

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

Інженерно-технічний факультет

кафедра електронних систем

кваліфікаційна робота магістра

На тему: Вимірювач інтенсивності радіоактивного випромінювання

Студента 2 курсу

Трянчича Юрія Юрійовича

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Керівник кандидат фіз.-мат. наук Спесивих О.О.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Голова ЕК:

Симулик В. М. д.ф.-м.н., проф. ІЕФ НАНУ

(прізвище, ініціали, вчені ступінь та звання)

(підпис)

Заяць Т.М.- канд. фіз.-мат наук, доц. кафедри ЕС

(прізвище, ініціали, вчені ступінь та звання)

(підпис)

Рубіш В.М. - д.ф.-м.н., проф. кафедри ЕС

(прізвище, ініціали, вчені ступінь та звання)

(підпис)

Юркін І.М.- канд. фіз.-мат наук, доц. кафедри ЕС.

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент

(підпис)

Ужгород – 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
Інженерно-технічний факультет
Кафедра електронних систем

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедрою,

доц. _____ (Заяць Т. М.)

“ 10 ” 10 2023 року

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

На магістерську кваліфікаційну роботу

на тему:

ВИМІРЮВАЧ ІНТЕНСИВНОСТІ РАДІОАКТИВНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Студента групи ЕС: Юрія ТРЯНЧИЧА

Керівник: канд. фіз.-мат наук, доц. кафедри ЕС

Олександр СПЕСИВИХ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедрою,
доц. Заяць Т. М. (Заяць Т. М.)
“ 3 ” жовтня 2022 року

ЗАВДАННЯ
на магістерську кваліфікаційну роботу студента

Трянчича Юрія Юрійовича
(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи : "Вимірювач інтенсивності радіоактивного випромінювання" затверджена на засіданні кафедри електронних систем (протокол №4 від "04" листопада 2022 року).
Затверджені Розпорядженням декана ІТФ від 18.10.2023 р. протокол №4.
2. Термін закінчення студентом дипломного проекту: 10" грудня 2023 року.
3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи магістра.

Спроектувати і розробити вимірювач інтенсивності радіоактивного випромінювання, який задовольнятиме наступним параметрам: діапазон вимірювань потужності експозиційної дози випромінювання – $0,1 \div 999$ мкР / год.; тривалість вимірювання - не більше 20 с.; тривалість індикації результату вимірювання - не менше 5с.; номінальна напруга живлення 4.5 – 5.5В.; струм споживання - 15 мА.; діапазон робочих температур -25 – +50 °С.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці).

Вступ.

1. Огляд та аналіз аналогів об'єкту досліджень.
 2. Технічна пропозиція та її обґрунтування.
 3. Опис структурної та принципової схем пристрою.
 4. Розрахунок окремих блоків пристрою.
 5. Проектування та розрахунок друкованої плати.
 6. Тепловий розрахунок пристрою.
 7. Розрахунок характеристик надійності пристрою.
 8. Техніко-економічний розділ.
 9. Розділ з охорони праці та захисту навколишнього середовища.
- Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу, в тому числі обов'язкових креслень.

1. Структурна схема.
2. Принципова електрична схема.
3. Друкована плата.
4. Складальне креслення.
5. Габаритне креслення.

6. Консультанти проекту, вказати, з яких розділів.

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Заяць Т. М.		
Нормоконтроль	Папп О. В.		

7. Дата видачі завдання 3 жовтня 2022 року.

Керівник роботи (доц. Спесивих О.О.)
(підпис)

Завдання прийняв на виконання (Трянчич Ю.Ю.)
(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Найменування етапів дипломного проекту	Термін виконання етапів	Примітки
1.	Пошук та аналіз аналогів об'єкта досліджень.	до 05.09.2023 року	
2.	Вибір технічного рішення та обґрунтування технічної пропозиції.	до 25.09.2023 року	
3.	Розрахунок окремих блоків пристрою.	до 10.10.2023 року	
4.	Розрахунок теплових режимів пристрою та характеристик надійності пристрою.	до 20.10.2023 року	
5.	Робота над техніко-економічним розділом та розділом по охороні праці.	до 15.11.2023 року	
6.	Оформлення дипломного проекту та конструкторської документації.	до 10.12.2023 року	
7.	Захист на державній екзаменаційній комісії.	Згідно з графіком захисту	

Студент (Трянчич Ю.Ю.)
(підпис)

Керівник роботи (доц. Спесивих О.О.)
(підпис)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра на тему «Вимірювач інтенсивності радіоактивного випромінювання» / УжНУ; Керівник Спесивих О.О.; Студент Трянчич Ю. Ю., група ЕС.

Пояснювальна записка: 99 сторінок, 14 рисунків, 12 таблиць, 19 джерел, 7 додатків.

Графічна частина: 5 листів формату А1.

Об'єкт розробки — вимірювач інтенсивності радіоактивного випромінювання.

Мета роботи — огляд і аналіз аналогів об'єкту проектування та розробка структурної схеми, принципової схеми, а також складального креслення, друкованої плати та корпусу пристрою в середовищі AutoCad та DipTrace, та іншої графічної документації до пристрою.

Метод дослідження — проектування структурної, принципової, схем, а також складального креслення, друкованої плати та корпусу пристрою в середовищі AutoCad та DipTrace; розрахунки номіналів елементів, режимів роботи пристрою, виготовлення графічної документації.

В магістерській кваліфікаційній роботі описані аналоги проектного пристрою, приведені основні технічні характеристики; розглянуто тенденції розвитку.

Робота містить розрахунки з надійності пристрою та економічні розрахунки.

Ключові слова:

ЦИФРОВИЙ ВИМІРЮВАЧ ІНТЕНСИВНОСТІ РАДІАЦІЇ, ТРИВАЛІСТЬ ІМПУЛЬСУ, ГЕНЕРАТОР ТАКОВИХ ІМПУЛЬСІВ, БЛОК ЖИВЛЕННЯ ДАТЧИКА, ЛІЧИЛЬНИК ГЕЙГЕРА.

ABSTRACT

Diploma project of the "Magister" degree: «The radiation intensity meter» / UzhNU;
Supervisor: Spesivich O. O.; Student: Trjanchych Y.Y., ES group.

Explanatory note: 99 pages, 14 figures, 12 tables, 19 sources, 7 appendixes.

Graphic part: 5 A1 sheets.

The development project focuses on a radiation intensity meter as its main subject.

The primary objective of this project is to thoroughly examine and assess existing designs similar to the radiation intensity meter. This involves creating a structural diagram, a schematic diagram, and various other visual documentation for the device using AutoCad and DipTrace. The research methodology employed encompasses design, calculations, and the production of graphical materials.

Within the context of the project, we explore analogous devices described in a previous qualification thesis, which provides a comprehensive overview of their primary technical specifications and the prevailing trends in their development. Additionally, the project entails performing reliability calculations for the device and conducting economic assessments.

Keywords:

DIGITAL MEASUREMENT OF RADIATION INTENSITY, PULSE DURATION,
GENERATOR OF CLOCK PULSE, SENSOR POWER SUPPLY UNIT, GEIGER
COUNTER.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1. АНАЛІЗ ЗАВДАННЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ	10
1.1. Загальні поняття	10
1.2. Методи і пристрої вимірювання інтенсивності радіоактивного випромінювання	11
1.2.1. Методи вимірювання радіації	11
1.2.2. Датчики іонізуючого випромінювання	17
1.2.3. Огляд та аналіз аналогів об'єкта проектування	27
2. КОНСТРУКТОРСЬКО – ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	35
2.1. Синтез та аналіз принципової схеми	35
2.2. Розрахунок режимів роботи елементів електронної схеми	39
2.3. Технологічний процес виготовлення друкованої плати	50
2.4. Проектування та розрахунок друкованої плати	56
2.5. Вибір варіантів встановлення елементів РЕА	64
2.5.1. Навісний монтаж	64
2.5.2 Поверхневий монтаж	65
2.6. Розрахунок теплового навантаження пристрою	68
2.7. Розрахунок характеристик надійності пристрою	70
3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	76
3.1 Розрахунок собівартості виготовлення	76
3.2. Оцінка собівартості виробництва виробу	79
3.3. Визначення фонду заробітної плати	80
3.4. Розрахунок ціни спроектованого приладу	88
4. ЗАХОДИ ПО ПЛАНУВАННЮ, ТЕХНІЦІ БЕЗПЕКИ ТА ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	89
4.1. Охорона праці. Характеристика небезпечних і шкідливих факторів на всіх етапах технологічного процесу, монтажу і експлуатації	89
4.2 Основні заходи безпеки та вилучення передбачуваних шкідливих факторів на всіх етапах технологічного процесу, монтажу і експлуатації	91
4.3. Розрахунок необхідного повітряного обміну для промислової вентиляції	93
4.4. Захист навколишнього середовища	95
5. ВИСНОВКИ	97
6. ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	98
7. ДОДАТКИ	100

					<i>КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ</i>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Трянчич Ю.Ю.				<i>Вимірювач інтенсивності радіоактивного випромінювання</i>	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Спесивих О.О					У	7	104
Т.Контр.						<i>УжНУ, ІТФ 2 курс, гр. ЕС</i>		
Н.Контр	Папп О.В.							
Затверд.	Заяць Т. М.				<i>Пояснювальна записка</i>			

Додаток А. Структурна схема КРМ.ЕС.10749980.001.Е1	
Додаток Б. Принципова схема КРМ.ЕС.10749980.001.Е2	
Додаток В. Креслення друкованої плати КРМ.ЕС.10749980.001.Е3	
Додаток Г. Складальне креслення КРМ.ЕС.10749980.001.Е4	
Додаток Д. Габаритне креслення КРМ.ЕС.10749980.001.Е5	
Додаток Е. Перелік елементів КРМ.ЕС.10749980.001.ПЕ	
Додаток Ж. Специфікація КРМ.ЕС.10749980.001.СП	

ПРОЄКТ
УЖНУ
2023

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Вступ

Атомна енергетика в даний час екологічно чиста і більш дешева, ніж теплова. У розвинених країнах вона забезпечує від 15 до 70% всієї електроенергії, яка виробляється (Франція - 70%, США - 17%, Швеція - 50%, Канада - 15%). Однак у разі аварії атомні станції становлять серйозну небезпеку для людей і навколишнього середовища.

За час експлуатації АЕС у світі сталися 3 основних аварії: в 1961 р. - в Айдахо-Фолс (США), в 1979 р. - на АЕС "Прімайл-айленд" в Гарісберзі (США), 1986р. - На Чорнобильській АЕС, 2011р. на АЕС Фукусіма.

Аварії на АЕС мають значні відмінності від ядерних вибухів. Вони відрізняються від ядерних вибухів більшою тривалістю викидів, що відбуваються зі зміною напрямків потоків повітряних мас, тому практично немає можливості прогнозувати розміри зон ураження. На чорнобильської техногенної аварії, яка стала аварією глобального масштабу, необхідно акцентувати більшу увагу. Як сьогодні стало відомо з численних фактів вченим, ще жодна катастрофа ХХ століття не мала таких важких екологічних наслідків, як Чорнобильська. Ця трагедія не регіонального, не національного, а глобального масштабу. Випадання радіоактивних речовин простежувалося і у державах Західної Європи, підвищився радіаційний фон у Скандинавії, Японії та США. Навіть через 15 місяців після катастрофи в Чорнобилі у Великій Британії було виявлено надзвичайно велике забруднення рослинності радіоактивними опадами, а також великий вміст цезію у м'ясі овець. В результаті катастрофи вже загинуло багато тисяч чоловік (понад 50 тис з 100 тис тих, які брали участь у ліквідації аварії). У результаті Чорнобильської катастрофи на території України забруднено 12 областей, 86 адміністративних районів, 2311 населеного пункту, де в цілому живе близько 2 600 тис жителів, у тому числі - 600 тис дітей. Забруднено радіонуклідами понад 7 млн гектарів землі, серед яких 3 млн га сільськогосподарських угідь та 2 млн лісових масивів. Ще близько 1.5 млн чоловік проживає на території, де радіоактивний фон у десятки разів перевищує допустимі норми (Київська, Житомирська, Чернівецька, Рівненська, Черкаська, Вінницька, Чернігівська,

					<i>KPM.EC.10749980.001.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Кіровоградська, Івано-Франківська області). Дезактиваційні роботи, на які в 1986-1989 роках було витрачено мільйони, бажаних результатів не дали.

Вплив Чорнобильської аварії на здоров'я людей дуже значний і є проблемою не тільки для нас, але і для декількох прийдешніх поколінь. Уже в 1992-1994 роках в Житомирській і Київській областях, як і в Білорусі, за даними Міністерства Охорони Здоров'я України, у жительок забруднених радіонуклідами районів значно збільшилася кількість народження недоношених дітей і калік, кількість тяжких ускладнень вагітності (у 2,5-3 рази), є серйозні генетичні зміни здоров'я. В результаті потрапляння радіоактивних речовин в організм у багатьох людей була уражена щитовидна залоза, виникла променева хвороба. В даний час спостерігається тенденція до збільшення онкологічних захворювань, захворювань ендокринної системи, систем кровообігу травлення, а також захворювань, пов'язаних з імунною системою. У зв'язку з тим, що в продуктах викидів перевагу мають довгоживучі радіонукліди, зараження буде тривалим.

У зв'язку з розвитком електроніки люди навчилися вимірювати дози радіації і бути вже поінформованими. Розроблено різні методи вимірювання радіації і різні прилади вимірювання. Мета даної роботи розробка конструкторської документації вимірювача інтенсивності радіоактивного випромінювання. Актуальність роботи полягає в тому, що є реальна потреба у забезпеченні виробничого персоналу і населення малогабаритними і надійними приладами радіаційного контролю для істотного підвищення екологічної безпеки життєдіяльності людини.

1. АНАЛІЗ ЗАВДАННЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

1.1. Загальні поняття

З розвитком аналогової і цифрової електроніки, з відкриттям нових технологій і методів ці мети стають ближчими. У магістерській роботі розглянуто принципову схему та розроблена конструкція вимірювача інтенсивності радіоактивного випромінювання, розрахована собівартість її виготовлення.

					<i>KPM.EC.10749980.001.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

У технічному завданні вимагаються слідуєчі параметри вимірювача інтенсивності радіоактивного випромінювання:

- діапазон вимірювань потужності експозиційної дози випромінювання – $0,1 \div 999$ мкР / год;
- розрядність індикації експозиційній дози - 3;
- тривалість вимірювання, не більше - 20 с;
- тривалість індикації результату вимірювання, не менше - 5 с .
- конструкція повинна бути виконана на сучасній елементній бази.

1.2. Методи і пристрої вимірювання інтенсивності радіоактивного випромінювання.

Розвиток ядерної енергетики та широке застосування джерел іонізуючих випромінювань в різних областях науки і техніки, а також можлива поява їх в побутових умовах вимагають ознайомлення з властивостями і методами реєстрації α -, β -і γ -випромінювань, а також отримання відповідних знань і практичних навичок з захист від їхнього впливу.

Оцінку і проведення дослідження характеристик радіоактивних джерел необхідно проводити з використанням приладів, які забезпечують кількісне вимірювання параметрів α -, β -і γ -випромінювання.

1.2.1 Методи вимірювання радіації.

Випромінювання радіоактивних речовин може бути трьох видів: α -, β -і γ -випромінювання, при цьому γ -промені являють собою електромагнітні хвилі, аналогічні рентгенівським, і здатні проникати через різноманітні матеріали, складають основну небезпеку для людей через іонізації клітин живого організму ; β -випромінювання є потоком електронів, причому швидкість їх руху інколи досягає швидкості світла, проникаюча здатність менше ніж у γ -випромінювання, але іонізуюче вплив в сотні раз більше; α -випромінювання представляє потік ядер

					<i>KPM.EC.10749980.001.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

гелію характеризується дуже високим іонізуючим впливом і тому надзвичайно небезпечні у разі проникнення всередину живого організму.

Швидкість поширення радіації залежить від її типу та умов довкілля.

- Альфа-частинки є найменш проникними, мають найкоротший радіус дії. Швидкість випромінювання — 20 тис. км/сек.
- Бета-частинки більш проникні, бо можуть проходити до кількох метрів повітря або десятків метрів води. Швидкість випромінювання — до кількох десятків тисяч км/сек.
- Гамма-випромінювання — найбільш небезпечне, воно швидко розповсюджується через матеріали. Швидкість гамма-випромінювання дорівнює швидкості світла (близько 299 792 458 м/с).

Фотографічний метод вимірювання радіації. Сутність цього методу полягає у використанні спеціальних фотоемульсій для реєстрації швидких заряджених частинок. Фотоемульсії, що застосовуються для зазначених цілей, прийнято називати ядерними. [15]

Ядерні фотоемульсії мають товщину шару від 600 до 1200 мкм, в той час як товщина шару звичайних фотоемульсій складає всього від 10 до 20 мкм.

Чутливість ядерних фотоемульсій значно вище, ніж звичайних, так як число зерен (монокристалів) бромистого срібла в ядерній фотоемульсії багато більше, а розміри зерен багато менше, ніж у звичайній фотоемульсії.

Заряджені частинки, потрапляючи в шар фотоемульсії, нанесений на фотопластинку, викликають іонізацію молекул фотоемульсії, що викликає почорніння її зерен. Після хімічної обробки фотопластинки (прояви і фіксування) сліди (треки), залишені пролетів через фотоемульсію частками, стають видимими. Їх спостерігають за допомогою мікроскопа.

За формою зазначеного трека, його довжині і товщині, по щільності почорнілих зерен емульсії і по багатьом іншим ознаками можна встановити вид частинки, її енергію, швидкість, напрямок руху та багато інших характеристик.

Одне з основних переваг методу товстошарових емульсій перед іншими методами реєстрації частинок полягає в тому, що з його допомогою отримують не зникаючі з часом сліди частинок, які в подальшому можуть бути ретельно вивчені.

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Треки часток, одержувані в фотоемульсії, є більш тонкими й виразними, ніж у камері Вільсона або бульбашковій камері, що збільшує точність вимірювань.

Недоліками фотоемульсійного методу є складність хімічної обробки фотопластинок і неможливість визначення моменту часу, в який заряджена частинка потрапляє в фотоемульсію.

Метод товстошарових емульсій відіграє винятково важливу роль у дослідженнях космічних променів і різних перетворень, що викликаються елементарними частинками, розігнаними до дуже високих енергій в прискорювачах заряджених частинок.

Сцинтиляційний метод вимірювання радіації. У ядерній фізиці сцинтиляції називають спалахи світла, що виникає при попаданні зарядженої частинки в середу, що володіє здатністю до люмінесценції. В деяких люмінофора, наприклад в сірчистому цинку, сцинтиляція (світлова спалах), викликана зарядженими частинками, є досить яскравою і може спостерігатися неозброєним оком.

Сцинтиляційними лічильниками називають пристрої, що реєструють іонізуюче випромінювання за світінням спеціальної речовини — сцинтилятора. Основними частинами сучасного сцинтиляційного лічильника є сцинтилятор та фотоелектронний помножувач (ФЕП), між якими, при необхідності, може бути розташований світловод.

Сцинтилятор — це речовина, в якій збуджуються світлові спалахи при прольоті через нього окремих іонізуючих частинок. В якості сцинтилятора можуть бути використані органічні та неорганічні сполуки в кристалічному або рідкому стані. Широке застосування для реєстрації гамма-квантів отримали сцинтилятори з монокристалів йодиду натрію, легованих атомами талію — NaI(Tl).

Утворення збуджених станів починається з поглинання гамма-кванту (фото-чи комптон-ефект) та звільнення електрону, який потім втрачає енергію, що була йому надана, переважно в іонізаційних взаємодіях з речовиною. Вторинні електрони, що утворилися при цьому, іонізують та збуджують речовину сцинтилятора. В результаті енергія гамма-кванту йде на збудження та іонізацію атомів, кількість яких пропорційна енергії кванту. В процесі релаксації атомів сцинтилятора в основний стан виникає випромінювання квантів переважно у

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

видимій та ультрафіолетовій областях. Інтенсивність світла пропорційна до кількості збуджених атомів, а значить пропорційна до енергії первинного γ -кванту. Далі це світло потрапляє на фотокатод фотоелектронного помножувача.

ФЕП — це вакуумний прилад, в якому світловий потік перетворюється в пропорційний його інтенсивності невеликий фотоелектронний струм. Для підсилення цього електронного струму використовується явище вторинної електронної емісії. Конструктивно він виготовляється у вигляді вакуумного балону, всередині якого розташовані фотокатод (тоненька напівпрозора плівка з напівпровідникового матеріалу з роботою виходу 1.5-2 eV) та декілька (до 20) електродів (динодів).

Електрони, які виходять з фотокатоду, отримують енергію в прискорюючому електричному полі та бомбардують найближчій електрод. Електрони, які вибиваються тут, направляються до наступного диноду та вибиваються з нього електрони і т.д. Різниці потенціалів між електродами підбирають за допомогою дільника напруги так, щоб коефіцієнт вторинної електронної емісії був більше одиниці. За цих умов відбувається підвищення сили струму на кожному наступному диноді. Струм електронів збільшується за законом η^n , де n — номер диноду, η — коефіцієнт вторинної електронної емісії. Типова кількість динодів 12. Тому коефіцієнт підсилення ФЕПу (відношення кількості електронів, які досягають аноду, до кількості електронів, які вирвані з фотокатоду) досягає величини порядку 10^7 (залежить від прикладеної напруги). Це дозволяє реєструвати за допомогою ФЕПу слабкі світлові сигнали. Можна реєструвати випромінювання від ультрафіолету до ближнього інфрачервоного, обмеженого червоною границею фотоефекту.

В даний час метод сцинтиляції отримав сучасне технічне рішення і широко використовується в науці і техніці. Сцинтиляції тепер спостерігають і вважають не візуально, а за допомогою спеціальних пристроїв, званих сцинтиляційних лічильниками.

Основною частиною сцинтиляційного лічильника є фотоелектронний помножувач - прилад, що поєднує в собі фотоелемент із зовнішнім фотоефектом і багатокаскадний електронний підсилювач особливої конструкції.

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Перевагою сцинтиляційних лічильників є дуже короткий дозволяє час (10⁻⁸ с) і велика швидкість рахунку частинок, яка на кілька порядків перевищує швидкість рахунку іонізаційних лічильників.

Важливою особливістю сцинтиляційних лічильників є їх здатність оцінювати енергію реєстрованих частинок, оскільки інтенсивність сцинтиляції пропорційна енергії частинок.

При попаданні частки в сцинтилятор вона починає взаємодіяти з деякими атомами щільного середовища сцинтилятора. При цьому якась кількість атомів речовини, що становить сцинтилятор, переходить у збудження.

При зворотному переході атомів в нормальний стан відбувається випускання світлової енергії, тобто люмінесценція.

