

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ

Мікроелектронних та електронних інформаційних систем  
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота (проєкт)

магістр

(рівень вищої освіти)

на тему Проєкт мікроелектронного пристрою для визначення рівня радіації

Виконав: студент II курсу, групи Р.1539  
спеціальності 153 Мікро- та наносистемна техніка  
(код і назва спеціальності)

спеціалізації \_\_\_\_\_  
(код і назва спеціалізації)

освітньої програми мікроелектронні інформаційні системи  
(назва освітньої програми)

Аліов А.Е.

(ініціали та прізвище)

Керівник доц., к.т.н. Ніконова А.О.  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент зай. дир. ЗКР ЗНТУ Величко О.В.  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя

2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерний навчально-науковий інститут \_\_\_\_\_

Кафедра Мікроелектронних та електронних інформаційних систем

Рівень вищої освіти магістр

Спеціальність 153 мікро- та наносистемна техніка  
(код та назва)

Спеціалізація \_\_\_\_\_  
(код та назва)

Освітня програма мікроелектронні інформаційні системи

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри Крицький Т.В.  
« 01 » грудня 20 20 року

*Т.В.*

**ЗАВДАННЯ**

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЄКТ) СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Алієву Аліно Євгеновну

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проєкту) Турбодія мікроелектронного пристрою для визначення рівня радіації

керівник роботи доц. к.т.н. Ніконова Аліна Олександрівна  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від «25» травня 2020 року № 600

2 Строк подання студентом роботи 01.12.2020

3 Вихідні дані до роботи датчик СБМ-20, мікросхема К155 ИЕ2, мікросхема К155 ПА3, інтегратор HLEC-S1005 IDR

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Розрахунок електричних параметрів радіаційного випромінювання. 2. Турбодія мікроелектронного пристрою для визначення рівня радіації. 3. Техніко-експертне обґрунтування. 4. Скорочена графічна технологічна документація.

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)  
П1 - Схематичне виконання мікросхеми. П1-2 - Структурна схема пристрою. П3 - Схема для мікропроцесора. П4 - Модульоване зображення пристрою. П5 - Модульоване зображення пристрою з електронною системою. П6 - Модульоване зображення у середовищі ЕМВ. П7 - Модульоване зображення пристрою для виводу на семисегментний індикатор. П8 - Принципова мікроелектронна схема для визначення рівня радіації.

## 6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<u>I</u>	доц. к.т.н. Ніконова А.О.	<i>Гриш</i> 25.05.2020	<i>Гриш</i> 25.05.2020
<u>II</u>	доц. к.т.н. Ніконова А.О.	<i>Гриш</i> 25.09.2020	<i>Гриш</i> 15.09.2020
<u>III</u>	доц. к.т.н. Ніконова А.О.	<i>Гриш</i> 25.05.2020	<i>Гриш</i> 30.09.2020
<u>IV</u>	доц. к.т.н. Ніконова А.О.	<i>Гриш</i> 25.05.2020	<i>Гриш</i> 16.10.2020

7 Дата видачі завдання 25.05.2020

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Доцільність впровадження детекторів радіації	25.05.2020	
2.	Технологія створення елемента триада	16.09.2020	
3.	Технологія елемента формування високої напруги	29.09.2020	
4.	Технологія елемента формування оригінальних конструкцій	21.10.2020	
5.	Технологія конструювання лінійних елементів	10.11.2020	
6.	Техніко-економічне обґрунтування	18.11.2020	
7.	Оцінка ризику по технологічній безпеці	30.11.2020	
8.	Оформлення роботи	07.12.2020	

Студент *Гриш* Алієв А.Е.  
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) *Гриш* Ніконова А.О.  
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер *Гриш* Вороженич А.М.  
(підпис) (ініціали) та

прі:

## Реферат

Дипломна робота містить 91 сторінку, 44 рисунка, 23 таблиці, 30 джерел літератури.

Об'єкт роботи – мікроелектронний прилад для визначення рівня радіації.

Мета роботи – дослідження та розробка приладу для визначення рівня радіації навколишнього середовища.

Задачі роботи – провести аналіз сучасних приладів для визначення рівня радіації, дослідити найбільш ефективні методи вимірювання та розробити прилад, фізичні характеристики і точність якого відповідатимуть сучасним потребам.

Методика дослідження – моделювання пристрою за допомогою програмного забезпечення Electronics WorkBench.

Короткий виклад результатів досліджень: на підставі аналізу існуючих приладів визначення рівня радіації проведено обґрунтований аналіз та побудовано структурну і електричну схеми мікроелектронного приладу для визначення  $\beta$ - та  $\gamma$ -променів.

Результати впроваджень – результати моделювання приладу для вимірювання рівня радіації рекомендовано до впровадження в навчальний процес на кафедрі МЕІС.

ДОЗИМЕТРІЯ ІОНІЗУЮЧИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ, ДЕТЕКТОГР, ЛЧИЛЬНИКИ ГЕЙГЕРА-МЮЛЛЕРА, СХЕМА ФОРМУВАННЯ ВИСОКОЇ НАПРУГИ, БЛОКІНГ-ГЕНЕРАТОР, ОДНОВІБРАТОР, ДВІЙКОВИЙ КОД.

Дипломну роботу виконано на кафедрі МЕІС з 1.10.18 по 30.12.18

## Зміст

ВСТУП		
I	ДОЗИМЕТРІЯ ІОНІЗУЮЧИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ	7
1.1	Дози випромінювань та їх одиниці	7
1.2	Основні методи реєстрації іонізуючого випромінювання	10
1.3	Детектори випромінювань	16
1.3.1	Іонізаційні камери	17
1.3.2	Пропорційні лічильники	19
1.3.3	Лічильники Гейгера-Мюллера	20
1.3.4	Напівпровідникові лічильники	21
II	РОЗРОБКА МІКРОЕЛЕКТРОННОГО ПРИСТОЮ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ РАДІАЦІЇ	25
2.1	Обґрунтування вибору датчика радіації	25
2.1.1	Базові характеристики лічильників	29
2.1.2	Основні параметри лічильника СБМ-20	31
2.2	Розробка схеми формування високої напруги	34
2.2.1	Розрахунок блоку генератора	38
2.3	Схема формування одиничних імпульсів	42
2.4	Розробка чотирьохрозрядного двійково-десятькового лічильника	45
2.5	Перетворення двійкового коду в семи сегментний код	51
III	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ДАТЧКА РАДІАЦІЙНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ	58
3.1	Реєстрація радіаційного випромінювання	58
3.2	Обґрунтування вибору датчика вимірювання радіаційного випромінювання	59
3.3	Витрати на комплектуючі вироби	65
IV	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА	66
4.1	Характеристика потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів	66

4.2	Заходи з поліпшення умов праці. Виробнича санітарія	73
4.3	Електробезпека	78
4.4	Пожежна безпека. Техногенна безпека	81
	ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	83
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	84
	Додаток А	88
	Додаток Б	90

## ВСТУП

Дозиметрія іонізуючого випромінювання розглядає властивості іонізуючого випромінювання, фізичні величини, які характеризують поле випромінювання або взаємодію випромінювання з речовиною, а також принципи та методи визначення цих величин. Найважливішим завданням дозиметрії є визначення дози випромінювання в різних середовищах і особливо в тканинах живого організму. Причиною радіаційних ефектів є поглинання енергії випромінювання об'єктом і доза, як міра енергії, що поглинається виявляється основною дозиметричною величиною. Найважливіша задача дозиметрії – визначення дози випромінювання в різних середовищах та особливо в тканинах живого організму.

Дозиметричний контроль навколишнього середовища та пов'язані з ним прогнози радіаційного становища потребують створення оптимізованих дозиметричних систем, розвитку нових методів дозиметрії, рішення питань, пов'язаних з визначенням необхідного об'єму та точності дозиметричної інформації.

Технічними засобами дозиметрії є прилади для визначення іонізуючого випромінювання. Методи вимірювання в дозиметрії в деяких випадках дозволяють отримати похибку вимірювання в декілька відсотків. Разом з тим, в деяких дозиметричних методах похибка, що оцінюється в десятки відсотків є задовільною. Однак, слід зауважити, що достатність точності в даному випадку обумовлено обмеженістю можливості проведення досліджень.[1]

Підвищення точності вимірювань – найважливіша мета удосконалення методів та засобів дозиметрії. Все це робить дозиметрію областю знань, що потребує постійного вдосконалення та пошуку нових підходів і наукових розробок для створення технічних засобів, які дозволяють проводити вимірювання з високою точністю.

## I ДОЗИМЕТРІЯ ІОНІЗУЮЧИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ

### 1.1 Дози випромінювань та їх одиниці

Поглинання енергії іонізуючого випромінювання – первинний процес, який дає початок фізико-хімічним змінам в опроміненій речовині, що й призводить до виникнення радіаційного ефекту.

Мірою впливу будь-якого виду іонізуючих випромінювань на біологічні об'єкти є величина поглинутої енергії, або доза випромінювання. Доза випромінювання – це розрахована на одиницю маси опроміненої речовини поглинута енергія.

Оскільки поглинута енергія витрачається передусім на іонізацію речовини (іонізація тим сильніша, чим більше поглинуто енергії), одиницю дози опромінення почали визначати енергією, яка витрачається на іонізацію атомів та молекул інертних газів, повітря, біологічних тканин тощо.

Розрізняють експозиційну, поглинуту, еквівалентну та інтегральну дози випромінювання. Іноді на практиці користуються кермою – величиною, яка займає проміжне положення між експозиційною та поглинутою дозами.

*Експозиційна доза* визначає кількість енергії рентгенівського та  $\gamma$ -випромінювання, витраченої на іонізацію одиниці маси (або об'єму) повітря, тобто експозиційна доза характеризує іонізаційну здатність фотонного випромінювання в певній ділянці, на певному місці в повітрі. Експозиційну дозу іноді називають фізичною дозою [1-3].

За одиницю експозиційної дози в СІ приймається кулон на кілограм (Кл/кг) – це експозиційна доза рентгенівського та гамма-випромінювання, при якій у кожному кілограмі повітря утворюються іони, заряд яких (для



іонів одного знака) дорівнює 1 кулону (Кл). Рентген (Р) – це кількість рентгенівського або  $\gamma$ -випромінювання, при якій в  $1 \text{ см}^3$  (0001293 г) повітря при  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  і 760 мм рт. ст. утворюються іони, заряд яких (для іонів одного знака) дорівнює одній електростатичній одиниці електрики кожного знаку. Це відповідає утворенню  $2,083 \cdot 10^9$  пар іонів в  $1 \text{ см}^3$  повітря, а в 1 г повітря при такій дозі утворюється  $1,61 \cdot 10^{12}$  пар іонів.

Середня енергія утворення пари іонів у повітрі становить 34 еВ. Отже, при дозі в 1 Р в  $1 \text{ см}^3$  повітря виділяється  $34 \cdot 2,083 \cdot 10^9 = 1,08 \cdot 10^4 \text{ MeV} = 0,113 \text{ ерг/см}^3$ , а в 1 г повітря -  $34 \cdot 1,61 \cdot 10^{12} = 5,43 \cdot 10^7 \text{ MeV} = 88 \text{ ерг енергії}$ .

Тобто рентген – це доза рентгенівського або  $\gamma$ -випромінювання, при якій в 1 г повітря поглинається 88 ерг енергії. В 1 г м'яких тканин людини поглинається 96 ерг, а у 1 г води – 93 ерг енергії. Свою назву він отримав від прізвища німецького фізика В.К. Рентгена.

Доза в рентгенах не показує кількості енергії випромінювання, яка поглинається в самому об'єкті випромінювання. Тому для характеристики поглинутої енергії випромінювання введено поняття “поглинута доза”.

*Поглинута доза* – величина, яка дорівнює енергії будь-якого виду іонізуючого випромінювання, поглинутої одиницею маси опромінюваної речовини. Вона базується на безпосередньому вимірюванні енергії випромінювання, поглинутої в речовині опромінюваного об'єкту, і викликає радіаційний ефект випромінювання.

Одиницею поглинутої дози в системі одиниць СІ прийнято джоуль на кілограм (Дж/кг), тобто це поглинута доза, при якій в 1 кг маси опромінюваної речовини поглинається 1 Дж енергії випромінювання. Цій одиниці присвоєно власну назву “грей” (Гр.):  $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$ . Ця назва походить від прізвища англійського фізика С. Грея, який вніс значний вклад в розвиток дозиметрії. Практично більш прийнятою і частіше вживаною є позасистемна одиниця рад. Рад – аббревіатура трьох слів: радіаційна адсорбована доза (radiation adsorbed dose). Згідно з визначенням, рад – це поглинута доза будь-якого виду іонізуючого випромінювання, при якій в 1 г

опромінюваної речовини поглинається 100 ергів енергії.  $1 \text{ рад} = 100 \text{ ерг/г} = 0,01 \text{ Дж/кг}$ .  $1 \text{ Гр} = 100 \text{ рад}$ .

Визначивши за допомогою приладу експозиційну дозу (в повітрі), можна шляхом розрахунків визначити поглинуту дозу, використавши відповідний перевідний коефіцієнт. Оскільки в повітрі доза випромінювання в 1 Р енергетично еквівалентна 88 ерг/г, а  $1 \text{ рад} = 100 \text{ ерг/г}$ , то для повітряного середовища перевідний коефіцієнт для переходу від одиниць “рентген” до одиниць поглинутої дози “рад” становить  $88:100 = 0,88$ . Отже для повітря за зазначених умов вимірювання поглинута доза дорівнює 0,88 рад, а доза вимірювання в повітрі становить 1 рентген.

Поглинання випромінювання біологічною тканиною більше, ніж у повітряному середовищі. Тому для переходу від експозиційної дози в повітрі ( $D_x$ ) до поглинутої дози в радах ( $D_p$ ) використовують множник 0,96:  $D_p = D_x \cdot 0,96$ .

У практичній дозиметрії крім дози випромінювання, яку вимірюють у вільному повітрі, розрізняють дози випромінювання та їх потужності, визначені на поверхні та в глибині опромінюваного об’єкта або тіла - поверхневу та глибинну дози.

Поверхнева доза завжди більша за дозу, яку вимірюють у вільному повітрі, тому що прилегла до поверхні камера дозиметра опромінюється не лише первинним пучком, а й випромінюванням, розсіяним у зворотному напрямі від об’єкта випромінювання.

Відношення дози на глибині до дози в точці, прийнятій за вихідну, виражену у відсотках, називається відносною, або процентною, глибинною дозою опромінювання. Для більшості ссавців та дорослої людини цей показник дорівнює 70 %. Тому, для визначення глибинної дози, дозу на поверхні треба помножити на коефіцієнт 0,7.

Для оцінки біологічної дії випромінювань на організм необхідно знати не лише експозиційну дозу та її потужність, а й інтегральну (сумарну) поглинуту дозу – середню енергію іонізуючого випромінювання,

поглинутого в певній масі тканини патологічного осередку опромінюваного органа, частини або всього тіла. Одиницею інтегральної дози опромінювання є Грей на кілограм (рад/грам). Іноді в променевої терапії для оцінки ефективності лікування та прогнозування можливих ускладнень визначають середню поглинуту дозу, тобто середнє значення поглинутої енергії в кожному грамі маси тіла. Середня поглинута доза дорівнює відношенню інтегральної дози в усьому організмі до маси тіла[3-4].

## 1.2 Основні методи реєстрації іонізуючого випромінювання

Іонізуючі випромінювання невидимі, не мають кольору, запаху, не подразнюють чутливих закінчень нервової системи тому їх виявлення та вимірювання проводять непрямим шляхом на основі якої-небудь їхньої властивості. Для реєстрації іонізуючого випромінювання використовують різноманітні засоби та прилади, за допомогою яких можна зареєструвати первинні або вторинні ефекти, що виникають під дією випромінювань. До первинних ефектів належать іонізація та збудження атомів і молекул, до вторинних – зміна фізико-хімічних властивостей речовин (теплові ефекти, зміна кольору розчинів, потемніння фотоемульсії тощо).

Вимірювання активності радіонуклідів, а також доз, які вони створюють, здійснюють за допомогою радіометричних та дозиметричних приладів, що складаються з детектора та вимірювальної апаратури. Детектор – це чутлива частина приладу, в якій відбувається взаємодія випромінювання з речовиною та перетворення енергії випромінювання в інші види енергії (іонізаційний струм, кванти світла тощо), які стають зручними для аналізу та реєстрації відповідною вимірювальною апаратурою.



Рисунок 1.1 – Методи реєстрації іонізуючого випромінювання

Розрізняють іонізаційний, сцинтиляційний, люмінесцентний, фотографічний, біологічний та хімічний методи детектування іонізуючих випромінювань. Ці методи лягли в основу роботи детекторів ядерних випромінювань, призначених для вирішення різних завдань – від простого виявлення випромінювань до ідентифікації типів випромінювань та вимірювання параметрів ядерних частинок.

*Іонізаційний метод* ґрунтується на іонізації діелектриків – повітря, газу, твердих речовин (напівпровідників) під дією випромінювань з утворенням позитивно і негативно заряджених іонів. Утворені в обмеженому об'ємі лічильника ядерних випромінювань, який знаходиться під напругою, іони набувають спрямованого руху, створюючи іонізаційний струм. Вимірюючи силу струму, оцінюють кількість (дозу) випромінювання: визначаючи імпульси струму, роблять висновки про інтенсивність випромінювання.

Як детектори для виявлення та вимірювання іонізацій використовують іонізаційні камери, пропорційні лічильники, лічильники Гейзера-Мюллера та напівпровідникові лічильники. Можливості використання цього типу детекторів визначаються їх робочими характеристиками та метою досліджень. На принципах іонізаційного методу працюють прилади індивідуального дозиметричного контролю – дозиметри (ДК-02, ДКП-50-А, ІД-1, КІД-1(2), ДКС-04), рентгенометри (ДП-5, РМ-1М, РМ-2, ДКС-05, ДРГ-01-Т, “Белла” та ін.), радіометри “ТІСС”, “РУСТ”, Б-2, ДП-100, КРБ-1, “Бета”, УМФ-1500 та ін.).

*Сцинтиляційний метод* оснований на тому, що в деяких речовинах (сцинтиляторах, фосфорах) під дією випромінювання відбувається збудження атомів та молекул, які під час переходу із збудженого стану в основний висвічують енергію випромінювання у вигляді спалахів світла (сцинтиляцій). Спалахи світла вловлюються фотоелементом, перетворюються на фотострум, підсилюються фотоелектронним множителем

(ФЕМ) і надходять на реєструвальну апаратуру. За принципами цього методу працюють сцинтиляційні детектори.

*Люмінесцентний метод* ґрунтується на ефектах люмінесценції, що виникають у деяких твердих речовинах – люмінофорах, кристали яких активовані іонами срібла, талію або марганцю для утворення центрів люмінесценції чи “пасток” електронів. При поглинанні люмінофорами енергії іонізуючого випромінювання з’являються вільні електрони, які уловлюються центрами люмінесценції. Цей процес називається запасанням світлосуми. Ці властивості пов’язані також з відхиленнями в кристалічній ґратці люмінофору, які виникають під дією радіації. Такий стан може зберігатись тривалий час, забезпечуючи тим самим зберігання дозиметричної інформації. Звільнення електронів з “пасток” відбувається при нагріванні люмінофора до температури близько 400 °С (термолюмінісценція) або при опроміненні їх ультрафіолетовим світлом (фотолюмінісценція). Звільнені з “пасток” електрони рекомбінують з “дірками” на центрах люмінесценції з виділенням надлишкової енергії у вигляді холодного світіння – люмінесценції. Інтенсивність світлового потоку перебуває в прямій залежності від енергії, поглинутої люмінофором. За принципом цього методу працюють термо- і фотолюмінесцентні детектори.

Частіше термолюмінесцентні детектори виготовляють на основі люмінофорів – фториду літію, сульфату кальцію і люмінесцентного скла. Покази дозиметрів лінійні у великому діапазоні вимірювань доз. Дозиметри на базі люмінесцентного скла дають змогу вимірювати дозу будь-якого виду іонізуючого випромінювання в межах  $2 \cdot 10^{-4}$ - $1 \cdot 10^4$  Гр.

*Фотографічний метод* належить до давніх методів реєстрації випромінювань, за допомогою якого А.Бекерель у 1896 р. відкрив явище радіоактивності. Цей метод пов’язаний із здатністю іонізуючого випромінювання спричинювати фотохімічні зміни в мікрокристалах світлочутливих солей, наприклад броміду срібла, що приводить до утворення прихованих центрів зображення у фотографічних емульсіях. Під час

проявлення фотоматеріалів іони срібла (Ag) і спричинюють почорніння фотоемульсії. Ступінь почорніння фотоемульсії пропорційний поглинутій енергії випромінювання. Цей метод найчастіше використовують у вигляді індивідуального дозиметричного фотоконтролю (ІФК) для осіб, які працюють з  $\beta$ - і  $\gamma$ -випромінюванням.

У наш час фотографічний метод широко використовується в ядерній фізиці під час досліджень властивостей різних заряджених частинок, взаємодій та ядерних реакцій. Для цих цілей створені спеціальні ядерні фотоемульсії та товстошарові фотопластинки, в яких реєструють надшвидкі важкі частинки з великими енергіями по їхніх слідах (треках).

Перевагою фотографічного методу є можливість його масового застосування, документальна реєстрація отриманої дози, несприйнятливості до ударів та різких коливань температури. Недоліки цього методу – низька чутливість до малих доз, неможливість вимірювання отриманої дози безпосередньо в процесі опромінення, залежність результатів вимірювань від умов обробки плівки.

У біології фотографічний метод сформувався в спеціальний метод, який називається *авторадіографією*.

*Колориметричний метод* оснований на вимірюваннях за допомогою спеціальних калориметрів теплової енергії, яка виділяється при поглинання енергії випромінювання в розчині. Залежно від кількості утвореної теплоти можна кількісно визначити дозу або потужність дози опромінення.

*Хімічний метод* оснований на кількісному визначенні змін у хімічних розчинах (зміна кольору, прозорості, випадіння осадів, виділення газу), що виникають внаслідок поглинання енергії випромінювання. Цей метод використовують для реєстрації і вимірювання значних рівнів радіаційних впливів з використанням хімічних детекторів. Так, хлороформ у воді при опроміненні розкладається з утворенням соляної кислоти, яка дає кольорову реакцію з барвником, добавленим до хлороформу. Розчин метилоранжу під

дією випромінювання стає світлим, що може бути зафіксовано візуально і виміряно за допомогою колориметра або спектрофотометра.

У ферофосфорному дозиметрі шари дивалентного заліза в слабкому розчині соляної кислоти окислюються до тривалентного під дією вільних радикалів  $\text{HO}_2$  та  $\text{OH}$ , які утворились у воді під час її опромінення. Тривалентне залізо при добавлянні роданіду калію забарвлює розчин у червоний колір. Ступінь забарвлення розчину пропорційний концентрації іонів тривалентного заліза і, отже, дозі опромінювання. Концентрацію утворених іонів  $\text{Fe}^{3+}$  (в молях на літр розчину) визначають на спектрофотометрі. Максимальна межа вимірювання дози – до 50 000 Р.

