективну дозу або потужність іонізуючого випромінювання за який-то проміжок часу. Само вимірювання називається дозиметрією.

Чутливий елемент пристрою заповнюється аргоном і до нього подається напруга двох електродів, при цьому максимально усуваються всі можливості появи стрибків напруги. При проходженні бета-частинок через камеру датчика, заповнену аргоном під напругою, газ починає іонізуватися, що призводить до збільшення струмопровідних здібностей аргону, в результаті виникає електричний розряд, що знижує напругу на електродах аж до нульового значення. Після чого камера швидко відновлюється, напруга знову досягає номінального рівня, і датчик вже готовий до реєстрації та прийому нової бета-частинки. Подібні стрибки реєструє спеціальна мікропроцесорна плата, яка і перетворює їх на цифрові показники. Причому отримане значення при вимірі може бути задано на вказаний проміжок часу, наприклад, одна секунда або одна хвилина.

При реєстрації гамма-випромінювання або рентгенівських променів все відбувається за схожим принципом. Єдиною відмінністю є той факт, що виникнення розряду струму у чутливому елементі пристрою виникає через те, що гамма або рентгенівські фотони вибивають електрони із спеціальної плівки на поверхні датчика.

Рівень ефективної дози та потужність іонізуючого випромінювання в заданому проміжку часу, реєструється та визначається за рахунок послідовного підрахунку кожного такого імпульсу, а, отже, і кожної пройденої частки через датчик. Всі ці дані обробляються електронною схемою та потрапляють на рідкокристалічний монітор пристрою.

Для вимірювання вмісту радіації в навколишньому середовищі була розроблена структурна схема рис.1. До схеми входять такі компоненти: мікроконтролер, акумуляторна батарея, перетворювач напруги 1, трубка Гейгера перетворювач напруги 2, дисплей та активний зумер.

Крім виміру рівня радіації, пристрій дозволяє вимірювати температуру та вологість навколишнього середовища.

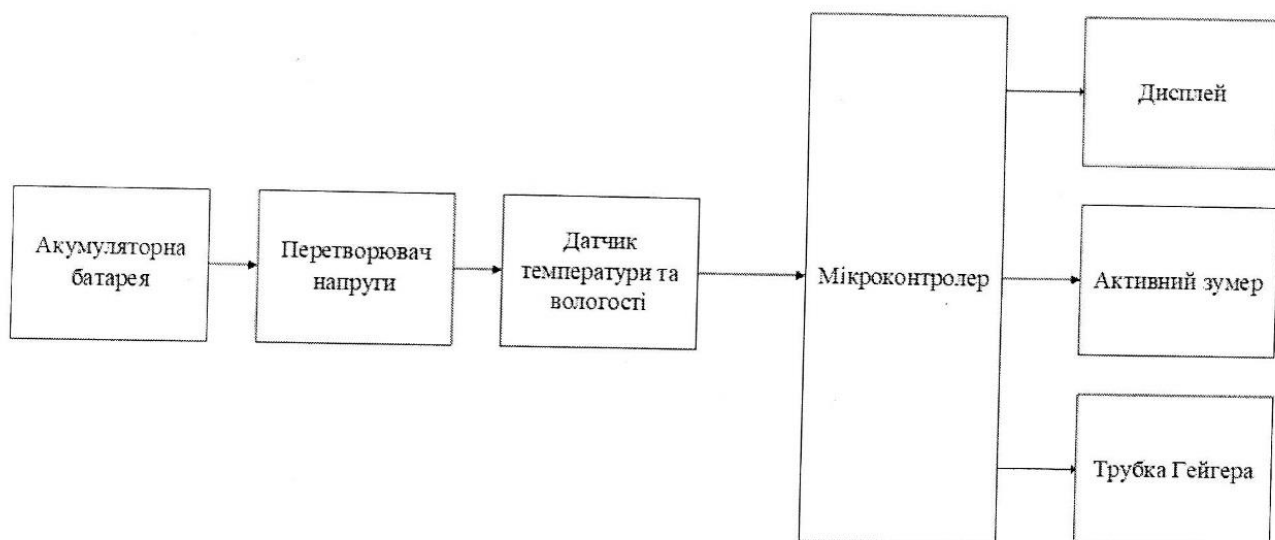
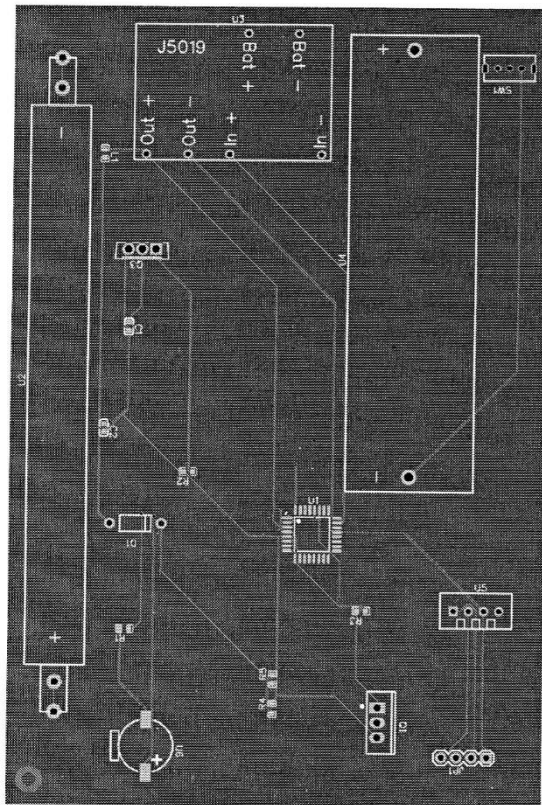
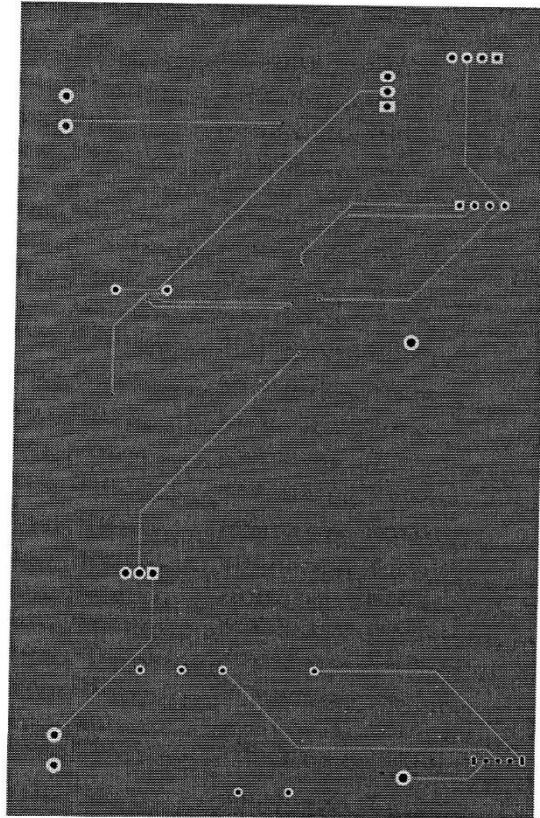