Сцинтиляційний метод має ряд переваг перед іншими методами. Перш за все це висока ефективність для проникаючих випромінень, малий час висвічування сцинтиляторів (для неорганічних кристалів – 10⁻⁷ с, для органічних – 10⁻⁸-10⁻⁹ с). Це забезпечує високу часову розподільну здатність сцинтиляційних лічильників або малий “мертвий” час лічильників, що дозволяє проводити вимірювання з короткоживучими радіонуклеїдами.

Сцинтиляційні лічильники мають чутливість на декілька порядків вище, ніж іонізаційні камери і газові пропорційні лічильники. Для ряду сцинтиляторів і для відповідних випромінень існує пропорційність між амплітудою світлового імпульсу і енергією часток, що зручно при спектрометрії іонізуючих випромінень [15].

Хімічний метод вимірювання радіації. Метод заснований на властивості іонізуючих випромінювань змінювати структуру деяких хімічних елементів. Наприклад, хлороформ у воді при опроміненні розкладається з утворенням соляної кислоти, яка дає кольорову реакцію з барвником, доданим до хлороформу. Двовалентне залізо в кислому середовищі окислюється в тривалентне під впливом вільних радикалів H₂O і OH, що утворюються у воді при її опроміненні. Тривалентне залізо з барвником дає кольорову реакцію. За щільністю забарвлення судять про дозу випромінювання (поглинутої енергії). На цьому принципі засновані хімічні дозиметри ДП-70 і ДП-70М.

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

В сучасних дозиметричних приладах широке розповсюдження отримав іонізаційний метод виявлення і вимірювання іонізуючих випромінювань.

Іонізаційний метод вимірювання радіації. Під впливом випромінювань в ізольованому обсязі відбувається іонізація газу: електрично нейтральні атоми (молекули) газу розділяються на позитивні і негативні іони. Якщо в цей обсяг помістити два електроди, до яких докладено постійна напруга, то між електродами створюється електричне поле. При наявності електричного поля в іонізованому газі виникає спрямоване рух заряджених частинок, тобто через газ проходить електричний струм, званий іонізаційним.

Прилади, що працюють на основі іонізаційного методу, мають принципово однаковий пристрій і включають: сприймає пристрій (іонізаційну камеру або газорозрядний лічильник), підсилювач іонізаційного струму, реєструючий пристрій і джерело живлення.

Іонізаційна камера являє собою заповнений повітрям замкнутий об'єм, всередині якого знаходяться два ізольованих один від одного електрода, до яких прикладена напруга від джерела постійного струму. При відсутності іонізуючого випромінювання в ланцюзі іонізаційної камери струму не буде, оскільки повітря є ізолятором. При впливі ж випромінювань в іонізаційній камері молекули повітря іонізуються, і в електричному полі позитивно заряджені частинки переміщуються до катода, а негативні - до аноду. У ланцюзі камери виникає іонізаційний струм, чисельне значення якого пропорційно потужності випромінювання. Отже, по іонізаційному струмі можна судити про потужність дози випромінювань, що впливають на камеру.

Газорозрядний лічильник використовується для вимірювання радіоактивних випромінювань малої інтенсивності. Висока чутливість лічильника дозволяє вимірювати інтенсивність випромінювання в десятки тисяч разів менше тієї, яку вдається виміряти іонізаційній камерою.

Газорозрядний лічильник являє собою герметичний порожнистий металевий або скляний циліндр, заповнений розрідженою сумішшю інертних газів (аргон, неон) з деякими добавками, які поліпшують роботу лічильника (пари спирту). Всередині циліндра, уздовж його осі, натягнута тонка металева нитка (анод),

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

ізолювана від циліндра. Катодом служить металевий корпус або тонкий шар металу, нанесений на внутрішню поверхню скляного корпусу лічильника. До металевої нитки і струмопровідних шару (катода) подають постійна напруга величиною порядку сотень вольт.

В газорозрядних лічильниках використовують принцип посилення газового розряду. За відсутності радіоактивного випромінювання вільних іонів в об'ємі лічильника немає. Отже, в ланцюзі лічильника електричного струму також немає. При впливі радіоактивних випромінювань в робочому обсязі лічильника утворюються заряджені частинки. Електрони, рухаючись в електричному полі до анода лічильника, площа якого значно менше площі катода, набувають кінетичну енергію, достатню для додаткової іонізації атомів газового середовища. Вибиті при цьому електрони також проводять іонізацію.

Таким чином, одна частинка радіоактивного випромінювання, що потрапила в об'єм суміші газового лічильника, викликає утворення лавини вільних електронів. На нитки лічильника збирається велика кількість електронів. В результаті цього позитивний потенціал різко зменшується і виникає електричний імпульс. Реєструючи кількість імпульсів струму, що виникають в одиницю часу, можна судити про інтенсивність радіоактивних випромінювань.

1.2.2. Датчики іонізуючого випромінювання

Датчики іонізуючого випромінювання відносяться до електронних пристроїв, основне призначення яких полягає в забезпеченні процесу взаємодії потоку частинок іонізуючого випромінювання з певної фізичної середовищем-детектором випромінювання і перетворення актів взаємодії в електричні сигнали, які можуть бути зареєстровані та оброблені відповідної вимірювальною апаратурою.

Датчики рентгенівського і γ -випромінювання. Основний діапазон енергій γ -випромінювання природних і штучних радіонуклідів 0.1-3 МеВ. У зв'язку з високою проникаючою здатністю γ -випромінювання для детектування випромінювання використовують детектори з високою щільністю і великим

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

середнім атомним номером чутливої середовища, а саме сцинтиляційні детектори та германієві НПД (напівпровідникові датчики).

Найбільш поширений тип сцинтилятора-NaI (TI), щільність-3, 67г/см³, ефективний атомний номер-50.

Германієві ППД, в порівнянні з кремнієвими, мають більш високий атомний номер (32) і забезпечують більш високу ефективність реєстрації випромінювання.

При реєстрації рентгенівського і γ -випромінювання з енергією нижче 100 кеВ використовують детектори з високою ефективністю реєстрації в цьому діапазоні при мінімальній ефективності реєстрації більш високоенергетичного випромінювання. Цим умовам задовольняють газонаповнені детектори та ППД.

Датчики β -випромінювання. Вибір детекторів для β -вимірювань визначається досить обмеженою проникаючою здатністю β -випромінювання і безперервним характером спектра β -частинок.

Одним з основних параметрів β -детекторів є енергетичний поріг чутливості (Епор), значення якого залежить від товщини вхідного вікна або стінки детектора. Під Епор розуміють енергію випромінювання, для якої прозорість вікна дорівнює 0,5. За цим параметром детектори поділяються на 4 групи: циліндричні тонкостінні лічильники з товщиною стінки 40-60 мг/см² (поріг 1 МеВ і вище), торцеві з герметичним слюдяним вікном товщиною 1-5 мг/см² (поріг 0,1-0,25 МеВ), проточні з негерметичним вікном з металізованої органічної плівки товщиною менше 1 мг/см² (поріг 20-100 кеВ) і проточні безпорогової лічильники з приміщенням препаратів в безпосередньо в робоче середовище детектора (у тому числі в газовій формі).

Датчики α -випромінювання. Вимірювання α -випромінювання найчастіше пов'язане з визначенням відносного вмісту α -активних нуклідів з високим атомним номером. Випромінювання відрізняється високою енергією α -частинок (4-8 МеВ), високою щільністю іонізації при взаємодії з будь-якою речовиною і малою проникаючою здатністю

Виміри можливі тільки в насичених по випромінюванню шарах. Для вимірювання в тонких шарах товщина шару повинна бути не більше 50-100 мкг/см².

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Лічильники Гейгера-Мюллера - найпоширеніші детектори іонізуючого випромінювання. У своїй основі лічильник дуже простий. У добре вакуумований герметичний балон з двома електродами введена газова суміш, що складається в основному з легко іонізуємих неону і аргону.

У таблиці 1 наведено відомості про самогасяться галогенових лічильниках Гейгера-Мюллера, найбільш придатних для побутових приладів радіаційного контролю.

Таблиця 1. Параметри галогенових лічильників Гейгера-Мюллера

	1	2	3	4	5	6	7
СБМ19	400	100	2	310*	50	19×195	1
СБМ20	400	100	1	78*	50	11×108	1
СБТ9	380	80	0,17	40*	40	12×74	2
СБТ10 А	390	80	2,2	333*	5	(83×67×37)	2
СБТ11	390	80	0,7	50*	10	(55×29×23, 5)	3
СІ8Б	390	80	2	350- 500	20	82×31	2
СІ14Б	400	200	2	300	30	84×26	2

У наведеній таблиці 1 зазначені основні параметри лічильників, у тому числі:

- 1 - робоча напруга, В;
- 2 - плато-область малої залежності швидкості рахунку від напруги живлення, В;
- 3 - власний фон лічильника, імп / с, не більше;
- 4 - радіаційна чутливість лічильника, імп / мкР (* по кобальту 60);
- 5 - амплітуд вихідного імпульсу, В;
- 6 - габарити, мм - діаметр × довжина (довжина × ширина × висота);
- 7.1-жорстке γ-і β-випромінювання;
- 7.2-жорстке γ-і β-випромінювання і м'яке β-випромінювання;
- 7.3-жорстке γ-і β-випромінювання і α-випромінювання;
- 7.4-γ-випромінювання;

					<i>KPM.EC.10749980.001.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Найбільш дешевим датчиком іонізуючої радіації є лічильник Гейгера (Гейгера-Мюллера). Цей простий прилад, винайдений в 1908 році для потреб зароджуваної ядерної фізики, не втратив своєї актуальності і сьогодні.

Лічильник Гейгера являє собою вакуумний балон з двома електродами, в який введена газова суміш, що складається з легкоіонізуючих неону і аргону з невеликою добавкою галогену - хлору або броду.

До електродів прикладають високу напругу, яка сама по собі не викликає будь-яких розрядних явищ (рис. 1). [2]

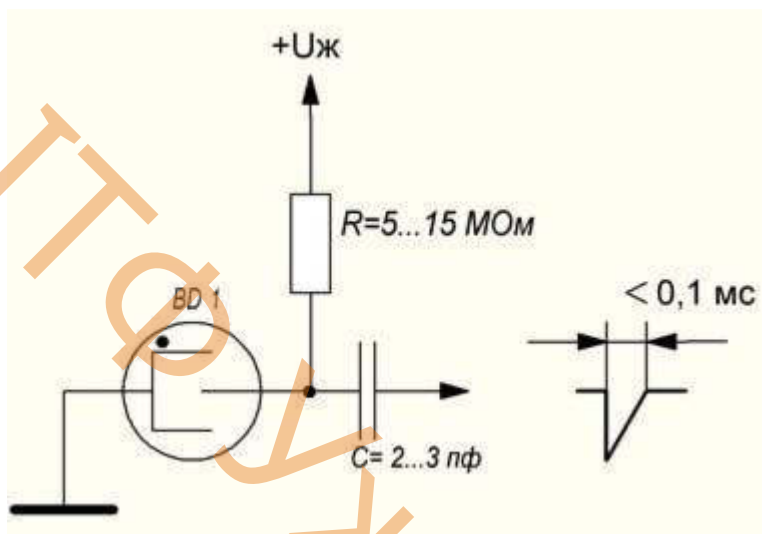


Рис. 1 Включення лічильника Гейгера

У цьому стані лічильник буде перебувати до тих пір, поки в його газовому середовищі не виникне центр іонізації - слід з іонів та електронів, породжений вхідною ззовні іонізуючою частинкою.

Первинні електрони, прискорюючись в електричному полі, іонізують «по дорозі» інші молекули газового середовища, породжуючи все нові й нові електрони та іони. Розвиваючись лавиноподібно, цей процес завершується утворенням в міжелектродному просторі електронно-іонної хмари, різко збільшує його провідність. В газовому середовищі лічильника виникає розряд, видимий (якщо балон прозорий) навіть простим оком.

Зворотний процес - повернення газового середовища в її початковий стан - відбувається під дією галогену, що міститься в ній, який сприяє інтенсивній рекомбінації зарядів. Але цей процес йде значно повільніше. Відрізок часу, необхідний для відновлення радіаційної чутливості лічильника і фактично визначає

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

його швидкодію - так званий «мертвий» час, - є важливою характеристикою лічильника.

Галоген - витратна частина газового середовища лічильника. Але ця частина настільки велика, що в режимі фонових рахунків її вистачило б на століття (напрацювання по галогену, наприклад, лічильника СБМ20 становить не менш $2 \cdot 10^{10}$ імпульсів).

Лічильники такого типу називають галогеновими само затухаючими лічильниками. Відрізняючись найнижчою напругою живлення, чудовими параметрами вихідного сигналу і досить високою швидкодією, вони виявилися особливо зручними для застосування в якості датчиків іонізуючого випромінювання в побутових приладах радіаційного контролю.

Лічильники Гейгера здатні реагувати на різні види іонізуючого випромінювання - α , β , γ , ультрафіолетове, рентгенівське, нейтронне. Але реальна спектральна чутливість лічильника залежить від його конструкції.

Найчастіше зустрічаються лічильники з циліндричним балоном, виконаним з нержавіючої сталі товщиною 0,05 ... 0,06 мм. Балон в такому лічильнику є і його катодом. Спектральна чутливість такого тонкостінного лічильника обмежена γ -і жорстким β -випромінюванням.

Лічильники зі скляним балоном чутливі лише до γ -випромінювання (скло товщиною в 1 мм для β -випромінювання є майже непереборною перешкодою). Катодом в таких лічильниках служить тонкий провідний шар, нанесений на внутрішню поверхню скла. Практично повністю втрачає чутливість до β -випромінювання і лічильник з товстостінним (більше 0,2 мм) металевим балоном.

У лічильниках Гейгера, призначених для реєстрації м'якого β -випромінювання, роблять спеціальні вікна з дуже тонкої слюди.

Вікно рентгенівського лічильника виготовляють з берилію, а ультрафіолетового - з кварцового скла.

В лічильник нейтронів вводять бор, при взаємодії з яким потік нейтронів перетворюється в легко реєструючі α -частинки.

Фотонне випромінювання - ультрафіолетове, рентгенівське, γ -випромінювання - лічильники Гейгера сприймають опосередковано: через

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

фотоефект, комптон-ефект, ефект народження пар; в кожному випадку відбувається перетворення взаємодіючого з речовиною катода випромінювання в потік електронів.

Кожна фіксуюча лічильником Гейгера частка збуджує в ньому короткий (частки мілісекунди) імпульс струму. Число імпульсів, що виникають в одиницю часу - швидкість рахунку лічильника Гейгера, - залежить від рівня іонізуючої радіації і напруги на його електродах. Типовий графік залежності швидкості рахунку від напруги живлення $U_{\text{ж}}$ зображений на **рис. 2**.

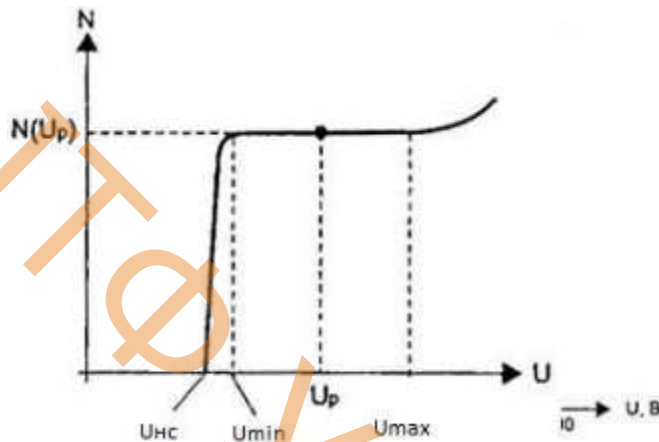


Рис. 2. графік залежності швидкості рахунку від напруги живлення $U_{\text{ж}}$

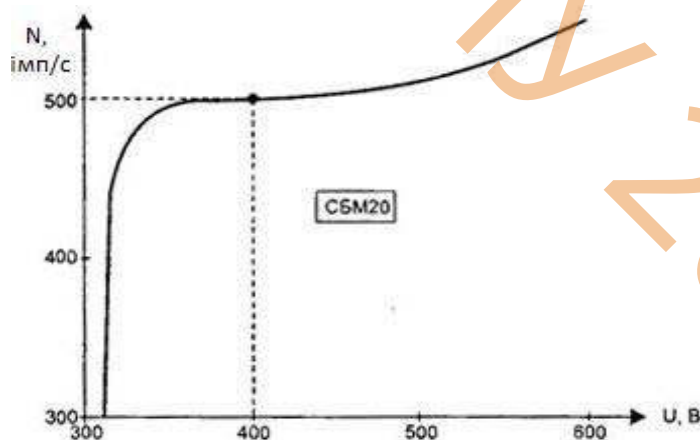


Рис. 3. Залежність $N(U_{\text{ж}})$ для лічильника СБМ20

Тут:

$U_{нс}$ - напруга початку рахунку;

U_{min} і U_{max} - нижня і верхня межі робочої ділянки, так званого плато, на якому швидкість рахунку майже не залежить від напруги живлення лічильника.

Робочу напругу U_p зазвичай вибирають в середині цієї ділянки.

Йому відповідає $N(U_p)$ - швидкість рахунку в цьому режимі.

На **рис. 3.** приведена залежність $N(U)$ для лічильника СБМ20, що знаходиться в полі іонізуючої радіації, приблизно в 1000 разів перевищує рівень природного радіаційного фону. [4]

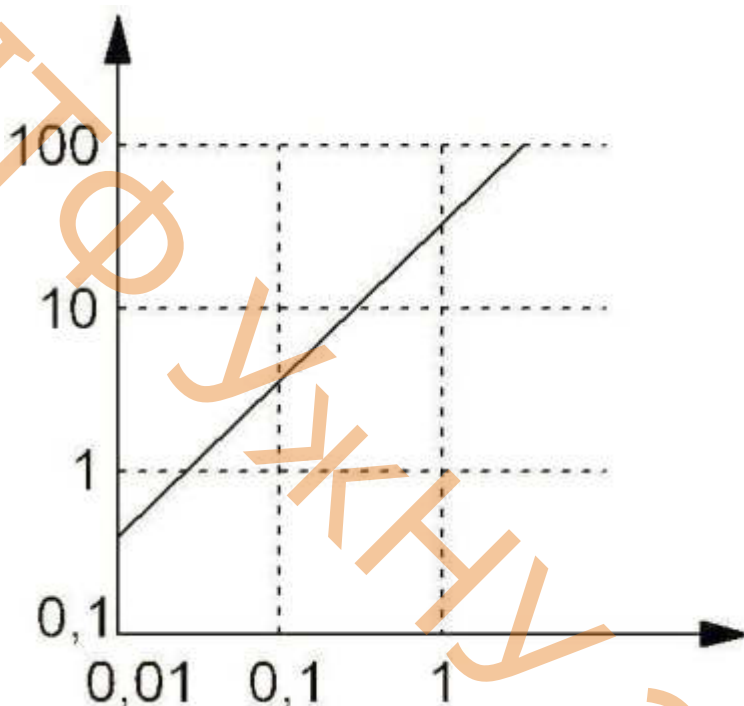


Рис. 4. Залежність швидкості рахунку в лічильнику Гейгера від рівня іонізуючої радіації при невисоких її рівнях

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						24
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

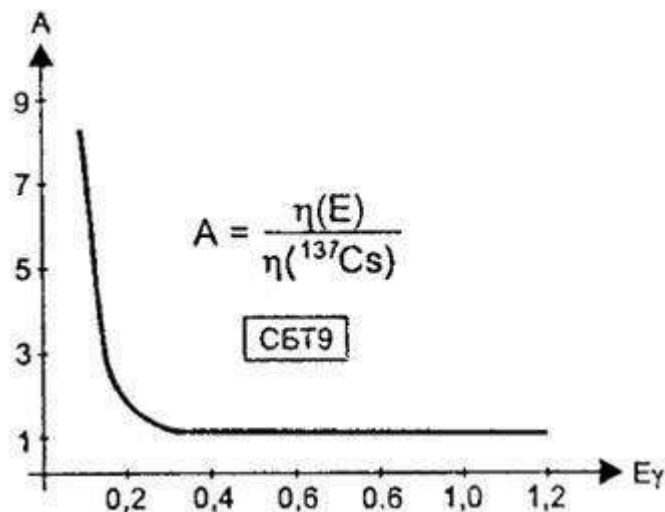


Рис. 5. «Хід з жорсткістю» в лічильнику СБТ9

Залежність швидкості рахунку від рівня радіаційного опромінення лічильника - найважливіша його характеристика.

Графік цієї залежності має майже лінійний характер, і тому нерідко радіаційну чутливість лічильника висловлюють через імп / мкР (імпульсів на мікрорентген; ця розмірність впливає з відношення швидкості рахунку - імп / с - до рівня радіації - мкР / с). На рис. 5. наведено графік цієї залежності для лічильника СБМ20.

У тих випадках, коли вона не вказана (нерідких, на жаль), судити про радіаційну чутливість лічильника доводиться по іншому його теж дуже важливого параметру - власному фону.

Так називають швидкість рахунку, причиною якої є дві складові: зовнішня - природний радіаційний фон, і внутрішня - випромінювання радіонуклідів, які опинилися в самій конструкції лічильника, а також спонтанна електронна емісія його катода.

Ще однією важливою характеристикою лічильника Гейгера є залежність його радіаційної чутливості від енергії (жорсткості) іонізуючих частинок.

Якою мірою ця залежність важлива, показує графік на рис. 5.

«Хід з жорсткістю» буде впливати, очевидно, на точність проведених вимірювань.

Не обговорюючи питання про те, чи потрібна висока точність вимірювань радіометру, зауважимо, що подібні прилади професійні призначення

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						25
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відрізняються від побутових лише корекцією лічильника Гейгера по жорсткості. Для цього на нього надягають «сорочку» - пасивний фільтр. Цей фільтр повинен, по-перше, «відрізати» сторонні випромінювання (перш за все, β -випромінювання), і, по-друге, своєю приблизно зворотною по відношенню до лічильника жорсткісною характеристикою компенсувати «хід з жорсткістю» самого лічильника. Деякі з промислових дозиметрів враховують також і спонтанну активність лічильника Гейгера.

Те, що лічильник Гейгера є лавинним приладом, має і свої мінуси - по реакції такого приладу не можна судити про першопричину її порушення. Вихідні імпульси, що генеруються лічильником Гейгера під дією α -частинок, електронів, γ -квантів (лічильник на всі ці види випромінювання реагує), нічим не різняться.

Самі частинки, їх енергії зовсім зникають в породжуваних ними лавинах-близнюках.