Для хімічної дозиметрії використовують і розчин чотиривалентного сульфату церію, який, відновлюючись атомами водню опромінюваного розчину до іонів тривалентного церію, зменшує прозорість розчину. Концентрацію  $\text{Ce}^{4+}$  визначають до і після опромінення спектрофотометрично або титруванням. Вимірювання дози можливе до 12 000 000 Р.

Під дією випромінювання змінюється молекулярний склад газів. Цим користуються в газових дозиметрах.

Деякі прозорі пластмаси (полістирол, поліметилметакрилат та ін.) і сорти скла (фосфатні, активовані сріблом) під дією  $\beta$ - і  $\gamma$ -випромінювання темніють. Коефіцієнт поглинання світла для них зростає лінійно із збільшенням дози опромінення. Дозу вимірюють до  $2 \cdot 10^8$  Р.

*Нейтронно-активаційний метод* пов'язаний з вимірюванням наведеної активності і в деяких випадках є єдиною можливим методом реєстрації, особливо слабких нейтронних потоків, тому що наведена ними радіоактивність виявляється надто малою для надійних вимірювань звичайними методами. Крім того, цей метод зручний для оцінки доз в аварійних ситуаціях, коли спостерігається короткочасне опромінення великими дозами нейтронів.



Чутливість хімічних методів дозиметрії значно нижча, ніж іонізаційних, сцинтиляційних, люмінесцентних та фотографічних. Крім того, реєстрація показів потребує значних витрат часу.

У біологічних методах дозиметрії використовують здатність випромінювання спричинювати зміни в біологічних об'єктах. Величину дози оцінюють за рівнем летальності тварин, ступенем лейкопенії, кількістю хромосомних аберацій, зміною забарвлення та гіперемією шкіри, випаданням волосся, появою в сечі дезоксіацетону тощо. Біологічні методи не дуже точні і менш чутливі порівняно з фізичними. Проте вони незамінні у випадку визначення відносної біологічної ефективності важких частинок з великою енергією, а також для врахування індивідуальних відмінностей у радіочутливості.

Слід зазначити, що визначати кількість радіоактивної речовини за допомогою біологічних, хімічних, калориметричних методів, які успішно використовуються для визначення дози випромінювання, практично неможливо. При одній і тій самій радіоактивності доза випромінювання може відрізнятись в десятки і навіть тисячі разів у зв'язку з різницею між величинами енергії випромінювання та її поглинання в опромінену середовищі[5-7].

### 1.3 Детектори випромінювань

Як детектори ядерних випромінювань здебільшого використовують іонізаційні камери, пропорційні і газорозрядні лічильники, напівпровідники, конденсаторні камери, сцинтилятори і люмінофори, різноманітні фотосклади та хімічні розчини. Детектори, робота яких ґрунтується на іонізаційному та сцинтиляційному методах, знаходяться під напругою. Вони, за винятком конденсаторних камер, не зберігають інформації про взаємодію з ними

випромінювань протягом тривалого часу. У них розвивається і зникає той чи інший ефект, наприклад імпульс струму або світловий спалах, після чого детектор знову готовий до роботи. В момент формування імпульсу струму або світлового спалаху в цих детекторах виникає так званий “мертвий час”, або час, протягом якого частинка, що потрапила в детектор, не реєструється. Детектори, що працюють за принципами фотографічного, люмінесцентного та хімічного методів, не мають “мертвого часу”, вони тривалий час зберігають інформацію про проходження крізь них випромінювань, тому їх використовують у приладах індивідуального дозиметричного контролю – індивідуальних дозиметрах [1,5,6].

### 1.3.1 Іонізаційні камери

Найпростішою є іонізаційна камера, заповнена повітрям або газом. У ній два ізольованих електроди сполучені опором та джерелом струму (рис. 1.2).

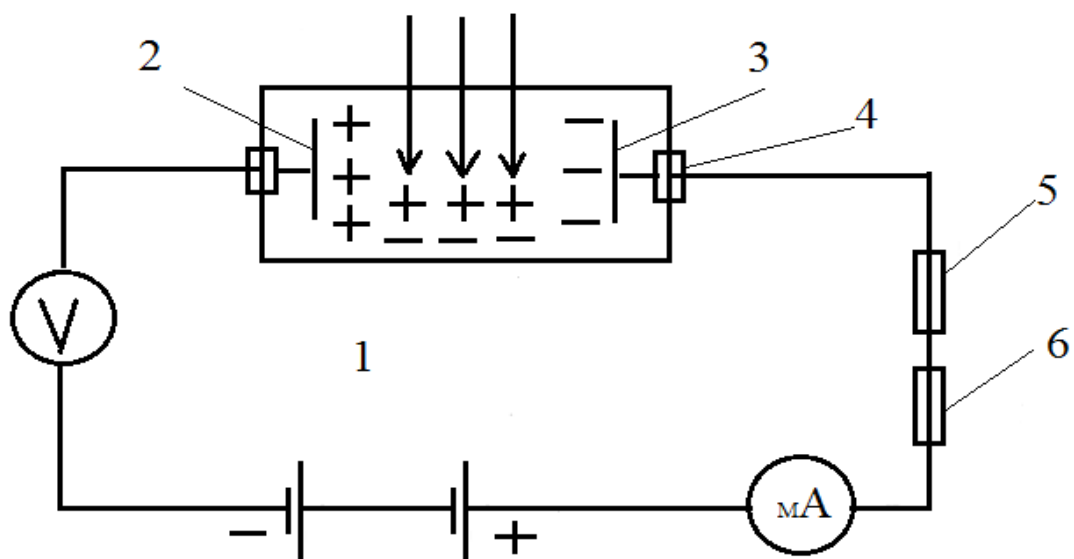


Рисунок 1.2 - Схема вмикання іонізаційної камери: 1 – камера; 2 – катод; 3 – анод; 4 - ізолятор; 5 - опір навантаження; 6 - підсилювач

Випромінювання, яке надходить у камеру, викликає іонізацію повітря (газу) з утворенням позитивно заряджених іонів і електронів. Якщо до катода й анода прикласти напругу близько 170-350 В, при якій носії зарядів досягатимуть електродів, то виникне іонізаційний струм насичення, який є сталим незалежно від прикладеної до камери напруги. Значення струму залежатиме тільки від кількості пар іонів, тобто від виду та інтенсивності джерела випромінювання. Оскільки  $\alpha$ -частинка зумовлює сильнішу питому іонізацію, ніж  $\beta$ -частинка, то  $\alpha$ -частинка спричинить і сильніший імпульс струму (рис. 1.2). Заряджені частинки, які потрапили в камеру детектора, зумовлюють у ній безпосередньо первинну іонізацію газового середовища;  $\gamma$ -кванти спочатку утворюють у стінці лічильника швидкі електрони (фотони, комптон-електрони), які потім спричинюють іонізацію газового середовища.

$\alpha$ -частинка з  $E = 4 \text{ MeV}$  утворює близько  $10^{15}$  пар іонів, що відповідає заряду  $N_e = 10^5 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \approx 10^{-4} \text{ А/с}$ . Такий малий струм може бути вимірний тільки після його значного підсилення.

Іонізаційні камери можуть працювати в імпульсному та струмовому (інтегральному) режимах. В імпульсному режимі працюють іонізаційні камери радіометрів, призначені для реєстрації  $\alpha$ - та  $\beta$ -частинок, протонів. В інтегральному режимі працюють дозиметри й рентгенометри.

Об'єм, форма іонізаційних камер, товщина їх стінок, склад матеріалу можуть значно змінюватися залежно від їх призначення. Для індивідуальної дозиметрії застосовують наперсткові конденсаторні камери об'ємом від кількох кубічних сантиметрів до їх часток, вмонтовані у футляри з повітряно-еквівалентного матеріалу.

Камери сферичної форми з бакеліту, резиту, полістиролу з робочим об'ємом до  $500 \text{ см}^3$  більш чутливі. Їх використовують для точного вимірювання експозиційної дози і потужності дози  $\gamma$ - та рентгенівського випромінювань[7,8].

### 1.3.2 Пропорційні лічильники

При збільшенні напруги в іонізаційній камері до 360-750 В утворені під дією випромінювання електрони прискорюються електричним полем і, стикаючись з молекулами газу, зумовлюють вторинну (ударну) іонізацію. Кількість пар іонів, що виникли в результаті ударної іонізації, пропорційна прикладеній до електронів напрузі. При цьому імпульс струму, який надходить на анод, значно більший, ніж імпульс, який виникає в режимі роботи іонізаційної камери, тому його легко зареєструвати. Коефіцієнт так званого газового підсилення в пропорційних лічильниках, зумовлений вторинною іонізацією, становить  $10^2$ - $10^6$  і залежить від прикладеної напруги або сили поля. Залежність швидкості відліку від напруги, яка подається на детектор, показана на рис. 1.3

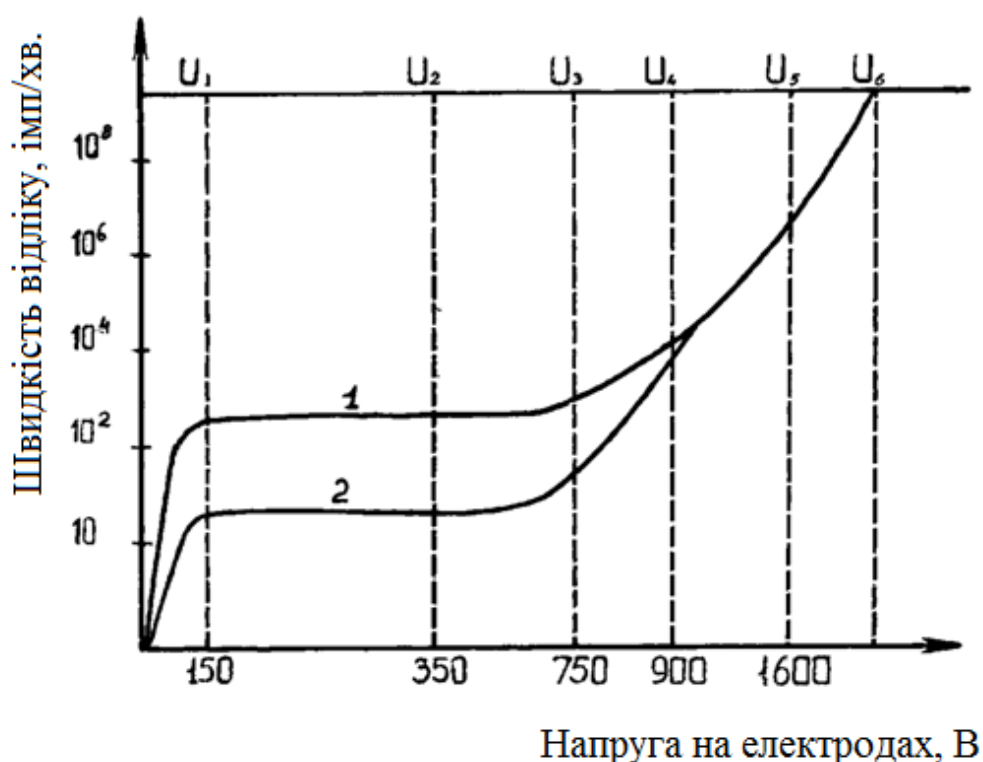


Рисунок 1.3 - Залежність швидкості лічби від напруги поля:  $U_1$ - $U_2$  ділянка струму насичення;  $U_2$ - $U_3$  – ділянка пропорційності;  $U_3$ - $U_4$  – ділянка

відносної пропорційності;  $U_4-U_5$  – ділянка Гейгера-Мюллера;  $U_5-U_6$  – безперервний розряд.

Лічильники, які працюють у цьому режимі (ділянки  $U_2-U_3$ ), називаються пропорційними. Їх робочий об'єм заповнюється метаном або сумішшю метану і аргону, а також іншими інертними газами. Пропускаючи цю суміш газів крізь детектор, одержують газопроточні лічильники, які використовують для вимірювання низькоенергетичних випромінювань або низьких концентрацій радіоактивних газоподібних речовин.

За конструкцією пропорційні лічильники бувають двох типів: циліндричні і торцеві. Залежно від товщини вікна торцевого лічильника вони можуть реєструвати як  $\alpha$ -частинки (товщина вікна 4-10 мкм), так і  $\beta$ -частинки (товщина вікна  $\approx 10$  мкм). В зв'язку з малою проникною здатністю  $\alpha$ -частинок їх робочий отвір закритий слюдяною плівкою завтовшки 4-10 мкм. Ці лічильники заповнені сумішшю неону з невеликою кількістю аргону. Тиск у лічильнику близький до атмосферного [7].

### 1.3.3 Лічильники Гейгера-Мюллера

При подальшому підвищенні напруги в межах 750-900 В порушується чітка пропорційність між кількостями первинних і вторинних іонів. Виникає зона відносної пропорційності  $U_3-U_4$ , яку не використовують для реєстрації випромінювань. За зоною відносної пропорційності йде зона Гейгера, де будь-який тип іонізуючого випромінювання спричинює утворення лавини вторинних і наступних іонів – газовий розряд, який охоплює всю камеру детектора. В цій зоні працює лічильник Гейгера-Мюллера, який не розрізняє види випромінювань і реєструє однаково і частинку, і квант, якщо в просторі лічильника вони зумовлюють один акт іонізації. Коефіцієнт газового підсилення становить  $10^8-10^{10}$ .

Газорозрядні лічильники Гейгера-Мюллера конструктивно мало чим відрізняються від пропорційних лічильників. Усі вони являють собою газонаповнену камеру циліндричної форми з натягнутою по її осі тонкою вольфрамовою або сталеву ниткою діаметром 0,02-0,3 мм. Нитка виконує функцію аноду, а стінки циліндра – катоду. Головна відмінність полягає в тому, що газорозрядний лічильник наповнений інертним газом при зниженому тиску (15-75 гПа), а мала площа анода порівняно з поверхнею катода сприяє утворенню поблизу анода силових ліній, що мають велику щільність. Тому в цій частині напруга електричного поля досягає значень зони Гейгера.

Розрізняють самогасні й самонегасні лічильники. У самонегасних лічильниках Гейгера-Мюллера розряд припиняється включенням у схему високоомного опору для зняття прикладеної напруги. У самогасних лічильниках для розривання розряду в газ добавляють пари спирту або галогенів, наприклад бром, фтор, які звільняють газовий об'єм лічильника від важких позитивно заряджених іонів. Рухливість цих іонів мала, вони блокують катод, тим самим збільшуючи “мертвий час” лічильника (час, протягом якого лічильник не реєструє  $\gamma$ -випромінювання чи  $\beta$ -частинку). Для таких лічильників “мертвий час” дорівнює  $\approx 10^{-4}$  с [8-10].

#### 1.3.4 Напівпровідникові лічильники

Напівпровідник як лічильник ядерних випромінювань є аналогом іонізаційної камери, але в основі його дії лежить іонізація атомів твердого тіла і роль носія електричного заряду в ньому виконують електрони і так звані електронні “дірки”. Дія напівпровідникового детектора основана на властивості напівпровідників проводити електричний імпульс іонізуючого

випромінювання. З усіх напівпровідників найбільш придатні для детекторів монокристали германію та кремнію.

Згідно з зонною теорією твердого тіла, у напівпровіднику виділяють зону, заповнену електронами, - валентну зону, і зону, вільну від електронів, - зону провідності, які розділені забороненою зоною, або енергетичною відстанню (рис. 3.5а). Ширина забороненої зони ( $E$ ) у напівпровідниках не перевищує 3 еВ. Вона регулюється напругою, що подається на напівпровідник. Якщо зовнішньої напруги немає, довжина цієї зони становить усього 1 мкм, а при нарузі 100 В досягає 320 мкм.



Рисунок 1.4 - Структура енергетичних зон напівпровідника

У напівпровіднику з кремнію енергія іонізації дорівнює 3,5 еВ, з германію – 2,94 еВ. Передана валентному електрону, вона достатня для переміщення його із зони валентності в зону провідності, де він може вільно і швидко рухатись, забезпечуючи провідність. Переведений у зону провідності електрон-носій негативного заряду ( $n$ ) утворює у валентній зоні незаповнений електронний зв'язок – дірку, яка переміщується в ґратці кристала напівпровідника під дією прикладеного до нього електричного поля як вільний позитивний ( $p$ ) заряд. Носії вільних зарядів осідають на електродах (катоді чи аноді) і утворюють імпульс струму, який може бути зареєстрований.

Після електричного розряду внаслідок дифузії вільних носіїв заряду через заборонену зону детектор повертається до початкового стану. Відбувається рекомбінація електронно-діркових пар, і детектор готовий до роботи.

Мала ширина забороненої зони зумовлює появу вільних електричних зарядів у зоні провідності внаслідок впливу на кристал напівпровідника світла, помірної температури, створюючи фонову провідність напівпровідника. Для їх зменшення потрібні провідники з високим електричним опором (близько  $10^4$ - $10^5$  Ом/см), що обмежує використання більшості природних мінералів і чистих елементів, які мають властивості напівпровідників. Тому тільки кремній, германій, сульфат кадмію та деякі інші сполуки застосовуються як детектори. Ці детектори повинні міститись у світлозахисному кожусі, під час роботи потребують охолодження до температури рідкого азоту ( $-195,8$  °C).

Оскільки добування чистих кристалів кремнію і германію – дуже трудомісткий і дорогий процес, у практиці дозиметрії часто використовують домішкові напівпровідники, наприклад германієво-літієві детектори. Ці детектори повинні постійно знаходитись при температурі рідкого азоту, оскільки при звичайній температурі відбувається переміщення атомів літію в кристалічній ґратці германію і детектор виходить з ладу. Детектори з германію і літію мають високу енергетичну роздільну здатність (1-3 кеВ), яка при енергії  $\gamma$ -квантів, що дорівнює 1 МеВ, становить близько 0,2 %. Тому цей тип детекторів використовують для гамма-спектрометрії.

Домішкові напівпровідникові детектори (дифузійні та поверхнево-бар'єрні) широко використовують у спектрометрії заряджених частинок і  $\gamma$ -квантів. Використовують їх і в дозиметрії іонізуючого випромінювання.

Невеликі розміри цих лічильників розширюють можливості застосування їх у біологічних дослідженнях. Як мініатюрні датчики, їх можна розміщувати там, де використати інші детектори неможливо (на



частинах рослин, на різних глибинах ґрунтових профілів, у тканинах тваринного організму).

Недоліком напівпровідникових детекторів є зміна їх електропровідності при нагріванні, що потребує під час детектування випромінювань охолодження напівпровідника рідким азотом, а також невелика їх радіостійкість. Частинки, що потрапляють у детектор, не лише генерують носії зарядів, а й створюють порушення кристалічної структури (радіаційні дефекти). Вони аналогічні домішкам, тобто генерують носії зарядів, що погіршує властивості детектора[11-14].

Метою дипломної роботи є розробка мікроелектронного приладу для визначення рівня радіації навколишнього середовища. Для досягнення мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Провести дослідження сучасних приладів для визначення рівня радіації. Проаналізувати їх недоліки та переваги.
2. Розробити структурну схему приладу для визначення рівня радіації ( $\beta$ - та  $\gamma$ -променів).
3. Розробити схему формування високої напруги.
4. Розробити схему формування одиничних імпульсів та двійково-десятькового лічильника
5. Забезпечити перетворення двійкового коду в семи сегментний код

## II РОЗРОБКА МІКРОЕЛЕКТРОННОГО ПРИСТОЮ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ РАДІАЦІЇ

### 2.1 Обґрунтування вибору датчика радіації

Лічильник Гейгера-Мюллера являє собою простий, надійний та практичний датчик радіації. Хоча він не є самим точним інструментом для дослідження окремих видів частинок або випромінювань, однак на рідкість підходить в якості приладу для загального вимірювання інтенсивності іонізуючих випромінювань. А в поєднанні з іншими детекторами використовується фізиками і для найточніших вимірювань при експериментах.

За визначенням, до іонізуючих випромінювань відносяться ті, що можуть викликати іонізацію речовини, що знаходиться в нормальному стані. Для цього необхідна певна енергія. Наприклад, радіохвилі або навіть ультрафіолетове світло не належать до іонізуючих випромінювань. Кордон починається з «жорсткого ультрафіолету», він же «м'який рентген». Цей вид є фотонним видом випромінювання. Фотони великої енергії прийнято називати гамма-квантами.

Вперше розділив іонізуючі випромінювання на три види Ернст Резерфорд. Це було зроблено на експериментальній установці за допомогою магнітного поля в вакуумі. Згодом з'ясувалося, що це:

$\alpha$  - ядра атомів гелію

$\beta$  - електрони з високою енергією

$\gamma$  - гамма-кванти (фотони)

Пізніше були відкриті нейтрони. Альфа-частинки легко затримуються навіть звичайним папером, бета-частинки мають трохи більшу проникаючу здатність, а гамма-промені - найвищу. Найбільш небезпечні нейтрони (на відстані до багатьох десятків метрів в повітрі!). Через їх електричної нейтральності вони не взаємодіють з електронними оболонками молекул речовини. Але потрапивши в атомне ядро, ймовірність чого досить висока, призводять до його нестабільності та розпаду, з виникненням, як правило, радіоактивних ізотопів. А вже ті, в свою чергу, розпадаючись, самі утворюють весь «букет» іонізуючих випромінювань. Найгірше те, що опромінений предмет або живий організм сам стає джерелом радіації протягом багатьох годин і доби.

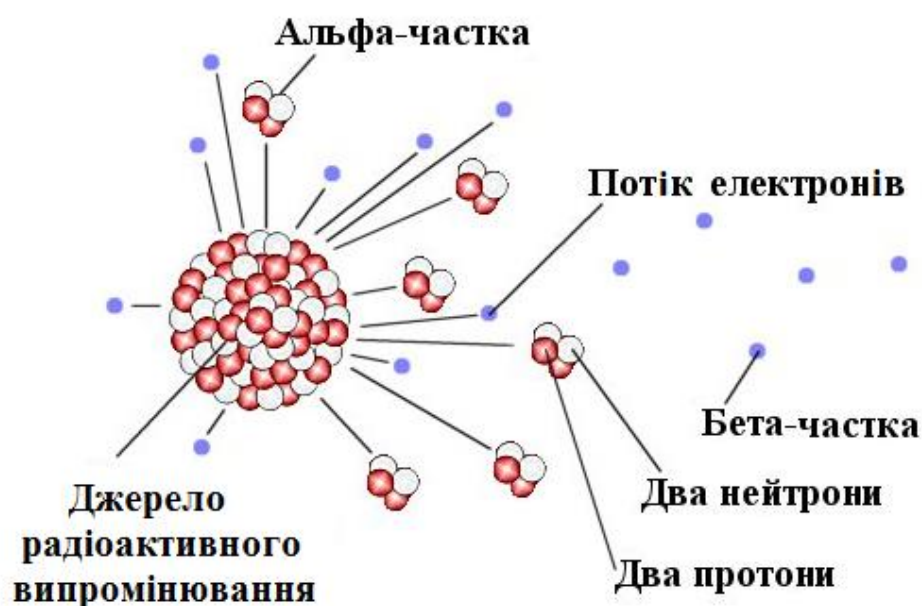


Рисунок 2.1 – Радіоактивні частки

Кількість енергії, якою володіють всі ці три типи випромінювання, також різні, і найбільшою з них володіє потік альфа частинок. Для прикладу, енергія, якою володіють альфа частинки в сім тисяч разів більше, ніж енергія бета-частинок, тобто проникаюча здатність різних типів радіації, знаходиться в обернено пропорційній залежності від їх проникаючої здатності.

