

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Радіотехнічний факультет  
Кафедра прикладної радіоелектроніки**

«На правах рукопису»  
УДК 621.317.794

До захисту допущено:

В.о. зав. кафедри

\_\_\_\_\_ Михайло СТЕПАНОВ

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Магістерська дисертація**

**на здобуття ступеня магістра**

**за освітньо-професійною програмою «Інтелектуальні технології радіоелектронної техніки»**

**за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка»**

**на тему: «Датчик радіаційного фону»**

Виконав (-ла):

студент (-ка) 2 курсу, групи РЕ-11мп

Кушнір Ганна Сергіївна

Керівник:

Сушко Ірина Олександрівна

Рецензент:

Василенко Дмитро Олексійович

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент (-ка) Кушнір Г.С.

Київ – 2022 року

## ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4	PE11мп.412125.001 ТЗ	Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	PE11мп.412125.001 ПЗ	Пояснювальна записка	56	
3	A3	PE11мп.412125.001 ЕЗ	Схема електрична принципова	1	
4	A1	PE11мп.412125.001 СК	Складальне креслення друкованої плати	1	
5	A1	PE11мп.421417.001 ДВ	Друкований вузол	1	

				PE11мп.412125.001	
	ПІБ	Підп.	Дата	Лист	Листів
Розробн.	Кушнір			1	1
Керівн.	Сушко				
Н/контр.	Адаменко			КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ПРЕ,Гр. PE-11мп	
Зав.каф.	Степанов				
Датчик радіаційного фону					

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

**Радіотехнічний факультет**

**Кафедра прикладної радіоелектроніки**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітньо-професійна програма «Інтелектуальні технології радіоелектронної техніки»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о.зав. кафедри

\_\_\_\_\_ Михайло СТЕПАНОВ

« » \_\_\_\_\_ 2022 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на магістерську дисертацію студента**

**Кушнір Ганни Сергіївни**

1. Тема дисертації «Датчик радіаційного фону»  
науковий керівник дисертації Сушко Ірина Олександрівна  
затверджені наказом по університету від «09» листопада 2022 р.  
№4137-С
2. Термін подання студентом дисертації 11 грудня 2022 року
3. Об'єкт дослідження Модуль датчика радіаційного фону на основі лічильника Гейгера
4. Вихідні дані Портативний пристрій для детектування радіації, живлення 9В, використання Arduino Nano, мікросхема мультивібратора NE555 .
5. Перелік завдань, які потрібно розробити Розрахунок електричної принципової схеми, конструювання друкованої плати і корпусу пристрою, розрахунок надійності та віброміцності, створення стартапу проекту, оформлення креслеників та специфікацій, пояснення конструкторських рішень.
6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу схеми електричних принципів, складальні креслення друкованого вузла.
7. Дата видачі завдання 05 вересня 2022 року

### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Отримання теми магістерської дисертації	05.09.2022р.	
2	Розробка плану магістерської дисертації	10.09. 2022р.	
3	Початок збору інформації для дослідження	24.09.2022р.	
4	Початок розробки пристрою	01.10.2022р.	
5	Огляд існуючих аналогів	08.10.2022 – 15.10.2022	
6	Розрахунок електричної принципової схеми	16.10.2022 – 10.11.2022	
7	Розробка конструкторської документації	11.11.2022 – 08.12.2022	
	Оформлення магістерської дисертації	09.12.2022р.	

Студент

Ганна КУШНІР



Науковий керівник

Ірина СУШКО



## АНОТАЦІЯ

У даній роботі буде розглядатися датчик радіаційного фону, що базується на лічильнику Гейгера.

**Актуальність теми.** В Україні у воєнний період зріс ризик ядерного викиду, в результаті чого люди шукають варіант убезпечити себе від опромінення. Саме тому було прийняте рішення створити пристрій, який буде показувати рівень радіації в оточуючому середовищі.

**Мета і завдання дослідження.** Розробка датчика радіаційного фону, який буде доступний для більшості груп населення за ціною політикою, портативний та інтуїтивно простий у використанні.

**Об'єктом дослідження** є радіація, яку ми будемо вимірювати.

**Предметом дослідження** є пристрій, яким ми будемо вимірювати радіаційний рівень навколишнього середовища.

**Методом дослідження** є ознайомлення з видами радіації та її детектування, вибором виду детектора та розрахунку електричної принципової схеми, вібраційних впливів та надійності, базуючись на його характеристиках, створення друкованої плати та збірка повноцінного пристрою.

**Практичне значення одержаних результатів.** Отримання бюджетного, портативного, зручного у використанні датчика радіації.

**Структура роботи.** Робота містить 2 сторінки завдання на магістерську дисертацію, 56 сторінок пояснювальної записки, в якій є 22 ілюстрації, 31 таблиця, 4 креслення, 1 структурна схема, 6 додатків.

Кінцевим результатом є виконання вимог віброміцності, надійності та оформлення креслеників та специфікацій.

## ANNOTATION

In this work, the radiation background sensor based on the Geiger counter will be considered.

**Actuality of theme.** In Ukraine, during the war period, the risk of nuclear release increased, as a result of which people are looking for an option to protect themselves from radiation. That is why it was decided to create a device that would show the level of radiation in the surrounding environment.

**The purpose and tasks of the research.** Development of a radiation background sensor that will be affordable to most population groups, portable and intuitively easy to use.

**The object of research** is radiation, which we will measure.

**The subject of research** is a device with which we will measure the radiation level of the environment.

**The research method** is familiarization with the types of radiation and its detection, the choice of the type of detector and the calculation of the electrical circuit diagram, vibration effects and reliability, based on its characteristics, the creation of a printed circuit board and the assembly of a complete device.

**Practical significance of the obtained results.** Obtaining a budget, portable, easy-to-use radiation sensor.

**Structure of work.** The project contains 2 pages of a thesis assignment, 56 pages of an explanatory note, which contains 22 illustrations, 31 tables, 4 drawings, 1 structural diagram, 1 appendix with firmware, 2 appendices with additional information, 3 appendices with specifications and a technical task.

The final result is the fulfillment of the requirements of vibration resistance, reliability and design of drawings and specifications.

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**до магістерської дисертації**

на тему: «Датчик радіаційного фону»

Київ — 2022 року

## ЗМІСТ

Перелік скорочень.....	2
Вступ.....	3
1 Аналіз існуючого стану об'єкту проектування.....	4
1.1 Перші детектори радіації.....	4
1.2 Терміни та визначення.....	6
1.3 Класифікація детекторів.....	7
1.4 Газорозрядні лічильники.....	9
1.5 Сцинтиляційні лічильники.....	11
1.6 Напівпровідникові детектори.....	12
1.7 Лічильник Гейгера-Мюллера.....	14
1.8 Розгляд аналогів.....	16
1.8.1 Bodasan BR-9B.....	16
1.8.2 Kkmoon BR-6.....	17
1.8.3 Кадмій ДКС-02ПН.....	18
1.8.4 Micro-Detective-NX.....	19
2 Аналіз технічного завдання.....	21
3 Обґрунтування структурної схеми.....	22
4 Розрахунок електричної принципової схеми.....	23
4.1 Розрахунок підвищуючого DC-DC перетворювача.....	23
4.2 Вибір лічильника Гейгера.....	25
4.3 Підбір мультивібратора.....	25
4.4 Підключення Arduino Nano.....	29

					<b>PE11мп.412125.001 ПЗ</b>			
ЗМ.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Датчик радіаційного фону</b>	Лім.	Лист	Листів
Розробив	Кушнір						1	
Перевірів	Сушко					<b>PE-11мп РТФ</b>		
Н. Контр.	П.І.Б.							
Затвердив	Сушко							



5 Вибір та обґрунтування елементної бази .....	31
5.1 Вибір резисторів.....	31
5.2 Вибір конденсаторів .....	32
5.2.1 Вибір електролітичного конденсатора .....	32
5.2.2 Вибір керамічних конденсаторів.....	32
5.3 Вибір дроселя .....	33
5.4 Вибір транзисторів.....	33
5.5 Вибір інших елементів .....	33
5.6 Розрахунки розмірів елементів для подальшого конструювання..	34
6 Вибір та обґрунтування конструкційних матеріалів.....	36
7 Розрахунок надійності .....	38
8 Розрахунки резонансної частоти механічних коливань ДВ .....	41
9 Конструкторські рішення.....	43
Стартап-проект.....	44
1 Опис ідеї проекту .....	45
2 Технологічний аудит ідеї проекту.....	46
3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	47
4 Розробка ринкової стратегії проекту .....	51
5 Розробка маркетингової програми .....	53
Висновки .....	54
Перелік джерел посилань .....	55
Додатки.....	56

					<b>РЕ11мп.412125.001 ПЗ</b>			
<b>ЗМ.</b>	<b>Лист</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>				
Розробив	Кушнір				<b>Датчик радіаційного фону</b>	<b>Лім.</b>	<b>Лист</b>	<b>Листів</b>
Перевірів	Сушко						1	
Н. Контр.	П.І.Б.				<b>РЕ-11мп РТФ</b>			
Затвердив	Сушко							

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

$BSH_{\text{вих}}$  – відношення сигнал-шум на виході системи реєстрації;

$BSH_{\text{вх}}$  – відношення сигнал-шум на вході системи реєстрації;

ЕРС – електрорушійна сила;

НПД – напівпровідниковий детектор;

ФЕМ – фотоелектронний множник;

ШІМ – широтно-імпульсна модуляція

					<i>РЕ11мп.412125.001 ПЗ</i>	Лист
						2
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## ВСТУП

В епоху цивілізації людство значно просунулося в застосуванні радіоактивних речовин : створило ядерні реактори, навчилося прискорювати рух заряджених частинок, винайшло рентгенівські установки, прилади засобів зв'язку високої напруги тощо. Але внаслідок створення цих приладів з'явилася і додаткова небезпека у вигляді іонізуючого випромінювання.

Іонізуюче випромінювання – це випромінювання, що викликає позитивно або негативно заряджених іонів в навколишньому середовищі. Визначається високою енергією. Часто такий вид випромінювання називають радіацією.

Особливість радіації є те, що вона може змінювати біологічну структуру клітин і може призвести до їх загибелі. Небезпечність для людини полягає в тому, що органи чуттів не реагують на іонізуюче випромінювання.

Значна частина електроенергії виробляється саме атомними електростанціями. Людство починає переходити на альтернативне видобування енергії, але, оскільки цей процес проходить повільно, ще значний час ми будемо користуватися атомними джерелами видобутку.

Найбільший викид радіоактивних речовин відбувається при застосуванні ядерної зброї та навмисному руйнуванні атомних станцій.

Зараз наша країна переживає дуже складний і небезпечний час, оскільки потерпає від нападу сусідньої держави-агресора. Кожного дня нам повідомляють про загрозу нападу на атомну станцію, витоку радіації, залякують ядерною зброєю. Для того, щоб бути повідомленими про надлишок радіації в середовищі, пропоную застосувати датчик радіаційного фону.

Датчик радіації - це система або прилад, який вимірює або оцінює безпосередньо чи опосередковано кількість випромінювання, потужність поглинутої або еквівалентної дози, а також інформує про перевищення норми.

					<b>РЕ11мп.412125.001 ПЗ</b>	Лист
						3
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО СТАНУ ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ

## 1.1 Перші детектори радіації

Хоча іонізуюче випромінювання було присутнє в природі (космічні промені, природні радіоактивні матеріали) протягом усієї історії людства, ще 100 років тому воно зберігалось непоміченим. Людина не має особливого органу чуття, який міг би реагувати на цей вид випромінювання, і наукова ініціатива не могла розробити будь-які інструменти, які б посилили реакцію людини на це випромінювання, як це було, наприклад, у сфері видимого світла.

Одним з найперших детекторів була фотопластина, яку запропонував В.К.Рентген. Рентген помітив, що шматок картону, покритий баріумом, демонструє слабке, мерехтіння, зеленувате світло (флуоресценція), коли електричні розряди знаходяться в трубці Хіторф-Крукса біля екрану. Сама трубка була ретельно покрита чорним щитом, несприятливим до будь-якого видимого світла. Рентген перевірів, що трубка була джерелом нового виду випромінювання, яке було невидимим, але яке виявило своє існування при взаємодії з люмінесцентним екраном. [1]

Наступним приладом детектування радіації був електроскоп, що базувався на принципі дії іонізуючого пристрою на золоті пластинки, які заряджалися від іонізації і відштовхували один одного. Цей пристрій допоміг робити більш точні вимірювання, ніж фотопластинами, оскільки підвищило рівень чутливості.

Іншим інструментом, який зробив видимими події одиничного випромінювання, була хмарна камера, вперше побудована в 1911 році Ч.Вілсоном. Швидка заряджена частинка, що рухається крізь хмару насиченої пари, іонізує її. Процес конденсації пари відбувається швидше на ділянках утворення іонів. Як наслідок, де пролетіла заряджена частинка, утворюється слід води, який можна сфотографувати. Саме через цей вид траєкторії камера отримала свою англійську назву - хмарна камера (англ. Cloud camera). Ця камера зазвичай

					<b>РЕ11мп.412125.001 ПЗ</b>	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		4

складалась з плоскої скляної лобової плити для спостереження, скляних бічних стінок для освітлення, оснащена рухомим поршнем з метою розширення об'єму камери в невеликій частці секунди.

У 1939 році А.Лангсдорф побудував першу дифузійну хмарну камеру, яка визначалась своєю чутливістю. З 1950-х камери, які роблять траєкторії частинок видимими в рідкому середовищі, широко використовуються в експериментах з фізики високих енергій. У 1960-х роках були розроблені іскрові камери.

Про те, що іонізуюче випромінювання має біологічні ефекти, було відомо з найдавніших днів роботи з випромінюванням. У квітні 1896 року Даніель описав серйозну реакцію шкіри, яка виникла після тривалого впливу рентгенівських променів. Подібні спостереження також були зроблені кількома іншими рентгенівськими дослідниками. Відомо, що одне рентгенівське горіння відбулося ще до відкриття рентгенівських променів : влітку 1895 року, працюючи з трубками катодного розряду, Е. Груббе розробив курйозний дерматит рук, який ні він, ні його лікар не зрозуміли. Він помер від раку в 1960 році.

У 1901 році Беккерель виявив почервоніння шкіри під жилетом, в кишеню якого він поклав джерело випромінювання. П. Кюрі навмисно приклала частину руки до джерела випромінювання і тримала протягом 10 годин, що призвело до сонячної реакції і рани, зцілення якої зайняло чотири місяці. Дан-лос, з лікарні Сент-Льюїса, досліджував вплив радію на шкіру для лікування певних захворювань. Однак багато хто з дослідників радіації став мучеником своєї роботи.

Ці пристрої та ще багато інших були цінними для розуміння основних принципів випромінювання, а також заклали фундамент експериментів та робіт, на яких базуються подальші розробки, в тому числі й нові типи детекторів випромінювання, які використовуються і сьогодні. [2]

Приклад впливу на людини певної дози випромінювання представлений в додатку А.