В принципі регулювати радіаційну чутливість лічильника Гейгера можна зміною напруги живлення в межах від напруги початку рахунку до виходу на плато: $U_{\text{пит}} \in [U_{\text{нс}}, U_{\text{мін}}]$. Але цей режим дуже нестійкий, і в скільки-небудь серйозних випадках покладатися на нього не можна.

Стабільне регулювання чутливості можливе лише в трьохелектродному лічильнику Гейгера, в якому від напруги на керуючому електроді залежать конфігурація і об'єм простору, в якому можливі лавинні спалахи. Однак трьохелектродні лічильники Гейгера широкого розповсюдження не отримали. Причина в генераторі $U_{\text{упр}}$. Електроніка, що враховує реальну радіаційну чутливість двохелектродного лічильника Гейгера, виявилася простіше.

У побутових дозиметричних приладах швидкодія лічильника Гейгера не є скільки-небудь лімітуючим фактором (людина повинна виявити джерело радіації до того, як ця швидкодія йому буде потрібна). Тому немає необхідності включати багатоанодний лічильник Гейгера так, як це зазвичай рекомендують довідники.

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						26
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2.3. Огляд та аналіз аналогів об'єкта проектування

Аналог 1. Цифровий дозиметр «Гамма 1» призначений для визначення рівня іонізуючої радіації. Реагує на бета, гамма, а також рентгенівські промені. Вимірювання проводиться за час 1хв в одиницях мкр / год.

Пристрій має на своєму борту:

- 1) англо-російський дисплей 2х16 символів з підсвідкою.
- 2) 3 режими вимірювання одинарний / циклічний / сплячий зі зниженим енергоспоживанням.
- 3) 2 комірки незалежної пам'яті для запису значень виміру.
- 4) Буфер значення попереднього вимірювання.
- 5) Регульований рівень сигналізації з пам'яттю.
- 6) Світло / звукова візуалізація випромінювання. [5]

Перемикання режимів здійснюється кнопками (SB2/SB3) Включення / вимикання режимів (SB1/SB4) Спочатку обраний режим одинарного вимірювання, натискаємо SB1 проводиться вимірювання за час 1хв, після результат заноситься в буфер для подальшого запису значення та перегляду попереднього вимірювання.

Для включення підсвічування вибираємо меню «Підсвічування вкл / викл» - «X»-викл, «V»-вкл. Регулювання рівня тривожної сигналізації проводиться в меню «Тривога / Рівень», кнопками «X» - 1, «V» - +1 змінюємо рівень і записуємо в пам'ять

Рівень змінюється в одиницях ПРФ, При збігу обраного рівня з вимірюваним рівнем включається тривожний звуковий сигнал і на екрані висвічується «увага високий рівень радіації!».

В сплячому режимі використовується з пониженим енергоспоживанням, блокінг генератор працює в імпульсному режимі, відключається підсвічування на екрані через кожні 10сек виводиться «сканування», в цьому режимі не

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						27
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

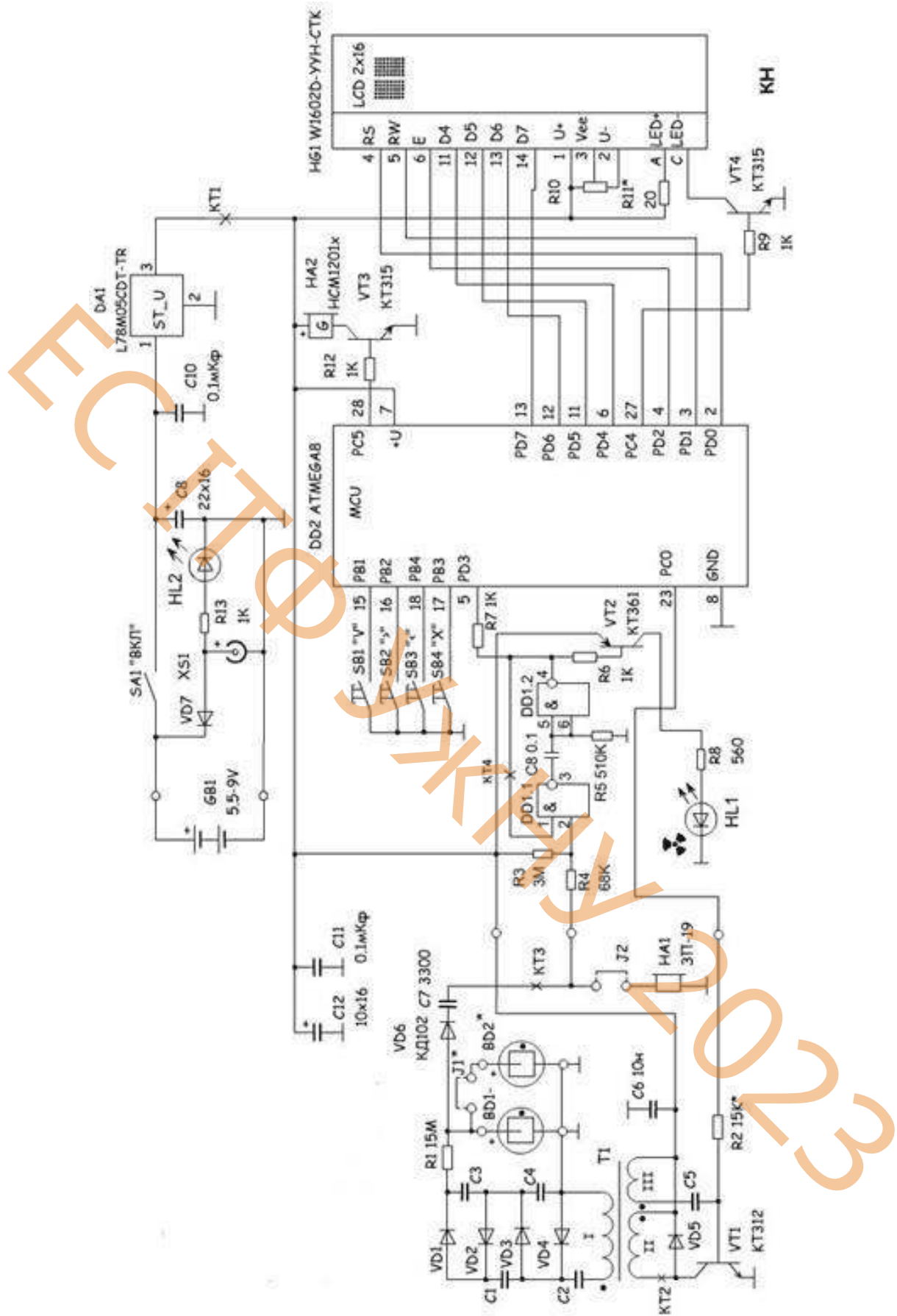


Рис. 6. Електрична принципова схема дозиметра «Гамма 1».

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

KPM.EC.10749980.001.ПЗ

Арк.

28

записуються ніякі значення, тільки реагує на перевищення рівня радіації, звуковим сигналом. Світлодіод HL1 і резонатор HA1 сигналізує про потрапляння радіоактивної частки на датчик, HL2 показує що йде заряд акумулятора. За допомогою одновібратора зібраного на DD1 перетворимо імпульси з датчика в імпульс потрібний за часом і амплітуді для контролера DD2. Перемичка J1 (за умовчанням не включена), включає другий датчик і служить для збільшення чутливості приладу але при цьому слід зробити коригування. Перемичка J1 (за замовчуванням включена) включає акустичний випромінювач.

Пристрій живиться від напруги 6-9 В.

Аналог 2. Цифровий дозиметр "Гамма_3" (принципова схема на рис.7) призначений для визначення рівня іонізуючої радіації.

Реагує на бета, гамма, а також рентгенівське випромінювання.

Вимірювання проводиться за час 20 сек в одиницях мкр / год, також одиницях перевищуючий природний радіаційний фон (ПРФ) $\sim = 15-25$ мкр / ч.

Пристрій має на своєму борту:

- 1) Кірілічний алфавіт на РК індикаторі.
- 2) Циклічний режим вимірювання.
- 3) Режим апроксимації вимірів з подальшим зменшенням відсотка похибки з 80% до 25%.
- 4) 20 комірок незалежної пам'яті для запису значень вимірювання.
- 5) Буфер значення попереднього вимірювання.
- 6) Регульований рівень тривожної сигналізації з пам'яттю.
- 7) Коригування часу вимірювання фону за один прохід.
- 8) Світло / звукова візуалізація випромінювання.
- 9) Індикатор рівня заряду батареї.
- 10) Збереження усіх налаштувань в енергонезалежну пам'ять.

Недолік - великий струм споживання, від 21 mA (на 3.3В).

Максимальна напруга живлення - 5вольт.

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						29
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Функціональні можливості індикатора:

1) За змовчуванням вимірювання ведеться в першому режимі, який заміряє поточний рівень радіації.

ИЗМ-15мкР, це поточний фон, ФОН-14мкР, це відображення минулого виміру, П -0 кількість перевищень природного фону $\sim = 18-25$ мкР / год, Т-18с, поточний час вимірювання.

2) Режим 2, апроксимація вимірів, щодо їх кількості, використовується для точних вимірів, похибка зменшується за часом, -14мкР, результат, + / - 30%-похибка вимірювання.

3) Режим 3, вимірювання еквівалентної дози накопичення (ЕД) за певний час.

Вимірювання ЕД відбувається наступним чином:

00:00 Доза 0мкР

Старт < > Скидання

Після натискання кнопки "старт" відбувається вимірювання 5 раз по 20 * сек, це приблизно 5хвилин, після цього заміряний і обчислений результат виводиться на екран, нормальне значення ЕД кожні 5хв, для нормальної радіаційної обстановки не більше 1мкР/час.

Вимірювання буде проводитися до значення часу = 24години (добу), потім вимірювання зупиниться і запише значення ЕД (добової дози) в 20-у комірку пам'яті.

Припиняти вимірювання ЕД можна вручну, для цього потрібно натиснути кнопку "Стоп",

1:15 Доза 11мкР

< > Стоп

4) Режим записної книжки, призначений для запису на 20 комірок, результату вимірювання.

ЗОНА "1"-номер комірки,-15мкР значення,

для запису потрібно вибрати номер комірки кнопкою "х" і для запису натиснути кнопку "ок".

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						31
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5) Регулювання порога рівня спрацьовування сигналізації - кнопками "х" і "ок", встановлюємо потрібний, якщо рівень дорівнює 0, то сигналізація відключена.

6) Вмикання / вимикання звукового супроводу натискання кнопок і супроводу гарячих частинок - кнопками "х"-вимкнути і "ок"-включити.

7) Функція передачі інформації в комп'ютер для подальшого перегляду в спеціальному додатку ПК.

"Х"-вимкнути і "ок"-включити.

8) Економ-функція економного режиму з автоматом сну і пробудження.

"Х"-вимкнути і "ок"-включити.

9) Корекція часу виміру змінюється в межах ± 5 сек, призначено для коригування щодо типу лічильника Гейгера, та інших випадків.

10) Функція автопідкачування, призначена для управління блокінг-генератором. (Впливає на економію живлення)

"Х"- вимкнути і "ок"- увімкнути.

11) Індикація напруги акумулятора, в вольтах.

3) Детекторна камера складається з BD1-2, R2-3, C3-4. Призначена для детектування радіації, BD1-2 лічильники Гейгера, R2-3,-навантаження для ЛГ, C3-4 розділові конденсатори.

4) Одновібратор, DD1.2-1.2 C8, R8-10, формує з коротко-затягнутого імпульсу імпульс прямокутної форми для правильної роботи МК.

5) Світло-акустичний вузол індикації, світловий-VT2, R4-5, HL1. Світловий сигнал-VT3, R11, HA2. Акустичний вузол, призначений для звукової індикації гарячих частинок, зібраний на генераторі очікування DD1.3-1.4, R8, C11, HA1.

6) Цифрова частина призначена для керування і цифрової обробки даних, що приходять з детекторної камери, і виведення результату на дисплей. Складається з DD2, SB1-5, C12-13, ZQ1,

7) Аналого-цифровий перетворювач (АЦП), потрібен для вимірювання рівня напруги акумулятора DD2, Ra1-2, Ca1-2.

8) Блок індикації, HG1, R14, R12-13, VT4.

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						32
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9) Перетворювач постійної напруги А1 призначений для підвищення напруги живлення з 1.2-4В до 5В і може бути будь-яким за параметрами, в даному випадку це DD3, VD4, DL1, C15-16.

10) Вузол заряду акумулятора X2, VD5 (КД522), R15.17, HL2, GB1.[8]

Аналог 3. Цифровий дозиметр «Гамма 4»

Основні нововведення в дозиметрі Гамма 4:

1.Зменшення споживаного струму з 22 мА до 1.4-3.1мА а в черговому режимі до 86 мкА.

2.Добавлення модуля зарядки АКБ.

3.Модифікація БГ для збільшення його потужності.

4.Підключення моніторингу АКБ через резистивний дільник. (Для можливості використання дозиметра з будь-якими типами АКБ напругою до 10 вольт)

5.Індикація напруги батарейки на головному екрані і сигналізація про розряд АКБ.

6.Змінений звуковий модуль, тепер звук клацань як в промислових дозиметрах.

7.Функції одночасного розрахунку Гамма і Бета складових випромінювання.

8.Самодіагностика датчиків і сигналізація при поломці.

9.Режим "Пошук", що дозволяє оцінити рівень випромінювання за допомогою "шкали", частота оновлення якої 1 раз в секунду. (Як імітація стрілочного приладу)

10.Контроль живлення високовольної частини. Тепер наруга стабілізується в рамках "плато" 400-447 вольт і підкачка напруги проводиться тільки при необхідності.

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						33
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

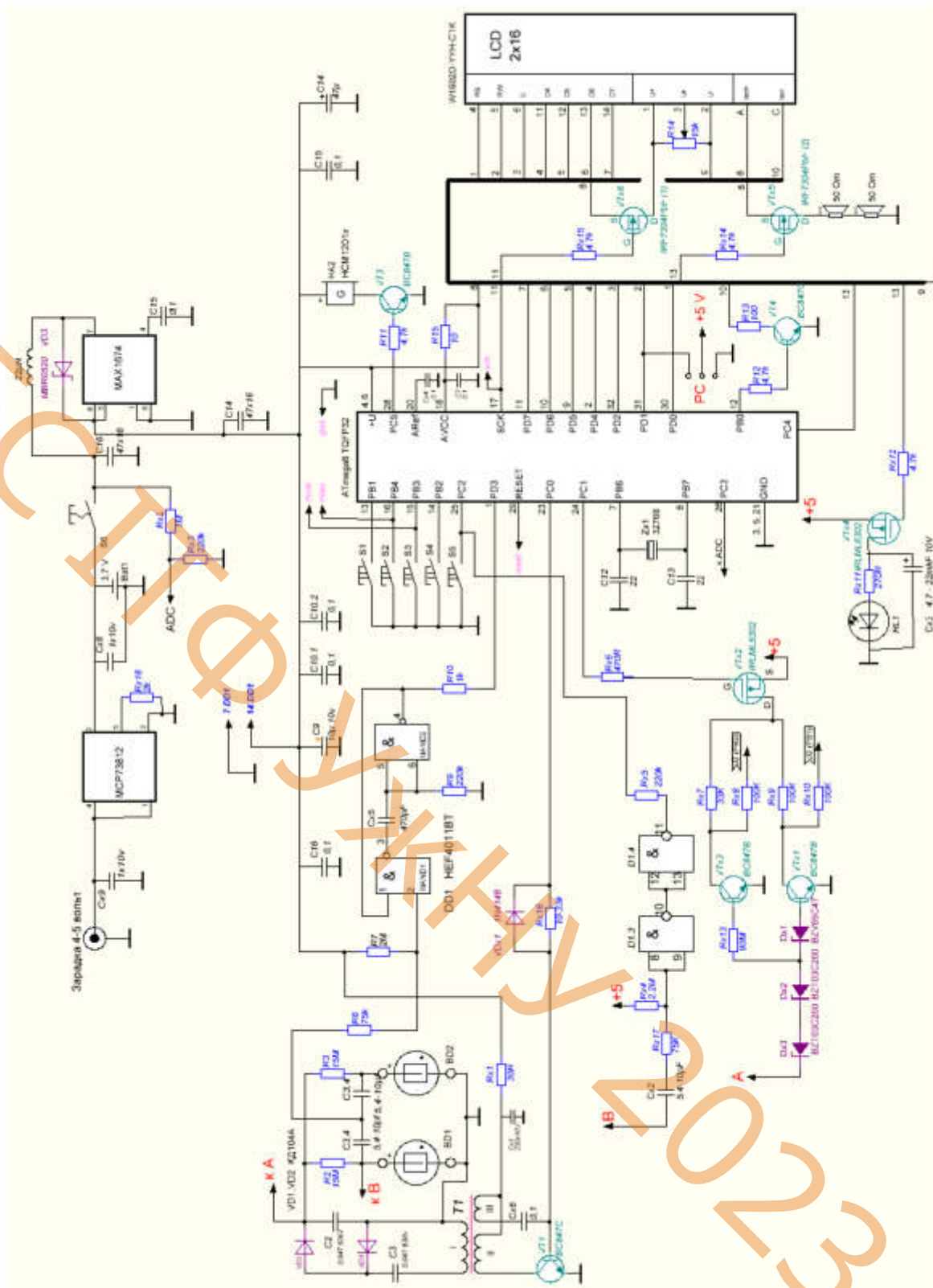


Рис. 8. Електрична принципова схема дозиметра «Гамма 4».

2. КОНСТРУКТОРСЬКО – ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Синтез та аналіз принципової схеми

Виходячи з поставлених технічних умов розроблено структурну схему, на підставі якої буде проводитися послідовне проектування пристрою.

Приклад структурної схеми портативного цифрового радіометра, наведена на рис. 9.

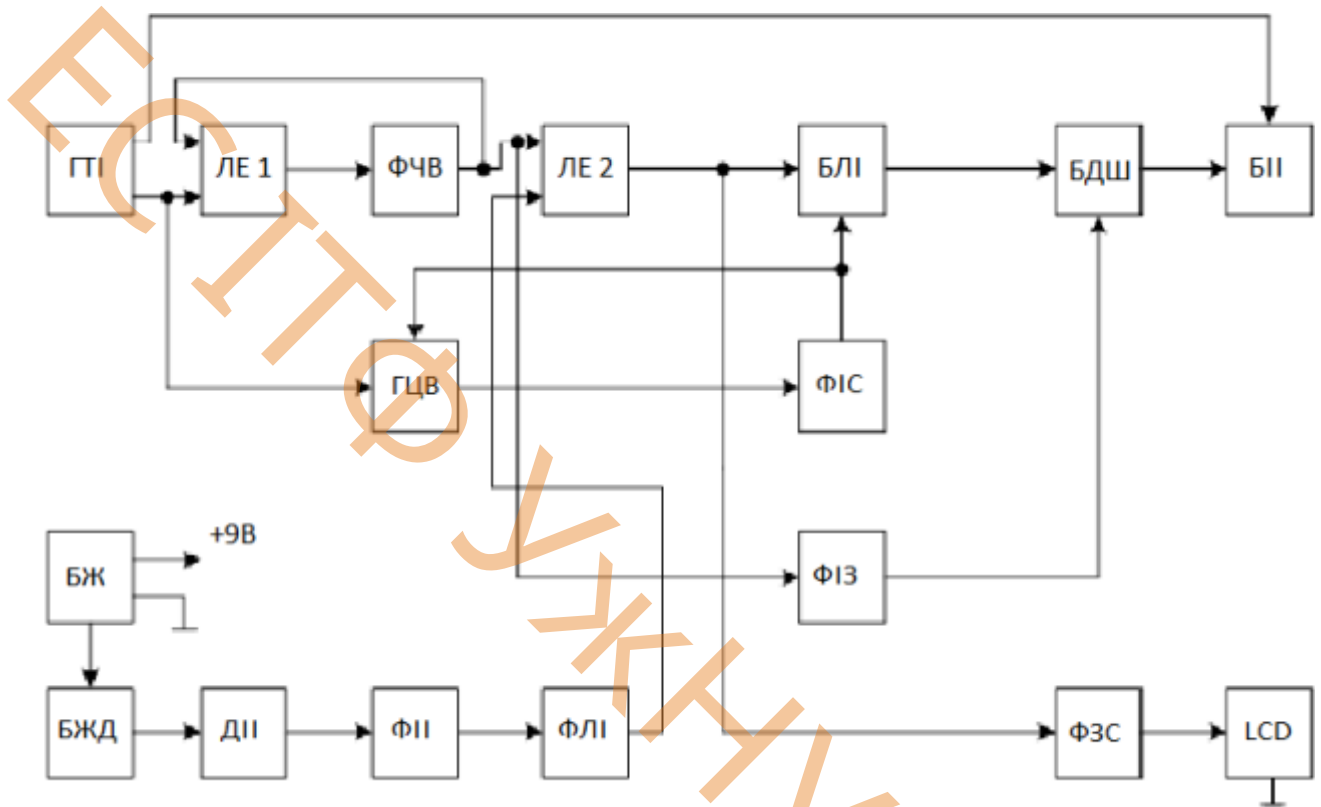


Рис. 9. Загальна структурна схема цифрового радіометра.

На датчик іонізуючих імпульсів (ДІІ) подається напруга 400В з блоку живлення датчика (БЖ). Сигнал з ДІІ надходить на формувач інформаційних імпульсів (ФІІ), імпульси різної тривалості надходять на формувач лічильних імпульсів (ФЛІ). Сформовані імпульси тривалістю 5мкс надходять на логічний елемент (ЛЕ2).

Генератор тактових імпульсів (ГТІ) подає імпульси з частотою 1 Гц через логічний елемент (ЛЕ1) на блок формування часу вимірювання (ФЧВ), на блок генератора циклу виміру (ГЦВ), і імпульси з частотою 128 Гц на блок імпульсної індикації (БІ).

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Час вимірювання складає 30с, імпульси що сформувалися за цей час надходять на блок лічильників імпульсів (БЛІ), потім імпульси надходять на блок дешифраторів (БДШ). З БДШ імпульси надходять на блок імпульсної індикації БІ.

Після 30с часу вимірювання формується імпульс запису на блоці формувач імпульсу запису (ФІЗ), потім імпульс надходить на БДШ.

Час індикації складає 40с, по закінченню 40с з блоку ГЦВ надходить імпульс на блок формувача імпульсу скидання (ФІС), який обнуляє всі лічильники.

У структурну схему також входить формувач звукових сигналів (ФЗС). Під час підрахунку імпульсів будуть чути короткі клацання, по закінченню рахунку буде чути тональний звук.