Для людського організму найбільш небезпечним типом радіоактивного випромінювання вважаються гамма кванти, за рахунок високої проникаючої здатності, а потім у напрямку зменшення, бета-частинки і альфа-частинки. Тому, визначити альфа-частинки досить важко, якщо сказати неможливо звичайним лічильником Гейгера - Мюллера, так як для них є перешкодою практично будь-який об'єкт, не кажучи вже про скляному або металевому контейнері. Визначити бета-частинки таким лічильником можна, але лише в тому випадку, коли їх енергії досить для проходження через матеріал контейнера лічильника.

Зворотна ситуація з гамма-випромінюванням, є ймовірність, що вони наскрізь пройдуть через контейнер, не запустивши реакцію іонізації. Для цього в лічильниках встановлюють спеціальний екран (з щільної сталі або свинцю), який дозволяє знизити енергію гамма-квантів і активувати, таким чином, розряд в камері лічильника.

Газорозрядних лічильника Гейгера-Мюллера, як правило, виконується у вигляді герметичної трубки, скляної або металеві, з якої відкачано повітря, а замість нього доданий інертний газ (неон або аргон або їх суміш) під невеликим тиском, з домішкою галогенів або спирту. По осі трубки натягнут тонкий дріт, а коаксиально з ним розташовано металевий циліндр. І трубка і дріт є електродами: трубка - катод, а дріт - анод. До катода підключають мінус від джерела постійної напруги, а до анода - через великий постійний опір - плюс від джерела постійної напруги. Виходить електричний дільник напруги, в середній точці якого (місце з'єднання опору і анода лічильника) напруга практично дорівнює напрузі на джерелі. Зазвичай це кілька сотень вольт.

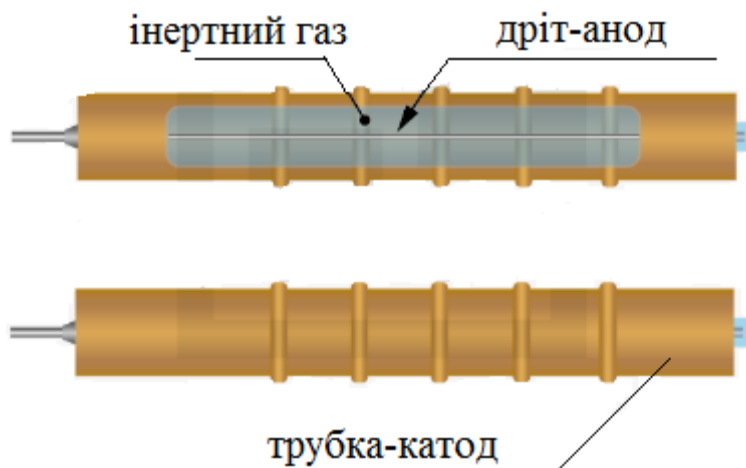


Рисунок 2.2 – Газорозрядний лічильник Гейгера-Мюллера

Коли крізь трубку пролітає іонізуюча частка, атоми інертного газу, що знаходяться в електричному полі великий напруженості, відчують зіткнення з цією часткою. Енергії, відданої часткою при зіткненні, вистачає для відриву електронів від атомів газу. Утворені вторинні електрони самі здатні утворити нові зіткнення і, таким чином, виходить ціла лавина електронів та іонів. Під дією електричного поля, електрони прискорюються в напрямку анода, а позитивно заряджені іони газу - до катода трубки. Таким чином, виникає електричний струм. Але так як енергія частинки вже витрачена на зіткнення, повністю або частково (частка пролетіла крізь трубку), то закінчується і запас іонізованих атомів газу, що є бажаним і забезпечується деякими додатковими заходами.

При попаданні в лічильник Гейгера-Мюллера зарядженої частинки, за рахунок виникнення струму падає опір трубки, а разом з ним і напруга в середній точці ділянки напруги. Потім опір трубки внаслідок зростання її опору відновлюється, і напруга знову стає такою самою. Таким чином, отримуємо негативний імпульс напруги. Рахуючи імпульси, можна оцінити число частинок, що пролетіло. Особливо велика напруженість електричного поля поблизу анода через його малі розміри, що робить лічильник більш чутливим.

Реєструючий пристрій являє собою герметичний балон або контейнер, який наповнюється інертним газом, це може бути неон, аргон і т.д. Такий контейнер може бути виготовлений з металу або скла, причому газ в ньому перебувати під низьким тиском, це робиться спеціально, щоб спростити процес реєстрації зарядженої частинки. Всередині контейнера розташовані два електроди (катод і анод) на які подається висока напруга постійного струму через спеціальний навантажувальний резистор.

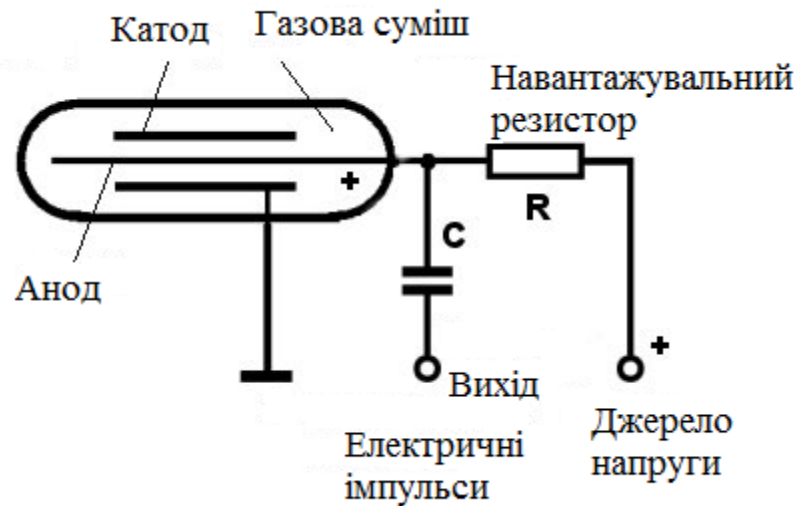


Рисунок 2.3 - Схема включення лічильника

### 2.1.1 Базові характеристики лічильників

Порівняємо деякі з базові характеристик різних дозиметрів, обладнаних газорозрядними лічильниками Гейгера – Мюллера.

- Площа вхідного чутливого елемента і робочої зони.

Іншими словами це сектор, через який будуть потрапляти, і реєструватися радіоактивні частинки, які цікавлять нас. Чим більше ця площа, тим більше лічильник буде в змозі вловити частинки, і тим сильніше буде його чутливість до радіації. У паспортних даних до професійних дозиметрів вказується площа робочої поверхні, як правило, в квадратних сантиметрах.

- Величина шуму - важливий показник, який вказується в характеристиках дозиметру (вимірюється в імпульсах в секунду).

Цей показник можна назвати величиною власного фону. Його можна визначити в лабораторних умовах, для цього прилад поміщають в добре захищеному приміщенні або камері, як правило, з товстими стінками зі свинцю, і реєструють рівень радіації, який випускає сам пристрій. Зрозуміло, що якщо такий рівень буде досить вагомим, то ці наведені шуми безпосередньо відобразяться на похибки вимірювань.

- Ефективність реєстрації іонного випромінювання або радіоактивних частинок.

Існування цього критерію пов'язано з тим, що не всі пройдені через чутливий елемент дозиметра радіоактивні частинки будуть зареєстровані. Це може відбуватися в разі, коли квант гамма-випромінювання не викликав іонізацію в камері лічильника, або кількість минулих частинок і викликали іонізацію і розряд настільки велике, що пристрій неадекватно їх підраховує, і з деяких інших причин. Щоб точно визначити дану характеристику конкретного дозиметра, його тестують за допомогою деяких радіоактивних джерел, наприклад, плутонія - 239 (для альфа-частинок), або талію - 204, стронцію - 90, ітрію - 90 (бета-випромінювач), а також інших радіоактивних матеріалів.

- Діапазон енергій.

Будь-яка радіоактивна частинка або квант випромінювання володіють різною енергетичною характеристикою. Тому, дозиметри розраховані на вимір не тільки конкретного типу випромінювання, але і на їх відповідну енергетичну характеристику. Такий показник вимірюється в мегаелектронвольт або кілоелектронвольт, (MeV, keV). Наприклад, якщо бета-частинки не володіють достатньою енергією, то вони не зможуть вибити електрон в камері лічильника, і тому не будуть зареєстровані, або, тільки високоенергетичні альфа-частинки зможуть пробитися через матеріал корпусу лічильника Гейгера - Мюллера і вибити електрон.

- Мертвий час лічильника

Це час (час відновлення), протягом якого лічильник проводить струм після спрацьовування від частки яка пролетіла. Існування такого часу означає, що для частоти імпульсів є верхня межа, і це обмежує діапазон вимірювань. Типове значення - десять мікросекунд.

Потрібно відзначити, що завдяки мертвому часу, датчик може виявитися «зашкаленим» і мовчати в найнебезпечніший момент (наприклад, самовільної ланцюгової реакції на виробництві). Такі випадки бували, і для боротьби з ними застосовують свинцеві екрани, що закривають частину датчиків аварійних систем сигналізації[17].

### 2.1.2 Основні параметри лічильника СБМ-20

Варіант дозиметрів, які розраховані на реєстрацію і виявлення гамма-фотонів та високочастотного (жорсткого) бета-випромінювання – це практично всі сучасні дозиметри як для побутового використання ( МКС-05 Терра-П), так і професійні дозиметри радіації, наприклад: дозиметр РКС-01 СТОРА. Таке випромінювання володіє достатньою енергією і великою проникаючою здатністю, щоб камера лічильника Гейгера змогла їх зареєструвати. Такі частинки і фотони легко проникають через стінки лічильника і викликають процес іонізації, а це легко реєструється відповідною електронною начинкою дозиметра.

Для реєстрації такого типу радіації підходять лічильники типу СБМ-20, що мають датчик у вигляді циліндричної трубки-балона з розташованими коаксиально дротяними катодом і анодом (рис.2.2). Причому, стінки трубки датчика служать одночасно катодом і корпусом, і виготовлені з нержавіючої сталі. Даний лічильник має наступні характеристики: площа робочої зони чутливого елемента 8 квадратних сантиметрів; радіаційна чутливість по



гамма випромінюванню близько 280 імп/с, або 70 імп/мкР (тестування проводилося по цезію - 137 при 4 мкР/с); датчик розрахований на реєстрацію гамма-випромінювання з енергією в діапазоні від 0,05МеВ до 3МеВ, і бета-частинок з енергією 0,3МеВ по нижній межі.

У даного лічильника існували різні модифікації, наприклад, СБМ-20-1 або СБМ-20У, які мають схожі характеристики, але відрізняються принциповою конструкцією контактних елементів і вимірювальної схемою. Інші модифікації цього лічильника Гейгера - Мюллера, а це СБМ-10, СІ29БГ, СБМ-19, СБМ-21, СІ24БГ мають схожі параметри також[18].

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики лічильника СБМ-20

Робоча напруга	400 В
Діапазон робочих напруг	350-475 В
Діапазон потужностей експозиційних доз гамма-випромінювання	0,004-40 мкР/с, 0,014-144 мр/ч
Чутливість до гамма випромінювання Ra226	29 имп.с/мр/ч
Чутливість до гамма випромінювання Со60	22 имп.с/мр/ч
Максимальний допустимий струм	20 мкА
Ресурс роботи	2x10 <sup>10</sup> имп.
Рекомендований резистор анода	5,1 МОм
Діапазон робочих температур	-50...70°C
Мертвий час при U = 400В:	190р/мкс

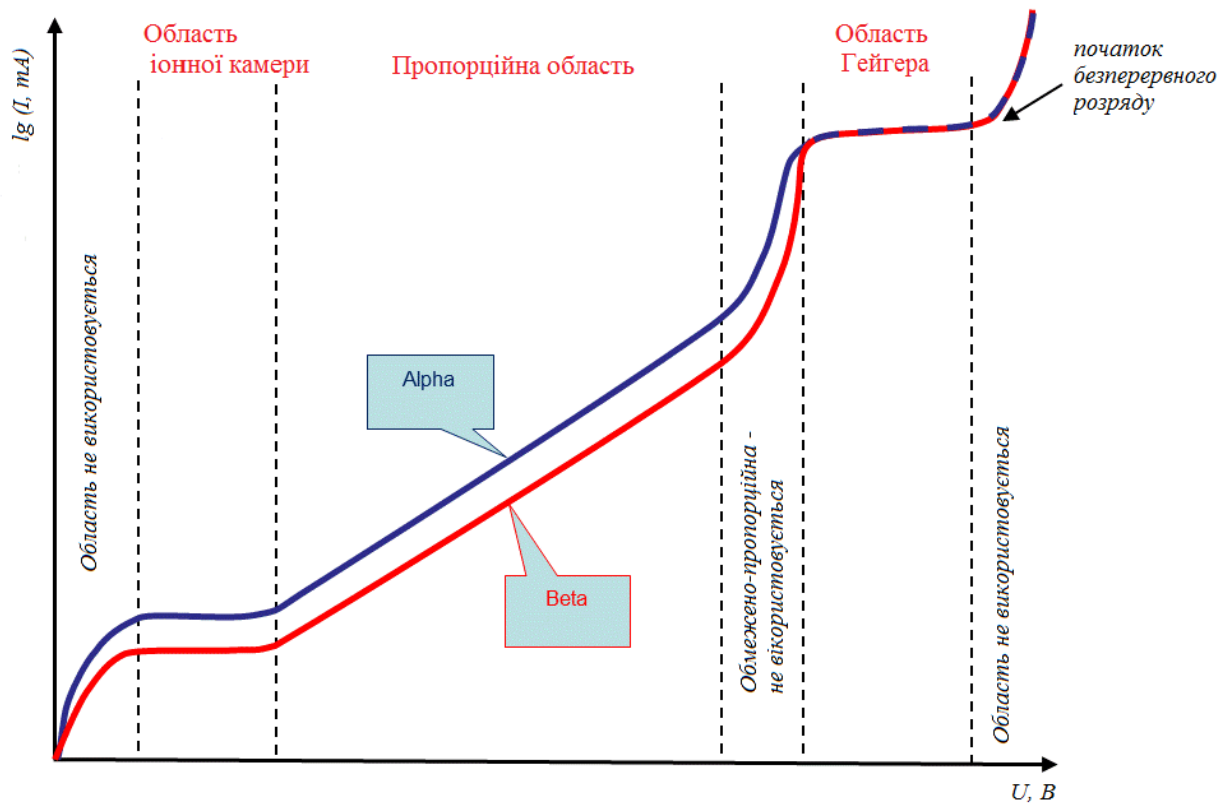


Рисунок 2.4 – Робочі області лічильника

У так званій «області іонної камери» посилення не відбувається, і, таким чином, виходить дуже мала кількість струму => слабкий сигнал. У міру збільшення напруги трубка входить в «пропорційну область», де вихідний струм залежить від вхідних енергії. Тобто, гамма-випромінювання 100 кеВ індукуює менше струму, ніж гамма-промені 1 МеВ.

У міру подальшого збільшення напруги посилення насичується, утворюючи «область Гейгера». Лічильники Гейгера працюють тут, так як він виробляє сильні, узгоджені сигнали, які не сильно відрізняються по напрузі. Всі частинки тепер генерують однакові імпульси, незалежно від енергії.

Узагальнена структурна схема системи визначення іонізуючого випромінювання приведена на рис. 2.5.

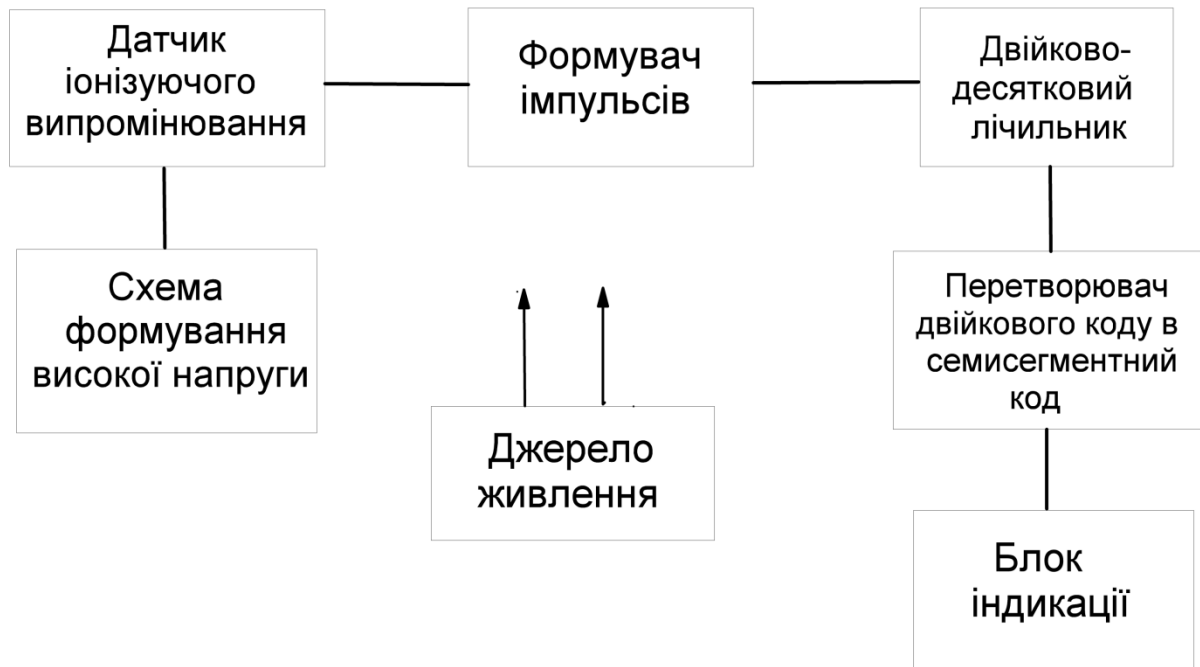


Рисунок 2.5 – Структурна схема приладу вимірювання рівня радіації

Пристрій вимірювання радіаційного фону включає датчик іонізуючого випромінювання, який вимірює радіаційний фон і передає його значення на блок індикації. Пристрій для формування імпульсів призначений для формування імпульсів відповідної форми і тривалості, які згодом підраховуються за певний період часу.

Для подачі високої напруги на електроди датчика необхідна схема формування високої напруги, яка являє собою автогенератор з підвищуючим трансформатором.

## 2.2 Розробка схеми формування високої напруги

Основу схеми формування високої напруги складає блокінг-генератор. Розглянемо його будову та принцип роботи на основі схеми, яка зображена на рис.2.5

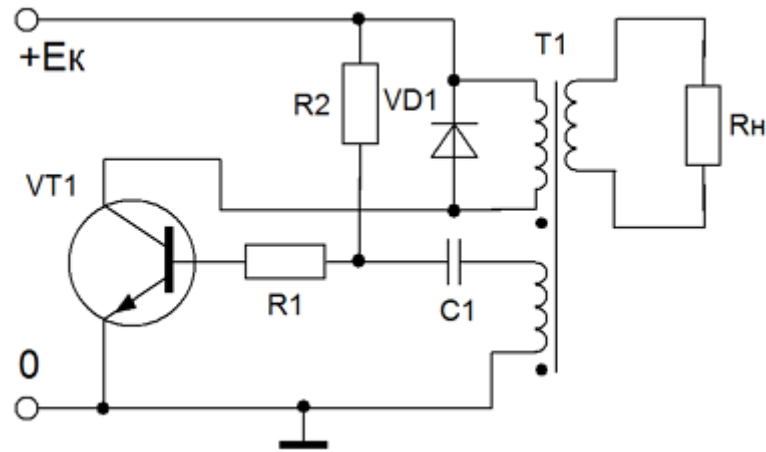


Рисунок 2.6 – Схема блокінг-генератора

Найпростіший блокінг-генератор складається з транзистора VT1 по схемі із загальним емітером, трансформатора зворотного зв'язку T1, діода VD1, ланцюжка R2C1, базового резистора R1 і опору навантаження Rн. Робота блокінг-генератора на основі тимчасових діаграм представлені на рис.2.7

Перша стадія (формування фронту імпульсу) починається в момент часу  $t_0$ , тобто в момент включення живлення або після закінчення періоду попереднього імпульсу. У цей момент транзистор виявляється замкнений, а конденсатор C1 починає заряджатися через резистор R2. У міру заряду конденсатора C1 збільшується напруга  $U_{BE}$  на базі транзистора VT1, що призводить до поступового відкриття транзистора і зростанню колекторного струму IC. Зростаючий струм колектора призводить до формування ЕРС в трансформаторі і на його затискачах формується зростаюча напруга і струм пропорційно току колектора транзистора VT1. Дана стадія закінчується в момент часу  $t_1$ , коли транзистор переходить повністю в режим насичення

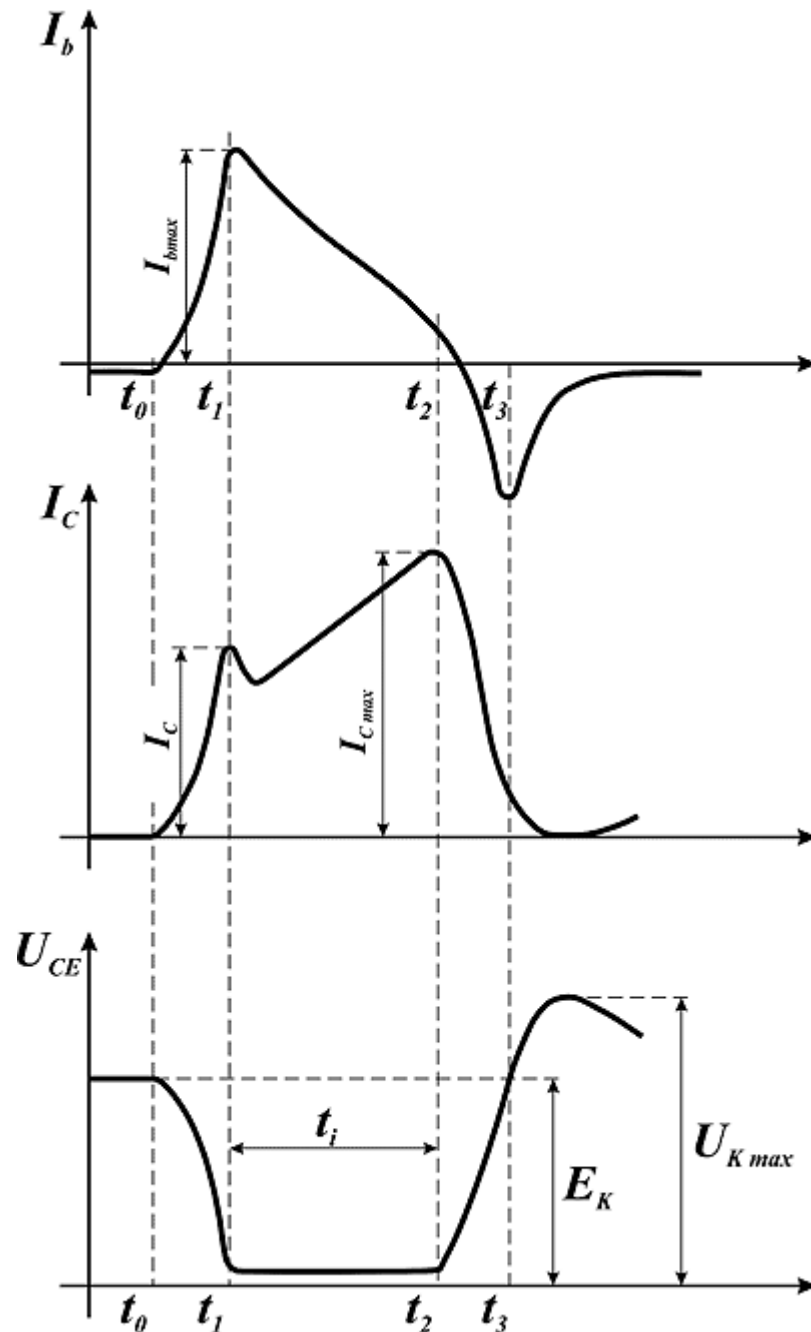


Рисунок 2.7 – Часові діаграми блокінг-генератора

Друга стадія (формування вершини імпульсу) починається в момент часу  $t_1$ . Після того як транзистор VT1 перейшов в режим насичення на нього вже мало впливає струм, що протікає через базу транзистора, тому наростання амплітуди імпульсу припиняється і починає формуватися плоска вершина імпульсу. В даний період часу напруга на затискачах трансформатора практично не змінюється, тому напруга на колекторі не

змінюється, але так як відбувається розряд конденсатора  $C1$  зменшується напруга на базі транзистора  $VT1$ , а отже і струм бази  $I_b$ . У міру зменшення струму бази  $I_b$  починає зменшуватися струм колектора  $I_C$ , але внаслідок індуктивного характеру колекторної навантаження, починає збільшуватися струм намагнічування трансформатора, а, отже, і колекторний струм транзистора  $VT1$ , в результаті напруга на колекторі залишається постійною деякий час, який залежить від параметрів трансформатора  $T1$ .