					<i>РЕ11мп.412125.001 ПЗ</i>	Лист
						5
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.2 Терміни та визначення

Іонізуюче випромінювання можна виявити за його взаємодією з навколишнім середовищем, що призведе до створення іонів з різними знаками. Фотонне випромінювання взаємодіє з речовиною шляхом фотоелектричного поглинання, комптонівського розсіювання та утворення пари. Завдяки цим процесам можна виміряти й визначити електрони та іони, що породжені випромінюванням. Відношення числа іонів одного знаку ( $dN$ ), створених іонізуючою частиною на елементарному шляху ( $dl$ ), до цього шляху, називають **лінійною іонізацією** і позначають  $R = dN / dl$ . Вплив на лінійну іонізацію має енергія зарядженої частинки та характер іонізуючої речовини.[3]

**Детектор** іонізуючого випромінювання - чутливий елемент вимірювального приладу, призначений для перетворення енергії іонізуючого випромінювання в інший вид енергії, зручний для реєстрації або вимірювання однієї чи декількох величин, що характеризують вплив на детектор випромінювання. Ідеальний детектор повинен реєструвати кожну іонізуючу частинку, яка з ним взаємодіє, і надавати точну інформацію про її положення, енергію та час взаємодії. Він також повинен обробляти досить велику кількість фотонів. Існуючі детектори не задовольняють усіх цих потреб: не всі фотони, які потрапляють на детектор, взаємодіють з ним, не обов'язково всі частинки взаємодіють ефективно. [3]

**Квантовий хід детектора** – доля падаючих випромінених частинок на детектор, що вносять зміни у вихідний сигнал і утворюють величину, яку можна виміряти. Позначається літерою  $Q$ .

Квантовий вихід, що рівний одиниці, не обов'язково означає ідеальний детектор. Розглянемо, наприклад, два сцинтиляційних детектора: І - ідеальний і Р - реальний, вихідні сигнали яких формуються шляхом інтегрування світла. Детектор І має значення квантового виходу, що дорівнює одиниці, і сконструйований таким чином, що кожна сцинтиляція виробляє точно такий самий вихід світла. За допомогою такого детектора можна точно визначити, скільки первинних фотонів було поглинуто. Детектор Р також має доступний квантовий

					<b>РЕ11мп.412125.001 ПЗ</b>	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		6

вихід, що дорівнює одиниці, і світловий вихід на одну сцинтиляцію в середньому такий самий, як і детектор І, але коливається навколо середнього значення.

Інтеграція таких сцинтиляцій не дозволяє точно визначити кількість зареєстрованих первинних фотонів, але може оцінити кількість їх загального параметра, який оцінює якість детекторів, *узагальнений квантовий вихід системи реєстрації*, який визначається співвідношенням:

$$Q_d = (\text{ВСШ}_{\text{вих}}/\text{ВСШ}_{\text{вх}})^2 \quad (1.2.1)$$

Де  $\text{ВСШ}_{\text{вих}}$  – відношення сигнал-шум на виході системи реєстрації;

$\text{ВСШ}_{\text{вх}}$  – відношення сигнал-шум на вході системи реєстрації.

### **1.3 Класифікація детекторів**

Для того, щоб підкреслити вид реєструючого іонізуючого випромінювання, до найменування детектора додають термін цього виду. Наприклад : детектор рентгенівського випромінювання, детектор альфа-частинок, детектор нейтронів та ін.

За конструктивним виконанням детектори можна розділити на точні лінійні та матричні. За формою подання вимірювальної інформації детектори іонізуючого випромінювання можна розділити на аналогові та дискретні, а за формою залежності вихідного сигналу детектора від значення вимірюваної фізичної величини випромінювання можна класифікувати на пропорційні і непропорційні.

За станом чутливі елементи детектора поділяються на твердо-тілі, рідкі і газові.

За методами реєстрації іонізуючого випромінювання детектори (табл. 1.3) поділяються на:

**сцинтиляційні** — радіолюмінесцентні детектори, в яких використовуються сцинтилююча речовина, що випускає кванти світла під дією іонізуючого випромінювання. Він оптично підключений безпосередньо або через світлодіод до фоточутливого пристрою.

					<b>РЕ11мп.412125.001 ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		7

**Іонізуючі** – детектори, принцип дії яких заснований на використанні іонізації в речовинах фоточутливого елемента детектора.

**Напівпровідникові** — іонізуючі детектори, в яких електричне поле використовується для збору носіїв заряду з різними знаками, створюваних іонізуючим випромінюванням у напівпровідниковому матеріалі чутливого елемента детектора. Вони, в свою чергу, поділяються на охолоджувані та неохолоджувані. [2]

Табл.1.3.1 Ефекти іонізації, які використовуються при детектуванні і вимірюванні полів іонізуючого випромінювання

Речовина чутливого елемента об'єкту	Тип системи реєстрації	Ефекти іонізації
Газ	Іонізаційна камера	Електричний
Газ	Пропорційний лічильник	Електричний
Газ	Лічильник Гейгера-Мюллера	Електричний
Напівпровідник	Напівпровідниковий перетворювач	Електричний
Сцинтилятор	Сцинтиляційний перетворювач	Світловий
Фотоемульсії	Рентгенівська плівка	Хімічний
Аморфний кремній	Багаторазові пластини з фото-стимулюючою пам'яттю	Хімічний

Одиночний детектор представляє інформацію про інтенсивність випромінювання. Для отримання інформації про розподіл інтенсивності випромінювання в просторі детектори об'єднуються в так звані лінії або матриці. У цьому випадку вони перетворюють радіаційне зображення в зображення іншого роду, яке називається перетворювачем випромінювання. Якщо радіаційне зо-

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

РЕ11мп.412125.001 ПЗ



браження перетворилося на оптичне, то кажуть про радіаційно-оптичний перетворювач. Зображення також можна отримати за допомогою одиночних детекторів сканування. Детектор рухається в просторі радіаційного зображення і дані зберігаються послідовно в усіх точках. Такий збір даних виключає можливість отримання динамічних помилок на радіаційних зображеннях.

Для вимірювання забруднень зовнішнього середовища найбільш поширене використання пристроїв з напівпровідниковими, сцинтиляційними і газорозрядними лічильниками, які мають високу чутливість і дозволяють вести рахунок окремих частинок або фотонів, а також вимірювати їх енергію. Рідше для цілей вимірювання забруднення зовнішнього середовища використовуються пристрої з іонізаційними камерами, тому що вони мають меншу чутливість.

#### **1.4 Газорозрядні лічильники**

Газорозрядні лічильники – зручні в експлуатації детектори радіації. Вони отримали широке розповсюдження завдяки ряду переваг : високої чутливості, обумовленої використанням посилення іонізації, невеликої вартості, простоті перетворення іонізації в електричні сигнали великої потужності, відносно простої конструкції і технології виготовлення, можливості роботи від джерела живлення з відносно невисоким коефіцієнтом стабілізації напруження, роботі у великому діапазоні температур.

Режим роботи газорозрядних лічильників визначається напруженням на його електродах. Існують три основних режиму роботи лічильників : 1) режим пропорційного газового підсилення; 2) режим обмеженої пропорційності (несамостійний розряд); 3) режим гейгерівського розряду (самостійний розряд).

Лічильники, які працюють в першому та другому режимах, називають пропорційними, а в третьому – гейгерівськими, або лічильниками з самостійним розрядом.

В процесах, що виникають в газорозрядних лічильниках, важливу роль відіграє значення прикладеної напруги и склад газа-наповнювача. Якщо на електроди лічильника подано невелику напругу, при якому додаткова іонізація

					<b>РЕ11мп.412125.001 ПЗ</b>	Лист
						9
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

за рахунок співудару первинних іонів з нейтральними молекулами відсутня, то він діє як іонізаційна камера. Зміна потенціалу анода відносно катода буде визначатися співвідношенням

$$\Delta U = \frac{Nq}{C}, \quad (1.4.1)$$

де  $N$  – число пар первинних іонів, утворене в робочому об'ємі лічильника іонізуючою частиною :  $q$  – заряд електрона, рівний  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл,  $C$  – електрична ємність анод-катод лічильника.

Принцип дії газорозрядних лічильників (рис. 1.4.1) заснований на виникненні газового розряду, що супроводжується посиленням іонізаційного струму між електродами 2 і 3 (що знаходяться у вимірювальній камері під напругою 1 джерела живлення), при проходженні через вимірювальний обсяг окремих іонізуючих частинок.

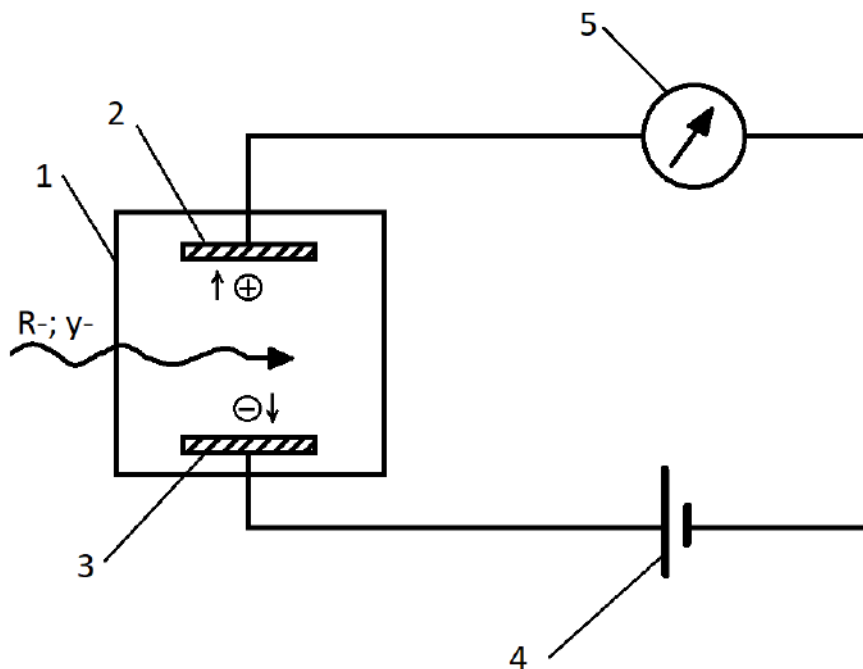


Рис.1.4.1 – Схема іонізаційної камери : 1 – вимірювальний об'єм, 2,3 – електроди, 4 – ємність кола, 5 – джерело живлення.

Залежно від характеру газового розряду, що використовується, лічильники діляться на пропорційні лічильники (область II, рис. 1.4.2) і лічильники Гейгера (область IV, рис. 1.4.2). Лічильники Гейгера в залежності від роду

газу, що заповнює вимірювальний об'єм, діляться на самогасячі, в яких розряд припиняється самостійно за час  $10^{-7}$ с, і несамогасячі, в яких розряд, що виник, горить до тих пір, поки він не припиняється від зовнішніх впливів.[4]

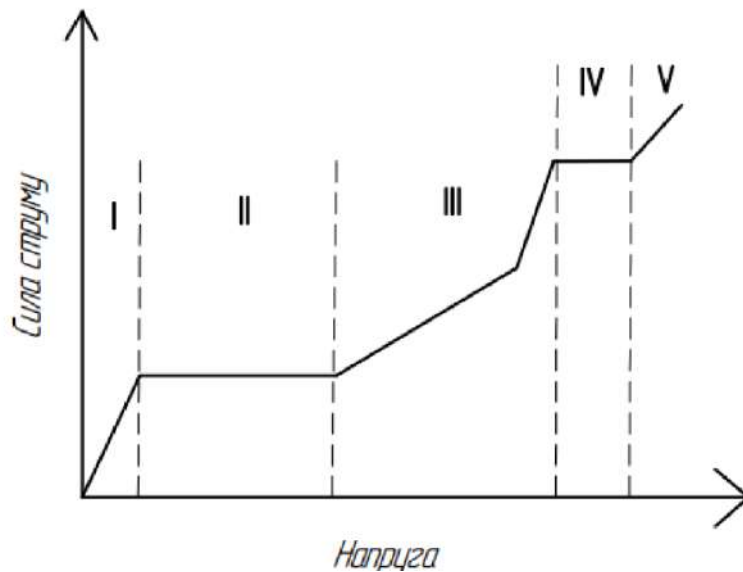


Рис. 1.4.2 Вольт-амперна характеристика газового розряду: I – область закону Ома; II- область іонізаційної камери; III- область пропорційності і обмеженої пропорційності; IV – Область Гейгера-Мюллера; V – Область самостійного розряду.

### 1.5 Сцинтиляційні лічильники

Сцинтиляційний лічильник (рис. 1.5.1) складається зі сцинтиляційного детектора-сцинтилятора 1, фотоелектронного множника (ФЕМ) 2, між якими є оптичний контакт; вузла включення фотомножника 3, що має схему включення з дільником напруги, блоку вихідного каскаду з підсилювачем та емітерним повторювачем 4, високовольного перетворювача напруги 5 для живлення фотомножника, вузла підключення сцинтиляційного лічильника до вимірювальної схеми 6, кожуха 7.

Принцип роботи лічильника базується на використанні явища люмінесценції, яка виникає в деяких твердих тілах, рідинах і газах при дії на них іонізуючого випромінювання. При цьому частина енергії випромінювання перетво-

рюється в фотони світла, які вибивають з катода ФЕМ електрони. Після збільшення кількості фотоелектронів системою ФЕМ імпульси струму з його виходу поступають на вхід вимірювальної схеми.

Сцинтиляційні лічильники використовуються як детектори іонізуючого випромінювання при реєстрації навколишнього середовища.

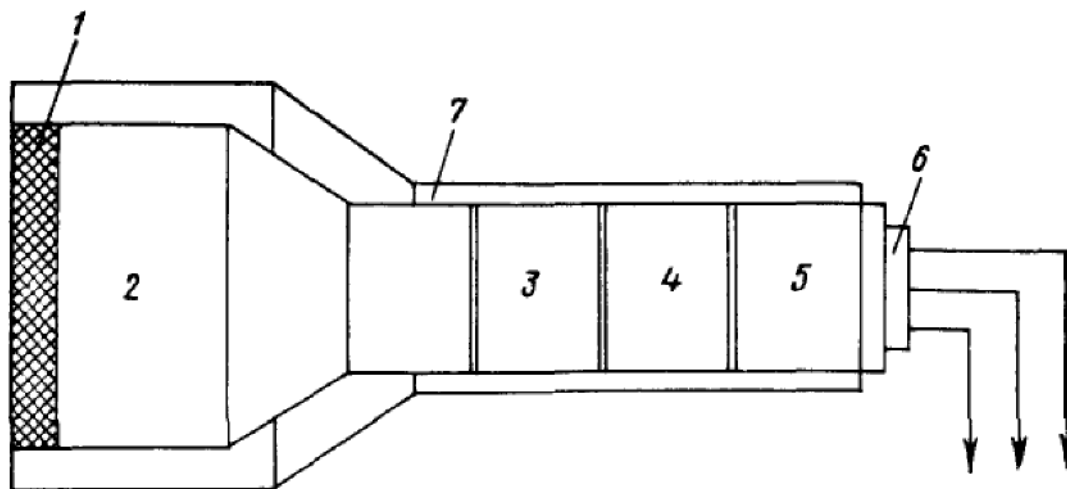


Рис. 1.5.1. Структурна схема сцинтиляційного лічильника.