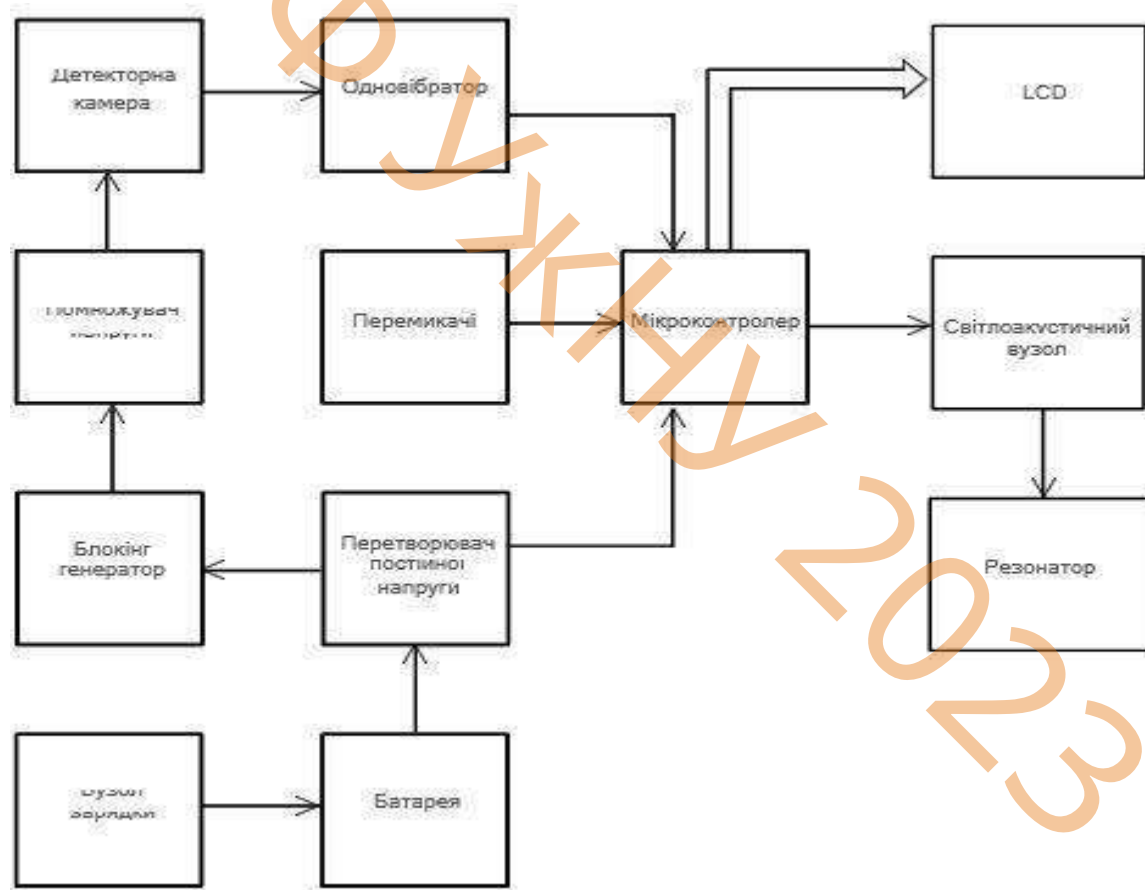


Рис. 10. Структурна схема індикатора радіаційного випромінювання

Принцип дії:

Індикатор радіаційного випромінювання побудований на основі аналога Гамма 1. Головним елементом конструкції є датчик радіації – лічильник

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						36
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Гейгера (ЛГ), яких тут два, що дозволило проводити оцінку інтенсивності радіаційного забруднення за 20 с, при цьому підвищується загальна і спектральна чутливість. Застосовані датчики СІ22Г, які вимірюють тільки гамма-випромінювання, на відміну, наприклад, від СБМ20 і СТС-5. Їх чутливість по гамма-випромінювання в 7 разів вище зазначених датчиків. Відсутня проблема відділення гамма-випромінювання від бета.

Живиться він високою постійною напругою 400В, яку генерує блокінг-генератор (БГ) $\sim 200В$, і помноженою помножувачем на два ($2 \times 200 = 400$), резистори R2 і R4 служать навантаженням ЛГ, після них сигнал надходить на одинвібратор, який формує фронти імпульсів з ЛГ для правильної роботи мікроконтролера (МК). Змінено алгоритм підкачки високої напруги. Через те, що з датчиків слідує імпульси з великою частотою, немає сенсу робити періодичне підкачування. Генератор постійно працює. Є контроль роботи датчиків. Стабільність високої напруги досягається шляхом застосування двох послідовно включених стабілітронів на 200 вольт кожен. Сам же генератор високої напруги налаштований таким чином, щоб видавати напругу і потужність у багато разів більше необхідного датчикам, але стабілітрони обмежують напруги на рівні 400 вольт. Це зроблено для гарантованої стабілізації напруги в рамках "плато" датчиків.

Пристрій включає в себе модуль блокінг-генератора з датчиками, перетворювач імпульсів датчика в прямокутну форму (одновібратор), цифровий блок обробки інформації, вузол індикації, вузол зарядки акумулятора і перетворювач напруги для живлення пристрою.

МК виконує всі логічно-цифрові завдання по виміру та управлінню зовнішньої периферії. МК видає імпульси підкачки для БГ, відносно частинок, що надійшли, графік показаний на рис.10, а також управляє РК модулем, підсвічуванням, генератором для акустичного випромінювача, світлодіода.

Лічильники СІ22Г за розміром більше поширених СБМ20, вони використовуються в промисловій вимірювальній апаратурі, але за швидкий рахунок і чутливість доводиться платити габаритами.

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						37
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для того, щоб виміряти напруги живлення, вхід АЦП, вихід 26 МК, підключений через обмежувальний резистор R28 до акумулятора.

Зарядка акумулятора відбувається через з'єднувач гнізда X1 mini USB, струм заряду акумулятора протікає через струмобмежуючий резистор R8, про зарядку сигналізує світлодіод HL 1.

При фіксуванні радіаційного випромінювання лічильник стає прохідним, і в точці з'єднання елементів R6 і транзистора VT2 створюється імпульс напруги, який відкриває транзистор VT2. Відкритий транзистор замикає логічний вхід 2 мікросхеми DD2 на землю, тим самим подаючи на вхід 2 логічний нуль.

Живиться цей модуль від $U + 5V$, від джерела живлення дозиметра.

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						38
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2. Розрахунок режимів роботи елементів електронної схеми

Схема живиться високою постійною напругою 400В, яку генерує блокінг-генератор $\sim 200\text{В}$, і помноженою помножувачем на два ($2 \times 200 = 400$), резистори R2 і R4 служать навантаженням ЛГ.

Алгоритм підкачки високої напруги. Через те, що з датчиків слідує імпульси з великою частотою, немає сенсу робити постійне підкачування. Стабільність високої напруги генератора досягається шляхом застосування двох послідовно включених стабілітронів *BZT03-C200* VD1 і VD4 на 200 вольт кожен. Сам же генератор високої напруги налаштований таким чином, щоб видавати напругу і потужність у багато разів більше необхідного датчикам, але стабілітрони обмежують напруги на рівні 400 вольт. Це зроблено для гарантованої стабілізації напруги в рамках датчиків. [9]

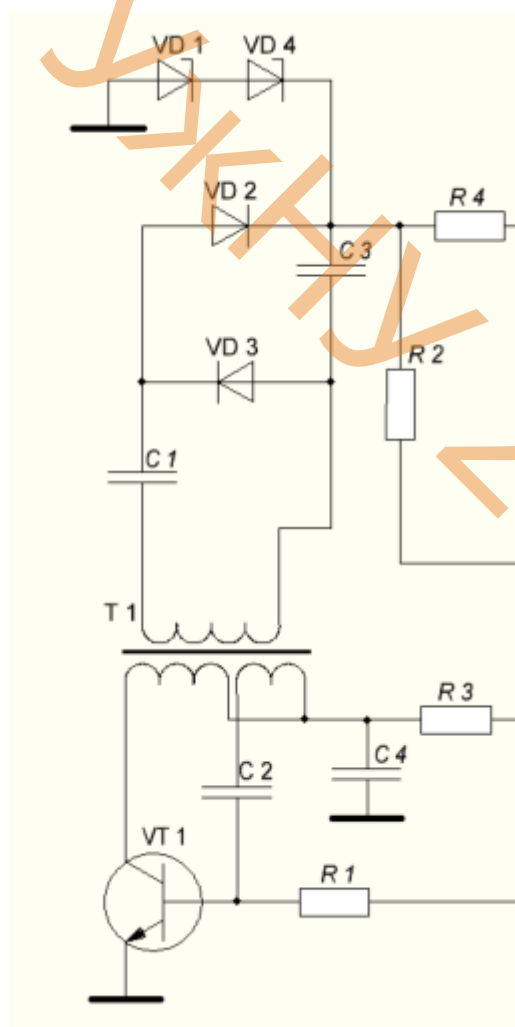


Рис. 11. Принципова схема блока живлення лічильників Гейгера

					<i>КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ</i>	Арк.
						39
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Транзистор блокінг-генератора вибирається за двома параметрами: по допустимій напрузі і по граничній частоті. Розглянемо вибір по допустимій напрузі.

$$U_{KB\max} \geq 2 U_k$$

приймаємо $U_k = 5V$ і тому $U_{KB\max} \geq 10V$.

При формуванні відносно довгих імпульсів при $t_i \geq 5 \text{ мкс}$ необхідно вибрати низькочастотні транзистори. Частота не повинна перевищувати $f_{h21\delta} \geq 1,4 \text{ МГц}$.

По розрахункових даних $U_{KB\max}$ і $t_{h21\delta}$ вибираємо транзистор типу КТ3130Г9.

Приведемо параметри транзистора КТ3130Г9.

Транзистор	P_c	$U_{KB\max}$	$U_{EB\max}$	$I_{K\max}$	$f_{h21\delta}$	r_{δ}	I_{KB}
КТ3130Г9	100mW	20 V	5 V	100mA	0,75 МГц	220 Ом	0,1 мкА

Знайдемо коефіцієнт трансформації:

$$n = 1,2 \frac{U_{\text{вих}}}{U_B} \quad (2.1)$$

де $U_{\text{вих}} = 250 \text{ В}$ вихідна напруга.

$$n = 1,2 \frac{250}{5} = 50 \quad (2.2)$$

Ємність обирається з умови

$$C2 > \frac{t_u}{r_{\delta}} = \frac{12 \cdot 10^{-6}}{220} = 0,0546 \text{ мФ}. \quad (2.3)$$

Приймаємо конденсатор C2 типу КМ-5 0,06 мкФ $\pm 5\%$.

Визначимо опір резистора R1

$$R1 = \frac{T - t_u}{C2 \cdot \ln(1 + \frac{3}{U_k})} \quad (2.4)$$

$$R1 = \frac{(400 - 12) \cdot 10^{-6}}{0,6 \cdot 10^{-6} \cdot \ln(1 + 2,76/10)} = 25,9 \text{ кОм} \quad (2.5)$$

Вибираємо резистор R1 типу C2-33-0,125 27 кОм $\pm 5\%$.

Блокінг-генератор. Обираєм марку ферриту.

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						40
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2. Параметри марганець-цинкових феритів.

Параметри	Марка фериту					
	6000НМ	4000НМ	3000НМ	2000НМ	1500НМ	1000НМ
Гранична частота, мГц	0.005	0.1	0.2	0,45	0,6	1,0
Магнітна індукція, В, Тл. При НМ – 800 А/м	0,35	0,36	0,38	0,39	0,35	0,35

Розрахуємо кількість вітків першої обмотки.

$$W_1 = (0,5 \cdot 10^4 \cdot h \cdot U_1) / f \cdot B \cdot (D-d),$$

де h - висота феритового кільця, мм;

U_1 - напруга на W_1 , В;

f – частота генерації, Гц;

D – зовнішній діаметр феритового кільця, мм;

d – внутрішній діаметр кільця, мм;

B – магнітна індукція, Тл.

Гранична частота роботи фериту повинна у 6-8 разів перевищувати частоту генератора.

Примемо f частоту блокінг генератора рівною $10 \cdot 10^3$ Гц.

Для марки 2000НМ - B дорівнює 0,39 Тл.

Оберемо феритове кільце К16 х 10 х 4,5 мм .

Розрахуємо кількість вітків у першій обмотці генератора.

$$W_1 = (0,5 \cdot 10^4 \cdot 5 \text{ мм} \cdot 5,0 \text{ В}) / (10 \cdot 10^3 \text{ Гц} \cdot 0,39 \cdot (16-10)) = 4,8 \text{ вітків.}$$

Примемо $W_1 = 5$ витків.

Тоді обмотка трансформатора W_3 буде містити $(5 \cdot 50) / 2 = 125$ витків дроту.

Розглянемо максимальну кількість вітків проводу марки ПЕВ $\varnothing 0,07$ мм для кільця з внутрішнім діаметром 10 мм.

$$W = 3,14 (d - 10 S - 4d_{\text{пр}}) / d_{\text{пр}},$$

де S - товщина ізоляційної прокладки;

$d_{\text{пр}}$ – діаметр проводу з ізоляцією.

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						41
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для марки провода ПЕВ-2 0,07мм

$W = 3.14 * (10 - 10 * 0.1 - 4 * 0.07) / 0.07 = 391$ віток, що значно перевищує мінімально необхідний об'єм.

Друга обмотка трансформатора $W_2 = W_1$ містить 5 витків дроту марки ПЕВ Ø 0,2 мм.

Приймаємо конденсатори C1 і C4 типу *K10-7B-H9 0,047МКФ*, а діоди для подвоювача напруги оберемо з необхідних параметрів:

Робоча напруга 600 В;

Робочий струм 100 мкА;

Частота > 100 кГц.

Під робочі параметри попадають діоди VD2, VD4 - *RS 1JDO-214AC*.

Для усунення перешкод по нижнім частотам блоку живлення введено конденсатор C4 типу *K50-6-2-25В 100 мкФ ± 5%*. Так само в коло введений RC фільтр для згладжування пульсацій напруги, резистор R3 типу *C2-23-0,125 30 Ом ± 5%*, конденсатори C5, C6 *KT-1-M75 100 пФ ± 10%*.

Однією з найважливіших характеристик лічильника Гейгера є залежність його радіаційної чутливості від енергії («жорсткості») іонізуючих частинок, у зв'язку з чим при нарузі живлення датчика BD1, рівному 400В, в режимі іонізації перепад потенціалу на аноді досягає значення не менш $\Delta U = 50$ В. Ця обставина визвала необхідність включити в схему транзисторного обмежувача напруги на приборах VT2, VT3 типу *КТ3130Г9*, що забезпечує необхідну амплітуду інформаційних сигналів не більше +9 В. [10]

З вихідних даних $U_{жс} = 400$ В, $I = 45$ мкА розрахуємо опір навантаження на лічильник Гейгера:

$$R = \frac{U_{жс}}{I} = \frac{400 \text{ В}}{45 \text{ мкА}} = 8,8 \text{ МОм} \quad (2.6)$$

Провівши оцінку виберемо тип резистора:

R2, R4 - *ОМЛТ-1 9,1 МОм ± 5%*.

					<i>KPM.EC.10749980.001.ПЗ</i>	Арк.
						42
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

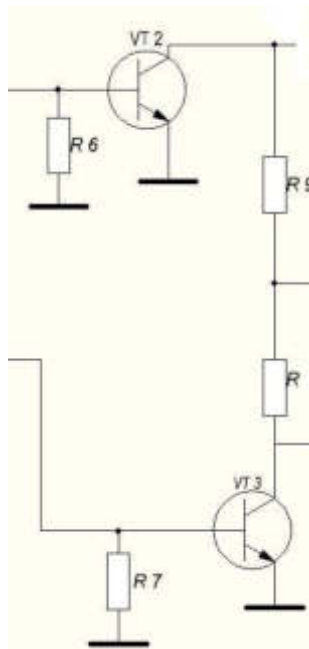


Рис. 12. Принципова схема обмежувача напруги на транзисторі.

В якості транзисторів VT2 і VT3 вибираємо транзистори типу КТ3130Г9 з параметрами:

- Типове значення граничної частоти при $I_E = 10 \text{ мА}$, $U_{кб} = 5 \text{ В}$ – $f_{cp} = 300$ МГц;
- Типове значення постійної часу зворотнього зв'язку – 50 нс ;
- Коефіцієнт передачі струму при $I_e = 10 \text{ мА}$ – $h_{21E} = 400$;
- Типове значення колекторного переходу – $C_{ок} = 2 \text{ пФ}$;
- Типове значення ємності емітерного переходу – $C_{бе} = 1,2 \text{ пФ}$;
- Максимальний постійний струм колектора – $I_{ко} = 100 \text{ нА}$;
- Постійна потужність розсіювання на колекторі – $P_0 = 0,1 \text{ Вт}$.

Визначаємо тип транзистора:

Вибираємо тип транзистора, керуючись такими міркуваннями:

а) $U_{ке} \geq (1,1 \div 1,3) E_{ж} \geq 1,3 \cdot 5 \geq 5 \text{ (В)}$, - найбільша допустима напруга між колектором і емітером, наводиться в довідниках.

За статичним вихідним характеристикам і навантажувальної прямої знаходимо I.

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						43
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для знаходження транзистора VT2 в активному режимі, в точці спокою вибираємо значення постійного струму колектора $I_{K_VT2}=10$ мА. Задаємо значення напруги на колекторі $U_{K_VT2}=5$ В, тоді значення опору резистора:

значення напруги на колекторі $U_{K_VT2} = 4,5$ В, тоді значення опору резистора:

$$R_{10} = \frac{E_0 - U_{K_VT2}}{I_{K_VT2}} = \frac{5}{0,01} = 500 \text{ Ом.} \quad (2.7)$$

Стандартний номінал резистора $R_{10} = 510$ Ом. Необхідне зміщення на базу в цьому випадку $U_{EB0_VT2} \approx 0,7$ В. Значення опору резистора R_7 для забезпечення цієї напруги зміщення знайдемо за виразом:

$$R_7 = \frac{U_{EB0VT2}}{I_{E02}} = \frac{0,7}{10 \cdot 10^{-3}} = 70 \text{ Ом.} \quad (2.8)$$

Стандартний номінал резистора $R_7=68$ Ом.

Вихідний опір транзистора VT3 для визначеного режиму:

$$Z_{BxVT3} = h_{21E} \frac{U_T}{I_{K_VT2}} = 400 \cdot \frac{26 \cdot 10^{-3}}{10 \cdot 10^{-3}} = 1040 \text{ Ом,} \quad (2.9)$$

що на порядок більше опору резистора R_7 , на якому утворюються напруги зміщення і сигналу. [11]

Коефіцієнт підсилення каскаду на транзисторі VT3 за напругою:

$$K_{U_VT2} = S \left(\frac{R_8 \cdot r_{KE}}{R_8 + r_{KE}} \right), \text{ де } S = \frac{I_{KVT2}}{U_T} = \frac{10 \cdot 10^{-3}}{26 \cdot 10^{-3}} = 0,38 \quad (2.10)$$

$\frac{A}{B}$ – крутизна, r_{KE} – диференціальний вихідний опір транзистора,

$$r_{KE} = \frac{U_{ER}}{I_{KVT2}} = \frac{80}{10 \cdot 10^{-3}} = 80 \text{ кОм.} \quad (2.11)$$

$$\text{Тоді } K_{UVT2} = 0,38 \left(\frac{11008010^3}{1100+80 \cdot 10^3} \right) = 1085.$$

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						44
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

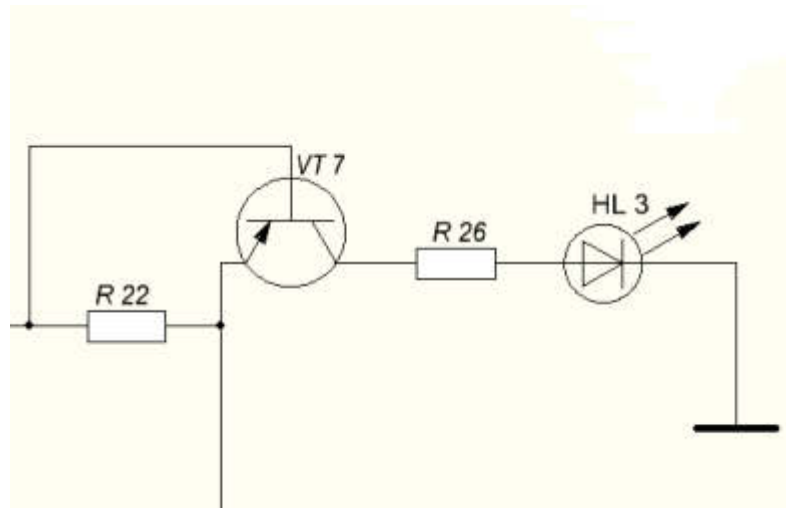


Рис. 13. Принципова схема включення світлодіода.

Аналіз схеми включення світлодіода показує, що схема на рис.13 має високу швидкодію і є генераторами струму, якщо не доводити їх до насичення. Схема на малюнку є генератором напруги, і, отже, струм через світлодіод визначається опором навантаження. Для усунення цих нестабільностей необхідно підвищувати напругу живлення $U_{ж}$, нестабільність, що вноситься транзистором і світлодіодом:

$$K = D \cdot U / U_{ж}, \quad (2.12)$$

де нестабільність з-за зміни падіння напруги на транзисторі і світлодіоді.

Таким чином, чим більше напруга живлення $U_{ж}$, тим більшим повинен бути опір R_{26} , і, отже, менше буде позначатися вплив внутрішнього опору світлодіода.

$$R = \frac{U_{ж} - (U_{св} + U_T)}{I_k}; \quad (2.13)$$

Приведемо параметри мікросхеми **MAX1676** :

Вхідна напруга	0,7...5,5 В
Вихідна напруга	2...5,5 В
Зовнішня настройка вихідної напруги	ADJ
Максимальний вихідний струм	300 мА
Кількість виходів	1
Струм особистих потреб	60 мкА
ККД 94% при струмі навантаження	200 мА

MAX1676 є компактними, високоефективними підвищуючими перетворювачами напруги, вбудованими в корпуси μ MAX. Вони включають в себе вбудовані синхронні випрямлячі, які збільшують ККД і зменшують габарити і собівартість, виключаючи застосування зовнішніх діодів Шоттки. Струм спокою не перевищує 16 мкА.

Параметри мікроконтролера **ATmega8 TQRF-32**:

23	PC0	MK	U+	4
28	PC5		PB2	14
27	PC4		AREf	20
26	PC3			
25	PC2			
			AVCC	18
32	PD2			
29	RES			
			PD7	11
15	PB3		PD6	10
1	PD3	PD5	9	
7	PB6	PD4	2	
8	PB7	PC1	24	
22	ADC7	PD1	31	
		PD0	30	
		SCK	17	
13	PB1	PB0	12	

Пам'ять програм 8 Кбайт.

Пам'ять даних 512 байт.

Пам'ять даних (ОЗУ) 1 К.