Третя стадія (формування зрізу імпульсу) починається в момент часу  $t2$ . В цей час струм підмагнічування зменшується і транзистор  $VT1$  починає закриватися під впливом зменшується струму бази  $I_b$ , внаслідок розряду конденсатора  $C1$ . Коли транзистор повністю закриється колекторний струм зменшиться практично до нуля і потенціал на висновках трансформатора  $T1$  також зменшиться, але внаслідок цього в обмотках трансформатора виникне струм зворотний току колектора  $I_C$  і відповідно струму бази  $I_b$ , що призведе до ще якнайшвидшому розряду конденсатора і утворення негативного сплеску напруги на базі. Негативний імпульс напруги на базі транзистора  $VT1$  ще швидше розрядить конденсатор, що зменшить тривалість зрізу імпульсу в порівнянні з фронтом.

Четверта стадія (відновлення) починається в момент часу  $t3$ . В цей час транзистор знаходиться в повністю закритому стані. В цей період часу відбувається розсіювання енергії в конденсаторі і трансформаторі, запасеної в третій стадії роботи блоку генератора. В цей період часу в трансформаторі можуть виникати деякі коливальні процеси (зміна напруги до рівня  $U_k \max$ ), що в загальному випадку небажані, тому для запобігання цього паралельно колекторної обмотки трансформатора включають різні демпфуючі ланцюги, в даному випадку цю роль виконує діод  $VD1$  [19-21].

### 2.2.1 Розрахунок блокінг-генератора

Як будь-яка електронна схема параметри роботи блокінг-генератора повністю залежать від величин складових елементів схем, тому для розрахунку блокінг-генератора необхідно задатися наступними вихідними характеристиками схеми: амплітуда імпульсів  $U_m$ , період проходження імпульсів  $T$ , тривалість імпульсу  $t_i$ , опір навантаження  $R_H$ .

Задамо наступні параметри для розрахунку: частота проходження імпульсів  $F = 50$  кГц, прогальність імпульсів  $Q = 0,2$ , амплітуда вихідних імпульсів  $U_m = 400$  В, опір навантаження  $R_H = 4$ МОм, напруга живлення схеми  $E_K = 9$  В.

1. Першим етапом розрахунку є визначення типу транзистора, як основного елемента схеми. Транзистор обирається за такими параметрами: максимально допустима напруга  $U_{CBmax}$ , максимально допустимий струм колектора  $I_{Cmax}$  і гранична частота  $f_{h21e}$ .

$$U_{CBmax} = 1,9 U_{жив} \quad (2.1)$$

$$U_{CBmax} = 17В$$

$$I_{Cmax} = 6U_{вих}^2 / R_H U_{жив} \quad (2.2)$$

$$I_{Cmax} = 26mA$$

$$f_{h21e} = 8F_{роб} \quad (2.3)$$

$$f_{h21e} = 400кГц$$

Оберемо транзистор КТ3117А. Це імпульсний високочастотний n-p-n транзистор. Призначений для використання в оперативних і постійних запам'ятовуючих пристроях та іншої радіоелектронної апаратури[22].

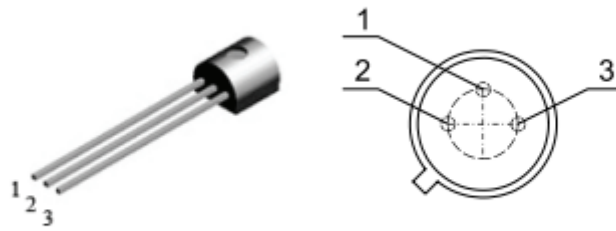


Рисунок 2.8 – Транзистор КТ3117А: 1 - база; 2 - емітер; 3- колектор

Характеристики транзистора:

- Структура n-p-n
- Максимально допустима (імпульсна) напруга колектор-база- 60 В
- Максимально допустима (імпульсна) напруга колектор-емітер- 60 В
- Максимально допустимий постійний (імпульсний) струм колектора- 400 (800) мА
- Максимально допустима постійна потужність колектора без тепловідводу - 0.3 Вт
- Статичний коефіцієнт передачі струму біполярного транзистора в схемі із загальним емітером 40-200
- Зворотний струм колектора  $\leq 10$  мкА
- Гранична частота коефіцієнта передачі струму в схемі з загальним емітером  $\Rightarrow 200$  МГц

2. Розрахуємо значення опору R1

$$2R_6 < R1 < 3R_6$$

$$R1 = 180 \text{ кОм}$$

3. Розрахуємо коефіцієнт трансформації

$$K_{\text{вих}} = 1,2 U_{\text{вих}} / U_{\text{жив}} \quad (2.4)$$

$$K_{\text{вих}} = 54$$



$$K_{\delta} = 0,85 U_{EBmax} / U_{жив} \quad (2.5)$$

$$K_{\delta} = 0,38$$

4. Розрахуємо параметри необхідні для визначення індуктивності первинної обмотки

$$T_{имп} = Q / F_{роб} \quad (2.6)$$

$$T_{имп} = 0,14 \text{ мс}$$

$$R'_H = R_H \setminus K^2_{вих} \quad (2.7)$$

$R'_H$  – приведений опір навантаження

$$R'_H = 1800 \text{ Ом}$$

$$R'_{\delta} = (R_{\delta} + R_1) / K^2_{\delta} \quad (2.8)$$

$$R'_{\delta} = 520 \text{ Ком}$$

$R'_{\delta}$  - приведений опір бази

$$R'_H \parallel R'_{\delta} = (R'_H * R'_{\delta}) / (R'_H + R'_{\delta}) \quad (2.9)$$

$$R'_H \parallel R'_{\delta} = 18 \text{ кОм}$$

5. Індуктивність розраховується за формулою:

$$L1 \geq T_{имп} / (I_{Cmax} / U_{жив} - 1 / R'_H \parallel R'_{\delta}) \quad (2.10)$$

$$L1 \geq 50 \text{ мГн}$$

6. Визначимо  $C1$  та  $R2$

$$C1 = T_{имп} / (R_{\delta} + R_1) \quad (2.11)$$

$$C1 = 2,2 \text{ мкФ}$$

$$R2 = (1 / F_{роб} - T_{имп}) / C1 * \ln(1 + K_{\delta}) \quad (2.12)$$

$$R2 = 360 \text{ Ом}$$

7. До колекторного кола транзистора, паралельно первинній обмотці необхідно додати демпфіруюче коло. Цю функцію виконує діод. Розрахуємо параметри, яким він повинен задовольняти.

$$I_{\text{діод}} \geq U_{\text{жив}} * T_{\text{імп}}/L1 \quad (2.13)$$

$$I_{\text{діод}} \geq 25\text{мА}$$

$$U_{\text{звор}} \geq U_{\text{жив}}$$

Обираємо діод КД102А[23]

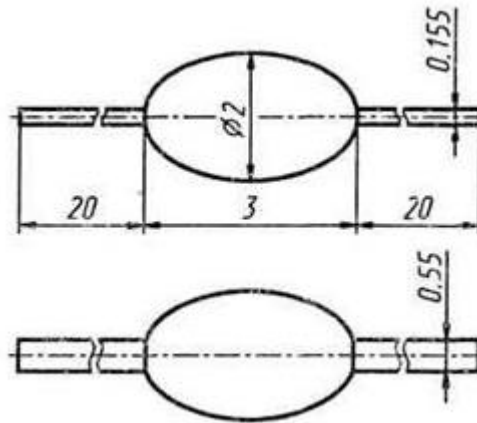


Рисунок 2.9 - діод КД102А

Основні технічні характеристики діода КД102А:

- $U_{\text{звор max}}$  - Максимальна постійна зворотна напруга: 250 В;
- $I_{\text{пр max}}$  - Максимальний прямий струм: 100 мА;
- $f_d$  - Робоча частота діода: 1 кГц;
- $U_{\text{пр}}$  - Постійне пряме напруга: не більше 1 В при  $I_{\text{пр}}$  100 мА;
- $I_{\text{звор}}$  - Постійний зворотний струм: не більше 0,1 мкА при  $U_{\text{звор}}$  250 В

8. Розрахуємо необхідний діаметр дротів. Кількість витків вторинної обмотки визначаємо з урахуванням коефіцієнта трансформації.

Трансформатор Т1 намотують на кільцевому сердечнику М3000НМ (нікель-марганцевий ферит) типорозміру К16 х 10 х 4,5 мм (зовнішній діаметр х внутрішній діаметр х висота). Гострі ребра сердечника загладжують шкіркою і покривають електрично і механічно міцною ізоляцією, наприклад, обмотують тонкою лавсановою або фторопластовою стрічкою.

Першою намотують обмотку I, вона містить 420 витків дроту ПЕВ-2-0,07. Намотування ведуть майже виток до витка, в одну сторону, залишаючи між її початком і кінцем проміжок в 1 ... 2 мм. Обмотку I покривають шаром

ізоляції і поверх намотують обмотку II - 8 витків дроту діаметром 0,15 ... 0,2 мм в будь-якій ізоляції - і обмотку III - 3 витка тим же проводом. Обмотки II і III повинні бути розподілені по сердечнику можливо рівномірніше. Виготовлений трансформатор покривають шаром гідроізоляції. На плату трансформатор кріплять гвинтом М3 з використанням двох еластичних (що не продавлюють обмотки) шайб.

### 2.3 Схема формування одиничних імпульсів

З навантаження детектора – резистора, імпульси надходять на формувач, зібраний на логічних елементах DD1.1 і DD1.2 за схемою одно-вібратора. Одно-вібратори відносяться до групи регенеративних схем. Цей клас імпульсних пристроїв здійснює формування інтервалів часу заданої тривалості з вхідного імпульсу, невизначеної (але досить короткої) тривалості. Для реалізації пристрою з коефіцієнтом передачі більше одиниці необхідно охопити регенеративним (позитивної) зворотним зв'язком[24].

Схема одно-вібратора приведена на рис. 2.10. Одно-вібратор побудовано на двох елементах логіки типу 2 І-НЕ шляхом введення позитивного зворотного зв'язку (вихід другого елемента з'єднано з входом першого). У початковому стані на виході елемента DD2 є рівень 1, а на виході елемента DD1 - логічний 0, так як на обох його входах є 1 (запускаючи імпульси представляють негативний перепад напруги). При надходженні на вхід запускаючого негативного перепаду напруги на виході першого елемента з'явиться рівень 1. Позитивний перепад через ємність С надійде на вхід другого елемента. При цьому ємність С почне заряджатися через резистор R. Елемент DD2 інвертує цей сигнал, і рівень 0 по ланцюгу зворотного зв'язку подається на другий вхід елемента DD1.

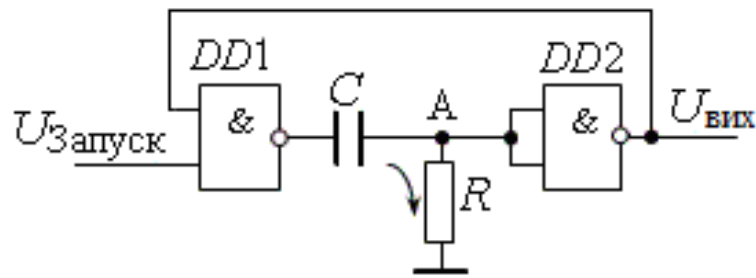


Рисунок 2.10 – Схема одновібратора

На виході елемента DD2 підтримується рівень 0 до тих пір, поки падіння напруги на резисторі R не знизиться до величини  $U_{пор}$  в процесі заряду конденсатора C (рис. 2.10). Тривалість вихідного імпульсу одновібратора може бути визначена за допомогою виразу

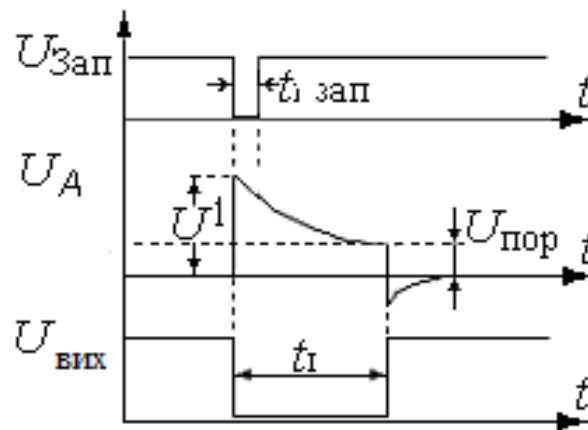


Рисунок 2.11 – Часові діаграми одновібратора

В даній схемі одновібратора опір R і ємність C є часовизначним RC КОЛОМ

$$t_i = C (R + R_{вих}) \ln(U^1/U_{пор})$$

де  $R_{вих}$  - вихідний опір першого елемента;

$U_{пор}$  – порогова напруга логічного елемента.

$$t_i \approx 0,7 \cdot R \cdot C \approx 0,7 \cdot 200 \cdot 10^3 \cdot 1000 \cdot 10^{-12} \approx 0,14 \text{ мс}$$

Моделювання одновібратора в EWB на логічних елементах І-НІ представлено на рисунку 2.12

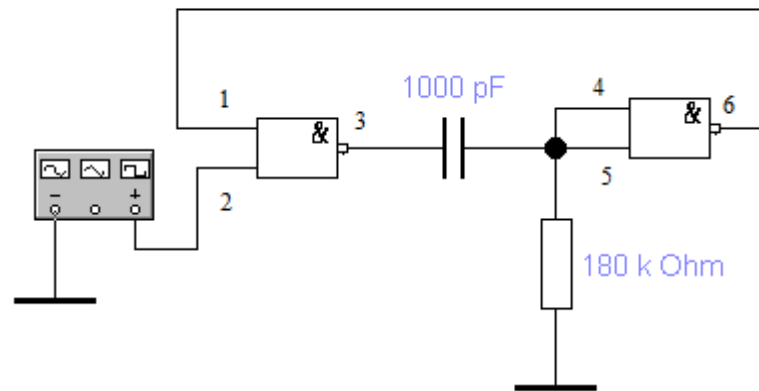


Рисунок 2.12 - Моделювання одновібратора в EWB на логічних елементах І-НІ

Для реалізації одновібратора використаємо мікросхему КА155ЛА3, яка складається з логічних елементів І-НІ та проведемо аналіз вихідного сигналу.

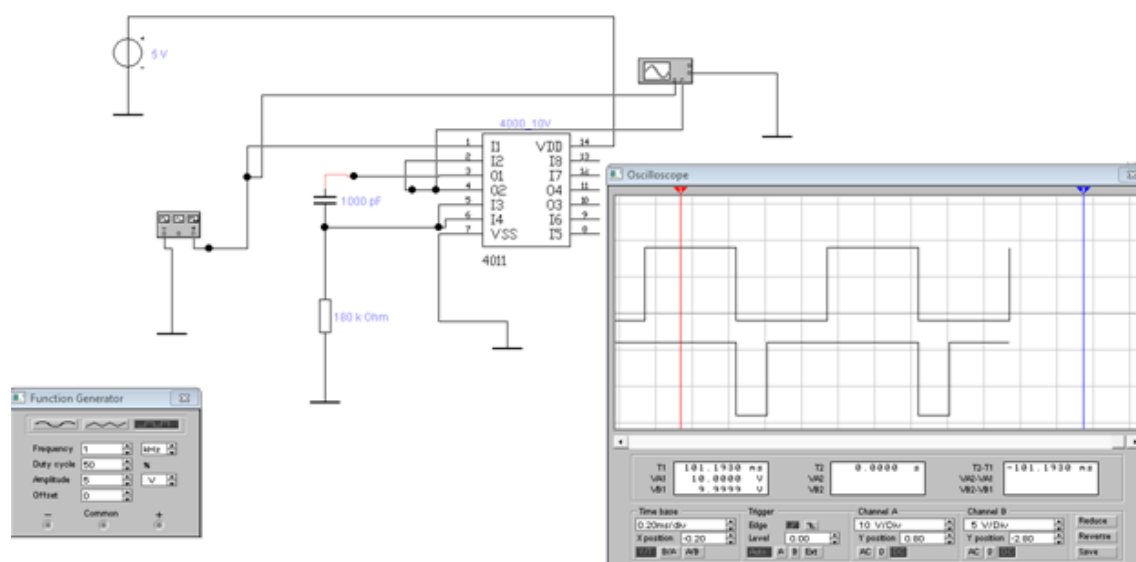


Рисунок 2.13 - Реалізація одновібратора на мікросхемі КА155ЛА3

Тривалість вихідного імпульсу одновібратора складає приблизно 0,14 мкс, що за розрахунками близько до «мертвого» часу лічильника.

З одновібратора сигнал передається на основний блок дозиметра – чотирьохрозрядний десятковий лічильник.

#### 2.4 Розробка чотирьохрозрядного двійково-десяткового лічильника

Двійково-десяткові лічильники мають  $k_{\text{рах}}=10$ . Їх синтезують на основі чотирьох розрядного лічильника, виключаючи  $N=2^m - k_{\text{рах}} = 16-10=6$  надлишкових станів. У різних варіантах схем одному і тому же десятковому числу можуть відповідати різні кодові комбінації, тобто різні варіанти лічильників працюють в різних двійково-десяткових кодах[25]. Синтез двійково-десяткового лічильника можливо здійснити відповідно таблиці станів(табл.2.2).

Таблиця 2.2 – Таблиця станів двійково-десяткового лічильника

n	Q4 <sup>n</sup>	Q3 <sup>n</sup>	Q2 <sup>n</sup>	Q1 <sup>n</sup>	Q4 <sup>n+1</sup>	Q3 <sup>n+1</sup>	Q2 <sup>n+1</sup>	Q1 <sup>n+1</sup>
0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	1	0	0	1	0
2	0	0	1	0	0	0	1	1
3	0	0	1	1	0	1	0	0
4	0	1	0	0	0	1	0	1
5	0	1	0	1	0	1	1	0
6	0	1	1	0	0	1	1	1
7	0	1	1	1	1	0	0	0
8	1	0	0	0	1	0	0	1
9	1	0	0	1	0	0	0	0

Складемо карти Карно для функцій переходів тригерів кожного розряду (рис.2.14)

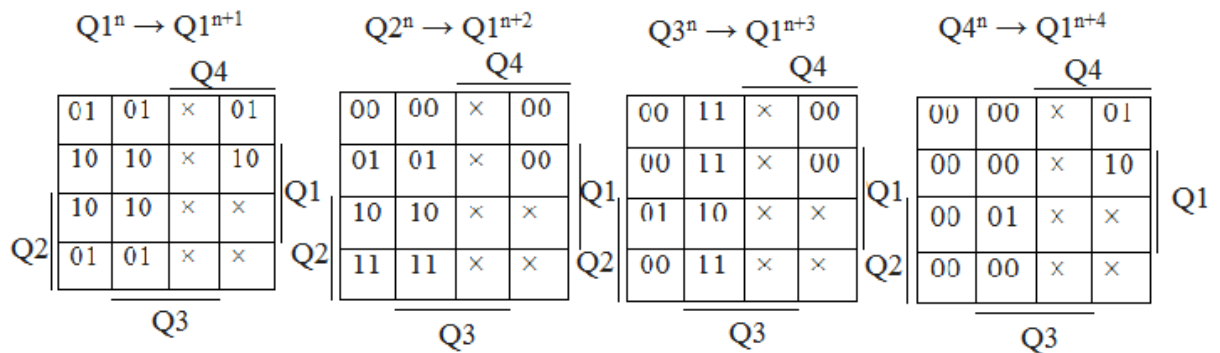


Рисунок 2.14 – Карти функцій переходів тригерів двійково-десятькового лічильника

Обираємо JK – тригер для побудови лічильника. Використовуючи словник переходів JK – тригер (рис.2.14), для кожного входу тригера складаються карти Карно (рис.2.15)