Сцинтилятори ділять на два основних типи : неорганічні ( галогеніди лужних металів) та органічні (органічні сцинтилятори, сцинтиляційні розчини). [5]

### 1.6 Напівпровідникові детектори

Напівпровідникові детектори (НПД) являються найбільш сучасними з усіх існуючих детекторів іонізуючого випромінювання. Вони широко використовуються при вимірюваннях радіоактивних забруднень навколишнього середовища, для контролю роботи ядерних реакторів і т.д. Однак найбільше використання вони отримали при спектрометрії іонізуючого випромінювання.

Напівпровідникові кремнієві та германієві детектори іонізуючого випромінювання використовуються для реєстрації  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$  - частинок, протонів, нейтронів та уламків розподілу. Лінійна залежність амплітуди вихідних імпульсів від енергії випромінювання дозволяє широко використовувати ці детектори

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РЕ11мп.412125.001 ПЗ

Лист

12

в спектрометричній апаратурі, а також для вимірювання слабких потоків сильноіонізуючих частинок на фоні інтенсивних потоків слабоіонізуючого випромінювання (наприклад,  $\alpha$  – частинок на фоні  $\beta$  – та  $\gamma$  –частинок).

В n-p детекторах використовується перехід провідності від електронного до діркового типу. Джерело живлення підключається в зазірному напрямку. Іонізуюча частинка, що потрапила в детектор поблизу переходу, викликає проходження носія струму через бар'єр, що еквівалентно імпульсу струму. Величина результуючої амплітудної напруги на переході дорівнює

$$U_i = \frac{Q}{C} = \frac{Nq}{C}, \quad (1.6.1)$$

Де  $C$  – ємність n-p переходу і монтажу;  $N$  – число пар електрон – дірка;  $q$  – заряд однієї пари;  $Q$  – зібраний заряд.

Детектори з n-p переходом мають «вікно», що визначає чутливу область (область об'ємного заряду), у вигляді шару кремнію (германію) або плівки металу, нанесеного на кремній.

Тривалість і форма імпульсів на виході n-p детектора залежить від часу життя та часу переміщення неосновних носіїв і постійної часу схеми включення детектора.

Напівпровідникові n-p детектори можуть працювати і в вентильному режимі без зовнішнього джерела живлення, що являється їх суттєвою перевагою. Але за відсутності живлячого напруження значно погіршується відношення сигнал/шум.

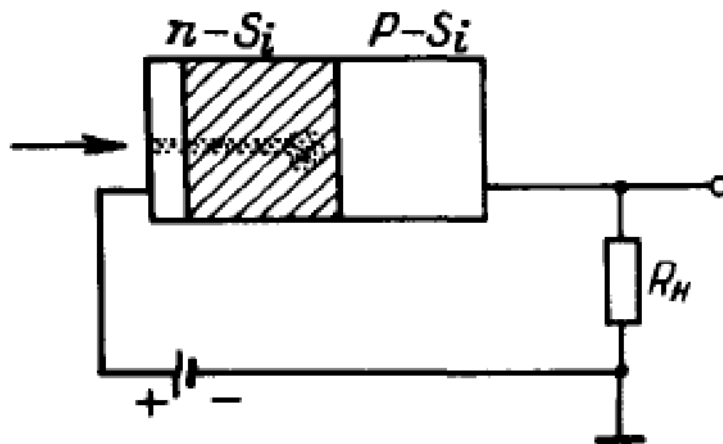


Рис.1.6.1. Схема включення n-p детектора.

При тривалій роботі НПД їх енергетичний дозвіл погіршується. Мірою цього погіршення являється радіаційний ресурс, що визначається інтегральним потоком частинок, квантів чи нейронів, що падають на одиницю чутливої поверхні, що погіршує первинний енергетичний дозвіл детектора в два рази. Радіаційний ресурс одного й того ж детектора може мати різні значення для різних видів іонізуючого випромінювання та енергії.

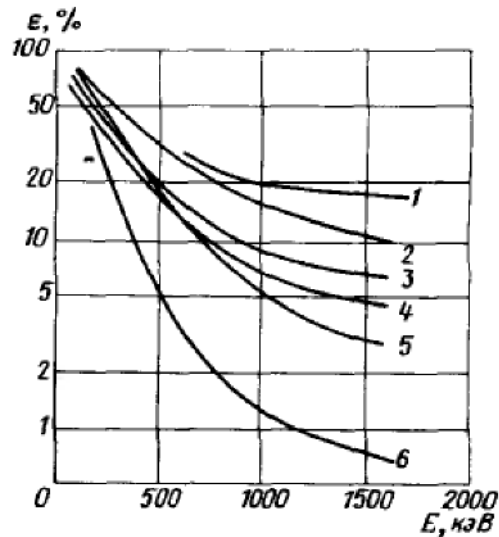


Рис.1.6.2. Залежність ефективності реєстрації  $\epsilon$ , %,  $\gamma$  – випромінювання від енергії.

### 1.7 Лічильник Гейгера-Мюллера

Принцип роботи лічильників Гейгера базується на ефекті ударної іонізації газового середовища під дією радіоактивних частинок або квантів електромагнітних коливань в міжелектродному просторі при високій прискорювальній напрузі.

Детектор складається з герметичного металічного або скляного балону, що наповнений інертним газом(неоном, аргоном) або газовою сумішшю. Всередині балону є електроди – катод та анод. Для полегшення виникнення електричного розряду в газовому балоні створюється знижений тиск. Електроди підключаються до джерела високої напруги постійного струму через навантажувальний резистор, на якому формуються електричні імпульси при реєстрації радіоактивних частинок.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РЕ11мп.412125.001 ПЗ

Лист

14

У вихідному стані газовий проміжок між електродами має високий опір і струму в ланцюзі немає. Коли заряджена частка, що має високу енергію, стикається з елементами конструкції датчика (корпус, балон, катод), вона вибиває кілька електронів, які опиняються в проміжку між електродами. Під дією прискорювальної напруги в кілька сотень вольт електрони, що знаходяться в інертному газі, починають прямувати до анода. Цим шляхом вони легко іонізують молекули газу, вибиваючи вторинні електрони. Процес багаторазово повторюється і кількість електронів лавиноподібно збільшується, що призводить до виникнення розряду між катодом та анодом. У стані розряду газовий проміжок у міжелектродному просторі стає струмопровідним, що зумовлює стрибок струму в резисторі навантаження.

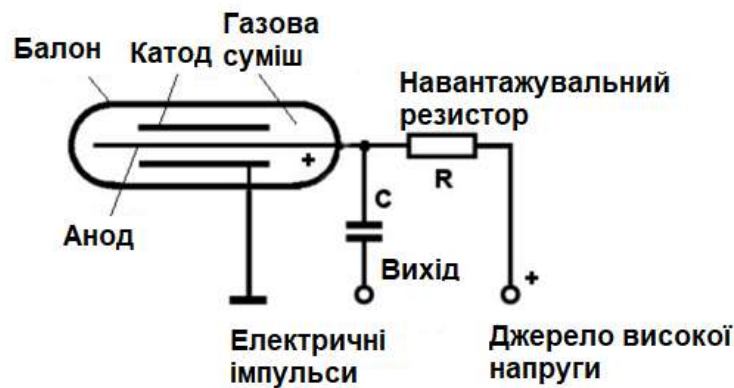


Рис.1.7.1. Пристрій і схема включення лічильника Гейгера.

У несамозатухаючих лічильниках припинення розряду досягається відключенням джерела живлення, яке скидає лічильник Гейгера. У самозатухаючих галогенних лічильниках, які зараз широко застосовуються, це досягається введенням у газове середовище спеціальних добавок (хлору, бром, йоду, спирту), які сприяють швидкому припиненню розряду. Також в якості резистора навантаження використовується високоомний опір - кілька одиниць або десятків мегаом. Це дозволяє за рахунок падіння напруги на резисторі (під час розряду) різко зменшити різницю потенціалів на протилежних електродах. Як правило, напруга нижче 300 вольт унеможливує підтримку розряду, і він автоматично припиняється. [6]

## 1.8. Розгляд аналогів.

### 1.8.1 Bodasan BR-9B

Перший пристрій для розгляду візьмемо портативний детектор Bodasan BR-9B (рис.1.8.1).

Технічні характеристики :

- Базується на лічильнику Гейгера-Мюллера.
- Матеріал: пластиковий ABS.
- Вимірювані види випромінювання: Beta, Gamma, X-ray (рентгенівське).
- Тип сенсора: G-M трубка.
- Енергетичний діапазон: 50keV-1.5meV, менше 30%.
- Помилка виміру: менше 10%.
- Чутливість: 80срт/ $\mu$ SV/Co-60.
- Діапазон виміру: 0.1 $\mu$ Sv/h~10mSv/h.
- Максимальна отримана доза, що вимірюється: 10mSv/h.
- Звукові налаштування: звук виміру в реальному часі/звук сирени/беззвучний режим.
- Температура експлуатації: -25~+45°C.
- Живлення: 3\*AA батареї або від USB блоку живлення 5 вольт.
- Розміри: 105\*70\*30 мм.
- Вага: 106 грам. Джерело живлення пристрою – 3 батареї типу AA або можливість живлення через роз'єм USB.
- Ціна – 3500-4000 грн.



Рис. 1.8.1 – Детектор Bodasan BR-9B.

					<b>РЕ11мп.412125.001 ПЗ</b>	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		16



## 1.8.2 Kkmoon BR-6

Технічні характеристики :

- Базується на лічильнику Гейгера-Мюллера
- Габаритні розміри (Д x Ш x В): 13.5 x 7 x 4 див.
- Вага (без батарей): 125 грам.
- Типи вимірюваного випромінювання:  $\beta$ ,  $\gamma$  - частки та рентгенівське випромінювання.
- Тип сенсора: галоген-газова трубка.
- Поріг енергетичних значень: 20 keV – 3.0 MeV (по цезію 137).
- Відносна похибка: +/- 10%.
- Чутливість: 80 мЗв (uSv) (кобальт-60).
- Діапазон показань: 0 – 99,99 мЗв (uSv)/год.
- Час безперервної роботи: 1 тиждень.
- Температура експлуатації: від -25 до +45 0C при відносній вологості не більше 95%.
- Ціна 4700-5700 грн.

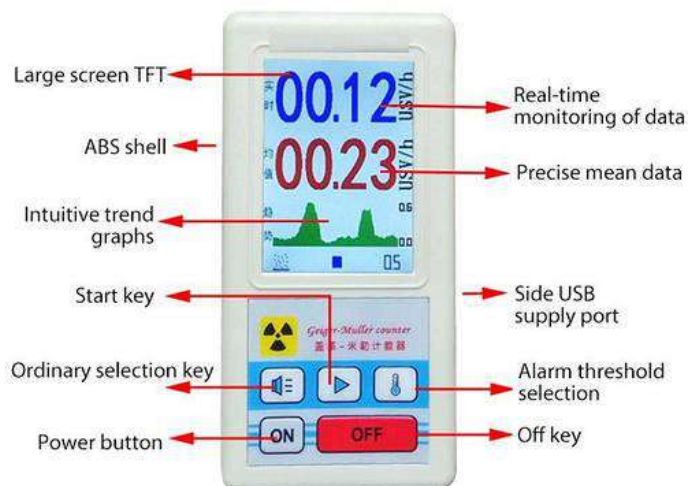


Рис. 1.8.2 - дозиметр Kkmoon BR-6.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PE11мп.412125.001 ПЗ

Лист

17

### 1.8.3 Пошуковий дозиметр-сигналізатор Кадмій ДКС-02ПН

Переваги :

- Високочутливі сцинтиляційні детектори CsI гамма-випромінювання та LiI нейтронного випромінювання нового покоління з твердотілим (кремнієвим) фотомножником.
- Кольоровий дисплей з високою роздільною здатністю.
- Вбудований GPS/GLONASS-приймач.
- Відсутність "мікрофонного ефекту".
- Висока термостабільність.
- Звукова та вібраційна сигналізація про перевищення порогових рівнів.
- Система граничної сигналізації з чотирма незалежними граничними рівнями:
  - пошуковий пороговий рівень (пороговий рівень за швидкістю підрахунку імпульсів від детектора фотонного та нейтронного іонізуючих випромінювань);
  - Пороговий рівень безпеки (пороговий рівень по МАЕД фотонного іонізуючого випромінювання)
  - Пороговий рівень акумульованої дози.
- Світлова кольорова сигналізація (індикація) про перевищення порогових рівнів (за гамма-випромінювання – червоним, по нейтронному – синім) з її дублюванням на торці пристрою.
- Зв'язок дозиметра з ПК здійснюється через порт USB.
- Живлення від вбудованого літій-полімерного акумулятора, який можна заряджати через кабель USB.
- Ступінь захисту оболонки IP67.
- Ціна 700-800\$. [7]

					<b>PE11мп.412125.001 ПЗ</b>	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		18



Рис. 1.8.3 – Дозиметр Кадмій ДКС-02ПН.

#### 1.8.4 Напівпровідниковий детектор Micro-Detective-NX

Micro-Detective-NX має кристал HPGe діаметром 50 мм в «затверділих» кріостатах охолоджується інтегрованим низькопотужним кріоохолоджувачем Стірлінга. Загартований кріостат повністю вільний від звичайного молекулярного сита, що дозволяє вимикати або вмикати інструмент в будь-який момент роботи детектора, охолоджуючись або нагріваючись без ризику.

У комплект входить вбудована цифрова система МСА і потужний процесор даних. Усі моделі мають однаковий дисплей VGA, придатний для читання під прямим сонячним промінням, з сенсорним екраном оператора. Спектр гамма-променів радіонукліда може бути відображений і маніпульований (наприклад, вертикальна шкала, зум), як звичайний багатоканальний аналізатор. Частота підрахунку гамма- і нейтронних нейтронів і частота гамма-доз постійно відображаються як чисельно, так і у вигляді штрих-графу.

Ціна \$100,000.00.

					<b>РЕ11мп.412125.001 ПЗ</b>	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		19



Рис. 1.8.4 – Детектор Micro-Detective-NH.

Як можна було помітити, найбільш бюджетним варіантом є саме датчики, які побудовані на основі лічильника Гейгера, оскільки вони не зчитують деякі види випромінювання і не мають такої точності, як напівпровідникові детектори. Так як найважливішим аспектом даної роботи являється доступність, детектор, який буде проектуватися, базуватиметься на лічильнику Гейгера.

					<i>РЕ11мп.412125.001 ПЗ</i>	Лист
						20
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

Вхідна напруга – 9В;

Вихідна напруга – 400В;

Вихідний струм – 20 мкА;

Діапазон робочих частот – 10 - 20 кГц;

Базування на лічильнику Гейгера;

Пристрій повинен бути портативним, мати можливість заряджатися через акумулятор.

Також він повинен мати налагоджувальну плату для підрахунку кількості радіації і вивід інформації на екран.