Кількість ліній вводу\виводу 23.

Напруга живлення 2,7-6 В.

Тактова частота 0...8 МГц.

Робоча частота 0...1,2 МГц.

Максимальний струм каналу 40мА.

8-розрядні мікроконтролери з 8 Кбайтами внутрішньосистемної програмованої Flash пам'яті.

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						46
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 8-розрядний високопродуктивний AVR мікроконтроллер з малим споживанням;
 - Прогресивна RISC архітектура;
- 1) 130 високопродуктивних команд, більшість команд виконується за один тактовий цикл;
 - 2) 32 8-розрядних робочих регістра загального призначення Повністю статична робота;
 - 3) Наближається до 16 MIPS (при тактовій частоті 16 МГц) продуктивність;
 - 4) Вбудований 2-циклової перемножитель;
 - Енергонезалежна пам'ять програм і даних;
 - 1) 8 Кбайт внутрішньосистемної програмованої Flash пам'яті (In-System Self-Programmable Flash);
 - 2) Забезпечує 1000 циклів стирання / запису;
 - 3) Додатковий сектор завантажувальних кодів з незалежними битами блокування;
 - 4) Забезпечено режим одночасного читання / запису (Read-While-Write) 512 байт EEPROM;
 - 5) Забезпечує 100000 циклів стирання / запису;
 - 6) 1 Кбайт вбудованої SRAM;
 - 7) Програмована блокування, що забезпечує захист програмних засобів користувача;
 - Вбудована периферія;
 - 1) Два 8-розрядних таймера / лічильника з окремим попередніми дільником, один з режимом порівняння;
 - 2) Один 16-розрядний таймер / лічильник з окремим попередніми дільником ;і режимами захоплення і порівняння;
 - 3) Лічильник реального часу з окремим генератором;
 - 4) Три канали PWM;
 - 5) 8-канальний аналого-цифровий перетворювач (в корпусах TQFP і MLF);
 - А) 6 каналів з 10-розрядної точністю;
 - Б) 2 канали з 8-розрядної точністю;

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						47
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 6) 6-канальний аналого-цифровий перетворювач (у корпусі PDIP);
 - А) 4 каналу з 10-розрядної точністю;
 - Б) 2 канали з 8-розрядної точністю;
- 7) Байт-орієнтований 2-проводний послідовний інтерфейс;
- 8) Програмований послідовний USART;
- 9) Послідовний інтерфейс SPI (ведучий / відомий);
- 10) Програмований сторожовий таймер з окремим вбудованим генератором;
- 11) Вбудований аналоговий компаратор;
 - Спеціальні мікроконтролерні функції;
- 1) Скидання по подачі живлення і програмований детектор короткочасного зниження напруги живлення;
- 2) Вбудований калібрований RC-генератор;
- 3) Внутрішні і зовнішні джерела переривань;
- 4) П'ять режимів зниженого споживання: Idle, Power-save, Power-down, Standby і зниження шумів ADC;
 - Виходи I / O і корпусу
- 1) 23 програмовані лінії вводу / виводу;
- 2) 28-вивідний корпус PDIP, 32-вивідний корпус TQFP і 32-вивідний корпус MLF.

Опис мікросхеми **HEF4011BT:**

Виробник: NEXPERIA

Технологія: CMOS

Корпус: SO-14

Монтаж: SMD

Живлення.V: -0,5...18 V

Діапазон робочих температур °C: -40...+125°C.

Вид затвору NAND

Кількість входів 2

Кількість виводів 14

Кількість каналів 4

					KPM.EC.10749980.001.ПЗ	Арк.
						48
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Параметри транзистора IRLML9303:

Максимальна потужність, що розсіюється (Pd): 1.25W

Гранично допустима напруга втік-витік (Uds): 30V

Гранично допустима напруга затвор-витік (Ugs): 20V

Максимально допустимий постійний струм стоку (Id): 2.3A

Опір сток-витік відкритого транзистора (Rds), Ohm: 0.165Ohm

Параметри мікросхеми **MCP73812**:

- Повне керування лінійним контролером заряду
- Вбудований транзистор Pass
- Вбудований Поточний Sense
- Вбудований Захист від розряду
- Висока точність предустановки регулювання напруги: $\pm 1\%$
- Регулювання напруги: 4.20V
- Вибір струму заряду:
 - MCP73811: 85 мА / 450 мА
- Програмований струм заряду:
 - MCP73812: 50 мА - 500 мА
- Мінімум зовнішніх компонентів:
 - MCP73811: 2 керамічні конденсатори
 - MCP73812: 2 керамічні конденсатори і 1 резистор
- Автоматичне відключення живлення, коли споживана потужність велика.

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						49
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3. Технологічний процес виготовлення друкованої плати

Друкована плата (англ. Printed circuit board, (нім. Leiterplatte) — пластина, виконана з діелектрика (текстоліт, гетинакс і т. п.), на якій сформований хоча б один провідний малюнок. На друковану плату монтуються електронні компоненти, і з'єднуються своїми виводами з елементами провідного малюнка паянням, або, значно рідше, зварюванням, у результаті чого збирається електронний модуль (або змонтована друкована плата).

Звичайно, друкована плата проектується індивідуально залежно від електронної схеми і типів корпусів деталей. Для їх розробки існує спеціальне програмне забезпечення. При конструюванні друкованих плат, орієнтуються по заданим критеріям габаритів, густини малюнку і товщини провідного шару, числа шарів і вибору матеріалу основи.

Залежно від методу захисту провідного малюнку, при витравлюванні міді, комбінований спосіб може здійснюватися в двох варіантах: негативному, коли захистом при витравлюванні служать фарба або фоторезист, та позитивному, коли захисним шаром служить металеве "покриття (металорезист). Назви ці способи отримали від типу фотошаблону, що застосовується при створенні захисного рельєфу: у першому випадку при експонуванні малюнка використовується негатив друкованої схеми, у другому - позитив. Комбінований метод виготовлення друкованих плат застосовується низкою підприємств з дрібносерійним виробництвом. Виберемо саме негативний метод. Він є найпоширенішим у практичному виробництві завдяки багаторічному відпрацюванню бездефіцитністю вихідних матеріалів і реактивів.

Весь технологічний процес умовно розділяється на такі операції:

- попередня обрізка заготовок

Ця операція проводиться з урахуванням 1,2 мм для кінцевої обробки в розмір. Устаткування для цієї операції - гільйотинні ножиці. Операція може виконуватись малокваліфікованим виконавцем - другого розряду. Для контролю використовується звичайний штангенциркуль.

					KPM.EC.10749980.001.ПЗ	Арк.
						50
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- сверління фіксуєючих отворів

Ці отвори використовуються для позиціонування плати в подальших операціях і в якості цих отворів можна використовувати конструктивні отвори, які призначені для закріплення плати на каркасі пристрою. Операцію виконують на свердлильному станку. Одночасно можна свердлити 3 - 5 заготовок.

- знежирювання і підготовка для нанесення емульсії

Даний етап полягає в підготовці поверхні майбутньої друкованої плати до нанесення на неї захисного покриття. Весь процес зводиться до видалення окислів і забруднень з поверхні плати з використанням різних абразивних засобів та подальшого обезжирювання.

Для видалення сильних забруднень можна використовувати дрібнозернистий наждачний папір, дрібнодисперсний абразивний порошок або будь-який інший засіб, який не залишає на поверхні плати глибоких подряпин. Іноді можна просто вимити поверхню друкованої плати жорсткою мочалкою для миття посуду з миючим засобом або порошком. Крім того, при досить чистій поверхні друкованої плати можна взагалі пропустити етап абразивної обробки і відразу перейти до обезжирювання.

В випадку наявності на друкованій платі тільки товстої оксидної плівки її можна легко видалити шляхом обробки друкованої плати протягом 3-5 секунд розчином хлорного заліза з наступним промиванням у холодній проточній воді. Слід, однак, відзначити, що бажано або виробляти дану операцію безпосередньо перед нанесенням захисного покриття, або після її проведення зберігати заготовку в темному місці, оскільки на світлі мідь швидко окислюється.

Завершальний етап підготовки поверхні полягає в обезжирюванні. Для цього можна використовувати шматочок м'якої тканини, яка не залишає волокон, змочену спиртом, бензином або ацетоном. Якщо це так, то варто пошукати інший обезжирюючий склад. Після обезжирювання плату слід промити в проточній холодній воді. Якість очищення можна контролювати, спостерігаючи за ступенем змочування водою поверхні міді. Повністю

					<i>KPM.EC.10749980.001.ПЗ</i>	Арк.
						51
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

змочена водою поверхня, без крапель на ній і розривів плівки води, є показником нормального рівня очистки. Порушення в цій плівці водивказують, що поверхня очищена недостатньо.

- нанесення фоторезистивного шару

Операція проводиться на деяку частину друкованої плати. Шар наноситься одночасно на декілька плат, приблизно 10. Спосіб нанесення -полив. Тонкий шар забезпечується сушкою у центрифугі.

- нанесення друкованого малюнку із фотонегатива

Операція проводиться на спеціальному копіювальному устаткуванні з використанням вакуумного прижиму негативу до фоторезисту і експонування світлом кварцової лампи. Одночасно експонується 5-10 плат. Час експонування - 3 хв. Особливу увагу слід звернути на недоречність перегріву фоторезисту від випромінювання кварцовим світлом (45-50°). Система керування забезпечує постійну швидкість переміщення плат під кварцовим випромінюванням, що забезпечується автоматичним, або напіваавтоматичним пристроєм. Операція важлива тому, що в результаті порушень можливе неточне відтворення друкованого малюнку і збільшення процента браку.

- проявлення і термічне дублювання

Процес проявлення відбувається в теплій воді (70°), а дублювання в розчині хлористого ангідрида. Процес швидкоплинний, займає для однієї плати не більше однієї хвилини. Важливість операції зумовлена тим, що на цьому етапі повністю затверджується майбутній малюнок друкованої плати. Виконується на напіваавтоматичній установці, яка підтримує певну температуру і процентну концентрацію розчину ангідриду. Автоматика визначає і час операції.

- травлення

Це найважливіша операція усього технологічного процесу, після якої ймовірність браку зведена до мінімуму. Відомо багато методів для хімічного травлювання міді. Усі вони відрізняються швидкістю протікання реакції, складом виділеної у результаті реакції речовини, а також доступністю

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						52
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

необхідних для приготування розчину хімічних реактивів. Нижче наведена інформація про найбільш популярні розчини для травлення.

1. Хлорне залізо (FeCl_3) - мабуть, найвідоміший і популярніший із реактивів. Сухе хлорне залізо розчиняється у воді до тих пір поки, не буде отримано насичений розчин золотисто-жовтого кольору (для цього буде потрібно близько двох столових ложок на стакан води). Процес травлення в цьому розчині може зайняти від 10 до 60 хвилин. Час залежить від концентрації розчину, температури і перемішування, яке значно прискорює протікання реакції. Також реакція прискорюється при підігрівання розчину. По закінченні травлення, плату необхідно промити великою кількістю води, бажано з милом (для нейтралізації залишків кислоти). До недоліків даного розчину слід віднести кількість відходів, які осідають на платі і перешкоджають нормальному протіканню процесу травлення, а також порівняно низькій швидкості реакції.

2. Персульфат амонію ($(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$) - світла кристалічна речовина, розчиняється у воді виходячи зі співвідношення 35 г речовини на 65 г води. Процес травлення у цьому розчині займає близько 10 хвилин і залежить від площі мідного покриття. Для забезпечення оптимальних умов протікання реакції розчин повинен мати температуру близько 40 °C і постійно перемішуватися. По закінченні травлення плату необхідно промити у воді. До недоліків цього розчину відноситься необхідність підтримання необхідного температурного режиму і перемішування.

3. Розчин соляної кислоти (HCl) і перекису водню (H_2O_2). Для приготування цього розчину необхідно до 770 мл води додати 200 мл 35 % соляної кислоти і 30 мл 30 % перекису водню. Готовий розчин повинен зберігатися в темній пляшці, не закритий герметично, так як при розкладанні перекису водню виділяється газ. Всі роботи необхідно проводити тільки на свіжому повітрі або під витяжкою. При попаданні розчину на шкіру її необхідно негайно промити великою кількістю води. Час травлення сильно залежить від перемішування та температури розчину і становить близько 5-10 хвилин. Не слід нагрівати розчин вище 50 °C. Після травлення плату необхідно

					<i>KPM.EC.10749980.001.ПЗ</i>	Арк.
						53
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

промити водою. Даний розчин після травлення можна відновлювати додаванням H_2O_2 . Недоліком цього розчину є необхідність суворого дотримання при роботі з ним усіх заходів безпеки. Одночасно при травленні обробляється до 40 плат. Необхідно слідкувати за тим, щоб плати не знаходились у розчині зайвий час.

- промивання у холодній воді

Цією операцією відділяються залишки хлорного заліза і готуються умови для подальшого контролю друкованого малюнку.

- нанесення захисного шару лаку

Операція проводиться з метою захисту друкованих провідників на наступних етапах технологічного процесу. Найчастіше використовують лак ХСЛ. Використовують в цьому випадку сушку на повітрі.

- свердління та зенкування отворів

Операція проводиться з врахуванням діаметрів для кожного отвору згідно з таблицею отворів конструкторської документації проекту. Операцію виконує слюсар-свердлильник. Робити це потрібно гостро заточеним свердлом при максимальних оборотах електродвигуна. У випадку, якщо при нанесенні захисного покриття, в центрах контактних площадок не було залишено порожнього місця, необхідно попередньо намітити отвори. Притискне зусилля в процесі свердління не повинно бути занадто великим, щоб на зворотній стороні плати не утворювалися горбки навколо отворів. Звичайні електродрилі практично не підходять для свердління плат, оскільки, по-перше, мають низькі обороти, а по-друге, володіють досить великою масою, що ускладнює регулювання притиску. Найзручніше для свердління плат використовувати електродвигуни типу ДПМ-35Н і їм подібні з насадженими на їх вал невеликих цангових патронів. Після свердління потрібно обробити отвори.

- промивання та відділення лакової плівки

Плівку відділяють різними реагентами в залежності від використаного лаку. Процес проходить в шкідливих умовах. Одночасно проводиться візуальний контроль наявності всіх отворів і їх розміщення відносно контактних площадок.

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						54
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- хімічна металізація отворів

Ця частина технологічного процесу передбачає нанесення міді хімічним способом на поверхні торців отворів. Необхідна умова такої операції - обов'язковий електричний та механічний контакт з суміжними поверхнями друкованих провідників. Одночасно обробляється п'ять плат.

- нанесення шару флюсу на поверхню провідників ДП

Виконується перед покриттям плати сплавом Розе або припоєм. Операція може бути виконана вручну за допомогою пензликів або напівавтоматичним пристроєм. В якості флюсу найчастіше використовується розчин каніфолі з спиртом або бензином.

- нанесення на друковані провідники припою

Завдання на цьому етапі полягає в остаточній підготовці плати до здійснення монтажу, електричні та механічні характеристики якого залежать від якості пайки. Суть методу полягає в тому, що на поверхні розплавленого припою утворюється гребінь стоячої хвилі, по якому переміщується поверхня друкованої плати. Розплав знаходиться в спеціальній ванні з автоматичною системою підтримки температури.

- видалення залишків

Ця операція передбачає кінцеву функціональну готовність плати, як компонента радіотехнічного пристрою. Залишки флюса видаляють за допомогою спирту.

- обрізка торців плати до необхідного кінцевого розміру

Обрізці передуює попередня розмітка плати з використанням пристроїв та інструментів (таких як лінійка, штангенциркуль та ін.). Після точної розмітки плати торцювання проводиться на спеціальних верстатах, використовуючи спеціальні шліфувальні круги, шаблони. Наявність витяжки обов'язкова. Після обрізки обов'язково знімаються заусинки за допомогою шліфувального паперу або надфілів.

- кінцевий контроль ДП

Операція виконується на спеціально обладнаному місці контролера. Контролюються як електричні характеристики, так і механічні параметри

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						55
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

плати. Перевірки підлягають всі 100% плат даної партії. З врахуванням автоматизації для контролю однієї плати необхідно не більше 4 хв. Результат контролю фіксується підписом та штампом ОТК в заводських маршрутно-супроводжувальних документах. Плати, які задовольняють всім вимогам, транспортуються в спеціальній тарі, попередньо загорнуті в конденсаторний папір.

2.4.Проектування та розрахунок друкованої плати

Розрахунок по визначенню геометричних розмірів плати проводиться у наступній послідовності:

Знаходиться сумарна установочна площа: $S_{мг}$, $S_{сг}$, $S_{кг}$ відповідно для малогабаритних, середньо габаритних і крупно габаритних електрорадіоелементів (ЕРЕ).

Розраховується площа монтажно́ї зони $S_{в}$ для середньої щільності монтажу за формулою:

$$S_{роб} = 4S_{мг} + 3S_{сг} + 1,5S_{кг} . \quad (2.14)$$

Коректуються і знаходяться розміри монтажно́ї зони у відповідності із можливостями встановлення в корпус і стандартними лінійними розмірами друкованої плати (ДП).

Під установочними площами ЕРЕ розуміють площі прямокутників, в які вписані ЕРЕ разом із выводами і контактними площадками при встановленні їх на друковану плату.

В даній схемі до малогабаритних ЕРЕ відносяться всі елементи, крім лічильників Гейгера-Мюллера та LSD дисплей, ці елементи відносяться до великогабаритних.

Необхідні для конструювання ДП, дані про елементи зведені до

Таблиці 3.

$$S_{роб}=4S_{мг}+3S_{сг}+1,5S_{кг}= 4*482+3*895,92+1,5*2444=8281,76 \text{ [мм}^2\text{]} \quad (2.15)$$

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						56
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибираємо для ДП розмір 72×151[мм].

Загальна площа цієї плати $S_{\text{дп}} = 10872 \text{ [мм}^2\text{]}$, що задовольняє умові розрахунку.

Таблиця 3.

Вихідні дані та результати розрахунку установочних площ для навісних елементів.

Позначення	Тип	Діам. Виводів, мм	Діаметр та розміри конт.площадки, мм	Габаритні розміри, мм	Кількість, шт.	Установча площа, мм ²
BD1-BD2	СБМ-20-1	0,8	2,5	11×108	2	2376
C1,C3	K73-17	0,8	2,5	4×12	2	96
S1	MPS-700N	0,8	2,5	6×7	1	42
S2-S5	TS-A2PS130	0,8	2,5	9×7,5	4	270
HL1-HL2	АЛ307А АА0	0,6	1,8	Ø6,0	2	12
T1	B64290L 743X	0,6	1,8	Ø18	1	18

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						57
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ZQ1	32768	0,4	1	Ø2	1	2
Вихідні дані та результати розрахунку установочних площ для SMD компонентів.						
Позначе- ння	Тип	Площа контакт. площадки мм ²	Габаритні розміри, мм	Кіль-кість, шт.	Установча площа, мм ²	
C2	GRM21	1	2×1,25	1	2,5	
C4	GRM18	6	6×2	1	12	
C5,C6, C14-C16, C18-C30	GRM22	2,25	3,2×1,6	18	92,16	
C7,C10	X7R	2,25	3,2×1,6	2	10,24	
C8,C9	GQM1885	1	1,6×0,8	2	2,56	
C11	CC1206	2,25	3,2×1,6	1	5,12	
C12,C13	CC0603	1	2×1,25	2	5	
C17	CA010M0	6	6×2	1	12	
DD1	LTC4054	0,25	1,5×3	1	4,5	
DD2	HEF4011BT	1,4	4×9	1	32	
DD3	ATmega.8	0,5	7×7	1	49	
					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	
					Арк.	
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	58	

DD4	MAX 1676	0,2	3×3	1	9
LI	CDRH 104	15	10×10	1	100
R1,R15,R17	CRCW K00FKEA	1	1,6×0,8	3	3,84
R3	B5410- A1470J60	2,25	3,2×1,6	1	5,12
R5,R7,R19	B57621	1	1,6×0,8	3	3,84
R6,R11,R23, R26-R28	CRCW12061	1	1,6×0,8	5	6,4
R8,R9, R18	P0402Y7501W B	2,25	3,2×1,6	3	15,36
R10	B54102-A1223	1	1,6×0,8	1	1,28
R12,R13,R21	CRCW RFKEA	2,25	3,2×1,6	3	15,36
R14	CAY16- 241J4LF	1	1,6×0,8	1	1,28
R16	CRCW0402200 RJN	2,25	3,2×1,6	1	5,12
R20	CR0805- JW103ELF	1	1,6×0,8	1	1,28
R22,R24	CRCW0603100 KFKEA	1	1,6×0,8	2	2,56
R25	B54102- A1472-J60	2,25	3,2×1,6	1	5,12
R2,R4	RC1206	2,25	3,2×1,6	2	10,24
VD1,VD4	BZT03-C200	2,25	3,2×1,6	2	10,24
VD2,VD3	RS 1JDO-	2,25	3,2×1,6	2	10,24
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

KPM.EC.10749980.001.ПЗ

Арк.

59

	214AC				
VD5,VD6	PMEG401OBE A	2,25	3,2×1,6	2	10,24
VT7	KT 3129Г9	2,25	3,02×1,4	1	4,228
VT1-VT3, VT5	KT 3130Г9	2,25	3,02×1,4	4	16,912
VT6	IRLML 9303	2,25	3,02×1,4	1	4,228
XS 1	Mini-AB- Receptacle	0,5	10×10	1	100

Процес конструювання друкованої плати в загальному випадку передбачає виконання ряду взаємозв'язаних операцій: вибір типорозміру плати, способу її кріплення, кількість шарів, розробка друкованого монтажу.

При розміщенні ЕРЕ виходять частіше всього із критерію двох мінімумів і мінімуму довжини зв'язків. Перша умова означає мінімум перехідних отворів, що забезпечує технологічність по мінімальному числу шарів; друга умова означає мінімум зв'язків між сусідніми елементами. Можливе також застосування і інших критеріїв: мінімуму числа з'єднань, довжина яких більша заданої; максимум числа схем простої конфігурації; мінімуму сумарної зваженої довжини з'єднань.

Розміщення ЕРЕ на платі регламентується умовно координатною сіткою із взаємно перпендикулярних систем паралельних ліній, розташованих на однаковій відстані одна від одної.

Крок координатної сітки 2,54 мм.

Центри монтажних отворів контактних площадок під виводи навісних ЕРЕ розташовані у вузлах координатної сітки. Якщо крок розташування виводів багатовиводного елемента не співпадає з кроком координатної сітки,

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						60
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

то у вузлах розміщується по крайній мірі один з отворів, який вважається за основний, а решта розташовується у відповідності з конструкцією елемента (по можливості на лініях координатної сітки).