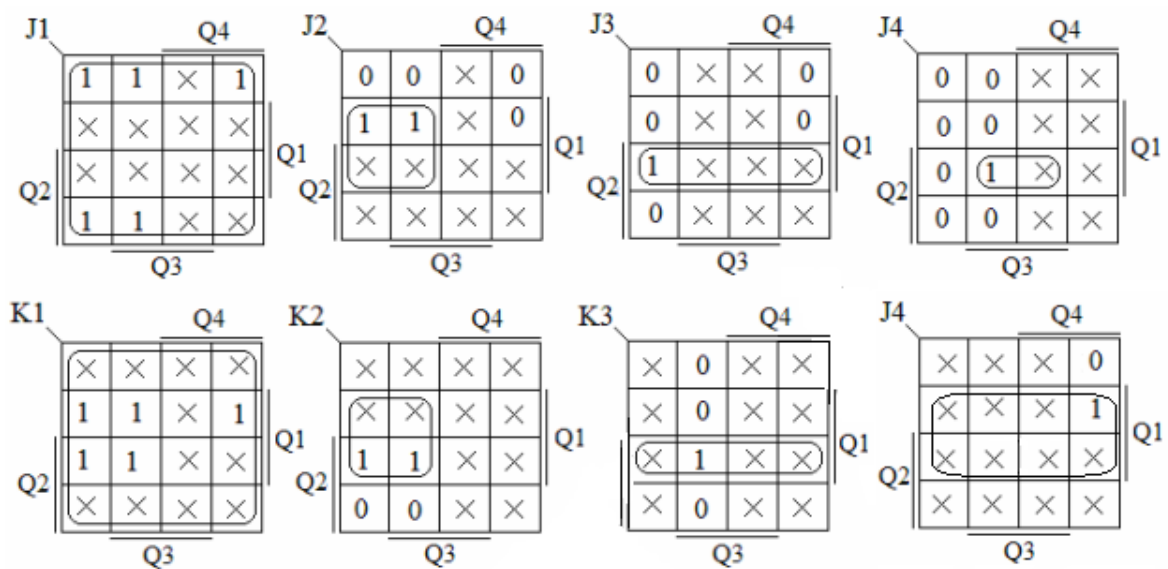


Рисунок 2.15- Карти Карно функцій входів тригерів лічильника

Функції входів лічильника мають вигляд:

$$J1 = 1; \quad J2 = \bar{Q}4Q1; \quad J3 = Q2Q1; \quad J4 = Q3Q2Q1$$

$$K1 = 1; \quad K2 = \bar{Q}4Q1; \quad K3 = Q2Q1; \quad K4 = Q1$$

Схема двійково-десятькового лічильника предсталена на рисунку 2.16

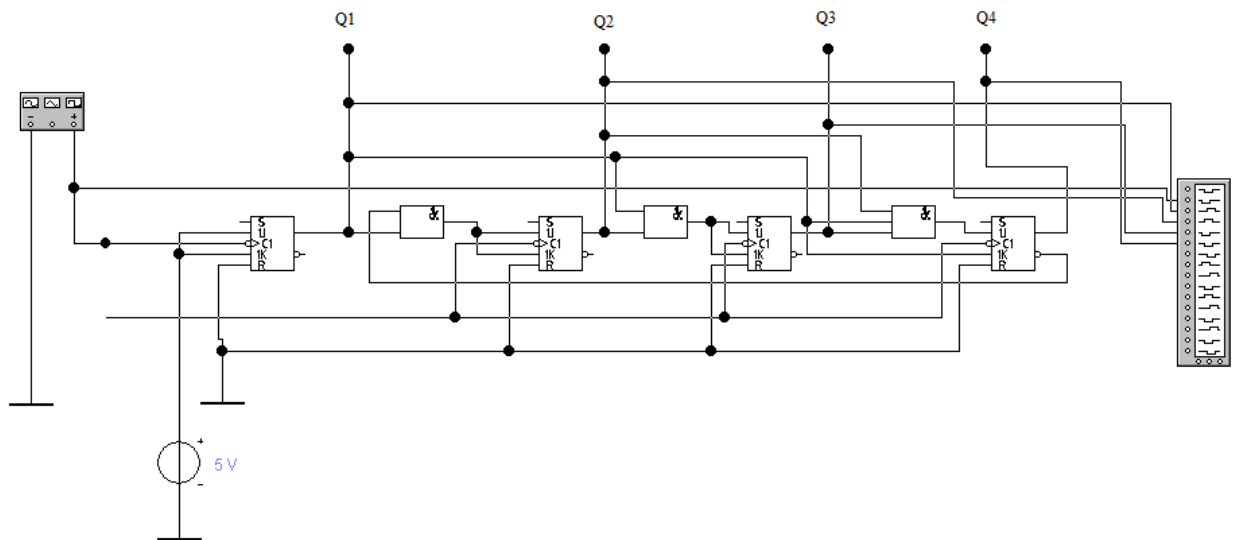


Рисунок 2.16 – Моделювання двійково-десятькового лічильника на логічних елементах

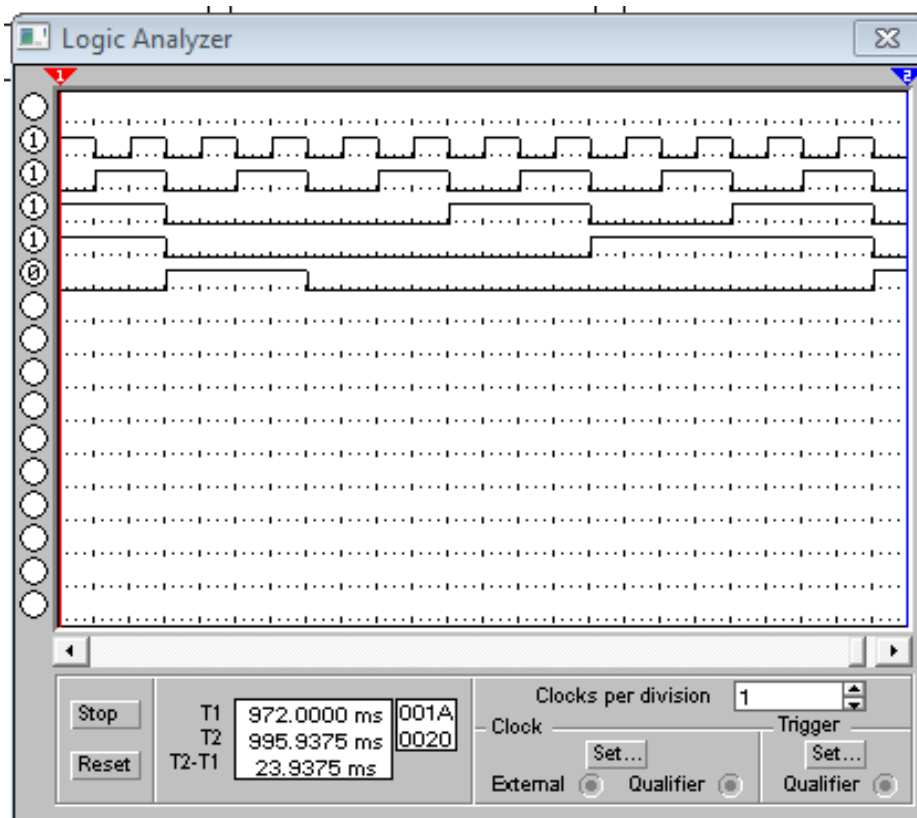


Рисунок 2.17 – Діаграма функціонування лічильника



Для реалізації лічильника оберемо мікросхему К155ИЕ2

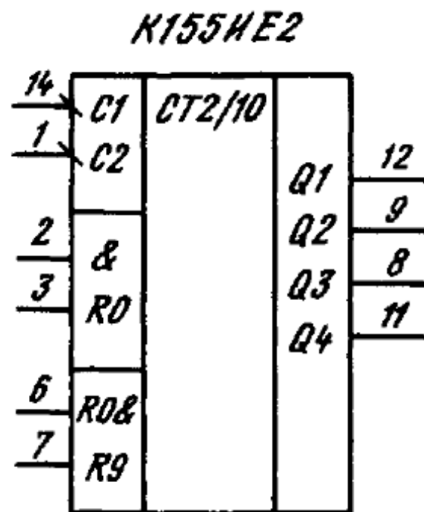


Рисунок 2.18 – Зовнішній вигляд мікросхеми К155ИЕ2

Мікросхема є двійково-десятковим чотирирозрядним лічильником. Кожна ІМС складається з чотирьох тригерів, внутрішньо з'єднаних. Аналогом мікросхеми К155ИЕ2 є мікросхема 7490 яка включає подільник на 2 та подільник на 5.

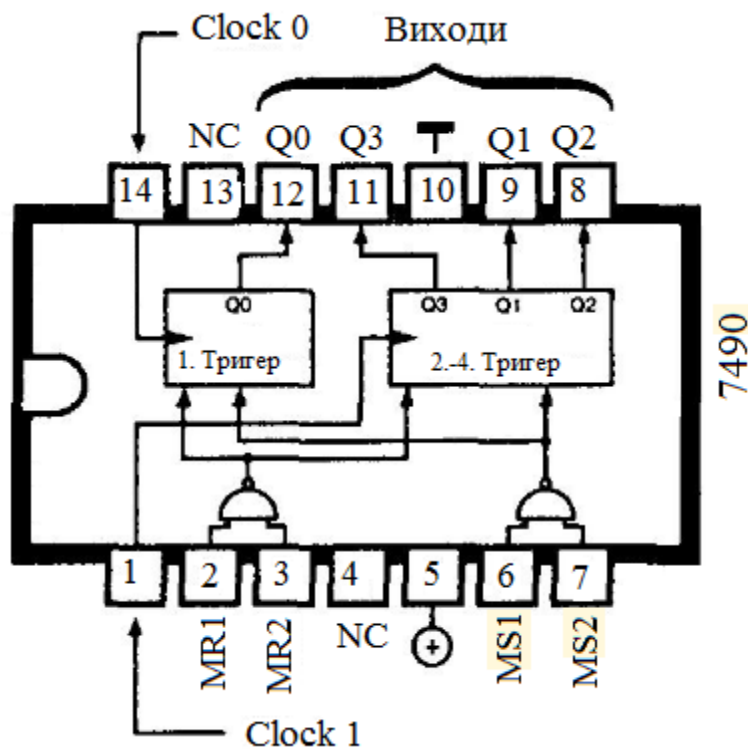


Рисунок 2.19 – Зовнішній вигляд мікросхеми 7490

Всі тригери мікросхеми 7490 мають спільний вхід скидання Reset, за допомогою якого показання лічильників можуть встановлюватися на 0 в будь-який час.

Перший тригер мікросхеми 7490 внутрішньо не пов'язаний з іншими ступенями, завдяки чому можливі такі варіанти використання:

- рахунок до 10. Вихід Q0 з'єднується з входом тактових імпульсів Clock1. Вхідний сигнал подається на вхід Clock0, а вихідний знімається з виходу Q3. Ця схема рахує в двійковому коді до 9 і на десятому імпульсі повертається в стан 0. Виводи 2, 3 і 6, 7 повинні бути при цьому з'єднані із загальним проводом;

- рахунок до 2 і до 5. У цьому випадку перший тригер використовується в якості подільника на 2 (2: 1), а другий, третій і четвертий тригери - як подільники на 5 (5: 1);

- симетричний двійково-п'ятирічний дільник 10: 1. Вихід Q3 з'єднаний з входом Clock0. В якості входу тактових імпульсів використовується Clock1. У цьому випадку на виході Q0 отримують імпульсний сигнал прямокутної форми з частотою в 10 разів меншою, ніж на вході.

Перемикання мікросхеми 7490 завжди відбувається по негативному фронту тактового імпульса. Через входи MS1 і MS2 здійснюється початкова установка.

Таблиця 2.3 – Параметри мікросхеми

Максимальна робоча частота першого тригера, МГц	32
Максимальна робоча частота тригерів 2-4, МГц	16
Струм споживання, мА	32

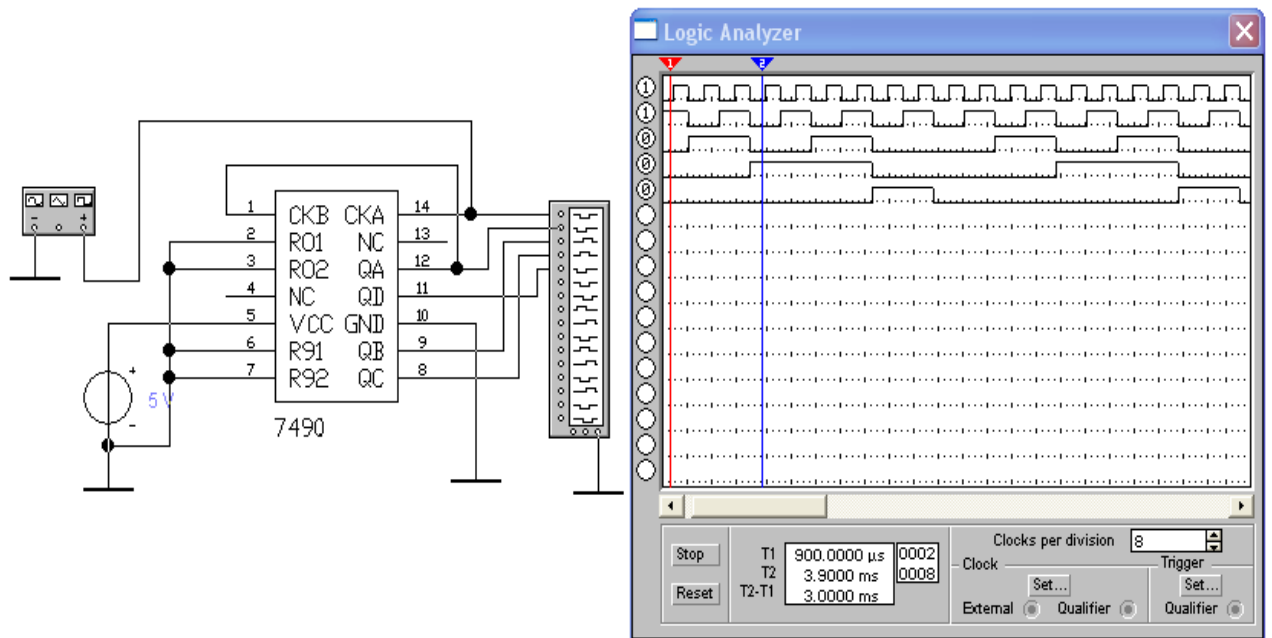


Рисунок 2.20 – Підключення мікросхеми в середовищі EWB

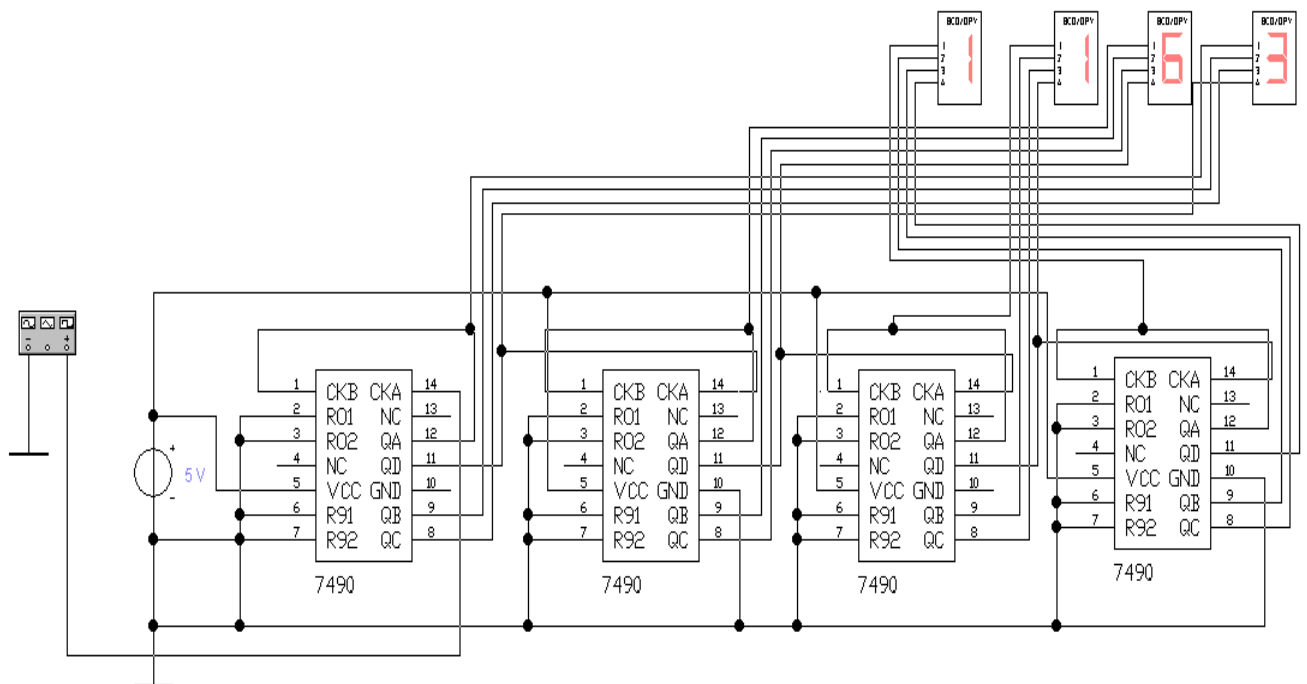


Рисунок 2.21 – Моделювання лічильника в електронному середовищі EWB

## 2.5 Перетворення двійкового коду в семи сегментний код

Дешифратори дозволяють перетворювати одні види бінарних кодів в інші. Наприклад, перетворювати позиційний двійковий код в лінійний восьмиричний. Перетворення проводиться за правилами, описаним в таблицях істинності, тому побудова дешифраторів не представляє труднощів. Для побудови дешифратора можна скористатися правилами синтезу логічних схем для довільної таблиці істинності. Для відображення десяткових і шістнадцятиричних цифр часто використовується семисегментний індикатор. Зображення семисегментного індикатора і назва його сегментів приведено на рисунку 2.22.

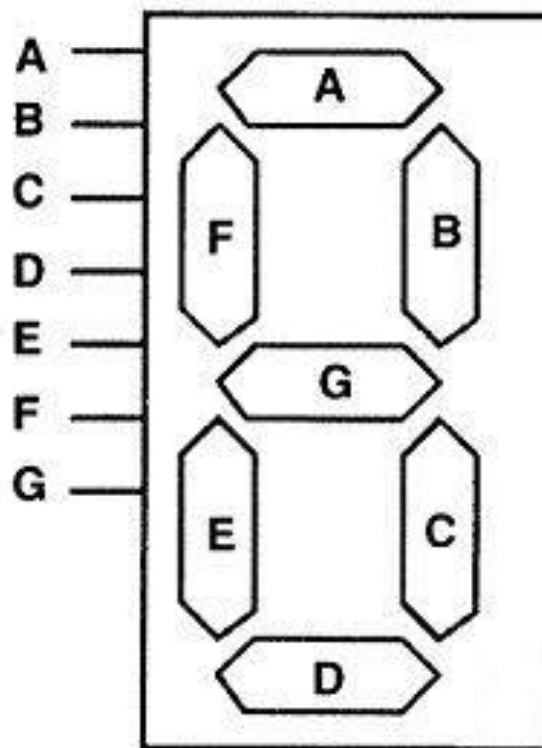


Рисунок 2.22 – Зображення семи сегментного індикатора та назви його сегментів

Для зображення на такому індикаторі цифри 0 досить запалити сегменти a, b, c, d, e, f. Для зображення цифри "1" запалюють сегменти b і c. Точно таким же чином можна отримати зображення всіх інших десяткових

або шістнадцятирічних цифр. Всі комбінації таких зображень отримали назву семисегментного коду.

Складемо таблицю істинності дешифратора, який дозволить перетворювати двійковий код в семисегментний. Нехай сегменти запалюються нульовим потенціалом. Тоді таблиця істинності семисегментного дешифратора прийме вигляд, наведений в таблиці 2.4. Конкретне значення сигналів на виході дешифратора залежить від схеми підключення сегментів індикатора до виходу мікросхеми.

Відповідно до принципів побудови довільної таблиці істинності по довільній таблиці істинності отримаємо принципову схему семисегментного дешифратора, що реалізує таблицю істинності, наведену в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Таблиця істинності семисегментного дешифратора

Вхід				Вихід						
8	4	2	1	a	b	c	d	e	f	g
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1
0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0
0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0
0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0
0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0

Отримана принципова схема семисегментного дешифратора приведена на малюнку 2.24.

Для полегшення розуміння принципів роботи схеми на виході логічних елементів "Г" показані номери рядків таблиці істинності, що реалізуються ними.

Наприклад, на виході сегмента 'a' логічна одиниця з'явиться тільки при подачі на вхід комбінації двійкових сигналів 0001 (1) та 0100 (4). Це здійснюється об'єднанням відповідних ланцюгів елементом "2АБО".  
На виході сегмента 'b' логічна одиниця з'явиться тільки при подачі на вхід комбінації двійкових сигналів 0101 (5) і 0110 (6), і так далі.

В даний час семисегментні дешифратори випускаються у вигляді окремих мікросхем або використовуються у вигляді готових блоків у складі інших мікросхем. Умовно-графічне позначення мікросхеми семисегментного дешифратора наведено на рисунку 2.23.