Звуковий супровід перевищення радіації.

Зручний у використанні, зрозумілість на інтуїтивному рівні.

Повинен поміщатися у руці.

Доступний по цінovій категорії.

					<i>РЕ11мп.412125.001 ПЗ</i>	Лист
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		21

### 3 ОБГРУНТУВАННЯ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

Отже, повноцінний пристрій повинен складатися з :

- Лічильника Гейгера-Мюллера;
- Схеми детектора;
- Плати мікроконтролера;
- Дисплея;
- Акумулятора;
- Модуль для підзарядки;

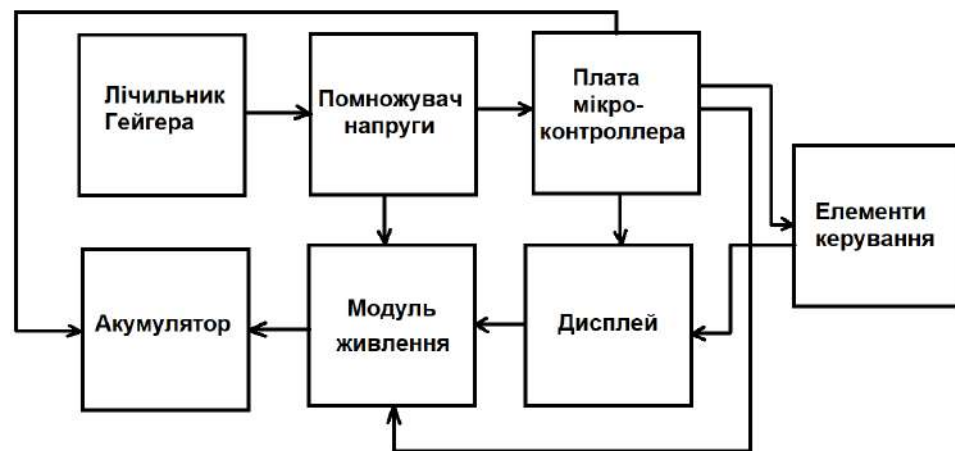


Рис. 3.1 – Структурна схема.

Лічильник Гейгера фіксує число іонізуючих частинок, які потрапили на нього. Помножувач напруги застосовується для перетворення низької напруги в постійну високу. Інформація, знята за допомогою лічильника, передається на плату мікроконтролера, який, в свою чергу, під'єднаний до дисплея. В схему також входить блок елементів керування для перемикання режимів пристрою.

Увесь пристрій живиться за допомогою зовнішнього джерела живлення, який підключається до схеми через модуль живлення кабелем. Акумулятор зберігає заряд.

В даній роботі більше уваги буде приділено саме частині, до якої буде підключений лічильник Гейгера, але також буде огляд та підключення усіх інших складових дозиметра.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РЕ11мп.412125.001 ПЗ

Лист  
22

## 4 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

### 4.1 Розрахунок підвищуючого DC-DC перетворювача.

За технічним завданням наш пристрій автономний і живиться за рахунок акумулятора 9 В.

Для того, щоб забезпечити коректну роботу лічильника Гейгера, нам необхідно збільшити напругу в колі до 400 В. Для цього можна використати підвищувальний перетворювач DC/DC.

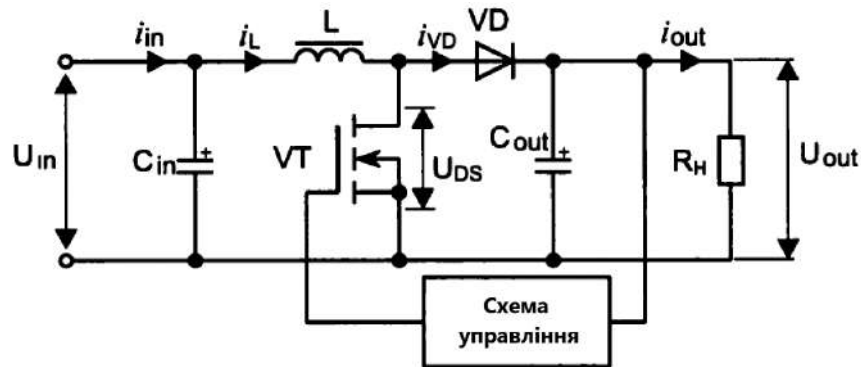


Рис.4.1 – Базова схема перетворювача.

На рис.4.1 показана базова схема підвищувального перетворювача. Вхідна напруга  $U_{in}$  через фільтруючий конденсатор  $C_{in}$  прикладається до послідовно ввімкненого дроселя  $L$  ключового транзистора  $VT$ . До середньої точки з'єднання цих елементів підключений діод  $VD$ , до другого виводу якого підключається вихідний конденсатор  $C_{out}$  і шунтуюче навантаження  $R_n$ . Ключовий транзистор  $VT$  працює в імпульсному режимі з постійною частотою перетворення. Діод  $VD$  блокує навантаження і конденсатор фільтру  $C_{out}$  від ключового елемента в потрібні моменти часу.

Якщо ключовий транзистор відкритий, схема знаходиться в фазі **накопичування енергії дроселя**, струм від джерела живлення  $U_{in}$  протікає через дросель  $L$ , запасючи в ньому енергію. Діод  $VD$  при цьому блокує навантаження та не дозволяє конденсатору фільтра розряджатися через замкнутий ключовий транзистор. Струм в навантаженні в цей проміжок часу підтримується тільки за рахунок енергії, що є в запасі в конденсаторі  $C_{out}$ .

Коли ключовий транзистор закривається, схема переходить у фазу передачі енергії дроселя в навантаження, ЕРС самоіндукції сумується з вихідною напругою

					<b>PE11мп.412125.001 ПЗ</b>	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		23

і енергія, що запасена в дроселі, підзаряджає конденсатор  $C_{out}$ . При цьому вихідна напруга  $U_{out}$  може стати більше вхідної  $U_{in}$ .

**Обмеження.** Для справної роботи схеми, зі збереженням ККД, потрібно дотримуватися правил побудови схеми :

1. Напруга на транзисторі. Транзистор VT1 повинен мати напругу сток-витік, що дорівнює мінімум вихідній напругі, а в реальних пристроях мати ще й запас хоча б 20% на пульсації. Високовольтні ключі мають великий опір каналу, а при великому співвідношенні напруги і струму на вході буде дуже великим, що призведе до великих втрат на транзисторі.
2. Напруга діода. Якщо уважно подивитися на схему перетворювача, то стане зрозуміло, що до діода VD1 прикладається напруга, що дорівнює вихідній, тобто якщо вихід 400В, то і діод повинен витримувати ці 400В.
3. Конденсатор повинен витримувати напругу, що рівна вихідній.

Переходимо до розрахунків. Спочатку перевіримо, в скільки разів вихідна напруга перевищуватиме вхідну :

$$\frac{U_{вих}}{U_{вх}} = \frac{400}{9} \approx 44,5 \text{ рази} \quad (4.1.1)$$

Коефіцієнт заповнення :

$$D_{max} = 1 - \frac{U_{in}}{U_{out}} = 1 - \frac{9}{400} = 0,98 \quad (4.1.2)$$

Коефіцієнт заповнення досить високий, що може знизити ККД. В подальшій роботі можна буде застосувати два каскади, або підвищуючий трансформатор.

Переходимо до розрахунку пульсації в дроселі :

$$\Delta I_L = 30\% * \frac{I_{(out)max}}{1 - D_{max}} = 30\% * \frac{0,02}{1 - 0,98} = 0,3 \text{ А} \quad (4.1.3)$$

Тепер можемо розрахувати мінімальне значення індуктивності, яка знадобиться, щоб залишатися в режимі нерозривних струмів :

$$L_{min} = \frac{U_{min} * D_{max}}{f * \Delta I_L} = \frac{9\text{В} * 0,98}{14 * 10^3 \text{Гц} * 0,3\text{А}} = \frac{8,82}{4,2 * 10^3} = 2100 \text{ мкГн} \quad (4.1.4)$$

Тепер порахуємо значення ємності на виході :

					<b>РЕ11мп.412125.001 ПЗ</b>	Лист
						24
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		



$$C_{out} = \frac{(U_{out} - U_{in}) * I_{out}}{U_{out} * f} = \frac{78,2}{560 * 10^6} = 1,4 \text{ мкФ} \quad (4.1.5)$$

## 4.2 Вибір лічильника Гейгера.

Вибір було зупинено на лічильнику жорсткого бета- та гамма-випромінювання СБМ-20, оскільки ми не потребуємо надзвичайної точності, а робимо акцент на доступності і можливості виміряти гранично безпечне значення радіації для людини, а саме - до **1000 мкЗв (мікрозіверт)**.

## 4.3 Підбір мультивібратора

Для схеми було обрано мікросхему NE555.

Ця мікросхема має два режими роботи :

- 1) Перший – моностабільний мультивібратор;
- 2) Другий – генератор імпульсів.

Для даного випадку потрібно використовувати режим мультивібратора. Шляхом об'єднання двох контрольних входів - виводів 2 і 6 - чип діє тригер Шміда. Часозадаючий ланцюг RC складається з одного резистора (R1) і одного конденсатора (C1) і може бути легко пристосований для покриття діапазону частот.

Призначення виводів описане в табл. 4.2.1.

Таблиця 4.2.1 Опис виводів мікросхеми NE555 та призначення.

№ виводу NE555	Умовне позначення	Призначення	Опис
1	GND	Спільний	Спільний провід, мінус живлення
2	TRIG	Запуск	Коли напруга на цьому виводі $1/3$ от VCC, на виході з'являється напруга високого рівня, починається відлік часу.
3	OUT	Вихід	На цьому виводі формується одна з двох напруг, приблизно відповідних GND и VCC — 1,5 В, в залежності від стану таймера.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РЕ11мп.412125.001 ПЗ

Лист

25

Таблиця 4.2.1

4	RESET	Скидання (дозвіл запуску)	При подачі на цей вхід напруга менше 0,7 В вихід мікросхеми примусово переходить у стан низького рівня (переключається на GND). Це відбувається незалежно від стану інших входів, тобто даний вхід має найвищий пріоритет. Другими словами, високий рівень напруги на даному вході (більше 0,7 В) дозволяє запуск таймера, в іншому випадку запуск заборонений.
5	CTRL	Управління (контроль задільника)	Він підключений безпосередньо до внутрішнього розподільника напруги. За відсутності зовнішньої сигналізації напруга становить 2/3 от $V_{CC}$ . Визначає пороги завершення роботи і запуску.
6	THR	Зупинка	Коли напруга на цьому виводі перевищує напругу на виводі CTRL, на виході встановлюється напруга низького рівня, інтервал завершується. Зупинка можлива, якщо на вхід TRIG не поступає сигнал запуску, так як TRIG має пріоритет над THR.
7	DIS	Розряд	Вихід типу «відкритий колектор», зазвичай використовується для зарядки конденсатора, що задає час між інтервалами. Стан цього виводу повторюють стан основного виводу OUT, тому можливе їх паралельне з'єднання для збільшення навантажувальної властивості таймера за вхідним струмом.
8	VCC	Живлення	Плюс живлення. 4,5...18 В.

Використаємо мікросхему в такому вигляді, як показано на рис.4.2.1 :

					<b>PE11мп.412125.001 ПЗ</b>	Лист
						26
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

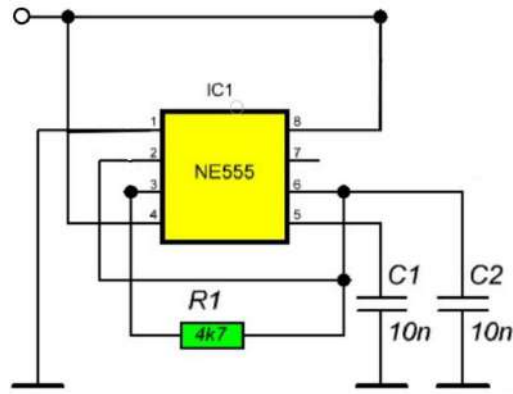


Рис.4.2.1 – Мікросхема NE555.

За рахунок об'єднання обох керуючих входів – виводів 2 та 6 – мікросхема працює як тригер Шмітта. Часовий RC-ланцюг складається з одного резистора (R1) і одного конденсатора (C1) і може бути легко пристосована для перекриття діапазону частот.

У момент подачі напруги живлення на вході таймера буде напруга низького рівня, на виході високого. Конденсатор C1 починає заряджатися. Як тільки напруга на конденсаторі досягне значення  $2/3 U_{ж}$ , перемкнеться внутрішній тригер, і рівень вихідної напруги зміниться на низький. Конденсатор C1 почне розряджатися. Коли напруга на вході мікросхеми знизиться до  $1/3 U_{ж}$ , це викличе зворотне перемикання тригера і розпочнеться новий цикл роботи. У режимі генерації, що встановиться, напруга на конденсаторі коливатиметься в межах від  $1/3 U_{ж}$  до  $2/3 U_{ж}$  (рис. 4.2.2).[8]

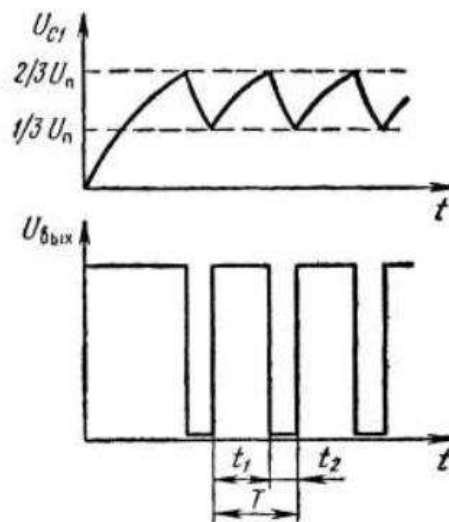


Рис. 4.2.2 – Часова діаграма.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

Резистор між виводами 2 і 6 підібраний за допомогою онлайн-калькулятора [9] для даного мультивібратора, враховуючи вхідні дані.

Повна схема підключення мікросхеми, перетворювача та лічильника Гейгера показана на рис. 4.2.3.

Транзистор Т1 треба використовувати польовий n-канальний з напругою сток-витік не менше 400 вольт, а краще більше. Супресор VD2 обмежує напругу лише на рівні 400 вольт.

Як тільки на лічильник Гейгера потрапить відповідна частка всередині датчика, відбувається іонізація газу і його опір різко зменшується внаслідок чого виникає імпульс струму. Конденсатор С4 відсікає постійну частину. Його слід обирати таким, щоб він витримував напругу 400 В, що надходить з лічильника.

Далі поставимо дільник напруги для того, щоб в подальшому поставити транзистор для наступних підключень.

Опір резистора :

$$U_{out} = U_{in} * \frac{R3}{R2+R3} \quad (4.3.1)$$

Де  $U_{out} = 50В$ ,  $U_{in} = 400В$ .

Резистори методом підбору вийшли  $R3 = 500 \text{ Ом}$ ,  $R2 = 3.5 \text{ кОм}$ .