Навісні елементи мають виводи прямокутного або круглого перерізу. Діаметр отвору під вивід вибирають із умови отримання зазору між виводом і стінкою отвору з урахуванням, якщо треба, подальшої металізації отвору, який би забезпечував капілярні проникнення припою в процесі пайки.

Діаметр монтажного отвору d_0 вибирають із таких умов: якщо діаметр виводу ($d_B > 1\text{ мм}$, то $d_0 = [(d_B + (0.3 \div 0.4))]$; якщо $d_B \leq 1\text{ мм}$, то $d_0 = [d_B + (0.2 \div 0.3)]$. Номенклатурний отвір на кресленні показують умовним знаком, що визначає його діаметр.

Згідно ДСТУ (ГОСТ 10317-79) номінальний діаметр монтажного отвору з урахуванням його металізації для виводів діаметром

0,4÷0,6 мм становить 0,8±0,1 мм,

0,6÷0,8 мм становить 1,0±0,1 мм.,

0,8÷1,3 мм становить 1,5 мм,

1,3÷1,7 мм становить 2 мм,

1,7÷2,2 мм становить 2,5 мм.

Діаметр металізованого отвору залежить і від товщини плати. Це пов'язано з тим, що при гальванічному осадженні металу на стінках отвору малого діаметру зробленого в товстій платі, товщина шару металу вийде нерівномірною і при великому відношенні товщини плати до діаметра отвору деякі місця можуть залишитись непокритими. Діаметр металізованого отвору повинен складати не менше половини товщини плати, отже повинна виконуватись наступна умова:

$$0,4h \leq d_{\min} , \quad (2.16)$$

де h – товщина плати;

$d_{\min}$ – найменшого із металізованих отворів.

З цього співвідношення можна вибрати товщину плати і для нашого випадку, вона складає 2 мм при діаметрі найменшого отвору 0,8 мм.

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						61
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Щоб забезпечити надійне з'єднання металізованого отвору з друкованим провідником, навколо отвору навколо отвору робиться контактна площадка. Контактні площадки отворів рекомендується виготовляти у вигляді кільця. Діаметр контактної площадки вибирається з таблиці 4.

Таблиця 4. Рекомендовані діаметри отворів і контактних площадок.

Діаметр отворів	0,6	0,8	1	1,3	1,5	2
Контактних площадок	1,8	2,3	2,5	2,8	3	3,5

Діаметр перехідних отворів залежить від товщини плати і від виду електроліту, що використовується для металізації отворів

$$D_{\text{ПЕР}} = H \cdot \gamma, \quad (2.17)$$

де H – товщина плати;

γ – залежить від складу електроліту.

Для пірофосфатного електроліту, що використовується для металізації отворів $\gamma = 0,25$. Тому $D_{\text{пер}} = 2 \cdot 0,25 = 0,5$ мм.

Згідно ДСТУ (ГОСТ 10317-79) вибирається $D_{\text{пер}} = 0,5$ із ряду .

По ГОСТу вибирається клас густини малюнка: другий. Для цього класу ширина провідників $t_{\text{min}} = 0,25$ мм. Відстань між провідниками 0,25 мм.

Розраховується ширина провідників шин живлення. Струм споживання складає 10 мА. Враховуючи, що густина струму у друкованих провідників має бути не більше $2 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$ і вибравши переріз провідника 50 мкм, ширина провідника шини буде:

$$t = \frac{I_{\text{ЗАГ}}}{h \cdot p_1} = \frac{0,005}{0,05 \cdot 2} = 0,5 \text{ мм}. \quad (2.18)$$

Де $I_{\text{ЗАГ}}$ – сумарний струм, що споживається пристроєм; h – товщина перерізу друкованого провідника; p_1 – густина струму.

Шини землі також вибираються в 1 мм.

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						62
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Максимальний струм, який при проходженні по доріжці викликає її перегрів на температуру 25 С⁰ становить:

$$I_{\max}=25 \cdot ab = 25 \cdot 1 \cdot 0,05 = 1,25 \text{ A.}$$

ЕСІТФ УЖНУ 2023

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						63
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.5. Вибір варіантів встановлення елементів РЕА

2.5.1. Навісний монтаж.

При установці і кріпленні навісних елементів ДП слід врахувати наступні вимоги:

- працездатність елементів у заданих умовах експлуатації;
- раціональне компонування напівпровідникових приладів і мікросхем по тепловому режиму;
- вплив магнітних і електричних полів на елементи, що чутливі до них;
- ремонтпридатність друкованого вузла;
- захист монтажу, розташованого поблизу роз'ємів, від механічних пошкоджень;
- розташування масивних елементів ближче до місць кріплення плати;
- можливість технологічних процесів ручної або механізованої установки елементів і групової пайки.

При друкованому монтажі встановлення елементів проводиться шляхом пропускання виводів в отвори плати із послідуною пайкою. Для кожного виводу елемента, що встановлюється, передбачають окремий монтажний отвір або контактну площадку. Елементи із виводами, переріз яких квадратний або прямокутний встановлюють у круглі отвори. Елементи слід розміщувати паралельно поверхні плати з одної сторони, при чому рекомендується розташовувати їх на ДП паралельно або перпендикулярно один одному.

При установці навісних елементів на плату необхідно враховувати відстань між корпусом елемента і краєм плати, яка повинна бути не менше 4 мм, а між виводами елементів і краєм ДП – не менше 5 мм.

Між корпусами сусідніх елементів повинна бути певна відстань, яку вибирають з урахуванням умов тепловідводу і допустимої різниці потенціалів між ними.

					<i>KPM.EC.10749980.001.ПЗ</i>	Арк.
						64
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для даного пристрою застосовують друкований та об'ємний монтаж. У промислових умовах навісні елементи кріплять до плати шляхом пайки виводів (у тому числі і незадіяних) хвилею припою ПОС-61 у металізованих і неметалізованих отворах.

Для всіх навісних елементів, які встановлюються на друкованій платі по ДСТУ (ГОСТ.010.030-81) регламентовано декілька варіантів встановлення, що слід використовувати згідно технічних вимог складального креслення.

2.5.2. Поверхневий монтаж

Поверхневий монтаж являє собою монтаж електронних компонентів на поверхню комутаційних плат. Як окремий конструктивно-технологічний напрямок поверхневий монтаж ПМ почав формуватися в 70-ті роки. Значну роль в цьому відіграв досвід японських фірм, які вперше здійснили автоматизований монтаж мініатюризованих навісних компонентів з тонкими планарними виводами безпосередньо на поверхню комутаційної плати у виробництві товстоплівкових ГІС. Виявилося, що технологічно простіше і дешевше автоматизувати техніку ПМ, ніж техніку монтажу в наскрізні отвори друкованих плат завдяки суттєвому зменшенню кількості операцій і, як наслідок, зменшенню площі виробничих приміщень. Більше того, розробка конструкцій компонентів для ПМ дешевша за розробку традиційних аналогів.

Розробка нових корпусів для компонентів ПМ вимагає зміни конструкцій комутаційних плат, на які ці корпуси монтують. В платах нема наскрізних отворів, щільність розташування комутаційних провідників більша, їх середня довжина менша, монтаж компонентів легко виконувати на обидві сторони плат. Зменшення габаритів конструкції компонентів для ПМ, у порівнянні зі звичайними, зменшує розміри комутаційних плат на 50- 70%, а вартість — на 5-15%. Це дозволяє зменшити кількість плат і зеднувачів, а це, в свою чергу, підвищує надійність системи і зменшує витрати на складання апаратури. Поверхневий монтаж компонентів при розробці конструкції дає змогу зменшити габарити, витрати матеріалів і коштів. Мала маса компонентів

					<i>KPM.EC.10749980.001.ПЗ</i>	Арк.
						65
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

для ПМ зменшує їх чутливість до дії вібрацій їх вібростійкість майже в 2 рази більша, ніж у компонентів традиційного виконання. Зменшення довжини сигнальних провідників відповідно зменшує паразитні електричні параметри, що, в свою чергу, збільшує швидкодію, завадостійкість і надійність радіоелектронних пристроїв. Додатковою перевагою поверхневого монтажу є умовно проста технологія ремонту помилково змонтованих компонентів, що значно зменшує вихід некондиційних виробів.

Варто зазначити, що в техніці ПМ ускладнюються процеси пайки і контролю якості паяних з'єднань внаслідок малих габаритів компонентів. Виникає цілий ряд додаткових вимог до конструкції і матеріалів комутаційних плат; високою є вартість автоматизованих ліній складання та монтажу плат з ПМ.

Під час розробки і виготовлення радіоелектронних виробів на основі ПМ доводиться враховувати наступні технічні питання:

- розміри і допуски на компоненти і відстані між ними
- варіанти і щільність розташування компонентів, відстані між з'єднаннями і допуски на них
- точність позиціонування, точність посадки компонентів, нанесення клею і режим його твердіння
- методи монтажу, зокрема, пайки; оптимізація режимів
- розміри комутаційних плат і забезпечення відводу тепла при високій щільності компонентів.

Переваги техніки поверхневого монтажу компонентів можна розділити на 3 групи: конструкційні, технологічні і переваги за показниками якості.

До конструкційних переваг належать:

- збільшення функціональної складності на одиницю площі менші габарити мікрозбірок;
- зменшення розмірів кінцевого виробу завдяки зменшенню габаритів мікрозбірок;
- покращання частотних характеристик внаслідок зменшення довжини сигнальних шин і, завдяки цьому, підвищення завадостійкості;

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						66
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- покращання масо-габаритних показників і зменшення транспортних витрат внаслідок зменшення габаритів мікрозбірок.

До технологічних переваг належать:

- можливість повністю автоматизувати процес складання та монтажу: технологія ПМ піддається автоматизації легше за традиційну компоненти розроблені з врахуванням можливості автоматизації складання та монтажу на поверхню;

- підвищення ефективності використання робочих площ;
- зменшення капітальних витрат;
- зменшення трудовитрат переважно внаслідок зменшення об'ємів ремонтних робіт;
- зменшення витрат на матеріали;
- усунення необхідності попередньої підготовки компонентів і відповідного обладнання.

До переваг за показниками якості належать:

- покращання якості пайки;
- підвищення надійності розташування компонентів на платі змінні технологічні фактори в технології ПМ піддаються контролю;
- зменшення кількості шарів при збереженні того ж самого рівня функціональної складності відмова від застосування металізованих наскрізних отворів суттєво збільшує площу під компоненти і комутаційні доріжки;
- зменшення кількості металізованих отворів, кожний з яких може бути потенціальним джерелом дефектів.

За недоліки техніки поверхневого монтажу можна визнати:

- умовно високу вартість деяких компонентів; достатньо складний контроль мікрозбірок і вузлів ПМ;
- низький рівень стандартизації компонентів;
- проблеми з забезпеченням теплових режимів через високу щільність монтажу;
- необхідність забезпечення компланарності сувору взаємну орієнтацію виводів для компонентів на платі, особливо для великогабаритних;

					<i>KPM.EC.10749980.001.ПЗ</i>	Арк.
						67
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- складність виконання окремих ремонтних робіт демонтаж більшості компонентів є простим, однак виникають труднощі при повторному монтажі;
- необхідність заміни технологічного обладнання.

Елементна база поверхневого монтажу

Для техніки поверхневого монтажу випускають дискретні пасивні резистори, конденсатори та активні компоненти діоди, транзистори різного функціонального призначення.

Дискретні компоненти в корпусах для ПМ можуть бути встановлені на друкованій платі або підкладці ГІС. Конструкція корпусів компонентів розрахована на групові методи пайки хвилею або паяння розплавленням дозованого припою.

2.6. Розрахунок теплового навантаження пристрою

Тепловий режим апаратури характеризується залежністю температури нагріву відносно навколишнього середовища від розсіювання потужності джерела енергії.

Однією з умов експлуатації є температура навколишнього середовища, яка може вплинути на надійність роботи блока. Такий вплив пояснюється максимально допустимою температурою інтегральних мікросхем. Розрахунок проведемо для температури навколишнього середовища +35°C.

При аналізі теплових режимів враховують густину упаковки, форму приладу і вид корпусу.

Розрахунок теплових режимів проводять наступним чином:

- 1) знаходять об'єм окремого елемента РЕА за формулою:

$$V=h*a*b \quad (2.6.1)$$

- 2) знаходять коефіцієнт форми

$$K(f)=h/V \quad (2.6.2)$$

- 3) визначають коефіцієнт заповнення

$$K(\text{зап})=0,7V(\text{вст}) \quad (2.6.3)$$

- 4) знаходимо питому потужність на одиницю площі

$$Q=P(\text{роз})/S \quad (2.6.4)$$

					<i>KPM.EC.10749980.001.ПЗ</i>	Арк.
						68
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В значення S входить як фізична площа самих РЕА, так і площа доріжок.

5) використовуючи номограми Глушицького за розрахованими даними V , S , $K(f)$ і $K(\text{зап})$ наближено знаходимо температуру навколишнього середовища і повітря

6) з одержаних даних визначаємо вид корпусу, конвекції і якщо потрібно тип вентилятора

Для визначення теплового режиму пристрою необхідно розрахувати максимальну потужність, яка виділяється одиницю площі пристрою. При потужності менше 0.05 Вт/см^2 можна зробити висновок про те, що пристрій не потребує додаткового охолодження і може бути виконаний в герметичному корпусі.

Задамося необхідними даними. Нехай маємо блок у вигляді прямокутного паралелепіпеда з такими параметрами:

$$L_1=72\text{мм}; L_2=151\text{мм}; L_3=2\text{мм}.$$

Розрахуємо площу цього блоку.

Площа кожуха обчислюється, за формулою:

$$S = 2*(L_1*L_2+L_2*L_3+L_1*L_3) \quad (2.6.5)$$

де L_1 -довжина, L_2 -ширина, L_3 -висота кожуха.

$$S_{\text{кож}} = 2*(151*72+72*2+151*2) = 12798 \text{ мм}^2 = 226,36 \text{ см}^2. \quad (2.6.6)$$

Знаходимо $P_{\text{спож}}$.

$$I_{\text{спож}}=10\text{мА}, U_{\text{ж}} = 3,7\text{В}.$$

Отже,

$$P_{\text{спож}}=U_{\text{ж}}*I_{\text{спож}}=3,7*10*10^{-3}=0,037\text{Вт}. \quad (2.6.7)$$

Знаходимо кількість потужності, яка припадає на 1 см^2 площі даного блоку

$$Q=P_{\text{спож}}/S=0,037/ 226,36 =0.000163 \text{ Вт/см}^2 \quad (2.6.8)$$

Умова теплоненавантаженості блоку

$$Q \leq 0,05 \text{ Вт/см}^2 \quad (2.6.9)$$

Отже даний блок вважається теплоненавантаженим. Енергоємні елементи мають свій тепловідвід. Враховуємо, що в Україні в літку температура може досягати $35 \text{ }^\circ\text{C}$ та температура всередині пристрою при дії

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						69
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зовнішньої дії сонця може суттєво збільшитися розрахунки по надійності прилада будемо проводити при температурі всередині пристрою 50 °С.

2.7. Розрахунок характеристик надійності пристрою

Забезпечення надійності є однією з основних задач техніки. Це зумовлено появою складних електронних систем і великих втрат, що зв'язані з їх відмовами. В деяких випадках низька надійність приводить до того, що вартість експлуатації устаткування на протязі року в декілька раз перевищує вартість самого устаткування.

Надійність характеризується рядом властивостей:

1) безвідмовність (властивість апаратури неперервно зберігати роботоздатність на протязі визначеного часу); 2) довговічність; 3) ремонтпридатність; 4) збережуваність.

Надійність залежить від умов експлуатації, технології виготовлення, використовуваної системи контролю якості, вихідних матеріалів і комплектуючих. Забезпечення надійності означає усунення можливих причин порушення властивостей надійності, що приводить до виникнення різного типу відмов.

Безвідмовність – це вимога до конструкції неперервно зберігати роботоздатність в заданих режимах експлуатації протягом деякого часу або наробки.

Довговічність – властивість зберігати роботоздатність до того, як вона дійде до граничного стану зносу з неможливістю подальшого використання.

На довговічність впливає: конструкція, деталі, режим роботи.

Збережуваність – це вимога до конструкції зберігати свої показники роботоздатності до закінчення терміну зберігання.

Під відмовою розуміють подію, що полягає в повній чи частковій втраті роботоздатності приладу.

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						70
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основною кількісною характеристикою надійності є функція надійності $P(t)$, або скорочено надійність, яка по визначенню рівна імовірності того, що в заданому інтервалі часу або в межах заданого напрацювання при заданих режимах і умовах експлуатації відмов в системі не виникає, тобто $P(t) = W\{T > t\}$, де T – час безвідмовної роботи системи, t – заданий час, $W\{A\}$ – імовірність події A , у даному випадку подія A заключається у тому, що $T > t$.

Непередбачувані експлуатаційні відмови представляють собою непередбачувані відмови повнонадійної РЕА, які виникають в період нормальної експлуатації, коли проробка пристрою вже закінчилася, а зношування і природне старіння ще не настали. Ці відмови обумовлені чисто випадковими факторами, такими як: приховані внутрішні дефекти, які не можуть бути виявлені системою технологічного контролю; малоймовірні, ітому не передбачені схемою та конструкцію технологічні дефекти; відхилення режимів роботи; співставлення параметрів концентрації зовнішніх навантажень і внутрішніх напружень; помилки операторів у період експлуатації. У зв'язку з перерахованими причинами поява таких відмов принципово не виключена і рівно ймовірна в часі: $\lambda_0 = \text{const}$.

Розрахунок характеристик надійності полягає у визначенні показників надійності виробу по відомим характеристикам надійності складових компонент і умовам експлуатації.

Приблизний розрахунок отримують по формулі:

$$P(t) = \exp\left(-t \sum_{j=1}^m \lambda_{0j} N_j\right), \quad (2.7.1)$$

Напрацювання системи на відмову отримуємо по формулі :

$$T_{cp.c} = 1 / \sum_{j=1}^m \lambda_{0j} N_j, \quad (2.7.2)$$

При уточненому розрахунку надійності враховують зовнішні дії, впливи теплових і електричних навантажень елементів пристрою. Розрахунок проводять по формулі:

$$P(t) = \exp\left(-k_{\lambda} t \sum_{j=1}^m \lambda_j N_j\right), \quad (2.7.3)$$

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						71
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $\lambda_j = \alpha_j \lambda_{0j} k_n$, $k_\lambda = k_{\lambda 1} k_{\lambda 2} k_{\lambda 3}$,

$P(t)$ — імовірність безвідмовної роботи;

λ_j — інтенсивність відмов елементів j -ої рівнонадійної групи при заданих експлуатаційних даних;

λ_{0j} — інтенсивність відмов елементів j -ої рівнонадійної групи в номінальному режимі;

α_j — поправочний коефіцієнт інтенсивності відмов j -ої групи, що враховує вплив температури навколишнього середовища і електричне навантаження елемента;

k_n — коефіцієнта навантаження елемента;

k_λ — враховує умови експлуатації радіоелектронної апаратури;

$k_{\lambda 1}$ — вплив механічних факторів (вібрація, ударні навантаження);

$k_{\lambda 2}$ — вплив кліматичних факторів (температура, вологість);

$k_{\lambda 3}$ — умови роботи при пониженому тиску.

Значення поправочного коефіцієнта α_j в залежності від температури і коефіцієнта навантаження k_n знаходять в довіднику, коефіцієнти $k_{\lambda 1}$ — $k_{\lambda 3}$ також.

При цьому під коефіцієнтом навантаження k_n розуміють відношення робочого навантаження, встановленого по визначеному параметру, який діє на елемент, до цього номінального навантаження, що встановлене нормативно-технічною документацією.

Таблиця 5. Інтенсивність відмов елементів.

Тип елемента	Інтенсивність відмови $\lambda \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}$ при 20 °C	Вимірник інтенсивності радіоактивного випромінювання	
		Кількість n , шт	Інтенсивність відмови $\lambda \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}$ при 50 °C
<u>Датчики радіації</u>			
СБМ-20-1	6	2	12

<u>Конденсатори:</u>			
K73-17	3	2	6
GRM21	5	1	5
GRM18	4	1	4
GRM22	1	18	18
X7R	3	2	6
GQM1885	4	2	8
CC1206	5	1	5
CC0603	5	2	10
CA010M0	3	1	3
<u>Мікросхеми:</u>			
MCP73812	8	1	8
HEF4011BT	12	1	12
ATmega.8-16AU	4	1	4
MAX 1676	6	1	6
<u>Індикатори:</u>			
W1602D-TML-CT	12	1	12
АЛ307А АА0	10	2	20
КИПВ04Б-5/8	8	1	8

<u>Резистори:</u>			
CRCW K00FKEA	2	3	6
RC1206	3	2	6
B5410-A1470J60	1	1	1
B57621	1	3	3
CRCW12061	2	5	10
P0402Y7501WB	2	3	6
B54102-A1223	3	1	3
CRCW RFKEA	1	3	3
CAY16-241J4LF	5	1	5
CRCW0402200RJN	3	1	3
CR0805-JW103ELF	2	1	2
CRCW0603100KFKEA	1	2	2
B54102-A1472-J60	5	1	5
<u>Кнопки:</u>			
PKN159-1	0,015	5	0,075
MPS-700N	0,015	1	0,015
<u>Діоди</u>			
BZT03-C200	5	2	10
RS 1JDO-214AC	2	2	4

771-PMEG4010BEAT/R	3	2	6
<u>Транзистори:</u>			
КТ 3130Г9	40	5	200
IRLML 9303	50	2	100
<u>Кварцовий резонатор</u>			
Statek 32768	20	1	20
<u>Роз'єм</u>			
Mini-AB-Resceptacle	0,015	1	0,015
<u>Трансформатор</u>			
B64290-L743-X87	1	1	1
<u>Котушка</u> <u>індуктивності</u> CDRH 104	20	1	20
<u>Пайка</u>	1	260	260
Всього, $\Sigma\lambda, 10^{-8}$ 1/год.			823,11
Напрацювання на відмову, год			121490,4

$$T = \frac{1}{\lambda_{\Sigma}} = \frac{1}{823,11 \cdot 10^{-8}} [\text{год}] = 121490,4 \text{ год} \quad (2.7.4)$$

В таблиці 5. наведено дані про використовувані елементи, їх кількість та сумарне значення інтенсивності відмов.

З врахуванням того що час роботи приладу рівний 2000 год., отримаємо:

$$P(2000) \approx \exp(-823,11 \cdot 10^{-8} \cdot 2 \cdot 10^3) \approx 0.99$$

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						75
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Перехід народного господарства на ринкові відносини має на меті створення економичних важелів для ефективного діючого виробництва як з точки зору раціонального використання ресурсів, так і з точки зору невідпинного прискорення науково – технічного прогресу і повного задоволення потреб виробників і споживачів.