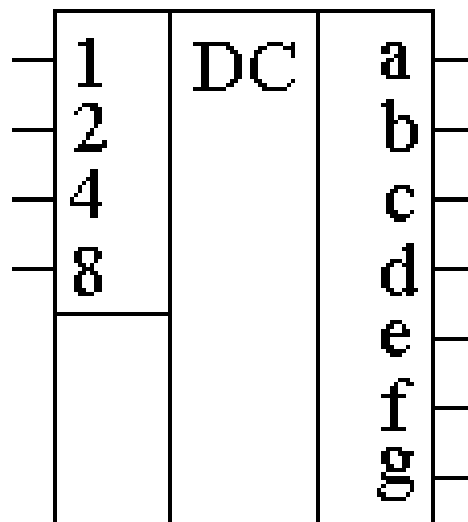


Рисунок 2.23 – Умовно-графічне зображення семисегментного дешифратора

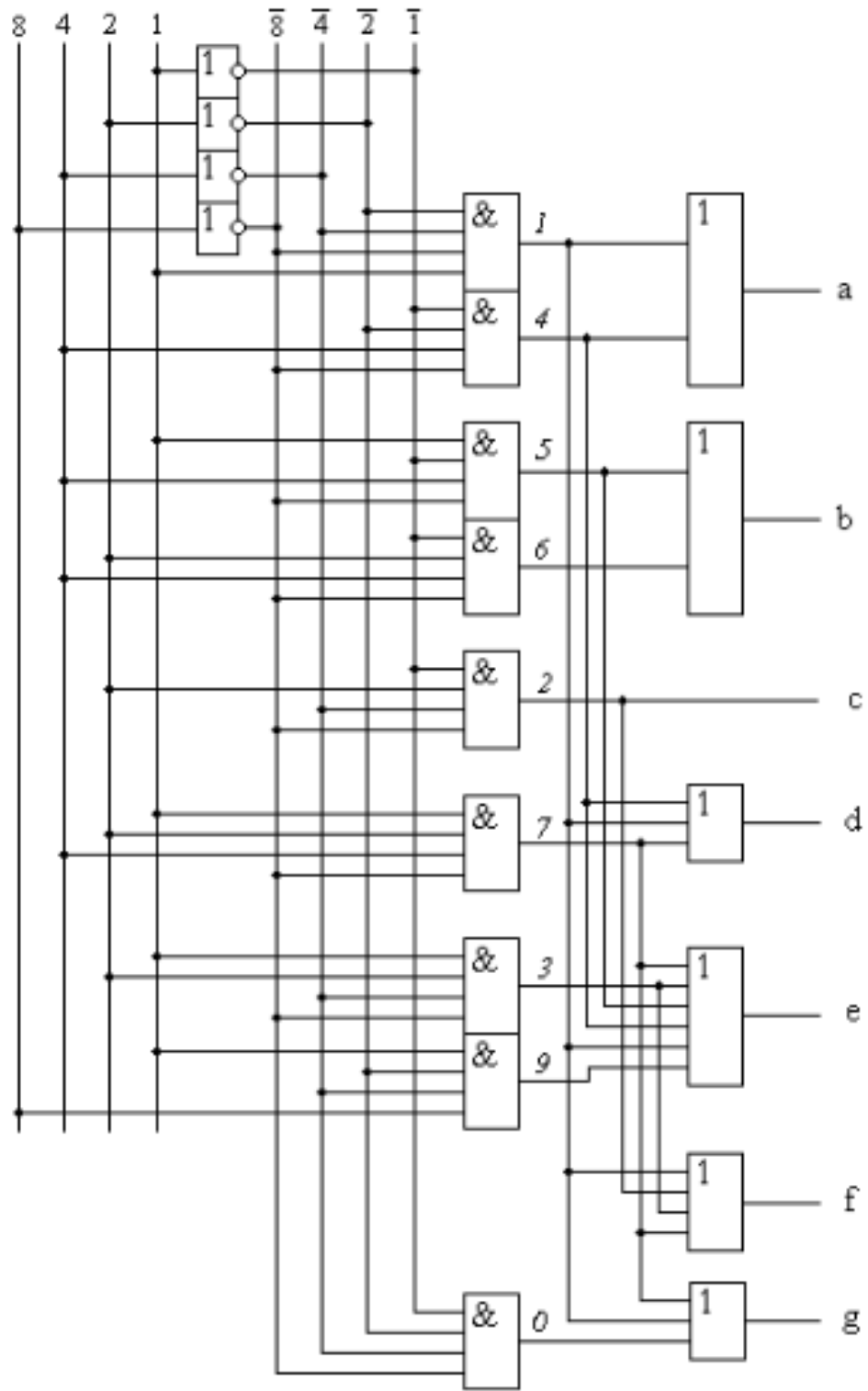


Рисунок 2.24 – Принципова схема семисегментного дешифратора

У якості семисегментного дешифратора було обрано мікросхему 7445 (рисунок 2.25)

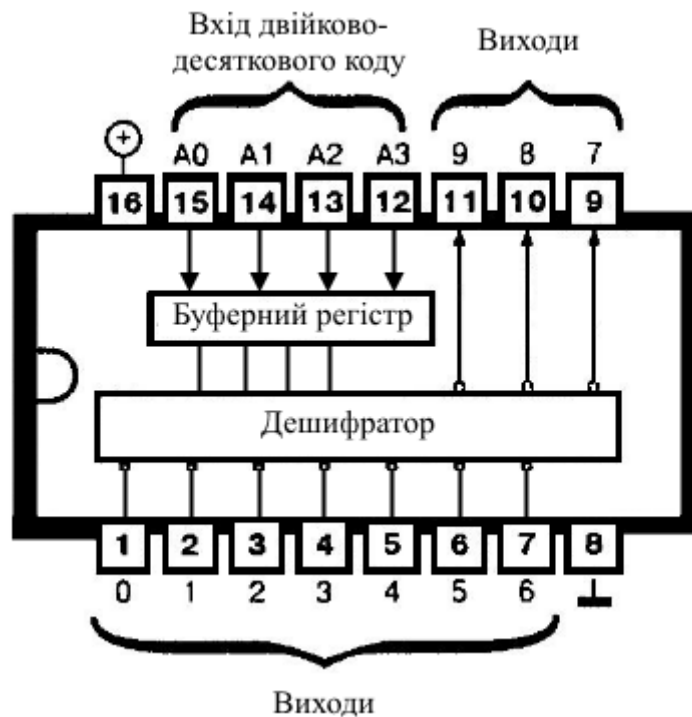


Рисунок 2.25 – Умовне зображення мікросхеми 7445

Мікросхема 7445 декодує стандартний 4-розрядний двійково-десятьковий код в сигнал низького рівня на одному з десяти виходів. Мікросхема 7445 також дозволяє перетворити трьохрозрядний код в сигнал на одному з восьми виходів.

Дані, зашифровані в двійково-десятьковому коді, надходять на виводи 12 - 15: молодший розряд  $2^0 = 1$  - на вхід A0, розряд  $2^1 = 2$  - на вхід A1, розряд  $2^2 = 4$  - на вхід A2 і розряд  $2^3 = 8$  - на вхід A3. При надходженні сигналу на зазначені входи, на відповідному виході встановлюється напруга низького рівня, при цьому на інших виходах формується напруга високого рівня. Якщо, наприклад, входи A0 = 1, A1 = 1, A2 = 1 (логічна 1 представляється сигналом високого рівня напруги H) і вхід A3 = 0 (логічний 0 еквівалентний сигналу низького рівня L), то на виході 7 (вивід 9) встановлюється напруга низького рівня, а на інших виходах формується напруга високого рівня. Якщо на вхід надходить помилковий двійково-десятьковий код (більше 1001), то на всіх виходах встановлюється напруга високого рівня. Для роботи мікросхеми 7445 необхідно підключити



зовнішній опір між використовуваним виходом і ланцюгом живлення (максимум +30 В). Напруга живлення мікросхеми при цьому має становити +5 В. Максимальний струм мікросхеми 7445 на виході, що має напругу низького рівня, становить 80 мА. При використанні мікросхеми 7445 в якості дешифратора 1 з 8 вхід А3 (вивід 12) з'єднують із загальним проводом. По розташуванню виходів дана мікросхема аналогічна 74145, яка має максимальну вихідну напругу +15 В [24].

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики мікросхеми 7445

Максимальна вихідна напруга, В	30
Час затримки проходження сигналу, нс	50
Струм споживання, мА	43

Розробка мікроелектронного приладу для визначення рівня радіації проводилась з урахуванням сучасних вимог до приладів вимірювання неелектричних величин. Було обрано найбільш оптимальні методи рішення найважливіших питань. Так як для людського організму найбільш небезпечним типом радіоактивного випромінювання вважаються гамма кванти, за рахунок високої проникаючої здатності, а потім у напрямку зменшення, бета-частинки і альфа-частинки, тому лічильник Гейгера – Мюллера розроблено саме для виявлення гамма квантів та бета-частинок, але лише в тому випадку, коли їх енергії досить для проходження через матеріал контейнера лічильника. Для подачі високої напруги на електроди датчика розроблено схему формування високої напруги, яка являє собою автогенератор з підвищуючим трансформатором. Одновібратор здійснює формування інтервалів часу заданої тривалості з вхідного імпульсу, невизначеної (але досить короткої) тривалості. Для реалізації пристрою з

коефіцієнтом передачі більше одиниці необхідно охопити регенеративним (позитивної) зворотним зв'язком.

Обрана елементна база, за рахунок своїх характеристик, а саме діапазону робочих температур, робить даний прилад придатним для роботи в будь-яких погодних умовах.

### 3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ДАТЧКА РАДІАЦІЙНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

#### 3.1 Реєстрація радіаційного випромінювання

Датчик радіаційного випромінювання представляє собою необхідний для виконання поставленої задачі елемент, який включено в загальну схему відповідно конструкторській документації, що до розробки певного пристрою.

Реєструючий пристрій являє собою герметичний балон або контейнер, який наповнюється інертним газом, це може бути неон, аргон і т.д. Такий контейнер може бути виготовлений з металу або скла, причому газ в ньому перебувати під низьким тиском, це робиться спеціально, щоб спростити процес реєстрації зарядженої частинки. Всередині контейнера розташовані два електроди (катод і анод) на які подається висока напруга постійного струму через спеціальний навантажувальний резистор.

Головна відмінність полягає в тому, що газорозрядний лічильник наповнений інертним газом при зниженому тиску (15-75 гПа), а мала площа анода порівняно з поверхнею катода сприяє утворенню поблизу анода силових ліній, що мають велику щільність. Тому в цій частині напруга електричного поля досягає значень зони Гейгера.

Розрізняють самогасні й самонегасні лічильники. У самонегасних лічильниках Гейгера-Мюллера розряд припиняється включенням у схему високоомного опору для зняття прикладеної напруги. У самогасних лічильниках для розривання розряду в газ добавляють пари спирту або галогенів, наприклад бром, фтор, які звільняють газовий об'єм лічильника

від важких позитивно заряджених іонів. Рухливість цих іонів мала, вони блокують катод, тим самим збільшуючи “мертвий час” лічильника (час, протягом якого лічильник не реєструє  $\gamma$ -випромінювання чи  $\beta$ -частинку). Для таких лічильників “мертвий час” дорівнює  $\approx 10^{-4}$  с.

Враховуючи певні особливості розробленого приладу, в ньому необхідно було реалізувати датчик радіаційного випромінювання та подальший рахунок імпульсів.

То ж вибір оптимальної будови структурної схеми найбільшою мірою залежить від вибору оптимальних умов співвідношення чутливості датчика, габаритних розмірів розробленого приладу, та його класу точності.

Порівняємо ці умови за наступними критеріями:

За кількістю використаних елементів;

за точністю;

за вартістю.

### 3.2 Обґрунтування вибору датчика вимірювання радіаційного випромінювання

До датчика випромінювання пред'являються наступні вимоги, які дозволяють більш плідно вести роботу зі створення даного пристрою:

- площа вхідного вікна;
- чутливість датчика;
- робоча напруга;
- температура експлуатації;
- вартість;
- робочий ресурс датчика.

Для вибору датчика випромінювання проаналізуємо ієрархії чотирьох варіантів (таблиця 3.1), враховуючи шкалу відносної важливості (таблиця 3.2).

Таблиця 3.1 – Можливі варіанти використання детектора радіаційного випромінювання

	Датчик випромінювання
A	СБМ-20
B	СБМ-21
C	СБМ-10
D	Бета-2

Таблиця 3.2 - Шкала відносної важливості

Інтенсивність відносної важливості	Визначення
1	рівна важливість
3	помірна перевага
5	сильна перевага
7	значна перевага
9	дуже сильна перевага
2,4,6,8	проміжні судження

$$X_i = \frac{\sqrt[6]{\prod_{i=1}^6 \omega_i}}{\sum_{i=1}^6 \sqrt[6]{\prod_{i=1}^6 \omega_i}}, \quad \sum - \text{сума по стовпці} \sqrt[6]{\prod_{i=1}^6 \omega_i};$$

Таблиця 3.3 – Попарне порівняння критеріїв

Критерій	1	2	3	4	5	6	$\sqrt[6]{\prod_{i=1}^6 \omega_i}$	$X_i$
1. Площа вхідного вікна	1	1/5	1	3	3	3	1,324	0,18
2. Чутливість	5	1	3	7	3	1	2,685	0,365
3. Робоча напруга	1	1/3	1	5	3	1/3	1,088	0,147
4. Температура експлуатації	1/3	1/7	1/5	1	1/5	1/5	0,269	0,036
5. Робочий ресурс	1/3	1/3	1/3	5	1	5	0,987	0,134
6. Вартість	1/3	1	3	5	1/5	1	1	0,135
$\Sigma$							7,353	1

Порівняння проводимо так: відносна вага кожного критерію самого до себе дорівнює 1. Почнемо з критерію «габаритні розміри»: відносно критерію «енергоспоживання» він має значну перевагу (за табл.3.2 оцінка – 7), тоді в 2-й строці, 4-му стовпчику ставимо 7, а в 4-й строці, 2-му стовпчику ставимо 1/7. Так само порівнюючи кожний критерій з іншими, заповнюємо таблицю 3.3. Далі в кожній строчці перемножуємо усі 6 значень і беремо з цього добутку корінь 6-го ступеню – так заповнюємо стовпчик  $\sqrt[6]{\prod_{i=1}^6 \omega_i}$ ; знаходимо

суму по цьому стовпчику  $\Sigma$ , знаходимо  $X_i = \frac{\sqrt[6]{\prod_{i=1}^6 \omega_i}}{\sum_{i=1}^6 \sqrt[6]{\prod_{i=1}^6 \omega_i}}$  для кожної строки і

заповнюємо стовпчик  $X_i$ .

Далі аналогічно складаємо 6 матриць попарних порівнянь альтернатив стосовно кожного критерію (таблиці 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9).

Оскільки тепер порівнюються 4 види датчиків по одному критерію, то  $i = 1, 2, 3, 4$ ;

$$X_i = \frac{\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}}{\sum_{i=1}^4 \sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}}; \sum - \text{сума по стовпці } \sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}.$$

Таблиця 3.4 – Порівняння альтернатив по критерію «площа вхідного вікна»

Фотодіоди	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	$X_i$
A	1	7	5	6	3,806	0,639
B	1/7	1	1/3	1/3	0,354	0,059
C	1/5	3	1	3	1,158	0,194
D	1/6	3	1/3	1	0,638	0,107
$\sum$					5,956	1,00

Таблиця 3.5 – Порівняння альтернатив по критерію «чутливість»

Фотодіоди	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	$X_i$
A	1	3	7	9	3,707	0,659
B	1/3	1	3	5	1,495	0,265
C	1/7	1/3	1	2	0,095	0,016
D	1/9	1/5	1/2	1	0,324	0,057
$\sum$					5,621	1,00

Таблиця 3.6 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «робоча напруга»

Фотодіоди	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	$X_i$
A	1	5	1/7	1/3	0,698	0,118
B	1/5	1	1/7	1/9	0,234	0,039
C	7	7	1	1/2	2,224	0,379
D	3	9	2	1	2,71	0,461
$\Sigma$					5,866	1,00

Таблиця 3.7 – Порівняння альтернатив по критерію «температура експлуатації»

Фотодіоди	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	$X_i$
A	1	1/3	3	3	1,316	0,228
B	3	1	7	7	3,482	0,603
C	1/3	1/7	1	1/3	0,354	0,061
D	1/3	1/7	3	1	0,614	0,106
$\Sigma$					5,766	1,00

Таблиця 3.8 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «робочий ресурс»

Фотодіоди	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	$X_i$
A	1	5	1/5	1/7	0,614	0,099
B	1/5	1	1/7	1/7	0,24	0,038
C	5	7	1	1/3	1,85	0,299
D	7	7	3	1	3,482	0,562
$\Sigma$					6,186	1,00



Таблиця 3.9 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «вартість»

Фотодіоди	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	$X_i$
A	1	5	1	1/7	0,919	0,142
B	1/5	1	1/5	1/7	0,48	0,074
C	1	5	1	1/3	1,56	0,242
D	7	7	3	1	3,482	0,54
$\Sigma$					6,441	1,00

Глобальний пріоритет для кожної альтернативи обчислюється як сума добутків кожного локального пріоритету на його ваговий коефіцієнт. В таблиці 3.10 строка «вага» - це стовпчик  $X_i$  таблиці 3.3, строка «СБМ-20» - це значення  $X_i$  таблиць 4 – 9 для технології А, строка «СБМ-21» - для датчика В і т. д. Глобальний пріоритет для кожного датчика розраховуємо так:

для датчика «СБМ-20»:  $0,639 \times 0,18 + 0,659 \times 0,365 + 0,118 \times 0,147 + 0,228 \times 0,036 + 0,099 \times 0,134 + 0,142 \times 0,135 = 0,413$ ;

для датчика «СБМ-21»:  $0,059 \times 0,18 + 0,265 \times 0,365 + 0,039 \times 0,147 + 0,603 \times 0,036 + 0,038 \times 0,134 + 0,074 \times 0,135 = 0,149$ ; і т.д.

Таблиця 3.10 - Глобальний пріоритет для кожної альтернативи

Пріоритети	№1	№2	№3	№4	№5	№6	Глобальний
Вага	0,18	0,365	0,147	0,036	0,134	0,135	
СБМ-20	0,639	0,659	0,118	0,228	0,099	0,142	0,413
СБМ-21	0,059	0,265	0,039	0,603	0,038	0,074	0,149
СБМ-10	0,194	0,016	0,379	0,061	0,299	0,242	0,171
Бета-2	0,107	0,057	0,461	0,106	0,562	0,54	0,259

З порівняння глобальних пріоритетів різних технологій (таблиця 3.10) видно, що найбільшим є пріоритет у варіанта використання датчика радіаційного випромінювання СБМ-20.

#### Висновки:

За допомогою методу аналізу ієрархій проведено порівняння чотирьох типів фото приймальних елементів за наступними критеріями: 1) площа вхідного вікна; 2) чутливість; 3) робоча напруга; 4) температура експлуатації; 5) робочий ресурс; 6) вартість. Найбільший локальний пріоритет у критерію «чутливість» (табл. 3.3). За даними таблиці 3.9 локальний пріоритет за критерієм «вартість» є найвищим для датчика Бета-2. Проте найбільший глобальний пріоритет має датчик СБМ-20. Тому перевага віддається використанню датчика СБМ-20, саме він і буде використовуватися для реалізації приладу вимірювання рівня радіації [27].

### 3.3 Витрати на комплектуючі вироби

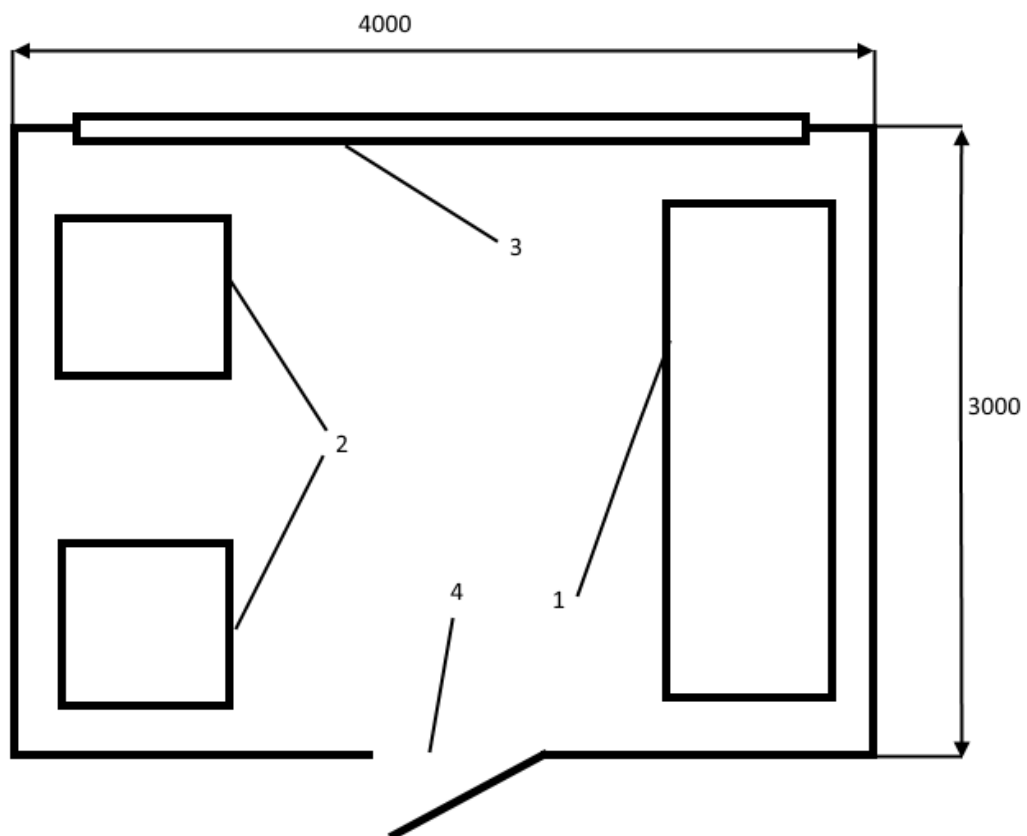
Таблиця 3.11 – Розрахунок витрат на комплектуючі вироби

Найменування комплектуючих виробів	Одиниця вимірювання	Кількість одиниць	Ціна за одиницю, грн	Всього витрат, грн
Датчик СБМ-20	шт.	1	230	230
Мікросхема К155ИЕ2	шт.	4	4	16
Мікросхема КА155ЛА3	шт.	1	4	4
ІндикаторНЛЕС-S1005IDR	шт.	4	20	80
Всього				330

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

### 4.1 Характеристика потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Розробка мікроелектронного пристрою для визначення рівня радіації здійснювалась у лабораторному приміщенні кафедри МЕІС (рис 4.1).



1 – робочий стіл, 2 – робоче місце операторів ПК, 3 – вікно, 4 – вхід у приміщення.

Рисунок 4.1 – Схематичне зображення лабораторного приміщення  
Параметри приміщення для проведення досліджень вказані у (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Параметри приміщення

Параметр приміщення	Числовізначення
Довжина	4м
Ширина	3м
Висота	3,5м
Площа	12м <sup>2</sup>
Об'єм	42м <sup>3</sup>

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори поділяються на чотири групи: фізичні, хімічні, біологічні та психофізичні[26-27].

Найбільш уразливими при роботі з ВДТ ПК є нервова, імунна, зорова, ендокринна, опорно-рухова та репродуктивна системи користувачів. Комп'ютеризовані робочі місця відносяться до категорії небезпечних для стану здоров'я людини.

Небезпечні та шкідливі фактори, що діють на користувача комп'ютера в процесі роботи, наведені на (рис. 4.2).

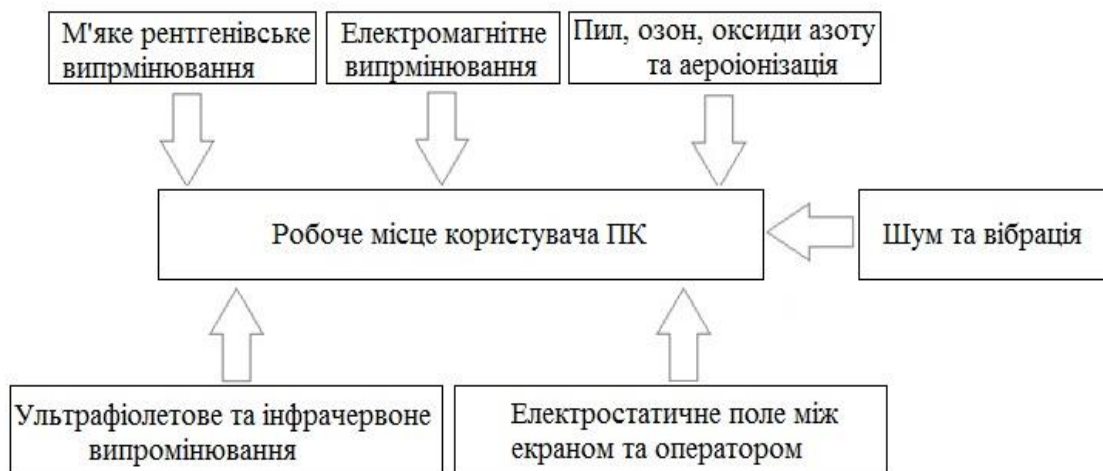


Рисунок 4.2 - Небезпечні та шкідливі фактори для користувача ПК

Дія шкідливих факторів призводить до порушення здоров'я. Причини відхилень в здоров'ї користувача ПК наведені у (табл. 4.2)[28-29].

Таблиця 4.2 - Причини відхилень в здоров'ї користувача ПК

Шкідливий чинник	Захворювання
Незадовільні ергономічні характеристики монітора	Порушення зору
Незадовільні санітарно-гігієнічні умови праці	Захворювання шкіри
Неправильна організація робочого місця	Порушення пов'язані з нервовим моцйним навантаженням; Кістково-м'язові порушення

Дисплей ПК на електронно-променевої трубки є джерелом електромагнітних випромінювань, які включають: радіочастотне, рентгенівське, ультрафіолетове, видиме і інфрачервоне випромінювання.

Встановлено, що електромагнітні поля навколо комп'ютера (особливо низькочастотні) негативно впливають на людину.

Найбільш чутливою до дії електромагнітних випромінювань (ЕМВ) є центральна нервова система, тому що вона реагує на інтенсивності, що лежать на кілька порядків нижче чутливості інших органів і тканин.