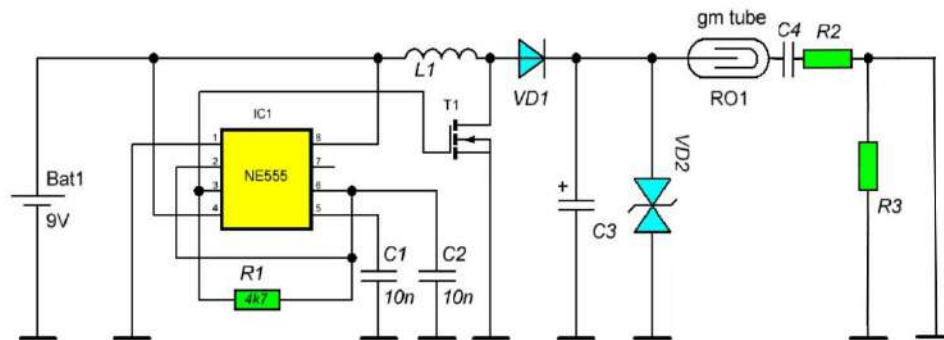


Рис. 4.2.3 – Схема підключення.

#### 4.4 Підключення Arduino Nano.

Напруга живлення 5В;

Вхідне живлення 7-12В (рекомендоване);

Кількість цифрових пінів – 14, з них 6 можуть використовуватись як виходи ШІМ;

					<b>РЕ11мп.412125.001 ПЗ</b>	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		28

8 аналогових входів;  
 Максимальний струм цифрового виходу 40 мА;



Рис. 4.3.1 – Arduino Nano.

Для того, щоб підключити мікроконтролер до плати з лічильником, треба застосувати транзистор n-p-n - переходу, який буде контролювати імпульси струму, що надходять з лічильника, щоб передавати їх на мікроконтролер.

Піни Arduino Nano представлені на рис. 4.3.2.

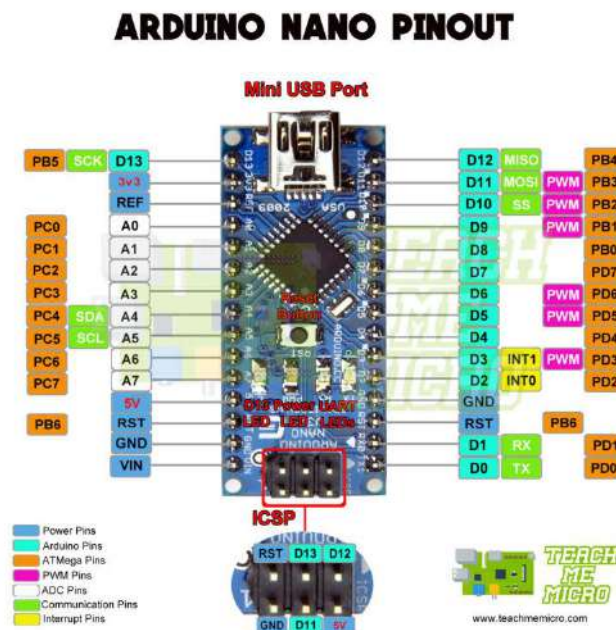


Рис.4.3.2 – Піни Arduino Nano.

Прошивки до мікроконтролера у Додатку Б.

До плати Arduino приєднаємо ще дисплей 128\*32 OLED.

Виводи з'єднуються між собою таким чином:

- GND display – GND Arduino Nano;
- Vcc display – 5V Arduino Nano;

										Лист
										29
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата	PE11мп.412125.001 ПЗ					

- SCL display – A5 Arduino Nano;
- SDA display – A4 Arduino Nano.

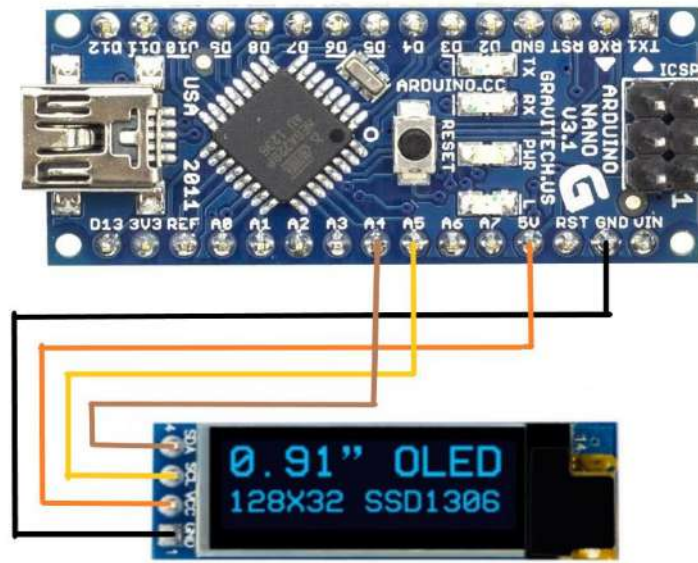


Рис. 4.3.4 – Підключення дисплею.

## 5 ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ

### 5.1 Вибір резисторів

При виборі резисторів необхідно враховувати такі параметри :

- Габарити;
- Вартість ;
- Характеристики (електричні х-ки, температурні показники, стабільність параметрів);
- Надійність;
- Вага.

Для зручності обираємо резистори поверхневого монтажу. Складемо для типів RC0805, RC1206 і RC2010.

Таблиця 5.1. Параметри резисторів.

Параметр	Тип резистора		
	RC2010	RC0805	RC1206
Мах допустима напруга, В	400	300	400
Номінальна потужність при 70°C,Вт	0,75	0,125	0,25
Габарити, мм	5x2,5x0,55	2,0x1,25x0,5	3,1x1,6x0,55
Робоча температура max, °C	125	125	125

Зупинимо свій вибір на типі RC1206, оскільки порівняно з типами RC0805 і RC2010 він включає в себе як і більшу максимальну напругу – 400 В ( порівняно з типом RC0805 – 300 В), так і невеликі габарити – 3,1x1,6x0,55мм (порівняно з типом RC2010 - 5x2,5x0,55мм ), та середню серед усіх типів потужність 0,25 Вт.

					<b>РЕ11мп.412125.001 ПЗ</b>	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		31

## 5.2 Вибір конденсаторів

При виборі конденсаторів будемо враховувати наступні параметри :

- Вартість ;
- Габарити ;
- Допустиме відхилення від номінального значення ;
- Діапазон робочих температур ;
- Вологостійкість.

### 5.2.1 Вибір електролітичного конденсатора

Оскільки вибір впав на СМД елементи, конденсатори також будуть СМД.

Обраний елемент - конденсатор марки Wurth Electronic.

Має наступні характеристики :

- |  |                 |
|--|-----------------|
| - ємність                                    | 2.2 мкФ;        |
| - напруга                                    | 50 В;           |
| - точність                                   | 20 %;           |
| - габаритні розміри                          | 4,3x5,1x5,5 мм; |
| - температурний діапазон                     | -40...+105°C;   |
| - зміна ємності після 1000-2000 годин роботи | ± 20...25 %.    |

### 5.2.2 Вибір керамічних конденсаторів

Вибрані керамічні конденсатори типу 1206.

Характеристики :

- |                               |                 |
|-------------------------------|-----------------|
| - Габарити                    | 3,2x1.6x1.4 мм; |
| - Номінальна напруга          | 50 В ;          |
| - Діапазон робочих температур | -55....+125 °С  |
| - Ємність                     | 10 нФ           |
| - Допуск                      | ± 10%           |

Обрані конденсатори на 10 нФ марки Hitano.



### 5.3 Вибір дроселя.

Обраний дросель – марки Würth Electronic 7687714222. СМД – елемент.

Характеристики :

- Індуктивність 2200 мкГн;
- Напруга 400 В;
- Температурний діапазон -40...+85°C;

### 5.4 Вибір транзисторів

Обраний польовий СМД-транзистор - STD5NK40ZT4.

- Напруга 400 В;
- Максимальний струм 3 А;
- Температурний діапазон -50...+95°C;

Обраний транзистор n-p-n переходу – BC847CTT1.

- Напруга 50 В;
- Максимальний струм 0.1 А;
- Температурний діапазон -65...+115°C;

### 5.5 Вибір інших елементів

У схемі застосуємо випрямні діод 1N4007, мікросхемний мультивібратор NE555, лічильник Гейгера СБМ-20, захисний діод 1SMA10CAT3G .

Пристрій буде живитися елементом типу "Крона" 9В. Можна використовувати як батарейки (як одноразове джерело живлення) так і акумулятори.



Рис. 5.3 – Приклад живлення типу «Крона».

1) у вигляді батарейок; 2) у вигляді акумулятора.

Діапазон робочих температур знаходиться в межах від -40°C до +70°C.

					<b>PE11мп.412125.001 ПЗ</b>	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		33

Усі приведені елементи по стійкості до механічних факторів задовольняють вимогам експлуатації виробу.

## 5.6 Розрахунки розмірів елементів для подальшого конструювання

В програмі Altium за допомогою PCB файлу знайдемо площу кожного елемента та сумарну площу елементної бази.

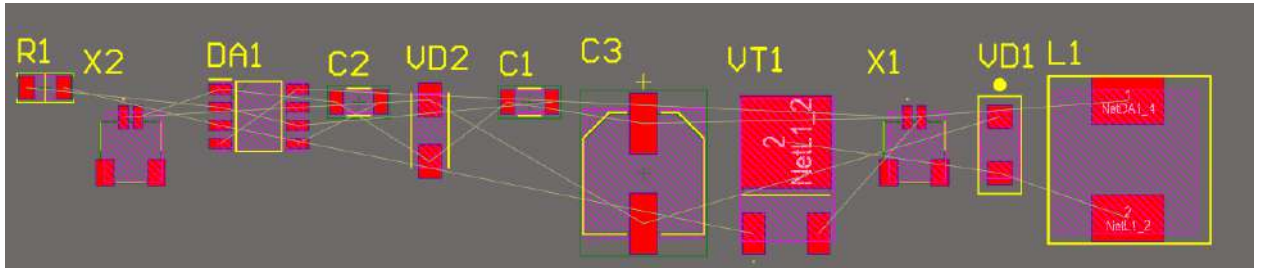


Рис.5.6.1 – Посадочні місця елементів в програмі Altium.

Площі внесемо у таблицю 5.6.1.

Таблиця 5.6.1 Розрахунок площі елементів.

А) Малогабаритні:

Назва елемента	Площа одного, мм <sup>2</sup>	Кількість, шт	Коефіцієнт	Площа усіх ел-тів, мм <sup>2</sup>
Резистор	8,93	5	1	44,65
Керам.конд.	8,83	4	1	35,32
Транз. п-р-п	5,1	1	1	5,1

Площа малогабаритних елементів :

$$S_{\text{мг}} = 44,65 + 35,32 + 5,1 = 85 \text{ мм}^2 \quad (5.6.1)$$

Б) Середньогабаритні

Назва елемента	Площа одного, мм <sup>2</sup>	Кількість, шт	Коефіцієнт	Площа усіх ел-тів, мм <sup>2</sup>
Діод	19,176	1	1,5	28,8
Поляр.конд.	99,208	1	1,5	148,8
Захисн. діод	26,264	1	1,5	39,4
Роз`єм	31,213	1	1,5	46,8
Мікросхема	37,406	1	1,5	56,2
Транзистор	76,423	1	1,5	114,6

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РЕ11мп.412125.001 ПЗ

Лист

34

Таблиця 5.6.1 Б (продовження)

Назва елемента	Площа одного, мм <sup>2</sup>	Кількість, шт	Коефіцієнт	Площа усіх ел-тів, мм <sup>2</sup>
Роз'єм 2 вив.	17,86	1	1,5	26,8
Роз'єм 4 вив.	35,1	1	1,5	52,7

Площа середньогабаритних елементів (включаючи коефіцієнт) :

$$S_{сг} = 28,8 + 148,8 + 39,4 + 46,8 + 56,2 + 26,8 + 52,7 = 400 \text{ мм}^2$$

(5.6.2)

В) Великогабаритні

Назва елемента	Площа одного, мм <sup>2</sup>	Кількість, шт	Коефіцієнт	Площа усіх ел-тів, мм <sup>2</sup>
Дросель	139,312	1	2	278,624
Arduino Nano	797,5	1	2	1595

Площа великогабаритних елементів (включаючи коефіцієнт) :

$$S_{вг} = 279 + 1595 = 1874 \text{ мм}^2$$

(5.6.3)

Площа кріплення :

$$S_{кр} = 4(9,5 * 9,5) = 360 \text{ мм}^2$$

(5.6.4)

Сумарна площа усіх компонентів :

$$S_{заг} = 360 + 85 + 400 + 1874 = 2719 \text{ мм}^2$$

(5.6.5)

Тоді розмір плати, зважаючи на попередні розрахунки, становитиме

$$S_{пл} = 50 * 55 \text{ мм}^2.$$

(5.6.6)

					<b>РЕ11мп.412125.001 ПЗ</b>	Лист
						35
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6 ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Критерії, на які слід звернути увагу при виборі матеріалу друкованої плати, є :

- стріла прогину й жолоблення;
- довгостроково робоча температура, що допускається;
- міцність на відшарування фольги;
- час стійкості до дії розплавленого припою;
- вартість.

Оскільки передавач має як вивідні(роз`єми), так і СМД- елементи, то беремо двосторонню плату.

- Клас С - змішана: монтовані в отвори і поверхнево монтовані компоненти

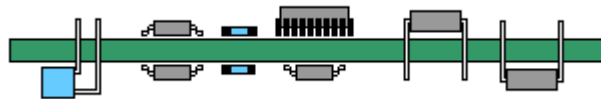


Рис.6.1 – Тип плати

*Переваги :*

- Максимальна автоматизація процесів;
- Мінімальна собівартість збірки;
- Висока щільність монтажу.

Технологія виробництва – комбінований позитивний метод.

Матеріал - діелектрична основа ламінована з однієї сторони мідною фольгою.

Спочатку просвердлюємо наскрізні отвори, потім, для металізації, проводимо хімічне та попереднє гальванічне осадження міді, згодом наносимо фоторезист, ламінуємо його і останній крок – суміщуємо заготовки з позитивними фотошаблонами.

Обраний матеріал - склотекстоліт **FR-4 1,5 mm 35/35**.

					<b>PE11мп.412125.001 ПЗ</b>	Лист
						36
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунки ширини провідника і зазору зроблені за формулами у MathCad, та записані до таблиці 6.2:

Таблиця 6.2

Тип лінії	Напруга, В	Струм, А	Ширина провідника, мм		Зазор, мм
			У вузькому	У широкому	
Силова 1	9	0,5	0,8	0,8	0,35
Силова 2	400	0,1	0,6	0,8	0,35
Сигнальна	5	0,5	0,3	0,6	0,35

Мінімальний діаметр перехідних отворів для мого матеріалу для 3 класу:

$$d = H * \gamma = 1,5 * 0,33 \approx 0,5 \text{ мм} \quad (6.1)$$

Де  $d$  – діаметр перехідних отворів,  $\gamma$  - константа для даного класу,  $H$  - товщина плати.

$$Dn \approx d + \frac{2}{3}d = 0,85 \text{ мм} - \text{діаметр контактного майданчика} \quad (6.2)$$

## 7 РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ

Використані елементи :

- Діоди (2 шт.);
- Полярний конденсатор (1 шт.);
- Резистори ( 5 шт.);
- Керамічні конденсатори ( 4 шт.);
- Мікросхема-таймер (1 шт.);
- Arduino Nano ( 1шт.);
- Дросель ( 1 шт.);
- Польовий транзистор(1 шт.);
- Транзистор n-p-n переходу (1шт.)
- Динамік (1 шт.)
- Роз'єм (3 шт.).
- Батарейка типу «Крона» (1 шт.)