Основним результатом постановлених задач повинно стати підвищення якості усіх видів продукції й забезпечення її конкурентноздатністю

Практичне припинення за останні роки приладобудівного виробництва, в тому числі й приладів аналітичної техніки, робить неможливи здійснити об'єктивний розрахунок економічної ефективності розробки приладу, тому її розрахунок носить оціночий характер.

Рівень якості конструкції характеризується системою техніко-економічних показників, номенклатура яких залежить від виду і призначення продукції. Для оцінки рівня якості проектованої техніки необхідно витрати базового взірця (аналога), розрахувати показники технологічності для проектованого приладу, заставити їх з показниками аналога. До показників технологічності відносять коефіцієнт матеріаломісткості виробу, коефіцієнт стандартизації виробу, уніфікації, коефіцієнт повторюваності складових частин, коефіцієнт збіжності.

3.1. Розрахунок собівартості виготовлення

Собівартість продукції – це витрати на її виробництво і реалізацію, що включають в себе вартість витрачених сировини і матеріалів, заробітну плату працівників, витрати по утриманню і експлуатації устаткування та інші поточні витрат.

Структура собівартості витрат

					<i>KPM.EC.10749980.001.ПЗ</i>	Арк.
						76
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для розрахунку вартості приладу $ВП_p$ в першому наближенні можна використати співвідношення технічної підготовки виробництва спроектованого приладу.

$$ВП_p = \frac{ПК_B}{OB_p} + B_{np} \quad (3.1)$$

де $ПК_B$ - початкові капіталовкладення у виробництво;

OB_p - об'єм виробництва;

B_{np} - вартість виготовлення одного приладу.

До початкових капіталовкладень відносяться:

1) витрати на проектування структурної та електричної схем, їх топології, вартість машинного часу, необхідного для проектування;

2) витрати на виробництво, випробування та доведення до готовності дослідних зразків:

- заробітна плата інженерів,
- заробітна плата системо- та схемотехніків,
- заробітна плата технологів,
- вартість зразкових приладів;

3) витрати на підготовку серійного виробництва.

Вартість виготовлення одного приладу складається з:

- 1) витрат на виготовлення друкованої плати;
- 2) вартості корпусу приладу;
- 3) вартості складальних операцій;
- 4) вартості операцій регулювання та контролю якості.

В загальному випадку, визначення собівартості виробництва приладу та її оптимізація є складною економічною задачею, оскільки при цьому доводиться враховувати вплив багатьох факторів, дія яких досить часто направлена у протилежному напрямку. За часом впливу всі такі фактори можуть бути поділені на:

- фактори, що впливають на стадії проектування (функціональний клас виробу та група його складності, конструкція, ступінь інтеграції мікросхем, ступінь складності базового технологічного процесу);

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						77
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- фактори, що впливають під час виробництва (якість вихідних матеріалів, рівень якості технологічного процесу, об'єм випуску виробу який заплановано, строк виготовлення, технічний рівень обладнання, кваліфікація та рівень підготовки кадрів);

- фактори, що впливають під час експлуатації (техніко-економічні та експлуатаційні вимоги на виріб, ступінь відповідності вимогам світових стандартів).

Основний вплив на формування собівартості виробу вносить стадія його проектування. Якість прийнятого інженерного рішення при проектуванні в дуже великій мірі визначає рівень можливих витрат на виробництво виробу. Слід відмітити, що на повну собівартість виробу в першу чергу впливають закономірності формування цехових витрат, які можна визначити як

$$ЦВ = ЗП + ВМм + ВОб + ВЗц, \quad (3.2)$$

де $ЗП$ - заробітна плата; $ВМм$ - витрати на матеріали; $ВОб$ - витрати на обладнання; $ВЗц$ - витрати загальноцехові. Структура цих витрат буде розглянута далі.

Загальнозаводська (виробнича) собівартість виробу в першому наближенні складається з цехових витрат $ЦВ$ та певної частини загальнозаводських витрат $ЗЗв$, а саме:

$$ЗВ = ЦВ + ЗЗв. \quad (3.3)$$

Аналогічно, повна собівартість виготовлення виробу може бути записана у вигляді суми заводської собівартості $ЗВ$ та певної долі зовнішньо виробничих витрат $ЗВв$, тобто

$$ПВВ = ЗВ + ЗВв \quad (3.4)$$

Оскільки при виготовленні РЕА типовою є досить значна невизначеність отримання очікуваного кінцевого результату (тобто виробу з характеристиками, що відповідають технічному завданню), то ця ситуація враховується у повній собівартості виробу за допомогою так званого коефіцієнту K_B , який є не що інше як добуток

$$K_B = \prod_{i=1}^n K_B^i \quad (3.5)$$

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						78
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

коефіцієнтів технологічного виходу i -ї технологічної операції K_B^i , який за означенням є:

$$K_B^i = \frac{N_{ВІХ}^i}{N_{ВХ}^i} \quad (3.6)$$

де $N_{ВІХ}^i$ - число якісних виробів після завершення i -ї технологічної операції;

$N_{ВХ}^i$ - повне число виробів, що потрапляють на початок даної технологічної операції.

3.2. Оцінка собівартості виробництва виробу

Розрахунок орієнтовної собівартості виробу виконується за умов поштучного передавання виробу на поточній лінії та наступних параметрів:

- число випуску виробів у рік – $n = 2000$;
- характеристика виробництва: серійне виробництво на поточній лінії при однозмінній роботі ($q=1$) з орієнтовним річним фондом робочого часу

$$\Phi P = 1750 \text{ год.}$$

Для розрахунку такту випуску виробів на поточній лінії застосуємо співвідношення;

$$\Delta_{\tau} = \frac{q \cdot \Phi P \cdot 60}{n} = \frac{1 \cdot 1750 \cdot 60}{2000} = 52,5 \text{ (хв/ шт)} \quad (3.7)$$

Припустимо:

1) час виготовлення одного виробу складає $\delta \left[\frac{\text{шт}}{\tau_{\text{опт}}} \right] = 125 \text{ хв.}$

2) загальні витрати часу на виробництво одного приладу розподіляються за операціями технологічного циклу:

$$\sum \left[\begin{array}{l} 40 \text{ хв.} - \text{складання} \\ 50 \text{ хв.} - \text{електромонтаж} \\ 35 \text{ хв.} - \text{регулювання} \end{array} \right] = 125 \text{ хв} \quad (3.8)$$

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						79
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Орієнтована кількість працюючих на кожну операцію для виконання річної програми виробництва у відповідності з переліком операцій розраховуємо:

$$КП_{i,розр} = \delta\tau_{ОПТ}^{шт} / \Delta\tau \quad (3.9)$$

Ступінь ефективності праці характеризується коефіцієнтом завантаженості робочих місць

$$КЗ = КП_{i,розр} / КП_{i,ПРИН} \quad (3.10)$$

В результаті розрахунку за допомогою співвідношень (3.9) - (3.10) встановлено:

1) для складальних операцій:

- кількість працюючих $КП_{i,СК.ОП} = 40/52,5 = 0,76 \Rightarrow 1$;

- коефіцієнт завантаженості $КЗ = (0,76/1) * 100\% = 76\%$;

2) для електричного монтажу:

- кількість працюючих $КП_{i,ЕЛ.М.} = 50/52,5 = 0,95 \Rightarrow 1$;

- коефіцієнт завантаженості $КЗ = (0,95/1) * 100\% = 95\%$;

3) для операції регулювання:

- кількість працюючих $КП_{i,РЕГ.ОП.} = 35/52,5 = 0,67 \Rightarrow 1$

- коефіцієнт завантаженості $КЗ = (0,67/1) * 100\% = 67\%$;

По отриманим даним побудована діаграма завантаженості робочих місць (обладнання), яка приведена на Рис. 14. [14]

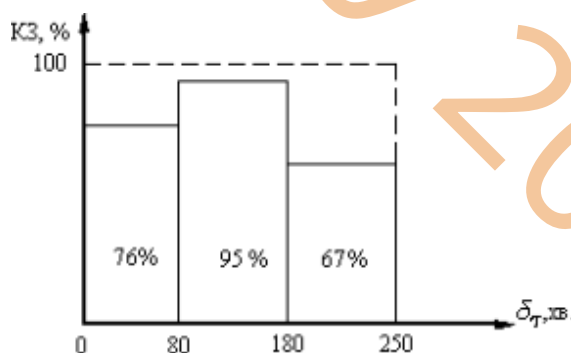


Рис. 14. Діаграма завантаженості робочих місць

3.3. Визначення фонду заробітної плати

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						80
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для встановлення орієнтованого розміру заробітної плати для виробництва РЕА необхідна інформація про:

- 1) типову структуру фонду заробітної плати;
- 2) орієнтовану кількість працюючих. Типова структура заробітної плати на виробництві наступна:

$$ЗП = ЗП_{то} + ЗП_{пр} + ЗП_{д} + ЗП_{нр}, \quad (3.11)$$

де $ЗП_{то}$ - заробітна плата в залежності від форми оплати (згідно тарифу посадового окладу); $ЗП_{пр} = (0,2 \div 0,3) * ЗП_{то}$ - премія з фонду заробітної плати; $ЗП_{о} = ЗП_{то} + ЗП_{пр}$ - заробітна плата основна; $ЗП_{д} = (0,1 \div 0,15) * ЗП_{о}$ - заробітна плата додаткова; $ЗП_{нр} = 0,37 * (ЗП_{о} + ЗП_{д})$ - нарахування на заробітну плату.

Оцінку орієнтованої кількості працюючих можна виконати, враховуючи перелік технологічних операцій та необхідну кількість робочих місць.

При цьому необхідно врахувати, що крім визначення кількості основних виробників (А), кількість яких визначається з

$$КП_{ос.вз} = КП_{л.ел.м} + КП_{л.ск.оп} + КП_{л.оп.рег} = 1 + 1 + 1 = 3 \text{ роб.} \quad (3.12)$$

необхідно виконати і розподіл їх кількості по тарифним розрядам.

Приймаємо:

Зр. - 1 чол.

4р. - 1 чол.

5р. - 1 чол.

Приймаємо середні тарифні часові ставки для II- V розрядів наступними:

II розряд 10,14 грн./год.;

III розряд 11,01 грн./год.;

IV розряд 12,44 грн./год.;

V розряд 13,62 грн./год.

Тоді заробітна плата для основних працівників II- V розрядів визначається із співвідношення:

- складальник $1750 * 11,01 = 19\,267,5$ грн.;

- монтажник $1750 * 12,44 = 21\,770$ грн.;

- регулювальник $1750 * 13,62 = 23\,835$ грн.

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						81
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тоді річна заробітна плата основних робітників, зайнятих у виробництві приладу складає 64 872,5 грн. Кількість працюючих інших категорій, які необхідні для ритмічного виробництва приладу визначається із наступних міркувань:

- інженерно-технічні працівники (С)

$$КП_{ІТП} = (0,10 \div 0,15) * КП_{ОС.ПР.} = 0,10 * 3 = 0,3 \Rightarrow I_{роб.}$$

- майстер (С) $300 * 11,2 * 1 = 3360$

Основні компоненти витрат фонду заробітної плати з урахуванням наведеної оцінки кількості працюючих по категоріям приведені в таблиці 6.

Таблиця 6.

Компоненти витрат фонду заробітної плати

Категорія Робітника	Кп, чол.	ЗП _{то} , грн.	ЗП _{пр} , грн.	ЗП _{пд} , грн.	ЗП _{нр} , грн.	Загальний фонд заробітної плати, грн.	Форма оплати
А	3	7630	1907,5	1144,5	3952,3	124634,3	по год.
С	1	3360	840	504	1740,5	64044,5	по шт.
Разом	4	10990	2747,5	1648,5	5692,8	188678,8	

Витрати на придбання основних та допоміжних матеріалів можуть бути оцінені на підставі відповідної інформації про їх структуру утворення.

Витрати на матеріали складаються із

$$ВМт = ВОМ + ВДМ + ВНФ + ВВд, \quad (3.14)$$

де *ВОМ* - витрати на основні матеріали; *ВДМ* - витрати на додаткові матеріали; *ВНФ* - витрати на напівфабрикати; *ВВд* - вартість відходів.

1. До витрат на основні матеріали в першому наближенні відносяться витрати на придбання ЕРЕ, необхідних для виробництва виробу. Оцінка цих витрат разом з переліком необхідних матеріалів приведені у таблиці 7 .

2.Планування витрат на придбання допоміжних матеріалів є також важливою задачею, оскільки без наявності даної групи комплектуючих неможливе серійне виробництво РЕА. Орієнтовний кошторис витрат на придбання додаткових матеріалів, що складений у відповідності до норм витрат, наведений у таблиці 7.

Таблиця 7.

Витрати на придбання комплектуючих.

Найменування	Тип, марка	Вартість за 1 шт, грн.	Кількість	Сума, грн.
1. Датчики радіації	СБМ-20-1	80	2	160
Конденсатори	<i>K73-17</i>	2	2	
	<i>GRM21</i>	0,25	1	4
	<i>GRM18</i>	0,3	1	0,25
	<i>GRM22</i>	0,2	1	0,3
	<i>X7R</i>	0,35	8	1,6
	<i>GQM1885</i>	0,25	6	2,1
	<i>CC1206</i>	0,3	8	2
	<i>CC0603</i>	0,5	5	0,9
	<i>CA010M0</i>	0,45	1	5
			0	1,35
Мікросхеми	<i>MCP73812</i>	3,84	1	3,84
	<i>HEF4011BT</i>	0,96	1	0,96
	<i>ATmega.8-16AU</i>	9,96	1	9,96
	<i>MAX 1676</i>	13,44	1	13,44
Індикатори	<i>W1602D-TML-CT</i>	32,40	1	32,40
	<i>АЛ307А АА0</i>	0,3	2	0,6
	<i>КИПВ04Б-5/8</i>	7,3	1	7,3
Резистори	<i>CRCW K00FKEA RC1206</i>	0,3	3	0,9
	<i>B5410-A1470J60</i>	0,2	2	0,4
	<i>B57621</i>	0,4	1	0,4
	<i>CRCW12061</i>	0,35	3	1,05
	<i>P0402Y7501WB</i>	0,25	5	1,25
	<i>B54102-A1223</i>	0,2	3	0,6
	<i>CRCW RFKEA</i>	0,45	1	0,45

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

	<i>CAY16-241J4LF</i>	0,3	3	0,9
	<i>CRCW0402200RJN</i>	0,35	1	0,35
	<i>CR0805-JW103ELF</i>	0,4	1	0,4
	<i>CRCW0603100KFKEA</i>	0,25	1	0,25
	<i>B54102-A1472-J60</i>	0,2	2	0,4
		0,45	1	0,45
Кнопки	<i>PKN159-1</i>	1,5	5	7,5
	<i>MPS-700N</i>	1,75	1	1,75
Діоди	<i>BZT03-C200</i>	4,11	2	8,22
	<i>RS 1JDO-214AC</i>	3,80	2	7,60
	<i>771-PMEG401OBEA T/R</i>	2,74	2	5,38
Котушка індуктивності	<i>CDRH 104 22 мкГ</i>	2,16	1	2,16
Транзистори	<i>KT 3130Г9</i>	1,35	5	6,75
	<i>IRLML 9303</i>	0,95	2	1,90
Кварцовий резонатор	<i>Statek 32768</i>	1,36	1	1,36
Роз'єм	<i>Mini-AB-Receptacle</i>	2,25	1	2,25
Трансформатор	<i>B64290-L743-X87</i>	2.70	1	2.70
Джерело живлення	<i>EN-EL12 3,7 В</i>	22	1	22
6. Разом				323,37
5. Річна програма				646740,0

Витрати на експлуатацію, ремонт та амортизацію основних виробничих фондів узагальнені в таблиці 9, при складанні якої врахований порядок їх відшкодувань, наведений нижче.

Категорія А - будівельні споруди: 1) експлуатація (І)-1% вартості;
2) амортизація (ІІ) - 1,25% вартості.

Категорія В -обладнання: 1) експлуатація (І)-1% вартості; 2) амортизація (ІІ) - 6,25% вартості.

Категорія С - інструменти та пристрої: 1) експлуатація (І)-1 % вартості;
2) амортизація (ІІ) - 3,75% вартості.

					<i>KPM.EC.10749980.001.ПЗ</i>	Арк.
						84
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 8.

Витрати на матеріали

Матеріал	ДСТУ (ГОСТ), ТУ, марка, тип	Одиниця виміру матеріалу	Вартість одиниці грн.	Норма витрат на пристрій	Вартість для 1-го пристро ю, грн.
1.Сталь листова	Ст3 ДСТУ (ГОСТ) 380-71	кг	6,0	0,6	3,6
2.Провід	МТТФ	м	0,5	0,5	0,25
3.Склотекстоліт	СТПА-5-2 ОСТ4.010.022- 85	кг	30	0,5	15,0
4.Каніфоль	19113-82	кг	10	0,1	1,0
5.Спирт технічний ректифікований		л	6,0	0,05	0,3
6.Лак	ЭП-572 ТУ6-10-1539-76	кг	10,0	0,1	1,0
7.Фарба	БМ	кг	4,5	0,01	0,05
8.Припой	ПОС-61	кг	18	0,4	7,2
9.Не враховані матеріали		10%			2,84
10.Транспортні витрати		5%			1,42
11.Разом					32,66
12.Річна програма					65320

Таблиця 9.

Витрати на експлуатацію , ремонт та амортизацію основних виробничих фондів

Назва	Вартість, грн.	Витрати І, грн	Витрати ІІ, грн
А	8960	149,6	473,0
В	1625	48,3	271,1
С	6955	27,6	430,3
Разом	17540	225,5	1174,4

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						85
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Витрати на експлуатацію, ремонт та амортизацію обладнання розшифровані у таблиці 10.

Таблиця 10.

Витрати на експлуатацію, ремонт та амортизацію обладнання

Назва статті витрат	Метод розрахунку	Всього, грн.
1. Амортизація обладнання	ст.3, гр.2; табл. 4.4	271,1
2. Експлуатація обладнання	ст.3, гр.2; табл. 4.4	48,3
3. Ремонт обладнання	4% вартості	65,0
4. Вихід з ладу малоцінних інструментів	2% -ст. 2, гр. 1; табл. 4.	23,5
5. Інші витрати	$5\% * \sum (ст.1 \div ст.4), табл.4.5$	23,7
6. Разом		431,6
7. Основна заробітна плата виробників	$\sum (гр.3+гр.4), ст1; табл.4.1$ 4.7	9537,5
8.Процент витрат на утримання обладнання	$\frac{ст6}{ст7} * 100\%$	0,9

Кошторис цехових витрат розшифрований у таблиці 11.

Таблиця 11.

Кошторис цехових витрат

Назва статті витрат	Метод розрахунку	Всього, грн
1. Утримання апарату управління (ІТР, службовці)	ст.2, гр.7; табл. 4.1	6444,5
2. Амортизація будівель, інвентарю	$\sum (ст.1+ст.3)гр.4,$	1135,3
3. Експлуатація будівель, інвентарю	$\sum (ст.1+ст.3)гр.3, табл.4.5$	169,2
4.Випробування, дослідницькі роботи, раціоналізаторство та винахідництво	(10 ÷ 20) грн. на 1 роб.	60

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

5. Витрати на охорону праці	15 грн. на 1 роб.	45
6. Вихід з ладу малоцінних інструментів	$(2 \div 5) \% \text{ ст. 2 гр. 2 табл. 4.4}$	39,1
7. Інші витрати загально цехового характеру	$(5 \div 10) \text{ грн. на 1 роб.}$	30
8. Разом	$\sum (\text{ст. 1} + \dots + \text{ст. 7})$	7923,1
9. Втрати від простоїв та непродуктивні витрати	$(1 \div 2) \% \text{ ст. 1, гр. 7, табл. 4.1}$	292,7
10. Втрати від виведення з ладу матеріальних коштовностей при їх зберіганні у цеху	$(1 \div 3) \% (\text{ст. 11, гр. 5, табл. 4.2} + \text{ст. 12, гр. 6, табл. 4.3})$	3166,6
11. Втрати від невикористання деталей, вузлів та технологічного устаткування	$1,1 * \text{ст. 10, табл. 4.6}$	3483,3
12. Нестача матеріальних коштовностей	$\sum (\text{ст. 10} + \text{ст. 11})$	6649,9
13. Інші невиробничі витрати	$(1 \div 3) \% \text{ ст. 2, гр. 2, табл. 4.4}$	12,5
14. Разом	$\sum (\text{ст. 9} + \dots + \text{ст. 12})$	13592,5
15. Всього цехових витрат	$\sum (\text{ст. 8} + \text{ст. 14})$	21515,6
16. Основна заробітна плата	гр. 7, ст. 1, табл. 4.1	124634,3
17. Процент цехових витрат до основної заробітної плати виробників	$\frac{\text{ст. 16}}{\text{ст. 15}} * 100\%$	71,7

Кінцевий розрахунок собівартості виготовлення спроектованого приладу проводиться у вигляді складання калькуляції собівартості його виготовлення (таблиця 11). Для цього і використовувався вище згаданий метод побільшеного розрахунку собівартості – метод питомої ваги – , що забезпечив прийнятну (5%) похибку прогнозування собівартості.

Цей метод полягав у пропорційному віднесенні непрямих витрат до суми витрат на основну заробітну плату робітників та витрат на утримання і експлуатацію устаткування.

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						87
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.4. Розрахунок ціни спроектованого приладу

Ціну спроектованого приладу можна визначити за формулою:

$$Ц = C_{повн} + П, \quad (3.15)$$

де $C_{повн}$ -- повна собівартість виготовлення спроектованого приладу; $П$ - запланований прибуток.

Прибутковість підприємства характеризується таким показником як рентабельність. Величину рентабельності можна визначити за формулою:

$$P = П / C_{повн} \quad (3.16)$$

Якщо прийняти величину рентабельності 30%, тоді $П = P * C_{повн} = 0,3 * C_{повн}$.
Тоді ціну спроектованого приладу можна визначити за формулою:

$$Ц = C_{повн} + 0,3 C_{повн} = 1,3 C_{повн}. \quad (3.17)$$

Якщо підприємство є платником податку на додану вартість (ставка ПДВ 20%), то вихідна ціна на спроектований прилад буде наступною:

$$Ц_{вих} = 1,2 Ц. \quad (3.18)$$

Виконавши всі необхідні розрахунки, складається кошторис собівартості пристрою, у який входять калькуляція собівартості виготовлення та ціна спроектованого приладу. Структура кошторису приведена у таблиці 12.

Таблиця 12.