Вплив електромагнітного випромінювання на нервову систему проявляється в тому, що послаблюється пам'ять, сприймання інформації, виникає безсоння, депресія та головні болі, паморочиться голова, навалюється "безпричинна" втома.

Випромінювання ПК співпадає з частотою сигналів, які посилають одне одному клітини нашого організму. Клітини виконують найрізноманітніші завдання: передача нервових імпульсів і обробка інформації, транспортування кисню та поживних речовин, синтезу й

виділення різних сполук, скорочення м'язових волокон. Таким чином, в механізми внутрішнього спілкування організму людини втручаються штучні сторонні чинники. В результаті цього руйнується інформаційно-керуюча система організму, збивається ритм роботи і, як наслідок, запускаються патологічні процеси. Електромагнітне випромінювання ослаблює імунну систему, розбалансовує ендокринну та статеві системи, що призводить до передчасного старіння.

Основні чинники виробничого і трудового процесів у лабораторному приміщенні занесені до таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Оцінка чинників виробничого і трудового процесу

№	Чинники виробничого середовища і трудового процесу	Нормативне значення	Фактичне значення	III клас: шкідливі і небезпечні умови			Тривалість дії чинників в за зміну %
				I ступінь	II ступінь	III ступінь	
1	Шкідливі хімічні речовини, мг/м <sup>3</sup>						100
	озон	0,1	0,003				
	оксиди азоту	5	0,4				
2	Пил, переважно фіброгенної дії, мг/м <sup>3</sup>	2	0,3	-			100
3	Вібрація (загальна і локальна), дБ						
4	Шум, дБА	50-55	50	-	-	-	100

Особливо небезпечні випромінювання моніторів ПК для вагітних жінок. Ризик появи дітей з уродженими хібами збільшується в 25 раз, в 3,5 рази вища імовірність викидів.

Електростатичне поле, яке створюють монітори на електронно-променевій трубі негативно впливає на здоров'я користувачів комп'ютерів.

Довготривале перебування користувача в електростатичному полі, що перевищує допустимі рівні може негативно вплинути на самопочуття, нервову і судинну системи. Воно може бути причиною бронхо-легеневих та шкірних захворювань.

Накопичена статична електрика, зокрема, на екрані монітора притягує пил, бруд та інші частини присутні в повітрі. При чому електризується не тільки екран, а і повітря на робочому місці, а також одяг користувача, якщо він з синтетичного та шерстяного матеріалу.

При напруженій роботі за екраном монітора зменшується частота кліпання очей, що призводить до висихання та викривлення роговиці ока, погіршення зору. Тому час від часу бажано здійснювати кліпання очима.

Найбільш повним нормативним документом щодо забезпечення охорони праці користувачів ПК є "Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами (ВДТ) електронно-обчислювальних машин" ДСанПіН 3.3.2.007-98[28].

При виготовленні апарату для реєстрації радіоактивного випромінювання найбільш небезпечними, з точки зору охорони праці і техніки безпеки, операціями, що виконуються у лабораторному приміщенні є: пайка, виготовлення друкованих схем, збірка.

*Пайка.* При виготовленні приладу були використані припій ПОС-61 (ГОСТ 21930-76) і каніфоль світла (ГОСТ 797-64) [12]. При пайці і залуженні олов'яно-свинцевими припоями утворюються пари свинцю. Свинець негативно впливає на організм, особливо на стан нервової і серцево-судинної системи, викликає ряд хворобливих явищ шлунково-кишкового тракту, що призводить до професійного отруєння. Свинець є отрутою для організму. Тому при систематичній роботі з припоями, що містять свинець, необхідна припливно-витяжна вентиляція, а на робочому місці повинен бути встановлений відсмоктувач[17].

З огляду на шкідливість роботи, робоче місце, на якому проводиться паяльна операція, має бути обладнане місцевою механічною витяжною

вентиляцією.Пайку і лудіння рекомендується проводити в спеціальних витяжних шафах.

Склад припою марки ПОС-61 і допустимих домішок, а також МДК цих матеріалів зазначені в таблиці 4.4

Таблиця 4.4 - Склад і МДК компонентів припою ПОС-61

Компонент	Вміст	МДК
Олово	60...62 %	0,05 мг/м3
Вісмут	0,1 %	0,5 мг/м3
Миш'як	0,05 %	0,3 мг/м3
Залізо	до 0,02 %	0,004 мг/м3
Нікель	до 0,02 %	0,001мг/м3
Сірка	до 0,02 %	6 мг/м3
Цинк	до 0,002%	0,25 мг/м3
Алюміній	до 0,002%	2 мг/м3
Мідь	до 0,05 %	0,002 мг/м3
Свинець	інше	0,0003 мг/м3

При роботі з олов'яно-свинцевими припоями потрібно строго виконувати передбачені правила виробничої та особистої гігієни:

- категорично забороняється приймати їжу і курити в приміщеннях, де проводиться паяння;
- перед обідньою перервою і після роботи необхідно обмивати руки 1% розчином соди і ретельно мити їх теплою водою;
- після закінчення роботи слід приймати душ;
- очищення місць пайки від залишків флюсу робити спиртом;
- спецодяг слід регулярно прати і зберігати на виробництві;
- медичний огляд осіб, які працюють з припоями, повинен проводитися не рідше одного разу на рік[27].



### *Виготовлення друкованих схем.*

Хімічне осадження міді для утворення рисунка схеми роблять за допомогою трафарету, який отримують шляхом нанесення нітрофарби на металізуючу поверхню основи. Крім шкідливих факторів, характерних для процесу хімічного осадження металів, на працівників впливають розчинники, що використовуються для видалення фарб[18].

При нанесенні малюнка струмопровідними фарбами з подальшим гальванічним нарощуванням металу велику шкідливість для організму працюючих представляють різні речовини: розчинники, відновники, наповнювачі, що входять до складу струмопровідних фарб.

Найбільш шкідливо впливають хлорорганічні розчинники (дихлоретан, хлороформ та ін.), ароматичні сполуки (бензол, толуол, ксилол та ін.), фенолальдегідні смоли, формальдегід та інші речовини[18].

Під час технологічного процесу нанесення схем струмопровідними фарбами слід виключити можливість безпосереднього контакту з ними працівників; велику роль при цьому відіграє механізація і автоматизація технологічного процесу. На робочому місці повинна бути встановлена вентиляція, а працюючий зобов'язаний дотримуватися заходів виробничої і особистої гігієни.

При електrolітичному методі нарощування металу необхідно дотримуватися санітарних вимог і правил з техніки безпеки, прийнятих для гальванічних цехів.

При пайці друкованих схем методом занурення в розплавлений припій ПОС-61 пари свинцю можуть забруднювати повітря. Крім того, можливі і опіки працюючих краплями розплавленого припою (при ручному способі занурення плат). Тому ванни з розплавленим припоєм повинні мати кришки та пристрої для відсмоктування повітря з ванн, а процес занурення плат при пайку повинен бути механізований[28].

При пайці способом хвилі випаровування припою йде ще більш інтенсивно, тому що припій перемішується.

### *Збірка, монтаж та регулювання приладу.*

Залуження кінців дротів також супроводжується забрудненням повітря парами свинцю і флюсів. Тому залуження кінців дротів дозволяється проводити тільки при працюючій місцевій вентиляції.

Ізоляцію монтажних дротів у ряді випадків виконують різними клеями, приготовленими на бакелітовій (фенолформальдегідній) основі. Постійне забруднення поверхні шкіри клеями може викликати появу шкірних захворювань. Для попередження цих захворювань рекомендується користуватися спеціальними захисними пастами.

Таким чином, на дільниці складання і монтажу на працюючих можуть впливати: пари свинцю і флюсів (при пайці), пари та дрібний пил металів, що сполучаються, газоподібні речовини, а також дим і пари, що утворюються при приготуванні ізоляції проводів[28].

Звідси випливає, що складальні і монтажні місця повинні бути обладнані ефективною, раціонально влаштованою припливно-витяжною механічною вентиляцією.

## 4.2 Заходи з поліпшення умов праці. Виробнича санітарія

Робоче місце й взаємне розташування всіх його елементів повинне відповідати антропометричним, фізичним і психологічним вимогам. Велике значення має також характер роботи.

Згідно з вимогам ДНАОП 0.00-1.31-99 “Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин ” облаштування робочих місць, обладнаних відеотерміналами, повинно забезпечувати:

- належні умови освітлення приміщення і робочого місця, відсутність відблисків;
- оптимальні параметри мікроклімату;

- належні ергономічні характеристики основних елементів робочого місця, а також враховувати небезпечні і шкідливі фактори, які були розглянуті раніше.

Площа приміщень для роботи з відеодисплейним и терміналами розраховується таким чином, щоб площа на одне робоче місце, обладнане відеотерміналом становила не менше  $6,0\text{ м}^2$ , а об'єм на одне робоче місце – не менше  $20,0\text{ м}^3$ .

Робочі місця мають бути розташовані на відстані не менше 1,5 м від стіни з вікнами, від інших стін на відстані 1 м, між собою на відстані не менше 1,5 м. Відносно вікон робоче місце доцільно розташовувати таким чином, щоб природне світло падало на нього збоку, переважно зліва.

Робочі місця розташовані так, щоб уникнути попадання в очі прямого світла. Джерела освітлення рекомендується розташовувати з обох боків екрану паралельно напрямку погляду

В процесі розробки комбінованої транзисторної структури, яка здійснювалась у лабораторному приміщенні кафедри ФБМЕ, всі необхідні вищеперераховані умови виконуються. Робочі місця операторів ПК розташовані на відстані 2 метрів від вікна, та 1 метра від стіни, таким чином, що світло з вікна падає на робоче місце збоку. У приміщенні, площа якого  $12\text{ м}^2$  та об'єм  $42\text{ м}^3$ , знаходиться два робочих місця з комп'ютером, що відповідає санітарним умовам. Монітор розміщений таким чином, що він знаходиться на оптимальній відстані від очей користувача, 50-60 см.

*Виробнича санітарія* - це система організаційних заходів і технічних засобів, що запобігають або зменшують вплив на працюючих шкідливих виробничих факторів, які в певних умовах можуть привести до травм або професійних захворювань. Основною метою є зменшення або повне усунення впливу несприятливих і шкідливих виробничих факторів на організм людини. Оскільки головним у діяльності з охорони праці є профілактика травматизму, заходи щодо поліпшення умов праці й побуту працюючих дозволяють не тільки знизити виробничий травматизм,

професійну й загальну захворюваність, а й сприяють підвищенню продуктивності і якості праці.

Для зниження втомлюваності, поліпшення умов праці та зменшення травматизму на робочому місці необхідно використовувати правильно спроектоване та безпечне у використанні виробниче освітлення. Недостатня або надмірна освітленість, нерівномірність освітлення в полі зору втомлює очі, призводить до зниження продуктивності праці; при цьому зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків. Надмірна яскравість джерел світла може спричинити головний біль, різь в очах, розлад гостроти зору; світлові відблиски — тимчасове засліплення.

*Освітлення виробничих приміщень* характеризується кількісними та якісними показниками. До основних кількісних показників відносяться: світловий потік, сила світла, яскравість і освітленість. До основних якісних показників зорових умов роботи можна віднести: контраст між об'єктом та фоном, видимість.

Для створення сприятливих умов зорової роботи, які б виключали швидку втомлюваність очей, виникнення професійних захворювань, нещасних випадків-і сприяли підвищенню продуктивності праці та якості продукції, виробниче освітлення повинно відповідати наступним вимогам:

- створювати на робочій поверхні освітленість, що відповідає характеру зорової роботи і не є нижчою за встановлені норми;
- не повинно бути засліплюючої дії як від самих джерел освітлення, так і від інших предметів, що знаходяться в полі зору;
- забезпечити достатню рівномірність та постійність рівня освітленості у виробничих приміщеннях, щоб уникнути частої переадаптації органів зору;
- не створювати на робочій поверхні різких та глибоких тіней (особливо рухомих);
- повинен бути достатній, для розрізнення деталей, контраст поверхонь, що освітлюються;
- не створювати небезпечних та шкідливих виробничих факторів (шум,

теплові випромінювання, небезпечне ураження струмом, пожежо- та вибухонебезпека світильників);

— повинно бути надійним і простим в експлуатації, економічним та естетичним.

Залежно від джерела світла виробниче освітлення може бути природним, штучним і суміщеним, при якому недостатнє за нормами природне освітлення доповнюється штучним.

Штучне освітлення застосовується при роботі в темний час доби й удень, коли не вдається забезпечити нормовані значення коефіцієнта природного освітлення (похмура погода, короткий світловий день). Освітлення, при якому недостатнє по нормах природне освітлення доповнюється штучним, називається сполученим освітленням.

Недостатність освітлення приводить до напруги зору, послабляє увага, приводить до настання передчасної стомленості. Надмірно яскраве освітлення викликає осліплення, роздратування й різь в очах. Неправильний напрямок світла на робочому місці може створювати різкі тіні, відблиски, дезорієнтувати працюючого. Всі ці причини можуть привести до нещасного випадку або профзахворювань, тому настільки важливий правильний розрахунок освітленості.

Вимоги до освітленості в приміщеннях, де встановлені комп'ютери: при виконанні зорових робіт середньої точності – 200 лк загального й 300 лк для комбінованого освітлення.

Обчислювальна техніка є джерелом істотних тепловиділень, що може привести до підвищення температури й зниження відносної вологості в приміщенні. У приміщеннях, де встановлені комп'ютери, повинні дотримуватися певні параметри мікроклімату. У санітарних нормах ДСН 3.36.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» установлені величини параметрів мікроклімату, що створюють комфортні умови. Ці норми встановлюються залежно від пори року, характеру трудового процесу й характеру виробничого приміщення (таблиця 4.5).

Таблиця 4.5 – Оптимальні параметри мікроклімату приміщень, для категорії робіт 1А

Період року	Параметр мікроклімату	Величина
Холодний	Температура повітря в приміщенні	22...24°C
	Відносна вологість	40...60%
	Швидкість руху повітря	до 0,1м/с
Теплий	Температура повітря в приміщенні	23...25°C
	Відносна вологість	40...60%
	Швидкість руху повітря	0,1...0,2м/с

Відповідно до норм подачі свіжого повітря в приміщення, де розташовані комп'ютери в даній лабораторії необхідно подавати 30 м<sup>3</sup>/год, на одну людину

Для забезпечення комфортних умов використовуються як організаційні методи (раціональна організація проведення робіт залежно від пори року й доби, чергування праці й відпочинку), так і технічні засоби (вентиляція, кондиціонування повітря, опалювальна система).

Шум погіршує умови праці, роблячи шкідливу дію на організм людини. Люди, які працюють в умовах тривалого шумового впливу відчувають дратівливість, головні болі, запаморочення, зниження пам'яті, підвищену стомлюваність, зниження апетиту, біль у вухах і т.д. Під впливом шуму знижується концентрація уваги, порушуються фізіологічні функції, з'являється втома у зв'язку з підвищеними енергетичними витратами й нервово-психічною напругою, погіршується мовна комутація. Рівень шуму в даному приміщенні становить 50дБ, що не перевищує норму. Для зниження рівня шуму стіни й стеля приміщення, де встановлені комп'ютери, облицьовані звуковбирними матеріалами[29-30].

### 4.3 Електробезпека

Оскільки в приміщенні знаходиться електроустаткування, основні заходи щодо техніки безпеки повинні стосуватися безпечної експлуатації ПЕОМ, і здійснюватись відповідно до НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів»[29].

Приміщення, в якому знаходиться робоче місце, відноситься до приміщень без підвищеної небезпеки. Але небезпека ураження електричним струмом все одно існує, а саме: пошкодження ізоляції, випадковий дотик до струмоведучих деталей, замикання в результаті аварії та статична напруга. Характеристика мережі у приміщенні: 220/380В, 50Гц, 3-фазна чотирихпровідна з глухо заземленою нейтраллю.

Проходячи через тіло людини, струм спричиняє термічну, електролітичну, механічну (динамічну) дію. Одночасно струм виявляє і біологічну дію, яка властива лише живій тканині. Більша частина нещасних випадків відбувається через низький рівень організації робіт, грубих порушень правил, у тому числі:

- безпосереднього дотику до відкритих струмоведучих частин і дротів;
- дотику до струмоведучих частин, ізоляція яких ушкоджена;
- дотику до металевих частин устаткування, що випадково під напругою;
- дотик до струмоведучих частин за допомогою предметів з низьким опором ізоляції;
- відсутності або порушення захисного заземлення;
- помилкової подачі напруги під час ремонтів або оглядів;
- впливу електричного струму через дугу;
- впливу крокової напруги й ін.

Для усунення небезпеки ураження електричним струмом в лабораторному приміщенні під час аварійного режиму використовується захисне заземлення.

Заземлення – це спеціальне електричне сполучення із землею або її еквівалентом струмопровідних елементів обладнання, які не повинні перебувати під напругою, але в процесі експлуатації можуть опинитися під напругою, наприклад, у разі пошкодження ізоляції, дефектів дугогасних пристроїв, комутаційних апаратів, в аварійних випадках тощо.

Розрахунок захисного заземлення

Заземленню підлягають вимірювальні установки, напруга живлення яких 220В. У якості заземлювача візьмемо сталеві вертикальні стержні довжиною  $l = 2$  м, діаметром  $d = 0,03$  м, діаметр сполучної смуги  $b = 0,03$

Контур заземлення розташовано на горизонтальному майданчику біля корпусу академії. Ґрунт - суглинок.

Допустимий опір заземлюючого пристрою ( $R_n$ ) дорівнює 4 Ом. Визначимо питомий електричний опір ґрунту (суглинку),  $\rho$  якого дорівнює 100 Ом·м. Розрахуємо опір розтікання струму одного вертикального стержня:

$$R_B = \frac{\rho}{2\pi l} \cdot \ln \frac{4 \cdot l}{d} = \frac{100}{2 \cdot 3,14 \cdot 2} \ln \frac{4 \cdot 2}{0,03} = 44,46 \text{ Ом} \quad (4.1)$$

Приймемо число заземлювачів:

$$n = \frac{R_l}{R_n} = \frac{44,46}{4} = 11,1 \approx 12 \quad (4.2)$$

Визначимо довжину горизонтальної смуги (по контуру):

$$l_r = a \cdot n = 2 \cdot 12 = 24 \text{ м} \quad (4.3)$$

де  $a$  - відстань між вертикальними електродами ( $a = 2$  м)

Опір горизонтальної смуги:

$$R_{2c} = \frac{\rho}{\pi l_r} \ln \frac{4 \cdot l_r}{b} = \frac{100}{3,14 \cdot 24} \ln \frac{4 \cdot 24}{0,03} = 10,7 \text{ Ом} \quad (4.4)$$



Коефіцієнт екранування для вертикального заземлювача [19]:

$$\eta_B = \frac{0,68+0,56}{2} = 0,62 \quad (4.5)$$

і для горизонтальної смуги

$$\eta_G = \frac{0,34+0,4}{2} = 0,37 \quad (4.6)$$

Опір групи вертикальних заземлювачів:

$$R_{гр} = \frac{R_{вз}}{n \cdot \eta_B} = \frac{44,46}{12 \cdot 0,62} = 5,97 \text{ Ом} \quad (4.7)$$

Опір горизонтальної смуги з врахуванням екранування:

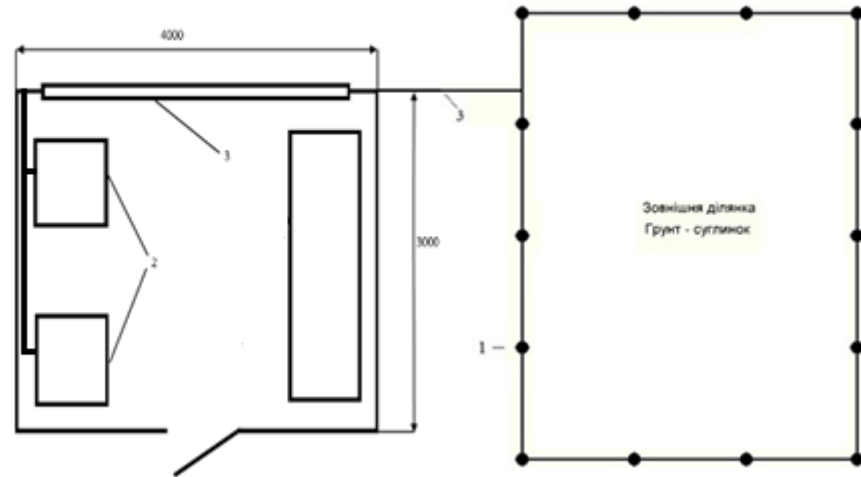
$$R_G = \frac{R_{го}}{\eta_G} = \frac{10,7}{0,37} = 28,91 \text{ Ом} \quad (4.8)$$

Опір заземлювача в цілому:

$$R_з = \frac{R_{гр} \cdot R_G}{R_{гр} + R_G} = \frac{5,97 \cdot 28,91}{5,97 + 28,91} = 4,94 \text{ Ом} \quad (4.9)$$

Як видно, опір заземлювача перевищує нормативне значення (4 Ом), тому збільшимо кількість заземлювачів до  $n = 14$ , тоді опір заземлювача в цілому складе  $R_з = 3,97 < R_n$  [30-32]

Число заземлювачів дорівнює 14, які розміщені по контуру зовнішньої ділянки, як показано на рисунку 4.5.



1 – заземлювачі; 2 - електроустаткування що заземлюється; 3 - сполучна смуга внутрішній контур заземлення.

Рисунок 4.4 — Розміщення заземлювачів на зовнішній ділянці.

Таким чином, для виконання захисного заземлення використовується 14 вертикальних стержнів діаметром 0,03 м, завдовжки 2 м, кожен з яких має опір 44,46 Ом. Опір сполучної смуги 10,7 Ом. Опір заземлювачів в цілому складе 3,97 Ом, що забезпечує безпечну роботу на установках лабораторії[33-34].

#### 4.4 Пожежна безпека. Техногенна безпека

Пожежа в лабораторному приміщенні, де розташовано робоче місце, може виникнути при взаємодії горючих речовин і джерел запалювання. Горючими речовинами є матеріали меблів, пластмасові корпуси техніки, шнури тощо. Джерелами запалювання можуть бути електронні схеми комп'ютерів, пристроїв електроживлення, де внаслідок різних порушень виникає перегрівання елементів, утворюються електричні іскри, здатні спричинити займання горючих матеріалів. Клас пожежі Е, категорія приміщення Д.

Для ліквідації пожежі в даному приміщенні немає необхідності

влаштування системи автоматичного пожежогасіння. Приміщення оснащено переносним вуглекислотним вогнегасником типу ВВК-3,5 - 1шт. Облицювання стін та стелі приміщення зроблене з негорючих матеріалів. Коридори будівлі, в якому знаходиться дане приміщення, оснащені стендами з планом евакуації під час пожежі (рис. 4.4), на стіні є ящик пожежним стволом і пожежним рукавом.

Дана будівля відноситься до другої категорії по блискавко захисту, захист будівлі від прямих ударів блискавки здійснюється за допомогою стрижневих блискавковідводів.