Проведемо орієнтовний розрахунок надійності пристрою, врахувавши реальні навантаження. Прийmemo коефіцієнт навантаження рівним одиниці.

Визначимо сумарну інтенсивність відмов, врахувавши умови експлуатації виробу. Скористаємося формулою :

$$\lambda_i = \lambda_{0i} k_1 k_2 k_3 k_4 a(T, k_n), \quad (7.1)$$

Де  $\lambda_{0i}$  – номінальна інтенсивність відмов  $i$ -го елемента;

$k_1, k_2$  - поправочні коефіцієнти, що враховують дію механічних факторів;

$k_3$  - поправочний коефіцієнт, що враховує дію температури та вологості;

$k_4$  – поправочний коефіцієнт, що враховує дію атмосферного тиску;

$a(T, k_n)$  – поправочний коефіцієнт, що враховує температуру нагріву елемента та коефіцієнт навантаження  $k_n$ .

В таблицях 7.1-7.3 наведені значення коефіцієнтів  $k_1 \dots k_2$ .

					<b>РЕ11мп.412125.001 ПЗ</b>	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		38

Таблиця 7.1 – Коефіцієнт впливу вологості.

Вологість, %	Температура, °С	$k_3$
60-70	20-40	1,0
90-98	20-25	2,0
90-98	30-40	2,5

Таблиця 7.2 – Коефіцієнти впливу механічних дій.

Умови експлуатації	Вібрація $k_1$	Ударні навантаження $k_2$	Сумарна дія $k_2 = k_1 k_2$
Лабораторні	1,0	1,0	1,0
Стационарні (польові)	1,04	1,03	1,07
Корабельні	1,3	1,05	1,37
Автомобільні	1,35	1,08	1,46
Залізничні	1,4	1,1	1,54
Авіаційні	1,46	1,13	1,65

Таблиця 7.3 – Коефіцієнт впливу атмосферного тиску.

Тиск, кПа	$k_4$
12-24	1,3
24-32	1,25
32-42	1,2
42-50	1,16
50-65	1,14
65-80	1,1
80-100	1,0

Всі складові для розрахунку надійності представимо у таблиці 7.4.

Таблиця 7.4 - Інтенсивність відмов комплектуючих приладу.

Елементи схеми	Кількість, Ni	$\lambda_{0i} \cdot 10^{-6}, \text{год}^{-1}$	$Ni \lambda_{0i} \cdot 10^{-6}, \text{год}^{-1}$
Діоди	2	0,1	0,2
Конденсатори	5	0,02	0,1
Резистори	5	0,004	0,02
Транзистори	2	0,2	0,4

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PE11мп.412125.001 ПЗ

Лист

39

Таблиця 7.4 (продовження)

Мікросх. аналог.	1	0,2	0,2
Мікросх. цифр.	1	0,1	0,1
Дросель	1	0,01	0,01
Динамік	1	0,15	0,15
Батарейка	1	0,05	0,05
Дисплей	1	0,1	0,1
Кнопки PSB	1	0,5	0,5
Розєми	3	0,05	0,15
Плата	1	0,7	0,7
Пайка	200	0,0001	0,02
<b>Всього</b>			<b>4,91</b>

Для стаціонарних умов експлуатації приладу вибираємо коефіцієнти:  
 $k_1 = 1,04$ ;  $k_2 = 1,03$ ;  $k_3 = 1$ ;  $k_4 = 1,1$ ;  $k_5 = 5$ .

Тоді загальний коефіцієнт впливу становитиме  $K = 5,9$ . Середній час на-  
 працювання на відмову :

$$T_p = \frac{1}{N_i * K} = \frac{1}{2,7 * 5,9 * 10^{-6}} = 630 \text{ годин} \quad (7.2)$$

Розрахуємо імовірність безвідмовної роботи блоку на протязі заданого  
 напрацювання за формулою :

$$P(T_p) = \exp(-\sum \lambda T) = \exp(-\Lambda K T) \quad (7.4)$$

За час напрацювання приймемо річний фонд часу роботи пристрою  
 $T_p = 370$  год.

Тоді отримаємо ймовірність безвідмовної роботи протягом року :

$$P(T_p) = \exp(-2,7 * 10^{-6} * 370 * 5,9) = 99\%$$

Отже, ми можемо з упевненістю сказати, що наш пристрій буде справно  
 працювати протягом року з ймовірністю 99%.

					<b>РЕ11мп.412125.001 ПЗ</b>	Лист
						40
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		



## 8 РОЗРАХУНКИ РЕЗОНАНСНОЇ ЧАСТОТИ МЕХАНІЧНИХ КОЛИВАНЬ ДРУКОВАНОГО ВУЗЛА

Вихідні дані:

- довжина плати  $a = 0,05\text{м}$ ;
- ширина плати  $b = 0,055\text{м}$ ;
- товщина плати  $h = 1,5 \cdot 10^{-3}\text{ м}$ .

Матеріал друкованої плати – односторонній фольгований стеклотекстолит **FR-4 1,5 mm 35/0** з параметрами:

- модуль пружності  $E = 3,02 \cdot 10^{10}\text{ Н/м}^2$ ; характеризує здатність матеріалу опиратись стиску чи розтягу при пружній деформації
- густина  $\rho = 1,8 \cdot 10^3\text{ кг/м}^3$ ;
- коефіцієнт Пуассона  $\xi = 0,22$ ; міра зміни поперечних розмірів ізотропного тіла при деформації розтягу.

Розрахована маса встановлених на платі елементів зведена до таблиці 9.1.

Таблиця 9.1

Назва ел-та	Маса одного ел.,г	К-сть елементів	Маса групи ел-тів, г
Таймер мікросхема NE555	0,506	1	0,506
Діод 1N4007	0,26	1	0,26
Дросель	3	1	3
Роз'єм СМД	0,01	1	0,01
Резистори	0,01	5	0,05
Конд.керам.	0,09	4	0,36
Конд.елект.	0,84	1	0,84
Роз'єм 2 виводи	0,15	1	0,15
Роз'єм 4 виводи	0,30	1	0,3
Роз'єм 15 виводів	1,2	2	2,4
Діод захисний	0,5	1	0,5

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

**РЕ11мп.412125.001 ПЗ**

Лист

41

Транзистор n-p-n	0,2	1	0,2
Транз.польовий	0,53	1	0,53
Сума			9,504

Отже, маса встановлених на платі елементів  $M = 0,01$  кг.

Приведена маса друкованої плати:

$$m_n = \rho h = 1.8 \cdot 10^3 \cdot 1.5 \cdot 10^{-3} = 2.7 \text{ кг/м}^2 \quad (9.1)$$

Приведена маса плати з деталями :

$$m = m_n + m_e = 2.7 + \frac{0.01}{0.055 \cdot 0.05} = 6.3 \text{ кг/м}^2 \quad (9.2)$$

Циліндрична жорсткість: характеризує здатність пластини до деформацій.

$$D = \frac{E \cdot h^3}{12(1 - \xi^2)} = \frac{3,02 \cdot 10^{10} \cdot (1,5 \cdot 10^{-3})^3}{12 \cdot (1 - 0,22^2)} = 8,93 \text{ Нм} \quad (9.3)$$

Значення функції  $\varphi(\beta)$  для кріплення плати в чотирьох точках:

$$\varphi(\beta) = \pi^2 \sqrt{\frac{1 + 1,621 \cdot \frac{\xi}{\beta} + \frac{1}{\beta^2}}{1 + 1,621 \cdot \frac{1}{\beta^3} + \frac{1}{\beta^6}}} \quad (9.4)$$

де  $\beta = a/b$  – коефіцієнт, залежний від співвідношення довжини і ширини плати.

$$\varphi(\beta) = \pi^2 \sqrt{\frac{1 + 1,621 \cdot 0,2 + 0,8}{1 + 1,621 \cdot 0,75 + 0,56}} = 10,8$$

Резонансна частоти плати:

$$f_0 = \frac{\varphi(\beta)}{2 \cdot \pi^2 \cdot a^2} \sqrt{\frac{D}{m}} = \frac{10,8}{2 \cdot \pi^2 \cdot 0,05^2} \cdot \sqrt{\frac{8,93}{6,3}} \approx 260,56 \text{ Гц} \quad (9.5)$$

Оскільки власна резонансна частота плати більше, ніж в 4 рази ( $f_3 = 60$  Гц) вища за частоту зовнішніх коливань, то умови віброміцності вона задовольняє.

					<b>РЕ11мп.412125.001 ПЗ</b>	Лист
						42
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

## 9 КОНСТРУКТОРСЬКІ РІШЕННЯ

Розробка плати відбувалася в середовищі Altium. Оскільки лічильник Гейгера досить великий, було прийнято рішення винести його з плати, і подавати напругу через проводи. Для цього є спеціально смонтовані роз'єми. (Додаток Г, рис.Г.1).

Наступними рішеннями було винести з плати динамік, а також вмонтувати для плати Arduino Nano та дисплея спеціальні роз'єми. (Додаток Г, рис.Г.2).

Оскільки плата задовольнила умови віброміцності, було прийняте рішення кріпити плату за допомогою 4-х гвинтів до корпусу.

Корпус був виготовлений в середовищі SolidWorks. Важливими вимогами до нього були компактність, міцність і зручність тримати в руках. Корпус поділений на частини для зручного кріплення і розділення елементів для меншої дії зовнішніх впливів. (Додаток Г, рис. Г.3).

Також було прийняте рішення зробити отвори біля лічильника Гейгера, а також під кнопку, дисплей, та під зарядку ( у випадку вибору акумулятора «Крона»). (Додаток Г, рис. Г.4).

					<i>РЕ11мп.412125.001 ПЗ</i>	Лист
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		43

# СТАРТАП-ПРОЕКТ

*До магістерської дисертації*

2022 р.

					<b>РЕ11мп.412125.001 ПЗ</b>	Листм
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		44

## 1. Опис ідеї проекту

1.1 Опис ідеї представлений у таблиці 1.

Таблиця 1. Опис ідеї проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Датчик для виміру радіаційного фону	1) Вулиця, приміщення 2) Вікова категорія потенціальних користувачів : необмежена, але переважно молодь 3) Сумісність зі смартфонами (подальша розробка)	Виявлення потенційної загрози радіації

Серед конкурентів можна відмітити : детектор “ Bodasan BR-9B ”(базується на лічильнику Гейгера), датчик Kkmoon BR-6 (лічильник Гейгера) та Пошуковий дозиметр-сигналізатор Кадмій ДКС-02ПН (сцинтиляційний детектор).

Чим відрізняється від існуючих аналогів та заміників:

- компактністю;
- використанням дисплею, що показує не тільки рівень радіації, а й рівень заряду ;
- вартістю;

Таблиця 2. Визначення характеристик

	Техніко-економічні характеристики ідеї	(Потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Наш проект	Bodasan BR-9B	Kkmoon BR-6	ДКС-02ПН			
1	Принцип дії	Гейгер	Гейгер	Гейгер	сцинтилятор		+	

Таблиця 2 (продовження)

2	Батарея	«Крона», можливість поставити акумулятор «Крона»	Батареї	Батарейки	Акумулятор			+
3	Зовнішній вигляд	Корпус прямокутної форми	Корпус прямокутної форми	Корпус прямокутної форми	Корпус прямокутної форми			+
4	Зручність використання	Невеликі розміри, зручно тримати в руці, простий інтерфейс	Невеликі розміри по довжині та ширині, але доволі велика товщина	Невеликі розміри, багато зайвих кнопок	Невеликі розміри, зручно тримати в руці, простий інтерфейс			+
5	Підключення до телефону	В майбутній розробці планується	Немає	Немає	Є		+	

## 2. Технологічний аудит ідеї проекту

Таблиця 3. Технологічна здійсненність ідеї проекту

№	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Детектування радіації	Використання лічильника Гейгера	Існує	Доступна
2.	Акумулятор, який можна заряджати	Використання акумулятора, попередньо поставивши в коло підвищувач напруги	Існує	Доступна
3.	Підключення до телефону	Використання Bluetooth	Існує	Доступна
4.	Розширення можливостей дисплея	Прошивка Arduino	Існує	Доступна

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PE11мп.412125.001 ПЗ

Лист

46

Отже, всі необхідні технології доступні, тому є можливість технологічної реалізації проекту.

### 3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Таблиця 4. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№	Показники стану ринку технологій	Характеристика
1	К-сть головних гравців	3
2	Заг. обсяг продаж	1000\$/од, близько 10000 екземплярів
3	Динаміка ринку(якісна оцінка)	стагнує
4	Наявність обмежень для входу	немає
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	немає, оскільки гаджет не входить у ряд небезпечних

Таблиця 5. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
Безпека для здоров'я	Люди, які мають потенційний ризик загрози	Пристрій створений так, щоб бути максимально доступним для будь-якої цільової аудиторії	Доступна ціна, гарна якість товару, зручність використання

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PE11мп.412125.001 ПЗ

Лист

47

Таблиця 6. Фактори загроз

№	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Падіння валютного курсу	Подорожання матеріалів	Перегляд фінансової частини питання, заміна матеріалів на більш доступні
2	Збільшення вартості на комунальні послуги	Більші витрати з можливого бюджету	Відсоток витрат «вшивається» у вартість гаджету
3	Поява більшої кількості конкурентів	Падіння попиту на товар	Залучення «свіжої» голови, розгляд нових ідей

Таблиця 7. Фактори можливостей

№	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Колаборація з іншими компаніями	Залучення відомої компанії для само-реклами	Здобуття фінансової «подушки»
2	Зріст попиту	Більша кількість товару на ринку, зріст фінансового обороту	Покращення фінансування, покращення технологій за рахунок фінансування, або збільшення зарплатні працівникам
3	Поява новітніх технологій	Залучення нової технології у стартап	Модернізація товару

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PE11мп.412125.001 ПЗ

Лист

48



Як висновок, можна сказати, що товар повинен мати привілегії в ціні та кількості функцій, щоб бути лідером на ринку, оскільки як прямий конкурент, так і потенційні. Часто ситуація залежить від постачальників, тому їх вибір також впливає на конкурентоспроможність товару. До того ж, обов'язково треба ссилатися на вибір клієнтів, робити товар максимально доступним та комфортним у використанні.