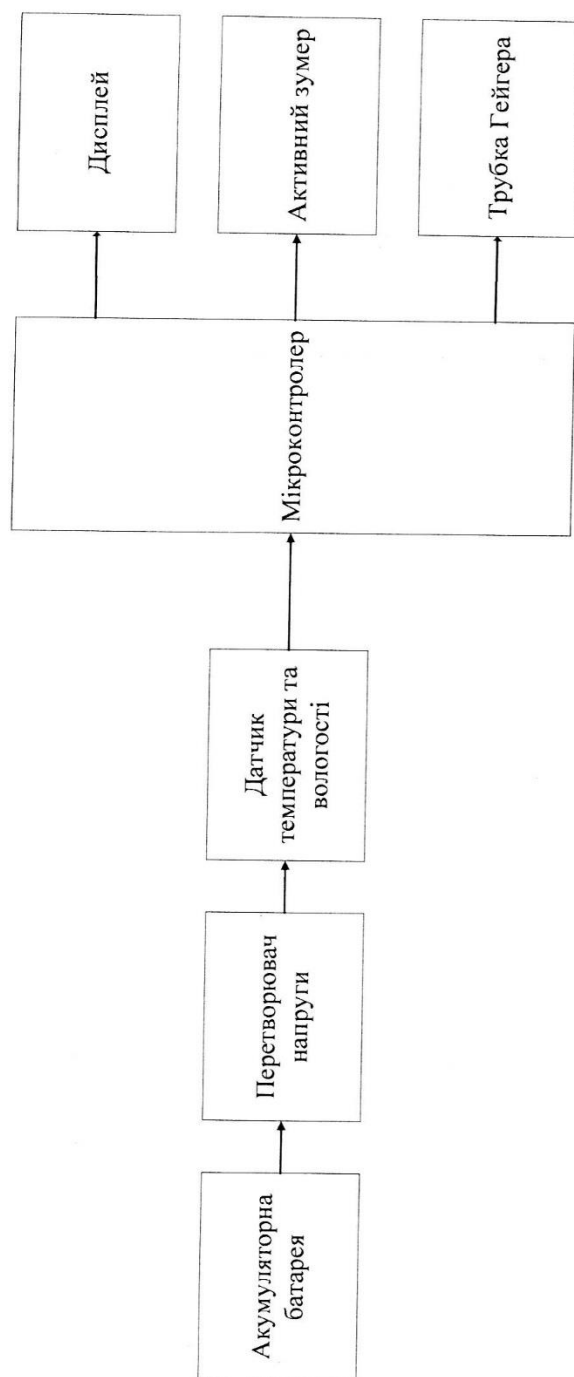
Рисунок 1 – Структурна схема комп'ютеризованої системи вимірювання вмісту радіації в навколишньому середовищі

Список використаних джерел

1. Методи і засоби вимірювань електричних та неелектричних величин: навчальний посібник/Д.М.Нестерчук, С.О.Квітка, С.В.Галько. – Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2017. - 206 с.
2. Мікроконтролерні пристрої : навч. посіб. для студ. спец. «Мікро- та наноелектроніка» / О. С. Тонкошкур, І. В. Гомілко, О. В. Коваленко; Дніпропетровський нац. ун-т ім. О. Гончара. – Д.: Вид-во ДНУ, 2011. – 264 с.
3. Принцип роботи дозиметра [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://sorbpolimer.com.ua/princip_raboti_dozimetra.
4. Показники радіаційного фону [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://pkrv.dp.gov.ua/news/pokazniku-radiacijnogo-fonu>.



МММТ 480.010.011-47									
№ п/п	Изм.	Исполн.	Провер.	Дат.	Изм.	Исполн.	Провер.	Дат.	Изм.
1					2				3
Комплектующие детали (детали)									
№ п/п	Изм.	Исполн.	Провер.	Дат.	Изм.	Исполн.	Провер.	Дат.	Изм.
1					2				3
Выводы паяла									
№ п/п	Изм.	Исполн.	Провер.	Дат.	Изм.	Исполн.	Провер.	Дат.	Изм.
1					2				3

[illegible]