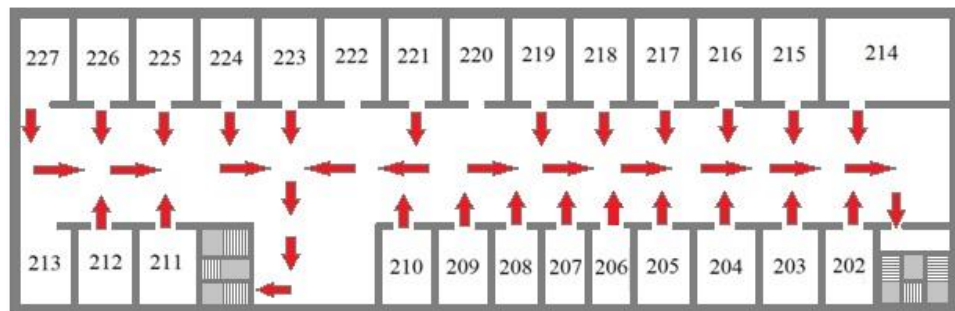


Рисунок 4.3– План евакуації при пожежі

Таким чином, у 4 розділі було проведено аналіз потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів, які можливі при розробці мікроелектронного пристрою для визначення рівня радіації. Встановлено заходи з поліпшення умов праці, оптимальні параметри мікроклімату приміщень та зроблено розрахунок захисного заземлення[35-37].

## ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Проведено аналіз існуючих сучасних приладів вимірювання рівня радіації навколишнього середовища та виявлено, що визначити бета-частинки можливо в тому випадку, коли їх енергії досить для проходження через матеріал контейнера лічильника. З гамма-випромінюванням є ймовірність, що вони наскрізь пройдуть через контейнер, не запустивши реакцію іонізації, тому в лічильниках встановлюють екран, який дозволяє знизити енергію гамма-квантів і активувати розряд в камері лічильника.

2. Для подачі високої напруги на електроди датчика необхідна схема формування високої напруги, яка являє собою автогенератор з підвищуючим трансформатором.

3. Тривалість вихідного імпульсу одновібратора складає приблизно 0,14 мкс, що за розрахунками близько до «мертвого» часу лічильника.

4. З одновібратора сигнал передається на основний блок дозиметра – чотирьох розрядний десятковий лічильник. Кожна ІМС складається з чотирьох ЖК-тригерів, внутрішньо з'єднаних.

5. Перетворення сигналу з двійкового в двійково-десятковий відбувається за допомогою мікросхеми 74185. Дешифратори 7445 декодують стандартний чотирьохрозрядний двійково-десятковий код в лінійний вісімковий.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Виноградов Ю.А. Ионизирующая радиация: обнаружение, контроль, защита/ Ю.А. Виноградов.- М:СОЛОН-Р, 2010.- 224с.
2. Штольц В. Дозиметрия ионизирующего излучения/ Штольц В., Берихардт Р.: Пер. с нем.- Рига: Зинатне, 1992.-142с
3. А.В. Бедников. Медицинские приборы, аппараты, системы и комплексы. Часть1. Технические методы и аппараты для экспресс-диагностики [Текст]/ А.В. Бедников, М.В. Семко, Ю.А. Широкова. - Казань: Изд-во Казан. Гос. Техн. Ун-та, 2004. 176с.
4. Тарасенко Ю.Н. Ионизационные методы дозиметрии высокоинтенсивного ионизирующего излучения [Текст].- М: Техносфера, 2013.— 264 с
5. Основи дозиметрії іонізуючого випромінювання : Навчальний посібник / А.А. Ключников, А.В. Носовський. К .: Інститут проблем безпеки АЕС НАН України, 2007. - 256 с.
6. Гершунский Б. С. Основы электроники и микроэлектроники [Текст]: учебник / Б. С. Гершунский – 4-е изд. перераб и доп. – К.: Высшая шк., 1989. – 423 с.
7. Федорков Б. В. Микросхемы ЦАП и АЦП: функционирование, параметры, применение [Текст]: учебник / Б. В. Федорков, В. А. Телец – М. : Энергоатомиздат, 1990.–320 с.
8. Kellerer, A.M., Leuthold, G., Mares, V., et al., 2004. Options for the modified radiation weighting factor of neutrons. Radiat. Prot. Dosim. 109 (3), 181–188.
9. Зобнин Ю.В. Микроконтроллеры популярных семейств [Текст] / Ю. Зобнин, Г.П. Волох // Радио 2000. – №6.– С.51...52, №7 – С.53...54.

10. Шило В. Л. Популярныe цифровыe микросхемы [Текст] : справочник / В. Л. Шило. 2-е изд., испр. – Челябинск: Металлургия, Челябинское отд., 1989.–352 с.
11. Шило В.Л. Линейныe интегральныe схемы в радиоэлектронной аппаратуре[Текст]:учебник/В.Л. Шило–2-е изд., перераб. и доп.– М.: Сов. радио, 1989. – 368с.
12. Воробьев Е. П. Интегральныe микросхемы производства СССР и их зарубежныe аналоги [Текст]: справочник/ Е. П. Воробьев, К. В. Сенин – М. : Радио и связь, 1990.– 352с.
13. Мікушин А.В. Цифрові пристрої та мікропроцесори: підручник/ А.В.Мікушин, А.М. Сажнев, В.І. Седінін. – СПб, БХВ-Петербург, 2010. – 328с.
14. Угрюмов Е.П. Цифрова схемотехніка:підручник./Е.П. Угрюмов.– СПб, БХВ-Петербург, 2004.–528с.
15. Белуха М.Т.Основи наукових досліджень: підручник./М.Т.Белуха. – К.: Вища школа, 1997.–271 с.
16. Лудченко А.А. Лудченко Я.А., Приймак Т.А. Основи наукових досліджень:підручник./А.А.Лудченко Я.А. Лудченко, Т.А. Приймак.–К.: О-во "Знання", КОО, 2001. – 113с.
- 16.Тугов Н.М., Грабов Б.А., Чарыков Н.А. Полупроводниковые приборы. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 576 с.
17. Лавриненко В.Ю. Справочник по полупроводниковым приборам. – К.: Техника, 1984. – 424 с.
18. Малахов В.П. Схемотехника аналоговых устройств: Учебник. – Одесса : Астропринт, 2000. – 212 с.
19. Евецкий В.Л., Никонов В.Ф. Электронные приборы и основы микроэлектроники: Основы микроэлектроники / Ч.П: Конспект лекций. – Киев:КВИРТУ ПВО, 1988. – 280с.
20. Справочник по расчету электронных схем. Б.С. Гершунский. – Киев: Вища школа. Изд-во при Киев. ун-те, 1983. – 240с.

21. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. – М.: Высшая шк., 1984. – 559с.
22. Гусев В.Г., Гусев Ю.М. Электроника. – М.: Высш. шк., 1982. – 452с.
23. Бахтиозин А.А., Иванов С.Б. Методические указания к лабораторным работам по курсу «Электронные приборы». Часть 2. – Одесса: ОГПУ, 2012. – 21с.
24. Малахов В.П., Майко Г.В., Богатова О.А., Богданова Л.А. Методичні вказівки з лабораторних робіт за курсом “Схемотехніка цифрових та імпульсних засобів”. – Одеса: ОДПУ, 2012. – 28с.
25. Верьовкін Л.Л. Цифрова схемотехніка/ Л.Л. Верьовкін, М.В. Світанько, Є.М. Кісельов, С.Л. Хрпко.- Запоріжжя: ЗДІА, 2016.-212
26. Про охорону праці: Закон України від 14.10.1992 № 2694-ХІІ. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12> (дата звернення: 02.12.2018).
27. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями: Наказ Міністерства соціальної політики України від 14.02.2018 №207. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/card/z0508-18> (дата звернення: 12.12.2018).
28. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу ДСНіП: наказ МОЗ України від 08.04.2014 № 248. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14> (дата звернення: 15.12.2018).
29. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин ДСанПІН 3.3.2.007-98: постанова МОЗ України від 10.12.1998 № 7. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/rada/card/v0007282-98> (дата звернення: 12.12.2018).
30. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99: Постанова МОЗ України від 01.12.1999 № 42. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99> (дата звернення: 12.12.2018).
31. ДБН В.2.5-28-2006. Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення. – К.: Мінбуд. України, 2006.

32. Жидецький В.Ц. Практикум із охорони праці./ В.Ц.Жидецький, В.С. Джигирей, В.М.Сторожук та ін.// Л.: Афіша, 2000. — 348с.

33. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку ДСН 3.3.6.037-99: Постанова МОЗ від 01.12.1999 №37. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va037282-99> (дата звернення: 12.12.2018).

34. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів ДНАОП 0.00-1.21-98: Наказ Мінпраці України від 09.01.1998 №4. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0093-98> (дата звернення: 12.12.2018).

35. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою».

36. Правила пожежної безпеки в Україні: Наказ МВС України від 30.12.2014 № 1417. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15> (дата звернення: 02.11.2018).

37. Правила експлуатації та типові норми належності вогнегасників: Наказ МВС України 15.01.2018 №25. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/card/z0225-18> (дата звернення: 02.11.2018).



## Тези доповіді на I міжнародну конференцію

УДК 621.315

## РОЗРОБКА МІКРОЕЛЕКТРОННОГО ПРИЛАДУ КОНТРОЛЮ ІНТЕНСИВНОСТІ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Ніконова А.О., доц., к.т.н., ORCID ID 0000-0002-5714-7543

E-mail: [nk\\_alina@ukr.net](mailto:nk_alina@ukr.net)

Негрієнко К. студент групи МН-17-1мз

Запорізька державна інженерна академія

*Розробка мікроелектронних приладів, які відрізняються високою чутливістю та точністю з енергозберігаючою системою живлення є важливим технічним завданням сучасності.*

*Мікроелектронні прилади, чутливість, енергозберігаюча система живлення*

*The development of microelectronic devices that are high sensitivity and precision with an energy-saving power supply system is an important technical task of the present.*

*Microelectronic devices, sensitivity, energy-saving power supply system*

Для біологічного організму найбільш небезпечним типом радіоактивного випромінювання вважаються гамма кванти, за рахунок високої проникаючої здатності, а потім у напрямку зменшення, бета-частинки і альфа-частинки. Визначити альфа-частинки досить важко, якщо сказати неможливо звичайним лічильником Гейгера - Мюллера, так як для них є перешкодою практично будь-який об'єкт, не кажучи вже про скляному або металевому контейнері. Визначити бета-частинки таким лічильником можна, але лише в тому випадку, коли їх енергії досить для проходження через матеріал контейнера лічильника.

Зворотна ситуація з гамма-випромінюванням, є ймовірність, що вони наскрізь пройдуть через контейнер, не запустивши реакцію іонізації. Для цього в лічильниках встановлюють спеціальний екран (з щільної сталі або свинцю), який дозволяє знизити енергію гамма-квантів і активувати, таким чином, розряд в камері лічильника.

Газорозрядних лічильника Гейгера-Мюллера, як правило, виконується у вигляді герметичної трубки, скляної або металеві, з якої відкачане повітря, а замість нього додано інертний газ (неон або аргон або їх суміш) під невеликим тиском, з домішкою галогенів або спирту. По осі трубки натягнуто тонкий дріт, а коаксіально з ним розташовано металевий циліндр. І трубка і дріт є електродами: трубка - катод, а дріт – анод [1].

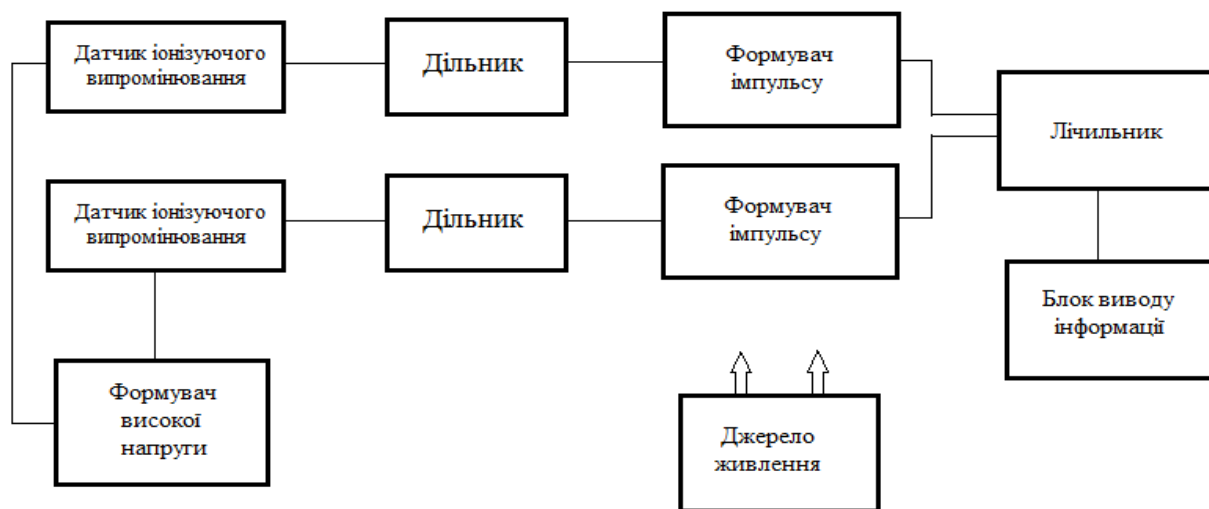


Рисунок 1 - Мікроелектронний прилад контролю інтенсивності іонізуючого випромінювання

До катода підключають мінус від джерела постійної напруги, а до анода - через великий постійний опір - плюс від джерела постійної напруги. Виходить електричний дільник напруги, в середній точці якого (місце з'єднання опору і анода лічильника) напруга практично дорівнює напрузі на джерелі. Зазвичай це кілька сотень вольт.

Оскільки на виході датчика іонізуючого випромінювання присутня висока напруга, то для приведення його до необхідного для подальшої обробки рівню, необхідний дільник напруги, з якого і знімається корисний сигнал. Пристрій для формування імпульсів призначений для формування імпульсів відповідної форми і тривалості, які згодом підраховуються за певний період часу. Лічильник забезпечує підрахунок імпульсів, що прийшли з датчика іонізуючого випромінювання, перерахунок їх кількості в рівень радіоактивного випромінювання, а також індикацію результатів вимірювання і вибір режиму вимірювання. Живлення схеми здійснюється від малопотужного стабілізованого блоку на виході якого постійна напруга. У даній блок-схемі використовуються два датчика іонізуючого випромінювання для усереднення результатів вимірювання і отримання більш точних значень.

**Перелік посилань :**

1. Тарасенко Ю.Н. Ионизационные методы дозиметрии высокоинтенсивного ионизирующего излучения [Текст]. - М: Техносфера, 2013. — 264 с

## Тези доповіді на XXII науково-технічну конференцію студентів, аспірантів та викладачів ЗДІА

УДК 621.38

Негрієнко К.Ю., магістрант гр. МН-17-1мз, Ніконова А.О., доц., к.т.н. – науковий керівник

### ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ РАДІАЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ

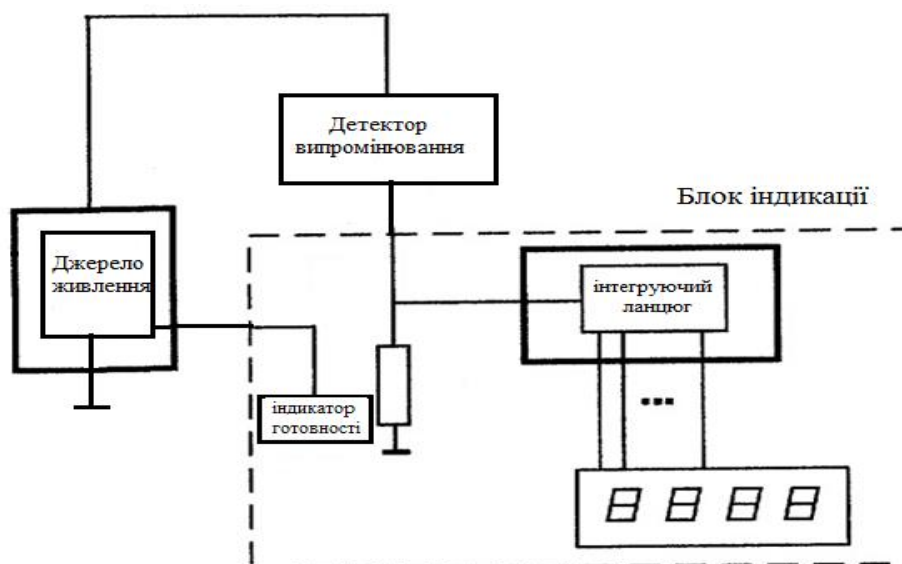
*Запорізька державна інженерна академія, кафедра МЕІС*

Радіаційні методи контролю засновані на реєстрації і аналізі іонізуючого випромінювання поділяють на радіометричні, радіохімічні, спектрометричні.

Серед відомої радіометричної апаратури існують дозиметричні прилади практично для будь-якої конкретної задачі. Однак, майже всі відомі радіометри мають загальні риси, які так чи інакше обмежують їх застосування. [1] До таких належать:

- 1) Необхідність повного комплексу живлення для забезпечення роботи радіометра. Безперервне підтримання елементів живлення радіометрів в робочому стані є одним із завдань служб радіаційного контролю і в умовах роботи цих служб поза надзвичайної ситуації легко ними виконується. Проте різноманітність типів застосовуваних елементів живлення може призвести до певних труднощів, особливо в критичній ситуації;
- 2) Відносно слабка захищеність електронних елементів радіометрів від сильних радіаційних полів, так як напівпровідникові електронні елементи дають значне число відмов, викликаних перебуванням в сильних радіаційних полях[2].

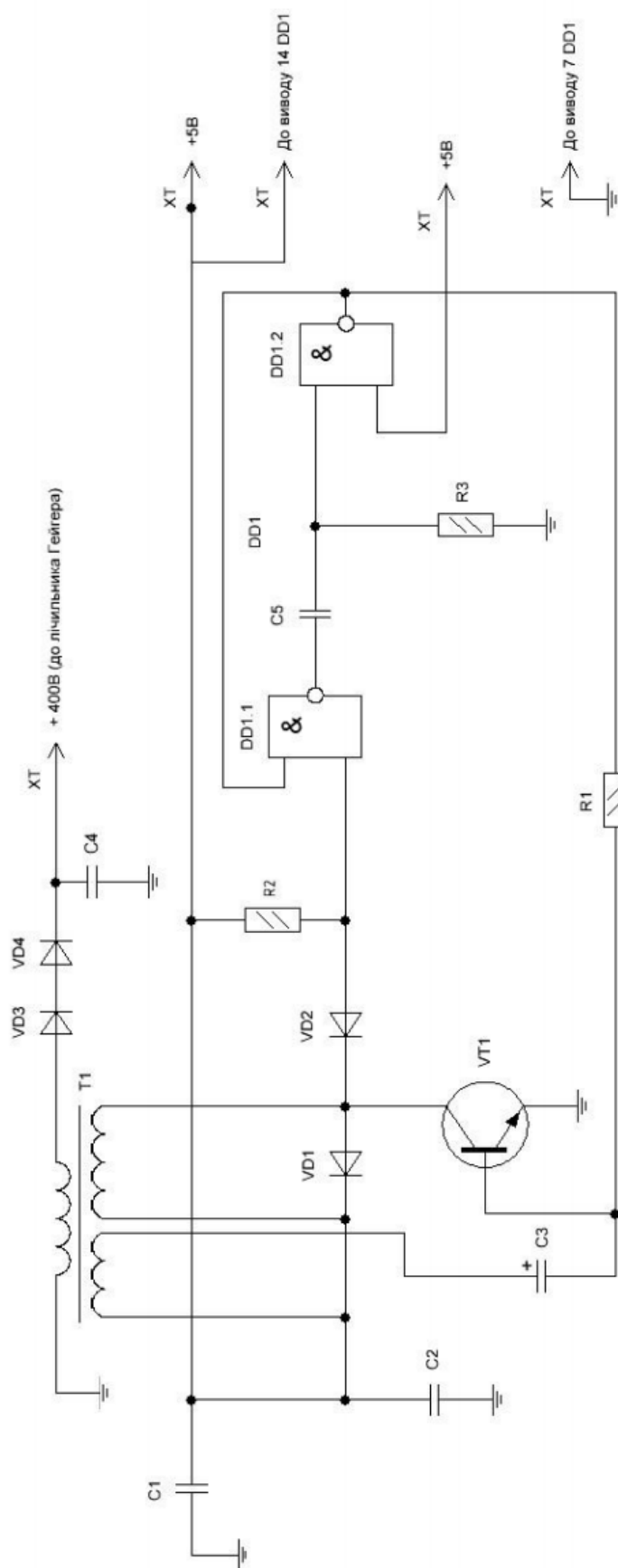
Актуальним рішенням є створення пристрою для контролю радіаційної обстановки підвищеної надійності, стійкого до перебування в сильних радіаційних полях, що задовольняє вимозі постійної готовності.



В пристрої для контролю радіаційної обстановки, що містить джерело живлення, детектор випромінювання, вузол управління і індикації, джерело живлення виконано на основі п'єзоелектричного генератора. Напівпровідникові елементи джерела живлення, вузла рахунку і індикації поміщено в захисну оболонку, наприклад зі свинцю або інших матеріалів, що поглинають іонізуюче випромінювання, а також додано вузол - прямопоказуючий дозиметр, який живиться від того ж джерела живлення.

#### Перелік посилань:

1. Основи дозиметрії іонізуючого випромінювання : Навчальний посібник / А.А. Ключников, А.В. Носовський. К.: Інститут проблем безпеки АЕС НАН України, 2007. - 256 с.
2. Kellerer, A.M., Leuthold, G., Mares, V., et al., 2004. Options for the modified radiation weighting factor of neutrons. Radiat. Prot. Dosim. 109 (3), 181–188.



Познач.	Найменування	Кільк.	Примітки
	Конденсатори		
C1	K50-33-10B-220мкФ	1	
C2	K50-33-0.33мкФ	1	
C3	K50-33-16B-2.2мкФ	1	
C4	K50-33-630B-2.2нФ	1	
C5	K50-33-0.033мкФ	1	
	Діоди		
VD1	КД510А	1	
VD2-VD4	КД102А	3	
	Мікросхеми		
DD1	K561/A7	1	
	Трансформатори		
T1		1	
	Транзистори		
VT1	КТ3117А	1	
	Резистори		
R1	C2-23-0.125-47кОм±5%	1	
R2	C2-23-0.125-390кОм±10%	1	
R3	C2-23-0.125-10МОм±10%	1	
	Раз'єднувачі		
X1	Однополюсна вилка	5	
ІННІ 153 ДП			
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i> <i>Дата</i>
<i>Розроб.</i>		Алієв А. Е.	
<i>Керівник</i>		Ніконоба А. О.	
<i>Консульт.</i>		Ніконоба А. О.	
<i>Н. контр.</i>		Верьовкін Л. Л.	
<i>Затвердив</i>		Критська Т. В.	
ПРИСТРІЙ МІКРОЕЛЕКТРОННИЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ РАДІАЦІЇ перелік елементів		<i>Стадія</i>	<i>Маса</i> <i>Масштаб</i>
		У	
		<i>Аркуш</i> 8	<i>Аркуш</i> 8
		8.1539	