Таблиця 8. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№	Фактор	Обґрунтування
1.	Зниження ціни	Під цим розуміється поняття або зниження ціни на схожий товар, або продаж товару з такою ж ціною, але з більшою кількістю функцій
2.	Орієнтація на клієнтів	Прийняття до уваги побажання клієнтів, їх вибір та фінансові можливості
3.	Реклама	Гарна реклама підвищує конкурентоспроможність товару

Таблиця 9. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін датчика радіації

№	Фактор	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з нашим проектом						
			-3	-2	-1	0	1	2	3
1	Реклама	17						+	
2	Вартість	20							+
3	Постачальники	На початку 10		+					
4	Клієнторієнтовність	18							
5	Якість	15				+			

Отже, сильною стороною стане реклама, клієнторієнтовність та вартість.

Таблиця 10. Свот-аналіз

	<b>Позитивний вплив</b>	<b>Негативний вплив</b>
<b>Внутрішнє середовище</b>	Застосування бюджетних матеріалів, що робить доступним девайс для багатьох верств населення.	Заохочення інвесторів, інженерів, знаходження місця для будівництва та проведення лабораторних експериментів
<b>Зовнішнє середовище</b>	Низька конкуренція на ринку	Націленість на одну цільову категорію

Таблиця 11. Альтернатива ринкового впровадження стартапу

<b>№</b>	<b>Альтернатива</b>	<b>Ймовірність отримання ресурсів</b>	<b>Строки реалізації</b>
1.	Залучення постачальників	Ймовірний	Більш стислий
2.	Реклама	Ймовірний	Більш стислий
3	Створення власного сайту та постачання через нього (тільки через нього)	Малоймовірний	Довгі строки, оскільки сайт треба запуснути і розкрити. Хоча в подальшому при хороших результатах можливий такий розвиток подій

Треба створити гарну рекламу та залучити до співробітництва відомих постачальників, які на слуху у людей.

					<b>РЕ11мп.412125.001 ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		50

#### 4. Розроблення ринкової стратегії проекту

Таблиця 12. Визначення базової стратегії розвитку

№	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1	Реклама	Залучити гарних рекламників та створити рекламу у відео, аудіо- та фотоформаті, зробити таргетовану рекламу у відомих додатках	Товар все більше і більше на слуху у людей, такий собі «метод семи рукопожать»	Диференціації
2	Залучення постачальників	Ринкове позиціонування	Відомі платформи будуть залучені для представлення товару	Диференціації
3	Створення зручного девайсу		Простота та зручність використання	Спеціалізації

Хоч і стратегія розвитку самого гаджета – стратегія спеціалізації, але рекламування краще робити серед усіх верств населення.

Таблиця 13. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

Чи є проект першопрохідцем на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
Ні	Забирати існуючих у конкурентів	Деякі буде, оскільки датчик уже створений, і методи детектування радіації також, але у нашому випадку додаються нові технології	Виклик лідера

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РЕ11мп.412125.001 ПЗ

Лист

51

Таблиця 14. Визначення стратегії позиціонування

<b>Вимоги до товару цільової аудиторії</b>	<b>Базова стратегія розвитку</b>	<b>Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту</b>	<b>Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)</b>
Простота у використанні, доступність, наявність дисплею та звукового супроводу для зручності використання, зручний дизайн	Спеціалізації	Простота у використанні, бюджетність і доступність, портативність	Легкість, доступність, зручність

Результатом виконання підрозділу стала узгоджена тема рішень щодо ринкової поведінки стартап-компанії, яка визначає напрями роботи стартап-компанії на ринку.

### 5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Таблиця 15. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

<b>№</b>	<b>Потреба</b>	<b>Вигода, яку пропонує товар</b>	<b>Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)</b>
1	Детектування радіації	Використання лічильника Гейгера	Просте використання і швидке реагування на перевищення норми
2	Простота використання	Включення і моментальне детектування	Використання кнопки з фіксацією положення, перезапуск від затиску кнопки

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

PE11мп.412125.001 ПЗ

Лист

52

3	Легкість перезарядки	В комплекті йде акумулятор типу «Крона» з можливістю зміни на батарейку цього типу	Зручність для перезарядки далеко від розетки
---	----------------------	--	--

Таблиця 16. Визначення меж встановлення ціни

№	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень цільової групи споживачів	Верхня та нижня межа встановлення ціни на товар/послугу
	700-800\$	3500-5700	50000	1800-2600

Межі встановлення ціни залежать від кількості можливостей у гаджеті, курсу валюти, попиту на ринку.

Таблиця 17. Концепція маркетингових комунікацій

№	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
	Купівля через інтернет, через посередника	Купівля за допомогою іншої особи(можливо родича), яка допоможе замовити	Інтернет, спеціалізовані магазини	Показати переваги даного гаджету над іншими	Аудіо-реклама, відео-реклама

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PE11мп.412125.001 ПЗ

Лист

53

Таблиця 18. 9 важливих питань

<b>Хто заохотив?</b> Через ситуацію в країні зростає попит на девайси, що допомагають убезпечити себе	<b>Ключові дії:</b> Пошук спеціалістів, фінансування, приміщення, заключення договору	<b>Яка ціна продукту?</b> Доступний для усіх верств населення (1800-2600 грн)	<b>Як заохотити фінансування?</b> Показати, наскільки важливий цей продукт.	<b>Хто допоможе?</b>  Усі зацікавлені особи в реалізації проекту (студенти, спеціалісти, ті, хто фінансово підтримав ідею, бо повірив у неї)
	<b>Що маєш на початку?</b> Ідею, зацікавлені обличчя		<b>Для кого продукт?</b> Для усіх людей, що перебувають в зоні ризику і тих, хто хоче перевірити рівень радіації навколишнього середовища	
<b>Що дасиш ?</b> Готовий продукт для використання на державному ринку			<b>Що заробиш?</b> Реалізацію проекту, нові ідеї через побажання користувачів, кошти за проект	

**Висновки.** Під час даної роботи ми створили проект, який може служити девайсом для убезпечення себе, розглянули можливості аналогів.

Прислухання до побажань цільової категорії зробить гаджет більш зручним та затребуваним.

## ВИСНОВКИ

В даній роботі був розглянутий такий пристрій, як датчик іонізуючого випромінювання.

Іонізуюче випромінювання – це випромінювання, що викликає позитивно або негативно заряджені іони в навколишньому середовищі. Визначається високою енергією. Часто такий вид випромінювання називають радіацією. Високий рівень радіації дуже небезпечний для організму людини.

Під час аналізу приладу було вибрано елементну базу, конструкційні матеріали (склотекстоліт FR-4 1,5mm 35x0), розраховано площу плати (50x55 мм<sup>2</sup>) та номінали елементів, а також віброміцність та надійність. При розрахунку віброміцності було встановлено, що кріплення на отвори повністю задовольняє вимоги.

При розрахунку надійності приладу встановлено, час роботи приладу без відмов цілком задовольняє умови ТЗ.

При розрахунку схеми з DC-DC перетворювачем було отримано високий коефіцієнт заповнення (98%), що може знизити ККД пристрою. Одним з рішень є підключення двох послідовних каскадів даного перетворювача, або підвищити напругу вхідної напруги каскаду, застосувавши підвищуючий трансформатор. Так ми підвищимо ККД пристрою.

Можна зробити висновок, що проведені схемотехнічні та конструкторські розрахунки відповідають вимогам ТЗ та підтверджують коректну роботу даного блоку датчика.

					<i>РЕ11мп.412125.001 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		55

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. F.N. Flakus. Detecting and measuring ionizing radiation - a short history [Електронний ресурс] / F.N. Flakus // Radiation detection – Режим доступу до ресурсу:

<https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/magazines/bulletin/bull23-4/23405043136.pdf>.

2. Ключев В.В., Соснін Ф.Р. «Теорія і практика радіаційного контролю: навчальний посібник для вузів», Машинобудування, 1998. 170 с

3. Гусев Н. Г., Беляев В. А. «Радиоактивные выбросы в биосфере. Энергоатомиздат», 1991, 256 с.

4. Новіков, С.Г.; Беринцев, А.В.; Алексеев, А.С.; Сомов, А.І.; Приходько, В.В.; Гуськов, П.А.; Светухін, В.В. «Розробка персонального переносного дозиметруа ефективної дози із каналом даних RFID» Радіопромисловість, С. 78-85, 2018.

5. В.В. Сидоренко. Детектор ионизирующих излучений / В.В. Сидоренко, Ю.А.Кузнецов, А.А. Оводенко., 1984. – 240 с.

6. Популярна механіка. Що таке лічильник Гейгера-Мюллера і як він працює [Електронний ресурс] / Популярна механіка – Режим доступу до ресурсу: <https://mydozimetr.ru/blog/stati/schetchik-geygera-myullera/>.

7. Екотест. Кадмій(нове покоління) [Електронний ресурс] / Екотест – Режим доступу до ресурсу: <http://ecotest.ua/products/cadmium/>.

8. Мультивібратори на основі NE555 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://radiopolyus.com/radiolicbez/39-radiokonstruktoru/127-multivibratory-na-na-tajmere-kr1006vi1ne555>.

9. Розрахунок мультивібраторів на основі NE555 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:

[https://www.chipdip.ru/calc/multivibrator?f=14000&f\\_unit=0&u=12&p=55](https://www.chipdip.ru/calc/multivibrator?f=14000&f_unit=0&u=12&p=55).

11. Розрахунок надійності прикладу [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:

[https://learn.ztu.edu.ua/pluginfile.php/208943/mod\\_resource/content.pdf](https://learn.ztu.edu.ua/pluginfile.php/208943/mod_resource/content.pdf)

					<b>РЕ11мп.412125.001 ПЗ</b>	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		56



## ДОДАТОК А

Таблиця А - Вплив різної кількості радіацію на організм людини.

Доза опромінення в мЗв (1 мЗв – 1000 мкЗв)	Ознаки ураження організму людини
0-100 мЗв	Допустима норма радіації, яка абсолютно нешкідлива для організму людини.
100 – 500 мЗв	Кількість лейкоцитів в крові знижується, але променева хвороба не спостерігається.
1000 – 2000 мЗв	Людина відчуває легку втому, нудоту, запаморочення. Рівень еритроцитів значно знижується, спостерігається часткове облісіння і анорексія. Настає легка форма променевої хвороби.
2000 – 4000 мЗв	Щільність кісток знижується, кістковий мозок починає розпадатися. Кількість лейкоцитів і еритроцитів різко знижується. Спостерігаються діарея, нудота, внутрішньочеревний крововилив.
4000 мЗв і більше	Смертельна доза радіації. Людини, яка отримала таку дозу радіації, чекає летальний результат.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РЕ11мп.412125.001 ПЗ

Лист

57

## ДОДАТОК Б

Прошивка до Arduino Nano (таймер) :

```
/*
 * для підключення екрану:
 * SCL - A5
 * SDA - A4
 *
 * Batt_PIN - A3
 *
 * Geiger_PIN - D2
 *
 * buzzer_PIN - D7
 */
// бібліотека для прибирання "дребезгу" контактів
#include <Bounce2.h>

// бібліотки для роботи з екраном
#include <SPI.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>

// перевірка на коректність конфігурації вказаної в бібліотеці для роботи з екраном
#if (SSD1306_LCDHEIGHT != 32)
#error("Height incorrect, please fix Adafruit_SSD1306.h!");
#endif

// ініціалізація бібліотеки для роботи з екраном
Adafruit_SSD1306 display(4);

// оновлення даних з лічильника Гейгера кожні 40с
#define INTERVAL_UPD_DOZ 40000
// вимикання бузера мінімум через 20мс
#define INTERVAL_UPD_BUZZ 20
// Ігнорування "дребезгу контактів" 5мс
#define INTERVAL_BOUNCER 5

// пін для зчитування положення транзистора з лічильника Гейгера
#define Geiger_PIN 2
// пін для індикації (LED)
#define led_PIN 13
// пін для індикації (buzzer)
#define buzzer_PIN 7
// пін для зчитування рівня заряду батареї
#define Batt_PIN A3

// ініціалізація змінних для створення затримки
```

					<b>РЕ11мп.412125.001 ПЗ</b>	Лист
						58
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		







```

void loop()
{

if (bouncer.update())
{ // якщо відбулося оновлення стану піна
  // якщо лічильник зловила бета/гамма випромінювання
  // перевіряє положення транзистора
  // якщо він у положення LOW
  if (bouncer.read() == 0)
  {
    // додає до лічильника радіації +1
    num_mR++;
  }
}

// оновлення даних кількості спрацювань лічильника
if (time_to_next_upd_Geiger < millis())
{
  // оновлення часу до наступного спрацювання
  time_to_next_upd_Geiger = millis() + INTERVAL_UPD_DOZ;
  // оновлення даних за 40с
  num_mR_40s = num_mR;
  // скидування положення лічильника
  num_mR = 0;
}

/*
 * @section TEXT ON DISPLAY
 */
// очищення екрану
display.clearDisplay();
// встановлює кегль шрифту у 2пкс
display.setTextSize(2);
// встановлює білий колір шрифту
display.setTextColor(WHITE);
// обирає позицію на екрані 10:10пкс
display.setCursor(10, 0);
// друкує значення розраховані за 40с
display.println(num_mR_40s);
// обирає позицію на екрані 10:18пкс
display.setCursor(10, 18);
// друкує значення розраховані наразі
display.println(num_mR);
// встановлює кегль шрифту у 1пкс
display.setTextSize(1);
// обирає позицію на екрані 40:0пкс
display.setCursor(40, 0);
// друкує одиниці виміру

```

<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>

**РЕ11мп.412125.001 ПЗ**

*Лист*

**62**

```

display.println("mR/hr");

/*
 * @section VOLTMETER Batt_PIN
 */

input_voltage = (analogRead(Batt_PIN) * 5.0) / 1024.0;
// оскільки стоїть дільник напруги з коеф. 2
input_voltage *=2;

/*
 * @section BATTERY INDICATION
 */

// рисує контур АКБ
display.drawBitmap(0, 0, battery_outline, 128, 32, WHITE);

// якщо напруга більш 8В
if (input_voltage > 8)
{
    // рисує першу ячейку
    display.drawBitmap(0, 0, battery_cell, 128, 32, WHITE);
    // якщо напруга більше 8.3В
    if (input_voltage > 8.3)
    {
        // рисує другу ячейку
        display.drawBitmap(0, -5, battery_cell, 128, 32, WHITE);
        // ...
        if (input_voltage > 8.6)
        {
            display.drawBitmap(0, -10, battery_cell, 128, 32, WHITE);
            if (input_voltage > 8.9)
            {
                display.drawBitmap(0, -15, battery_cell, 128, 32, WHITE);
                if (input_voltage > 9.2)
                {
                    display.drawBitmap(0, -20, battery_cell, 128, 32, WHITE);
                }
            }
        }
    }
}

/*
 * @section RADIATION ICON AND BUZZER
 */

```

<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>

**РЕ11мп.412125.001 ПЗ**

*Лист*  
**63**

```

// якщо значення лічильника змінилося
if (previous_num_mR != num_mR)
{
// показує на екрані знак радіації
display.drawBitmap(-10, 0, radiation_logo, 128, 32, WHITE);

// вмикає буюер
digitalWrite(buzzer_PIN, HIGH);
}
else
{
// вимикає буюер
digitalWrite(buzzer_PIN, LOW);
}

/*
* @section Мінімальна затримка увімкнення буюера
*/

if (time_to_next_upd_buzz < millis())
{
// оновлення часу до наступного спрацювання
time_to_next_upd_buzz = millis() + INTERVAL_UPD_BUZZ;

// якщо значення лічильника змінилося
if (previous_num_mR != num_mR)
{
// оновлює значення
// тим самими у наступному кроці буде вимкнено буюер,
// за умови що дані лічильника не змінилися
previous_num_mR = num_mR;
}
}

// оновлює екран
display.display();
}

```

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РЕ11мп.412125.001 ПЗ

Лист  
64



## ДОДАТОК В

Характеристики обраного лічильника Гейгера СБМ-20, взяті з довідника.

Номинальна робоча напруга	400 В
Протяжність плато лічильної характеристики	не менше 100В
Нахил плато лічильної характеристики	не більше 0,1% на 1 В
Діапазон реєструвальних потужностей експозиційних доз гамма-випромінювання	
$R_{min}$	0,04 мкр/с
$R_{max}$	40 мкр/с
Чутливість до гамма-випромінювання	420÷20 імп/с
Особистий фон	не більше 1 імп/с
Амплітуда імпульсу	не більше 50 В
Найбільший допустимий струм	20 мкА
Ресурс роботи роботи не менше	$2 * 10^{10}$ імп
Діапазон робочих температур	-50...+70° С

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РЕ11мп.412125.001 ПЗ

Лист

65

## ДОДАТОК Г

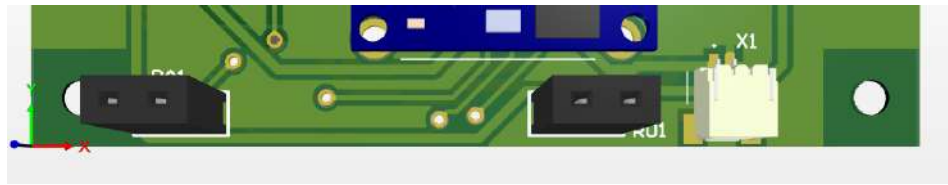


Рис. Г.1 – Роз`єми на платі. З ліва на право : 1) для динаміка; 2) для лічильника Гейгера; для батарейки.

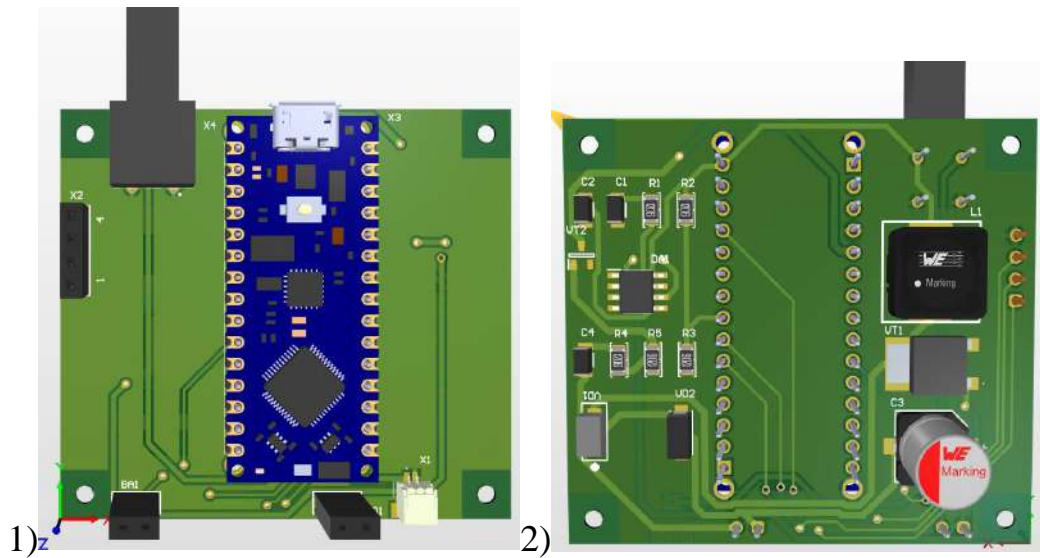


Рис.Г.2 – Плата з роз`ємами.

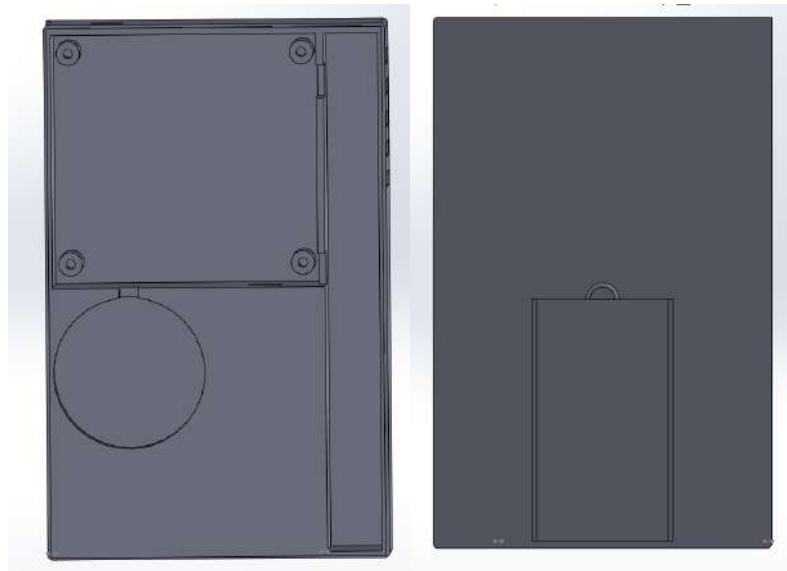


Рис.Г.3 – Корпус пристрою.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PE11мп.412125.001 ПЗ

Лист

66



Рис.Г.4 – Збірка пристрою.

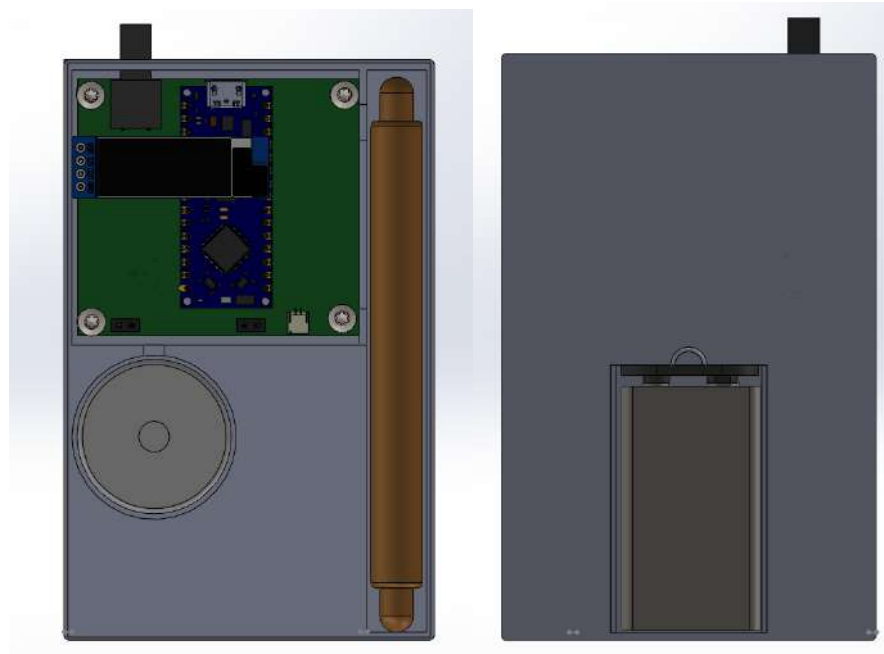


Рис.Г.5 – Пристрій зсередини.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РЕ11мп.412125.001 ПЗ

Лист

67

## **ДОДАТОК Д**

ПОГОДЖЕНО

Керівник дипломного проекту

І.О. Сушко

«\_\_»\_\_\_\_\_ 2022 р

ЗАТВЕРДЖЕНО

В.О завідувача кафедри РОС

РТФ НТУУ «КПІ»

М.М.Степанов

«\_\_\_\_\_»\_\_\_\_\_ 2022 р

## **ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

**До магістерської дисертації**

**«Датчик радіаційного фону»**

Київ – 2022 р.

# **1 НАЙМЕНУВАННЯ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ ТА ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ**

Датчик радіаційного фону.

Підставою для виконання є завдання для магістерської дисертації, що видане кафедрою прикладної радіоелектроніки.

## **2 ВИКОНАВЦІ**

Керівник – Сушко Ірина Олександрівна.

Виконавець – Кушнір Ганна Сергіївна.

## **3 МЕТА РОЗРОБКИ**

Метою розробки є детектування та вимірювання кількості радіації оточуючого середовища.

## **4 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ**

### **4.1 Склад об'єкту та вимоги до його конструктивного виконання**

Об'єкт складається акумуляторної батарейки, підвищувача DC-DC перетворювача напруги, налагоджувальної плати, лічильника Гейгера та динаміка.

Напруга живлення  $9\text{ В} \pm 10\%$  (згідно ДСТУ EN 50160:2014);

Обов'язкова подача напруги до лічильника Гейгера 400В;

Струм у колі  $0,5\text{ А} \pm 10\%$ ;

Пристрій повинен бути портативний, бюджетний, мати дисплей для виводу даних на екран.

### **4.2 Вимоги до надійності**

Час безвідмовної роботи протягом року становить 98%.

### **4.3 Вимоги до конструкції**

Прилад прямокутної форми, зручний для тримання в руці.

Всередині прилад розділений на відділи для зручного монтажу. Має отвори для з'єднання усіх елементів, а також для кнопки, дисплею, динаміку та зарядки акумулятору.

#### **4.4 Вимоги до дизайну та ергономіки**

Прилад повинен мати зручний продуманий корпус, в якому легко можна замінити акумулятор на одноразову батарейку.

#### **4.7 Вимоги до експлуатації, зручності технологічного обслуговування та ремонту**

Пристрій повинен бути легкий в експлуатації та технічному обслуговуванні.

#### **4.8 Вимоги безпеки життя, здоров'я, майна громадян та охорони довкілля**

Керуватися положеннями стандартів про вимоги техніки безпеки, електробезпеки, а саме ГОСТ 1220070-75, ГОСТ 12.1.019-79, ГОСТ 12.1.03888.

### **5 ВИМОГИ ДО КОНСЕРВАЦІЇ, ПАКУВАННЯ І МАРКУВАННЯ**

Пакування та маркування виконується за ДСТУ 4171-2003. Консервація не передбачена. Упаковка повинна мати достатню міцність, щоб зберегти виріб при транспортуванні. Також повинна вмщати прилад з літературою, яка надається кінцевому споживачу.

### **6 ВИМОГИ ДО РОЗРОБЛЮВАНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ**

За результатами дослідно-конструкторської роботи необхідно підготувати таку текстову та графічну документацію:

- 1) Пояснювальна записка
- 2) Схема електрична принципова
- 3) Перелік елементів
- 5) Креслення друкованого вузла
- 6) Складальний кресленик
- 7) Специфікація

## **ДОДАТОК Е**



Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка
BA1	П'єзовипромінювач SFN-1704	1	
	<u>Конденсатори</u>		
C1,C2	ECAP SMD 100 нФ 50В ± 5%	2	
C3	WCAP-ASLI 2,2 мкФ 50В ± 10%	1	
C4	Hitano 1,4 мкФ 400В ± 5%	1	
DA1	Мікросхема NE555	1	
L1	Дросель WCAP-ASLI 2200 мкГн	1	
	<u>Резистори</u>		
R1	RC1206JR-22K-Hitano 4,7 кОм 0.25 Вт ± 5%	1	
R2	RC1206JR-10K-Hitano 3,5 кОм 0.25 Вт ± 5%	1	
R3	RC1206JR-100-Hitano 500 Ом 0.25 Вт ± 5%	1	
RO1	Трубка Гейгера СБМ-20	1	
VT1	Транзистор STD5NK40ZT4 400В	1	
VT2	Транзистор BC847CTT1 50 В	1	
VD1	Діод 1N4007	1	
X1	Роз'єм ХН 2,54	1	

					<b>РЕ11мп.412125.001</b>			
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб		Кушнір Г.С.			<b>Датчик радіаційного фону</b>	Літера	Аркуш	Аркушів
Перев		Сушко І.О.					1	1
Т.контр						<b>НТУУ КПІ, РТФ</b>		
Н. Контр		Адаменко						
Утв.		Степанов						



## **ДОДАТОК Ж**

Форма	Зона	Поз	Позначення	Назва	Кільк	Прим.
				<b><u>Документація</u></b>		
A4			PE11мп.412125.001 ПЗ	Пояснювальна записка	1	
A1			PE11мп.412125.001 СК	Складальний кресленик	1	
				<b><u>Складальні одиниці</u></b>		
A1		1	PE11мп.412125.001 ДВ	Друкований вузол	1	
				Деталі		
		2	PE11мп.412125.001	Корпус	1	
		3	PE11мп.412125.001	Кришка	1	
		4	PE11мп.412125.001	Задня кришка	1	
				Інші вироби		
		5		П'єзодинамік SFN-1704	1	
		6		Трубка Гейгера СБМ-20	1	
		7		Акумуляторна батарея 9В «Крона»	1	
		8		Клема SN-1	1	
		9		Саморіз ISO 14587	4	
		10		Дисплей OLED 128x32	1	
		11		Плата Arduino Nano	1	

Змін	Арк.	№ докум.	Підп	Дата	PE11мп.412125.001			
Розроб.	Кушнір				Датчик радіаційного фону	Літер	Аркуш	Аркуші
Перев.	Сушко						1	1
Т.контр						НТУУ «КПІ», РТФ		
Н.контр	Адаменко							
Затв.	Степанов							

## **ДОДАТОК 3**

Форма т	Зона	П 03	Позначення	Назва	Кільк	Прим.		
				<b><u>Документація</u></b>				
A1			PE11мп.412125.001	Складальний кресленик	1			
A3			PE11мп.412125.001 E3	Схема електрична принципова	1			
A4			PE11мп.412125.001 E3	Перелік елементів	1			
				<b><u>Деталі</u></b>				
		1	PE11мп.412125.001 ДП	Друкована плата	1			
				<b><u>Інші вироби</u></b>				
				П'єзовипромінювач SFN-1704	1	BA1		
				Конденсатор 100нФ 50В ± 5%	2	C1, C2		
				Конденсатор 2,2мкФ 50В ± 10%	1	C3		
				Конденсатор 1нФ 400В ± 5%	1	C4		
				Мікросхема NE555	1	DA1		
				Дросель 2200 мкГн	1	L1		
Змін	Ар к.	№ докум.	Підп	Дата	PE11мп.412125.001			
Розроб.	Кушнір				Передавач інфрачервоний	Літер	Аркуш	Арку шів
Перев.	Сушко						1	2
Т.контр						НТУУ «КПІ», РТФ		
Н.контр	Адаменко							
Затв.	Степанов							