Структура кошторису

Назва статті витрат	Метод розрахунку	Сума витрат на один виріб,
1. Основні матеріали	ст.10, гр.5; табл. 4.2	254,0
2. Додаткові матеріали та	ст.11, гр.6; табл. 4.3	32,66
3. Основна зарплата виробників	ст.1, гр.3/1000; табл. 4.1	7,63
4. Додаткова заробітна плата	ст.1, гр.5/1000; табл. 4.1	1,14
5. Нарахування на заробітну плату	ст.1, гр.6/1000; табл. 4.1	3,95
6. Витрати на експлуатацію обладнання	ст.2, гр.3/1000; табл. 4.5	0,01
7. Цехові витрати	ст.15, гр.3/1000; табл. 4.6	20,42
8. Загальна цехова собівартість	$\sum (ст. 1 + \dots + ст. 7)$	349,81

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						88
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Загальнозаводські витрати (80%)	80% <i>см.8, зр.3</i>	279,85
10.Заводська собівартість	$\sum (см.8+см.9)$	629,66
11. Невиробничі витрати (4%)	4% <i>см. 10, зр.3</i>	25,19
12. Повна собівартість $C_{повн}$	$\sum (см.10+см.11)$	654,85
13. Плановий прибуток Π (30%)	30% * <i>см.12, зр.3</i>	196,46
14. Оптова ціна C	$\sum (см.12+см.13)$	851,31
15. Прибутковість підприємства P (рентабельність)	$\frac{см13}{см12} * 100\%$	30
16. Вихідна ціна $C_{вих}$ на спроектований прилад (100%)	1,2* <i>см. 14,зр.3</i>	1021,57

4. ЗАХОДИ ПО ПЛАНУВАННЮ, ТЕХНІЦІ БЕЗПЕКИ ТА ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1. Охорона праці. Характеристика небезпечних і шкідливих факторів на всіх етапах технологічного процесу, монтажу і експлуатації

Після обробки поверхонь деталей механічними методами (шліфівка, різка і т.д.) часто використовують ефективні хімічні методи очистки поверхні (знежирення, травлення і т.д.) - при цьому використовують небезпечні і отруйні речовини, їх вплив залежить від функціональних властивостей, агрегатного стану, класу шкідливості, часу і характеру впливу, засобів загального та індивідуального захисту.

При знежиренні використовують їдкі луги, горючі розчинники (бензин, ацетон, трихлоретан, толуол, бензол, спирти).

При травленні небезпечними є сірчана, азотна, ортофосфорна кислоти. Виникає загроза ентерального отруєння, хімічних опіків, отруєння в наслідок вдихання парів цих кислот. Процеси гальванічної обробки супроводжуються виділенням з поверхні ванн водню та кисню, що

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89

захвачують за собою пари електроліту, окиси металів, солі, органічні сполуки. Останні сильно забруднюють повітря гальванічного цеху.

Все це відповідає нормативному акту з питань охорони праці (НАОП) 1.4.32-2.63-77 (ОСТ4ГО.091.228-77): "Вимоги до ступеню очищення вентиляційних викидів з гальванічних цехів"; НАОП 1.4.32-2.58-78 (ОСТ114ГО.0.91.249-78): "Легкозаймисті, горючі, хімічно-небезпечні та шкідливі речовини. Вимоги безпеки при зберіганні, транспортуванні та використанні". Монтаж електричних схем приладів, радіоапаратури ведеться з застосуванням різних видів пайки. Кожному різновиду пайки характерні певні шкідливі і небезпечні фізичні фактори, що відрізняються як кількістю так і якістю характеристик. При цьому деякі види пайки продукують декілька таких фізичних факторів, що ведуть до погіршення здоров'я працівників, підвищення травматизму, погіршення умов праці, виникнення пожеж і вибухів. Такими потенційно-шкідливими є: запиленість і загазованість повітря робочої зони; інфрачервоне випромінювання від розплавленого припою; височастотне електромагнітне випромінювання; ультразвукове випромінювання від паяльника при пайці хвилею; дія електростатичного заряду; неоптимальна освітленість робочих зон; незадовільні метеорологічні умови в робочій зоні; вплив бризг капель розплавленого припою; ураження електричним струмом.

Враховуючи не абияку шкідливість вихідних компонентів, до приміщення, де виконується паяння пред'являють особливі вимоги: НАОП 1.4.32-2.87-81 (ОСТ 25 2191-81); "Паяння свинцево олов'яними припоями. Вимоги безпеки"; НАОП 1.4.32-2.82-84 (ОСТ 25 1159-84): "виробництво друкованих плат. Вимоги безпеки".

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						90
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2 Основні заходи безпеки та вилучення передбачуваних шкідливих факторів на всіх етапах технологічного процесу, монтажу і експлуатації

Для створення безпечних умов праці необхідно виконання відповідних заходів у відповідності з ДСТУ (ГОСТ 12.3.008-75.)

Основні вимоги безпеки технологічних процесів включають слідуючі аспекти:

- усунення безпосереднього контакту працюючих з матеріалами, що мають шкідливий вплив;
- заміна небезпечних і шкідливих технологічних процесів і операцій на менш небезпечні, чи зовсім безпечні;
- використання комплексної механізації і автоматизації виробництва, дистанційне управління особливо шкідливими процесами і операціями;
- раціональна організація праці і відпочинку;
- впровадження систем контролю і управління технологічними процесами, що забезпечують захист працівників (аварійне відключення виробничого обладнання);
- своєчасне видалення і знешкодження шкідливих відходів виробництва.

Важлива і обов'язкова умова забезпечення безпеки - викладення умов безпеки в технологічній документації. Повнота викладу контролюється методичними вказівками: "РД 50-134-78".

Існує ряд загальних стандартів, якими треба користуватися:

- для приміщень: "Будівельні норми і правила";
- для обладнання – ДСТУ (ГОСТ 12.2.003-74): "Обладнання виробниче. Загальні вимоги безпеки";
- ДСТУ (ГОСТ 12.1 .004-76) "Пожежна безпека. Загальні вимоги";
- ДСТУ (ГОСТ 12.1.010-76) "Вибухобезпека. Загальні вимоги".

Основні заходи по охороні праці (ОП) при роботах з хімічними речовинами і матеріалами:

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						91
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- автоматизація і механізація технологічних процесів: найбільший рівень

безпеки в масовому виробництві - поточні лінії: автоматизовані системи для пайки, травлення, обезжирення;

- герметизація обладнання в спеціальних боксах, шафах, що обладнані ефективною вентиляцією;

- заміна токсичних, отруйних, горючих речовин на менш небезпечні.

Від кислот і лугів захищаються гумовими або поліхлорвініловими фартухами, чоботами. При роботі з токсичними і отруйними речовинами використовують засоби індивідуального захисту (ЗІЗ).

Отруйні і токсичні речовини перевозять в спеціальній тарі на теліжках із швидкістю < 5 км/год.

Вдихання хімічних речовин в газоподібному стані приводить до пошкодження верхніх дихальних шляхів і до загально токсичного впливу при всмоктуванні в кров.

При різних операціях можуть поступати в атмосферу промислові речовини, що відносяться до першого класу безпеки. Так трихлоретан при дії світла перетворюється на фосген, що є дуже небезпечним.

При всіх операціях пайки в повітря можуть попадати пари олова та свинцю, пари соляної кислоти, окис вуглецю, вуглеводень та інше. Особливо шкідливий свинець та його сполуки. При попаданні в організм він акумулюється в кістках, м'язах, печінці. Результатом є свинцеве отруєння.

Пайка з використанням флюсів і їх біологічний вплив залежить від складу:

- каніфоль - подразнюючий вплив;
- спирти - наркотичний ефект;
- етиленгліколь-

токсичний вплив.

Основні заходи:

					<i>KPM.EC.10749980.001.ПЗ</i>	Арк.
						92
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Водонепроникна підлога з нахилом для стоку в каналізацію.
2. При ручній пайці використовувати паяльники живленням до 42 В.
3. Різні технологічні операції виконувати в різних приміщеннях.
4. Використані серветки спалюють і повторно не використовують,
5. Експлуатація цехів і приміщень тільки при наявності приточно - відточної вентиляції.
6. Не допускати до роботи з припоями осіб до 18 років і вагітних.

Для захисту шкіри рук від речовин, що входять до складу флюсів, використовують захисні мазі і пасти (мазь "Миколан", пасти - ІЕП-1, казеїнова). Все вищеописане відповідає наступним НАОП:

- НАОП 1.4.32-2.67-84 (ОСТ 11073.062-84);
- НАОП 1.4.32-2.39-85 (ОСТ 11 120005-85);
- НАОП 1.4.32-2.21-80 (ОСТ 11 091.700-80);
- НАОП 1.4.32-2.63-77 (ОСТ4ГО. 091.228-77).

4.3. Розрахунок необхідного повітряного обміну для промислової вентиляції

Розрахунок необхідного повітряного обміну ведеться по наступним факторам: по кількості працюючих; по надходженню в повітря робочої зони шкідливих газів, парів та пилу; по виділенню вологи; по теплонадлишкам.

По першому фактору розрахунок кількості повітря (м³/год) вираховується лише при нормальному мікрокліматі і відсутності в повітрі шкідливих речовин, чи вмісту їх в межах допустимих норм.

Обмін повітря визначається по формулі:

$$L = nL' \quad (4.1)$$

де n - число працюючих;

L' - витрати повітря на одного працюючого (для об'ємів приміщення 20 м³ і більше на одного працюючого).

Для $n = 50$ чел., та $L = 20$ м³/год (для об'ємів приміщення 20 м³ і більше на одного працюючого в промислових приміщеннях):

$$L = 22 \cdot 20 = 440 \text{ (м}^3\text{/год)} \quad (4.2)$$

					<i>KPM.EC.10749980.001.ПЗ</i>	Арк.
						93
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

По другому фактору необхідний обмін повітря визначається по формулі:

$$L = \frac{q_{mk}}{Z_1 - Z_2} \quad (4.3)$$

де q_{mk} - інтенсивність надходження шкідливої речовини в повітря робочої зони;

Z_1 - гранично допустима концентрація (ГДК) даної речовини (в мг/м³);

Z_2 - концентрація шкідливих речовин в повітрі, що надходять (в мг/м³).

Концентрація Z_2 повинна бути мінімальною, що по санітарним нормам відповідає формулі: $Z_2 < 0,3Z_1$.

Враховуючи високу шкідливість компонентів, що входять до складу припою і знаходяться в парогазовому стані, розраховується L для слідуючих елементів:

а) свинець - клас шкідливості 1-й, ГДК в повітрі робочої зони 0,01 мг/м³;

б) олово - клас шкідливості 3-й, ГДК в повітрі робочої зони 10 мг/м³;

с) цинк - клас шкідливості 2-й, ГДК в повітрі робочої зони 0,5 мг/м³;

д) мідь - клас шкідливості 2-й, ГДК в повітрі робочої зони 1 мг/м³.

$$\text{Для свинцю: } L_c = \frac{10}{0.01 - 0.3 \cdot 0.01} = 1429 \text{ (м}^3\text{/год)} \quad (4.4)$$

$$\text{Для цинку: } L_{ц} = \frac{10}{0.5 - 0.3 \cdot 0.5} = 28,6 \text{ (м}^3\text{/год)} \quad (4.5)$$

$$\text{Для олова: } L_o = \frac{10}{10 - 0.3 \cdot 10} = 1,4 \text{ (м}^3\text{/год)} \quad (4.6)$$

$$\text{Для міді: } L_m = \frac{10}{1 - 0.3 \cdot 1} = 14 \text{ (м}^3\text{/год)} \quad (4.7)$$

У відповідності з СН 245-71 при одночасному надходженні в повітря приміщення декількох шкідливих речовин однонаправленої дії розрахунок вентиляції виконується сумуванням об'ємів повітря, необхідного для розбавлення кожної речовини окремо до допустимих концентрацій $L = L_c + L_o + L_m + L_{ц} = 1429 + 1,4 + 28,6 + 1,4 = 1460,4 \text{ м}^3\text{/год.} \quad (4.8)$

По третьому фактору розрахунок виконується по формулі:

$$L = \frac{m \cdot q_v}{q_y - q_n} \quad (4.9)$$

де $m = 0,8$ при висоті приміщення $n = 5 \div 3 \text{ м}$;

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						94
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

q_v - кількість вологи, що виділяється в приміщенні

(візьмемо $q_v = 150 \text{ г/м}^3$);

q_y - вологомісткість повітря, що виділяється з приміщення

(візьмемо $q_y = 130 \text{ г/м}^3$);

q_n - вологість повітря (візьмемо $q_n = 100 \text{ г/м}^3$)

$$L = \frac{0.8 * 150}{130 - 100} = 4 \text{ (м}^3\text{/год)}$$

По четвертому фактору обмін повітря розраховують по формулі :

$$L = \frac{Q}{c * (t_y - t_n) * \rho} \quad (4.10)$$

де Q - надлишок тепла в приміщенні в Дж/год;

c — теплоємність повітря в Дж/кг-К;

ρ - густина повітря в кг/м³;

t_y і t_n температура відкачуючого і нагнітаємого повітря відповідно

$$L = \frac{150000}{1007 * (30 - 20) * 1.206} = 12.35 \text{ (м}^3\text{/год)} \quad (4.11)$$

Загальний необхідний повітрообмін для промислової вентиляції при виробництві спроектованого пристрою:

$$L_{\text{заг}} = 1000 + 1460,4 + 4 + 12,35 = 2476,75 \text{ (м}^3\text{/год)}. \quad (4.12)$$

4.4. Захист навколишнього середовища

Охороні навколишнього середовища з кожним роком приділяється все більше уваги, що обумовлено в першу чергу різким зростанням шкідливих викидів, що наносять біосфері великих, часто не відновлюваних втрат.

В електронній техніці використовується широка гамма матеріалів. Вже на етапі розробки нових видів продукції слід передбачити можливість її повторної переробки. Вироби повинні мати тривалий строк використання, піддаватися ремонту та демонтажу або повторному використанню.

Одним із завдань дипломного проекту була розробка друкованої плати. Процес виготовлення друкованої плати складається з декількох етапів і характеризується використанням різних хімічних речовин. При виготовленні

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						95
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

друкованої плати застосовується багатованнова промивка, що забезпечує раціональне використання води. При скиданні її у водоймища необхідно досліджувати як самі стоки, так і воду в водоймищі. Необхідно використовувати замкнуті водоохоронні цикли.

Обладнання для нанесення електролітичних, хімічних та анодизаційних поверхонь має відповідати вимогам до обладнання згідно ДСТУ (ГОСТ 12.3.008 – 75) та ДСТУ (ГОСТ 12.2.003-74).

Обладнання для низькотемпературної пайки, лудіння та робочі місця мають відповідати вимогам "Санітарні правила організації процесів пайки дрібних виробів сплавами, що містять свинець". Вони повинні мати місцеву витяжну вентиляцію, оснащену звуковою або світловою сигналізацією, що попереджає про припинення відносу повітря.

Всі пристрої для підключення та перемикання електричних кіл потрібно захищати кожухами.

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						96
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В процесі виконання кваліфікаційної роботи магістра «Вимірювач інтенсивності радіоактивного випромінювання», виходячи із поставлених у технічному завданні вимог, розроблено комплект конструкторської документації, де проведена розробка конструкції, визначені режими роботи всіх елементів, оцінена надійність роботи пристроя та визначена техніко-економічне обґрунтування його виробництва.

Пристрій «вимірювач інтенсивності радіоактивного випромінювання» повністю відповідає технічному завданню.

Собівартість пристроя становить 1021,57 грн.

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						97
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. <http://uk.wikipedia.org/wiki/Дозиметр>
2. Ю. А. Виноградов. Ионизирующая радиация: обнаружение, контроль, защита. «СОЛОН – Р», 2002.
3. Ю. Виноградов. Радиолобителю конструктору. – Москва 1999г.
4. Нормы радиационной безопасности (НРБ-96): Гигиенические нормативы. М.: Информ.-изд. центр Госкомсанэпиднадзора России. 1996. С. 127.
5. Канцельсон Б.В., Калугин А.М., Ларионов А.С. Электровакуумные электронные и газоразрядные приборы. М.: Радио и связь. 1985.
6. Л.Н. Бочаров. Расчет электронных устройств на транзисторах. Москва 1978г.
7. В.Л. Шило. Популярные микросхемы КМОП. Москва 1993г.
8. ГОСТ 12.1.019-79* ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. - Введ.01.07.80. Изм. 1986.
9. Мала гірнича енциклопедія. В 3-х т. / За ред. В. С. Білецького. — Донецьк: «Донбас», 2004. — ISBN 966-7804-14-3.
10. П.Хоровиц, У. Хилл Искусство схемотехники 1 том. Москва «Мир» 1993.
11. Пей АН "Сопряжение ПК с внешними устройствами": Пер.с англ.- М.:ДМК Пресс, 2001.-320 с: ил.
12. Михайло Гук, "Интерфейсы ПК": справочник-СПб: ЗАО «Издательство «Питер», 1999.-416 с: ил.
13. Ю.В.Новиков, О.А.Калашніков, С.Є.Гуляев " Разработка устройства сопряжения для персонального компьютера типа IBM PC " Под общ. ред. Ю.В.Новикова. Практ. пособие – М.:ЭКОМ., 2002-224 с: ил.
14. П.Хоровиц, У. Хилл Искусство схемотехники 3 том. Москва «Мир» 1993.
15. <https://studfile.net/>

					<i>KPM.EC.10749980.001.ПЗ</i>	Арк.
						98
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

16. Богданович М.И., Грель И.Н. “Цифровые интегральные микросхемы”.
Минск “Беларусь”, 1991.
17. ГОСТ 2.102-68. Виды и конструкторской документации. М.: 1988.
18. Интегральные микросхемы: Справочник / Б. В. Тарабрин, Л. Ф, Лунин, Ю. Н. Смирнов и др.; Под ред. Б. В. Тарабрина,
— М.: Радио и связь, 1983. — 528 е., ил.
19. Хрулев А. К., Черепанов В. П. Диоды и их зарубежные аналоги.
Справочник. Т. 2. — М.: ИП РадиоСофт, 1999. — 640 е., ил. В 3 т.

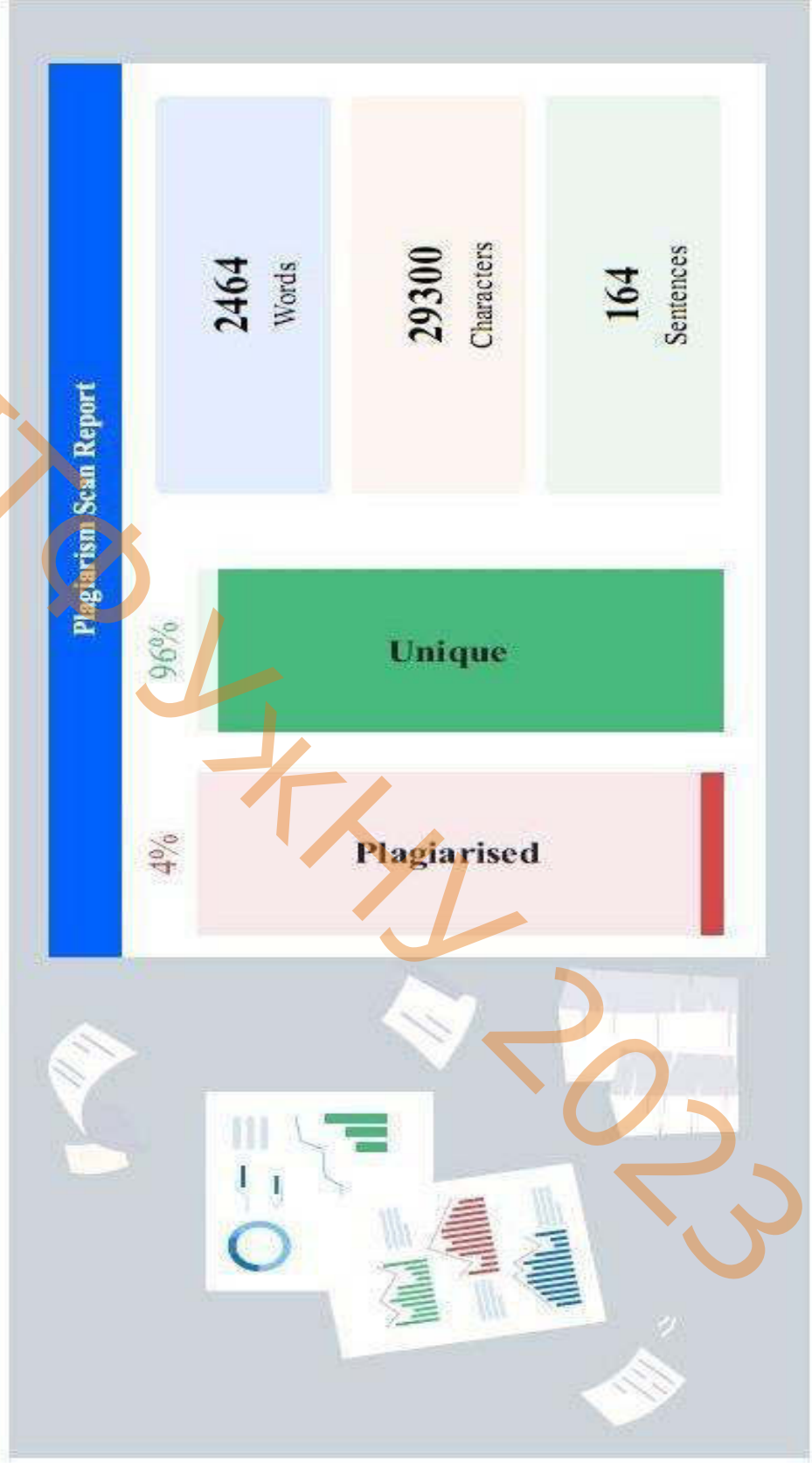
					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЗ	Арк.
						99
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



КРМ. "Вимірювач інтенсивності радіоактивного випромінювання"

КРМ.ЕС. 10749980.001

Date: 18-12-2023



Додаток 1

Завідувачу кафедри ЕС ІТФ ДНВЗ УжНУ

Марко Зазуб

Студента (-ки) 2 курсу
спеціальності Електротехніка

Третьяков Ю. Ю.
(прізвище, ініціали)

ЗАЯВА

щодо самостійного виконання
навчальної/кваліфікаційної роботи здобувачем освіти

Я, Третьяков Юрій Юрійович
(прізвище, ім'я, по батькові),

Студент(-ка) далшої форми навчання, ІТФ, 2-го курсу
(форма навчання, факультет, курс)

заявляю: моя письмова робота на тему: Випромювання інтенсивності
радіоактивного випромювання.

виконана самостійно і в ній не міститься елементів плагіату.

Всі запозичення з друкованих та електронних джерел, а також із захищених раніше робіт мають відповідні посилання. Я ознайомлений(а) з діючим Положенням, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску навчальної/кваліфікаційної роботи до захисту та притягнення до академічної відповідальності.

13.12.23р
Дата

Підпис

Додаток 2.

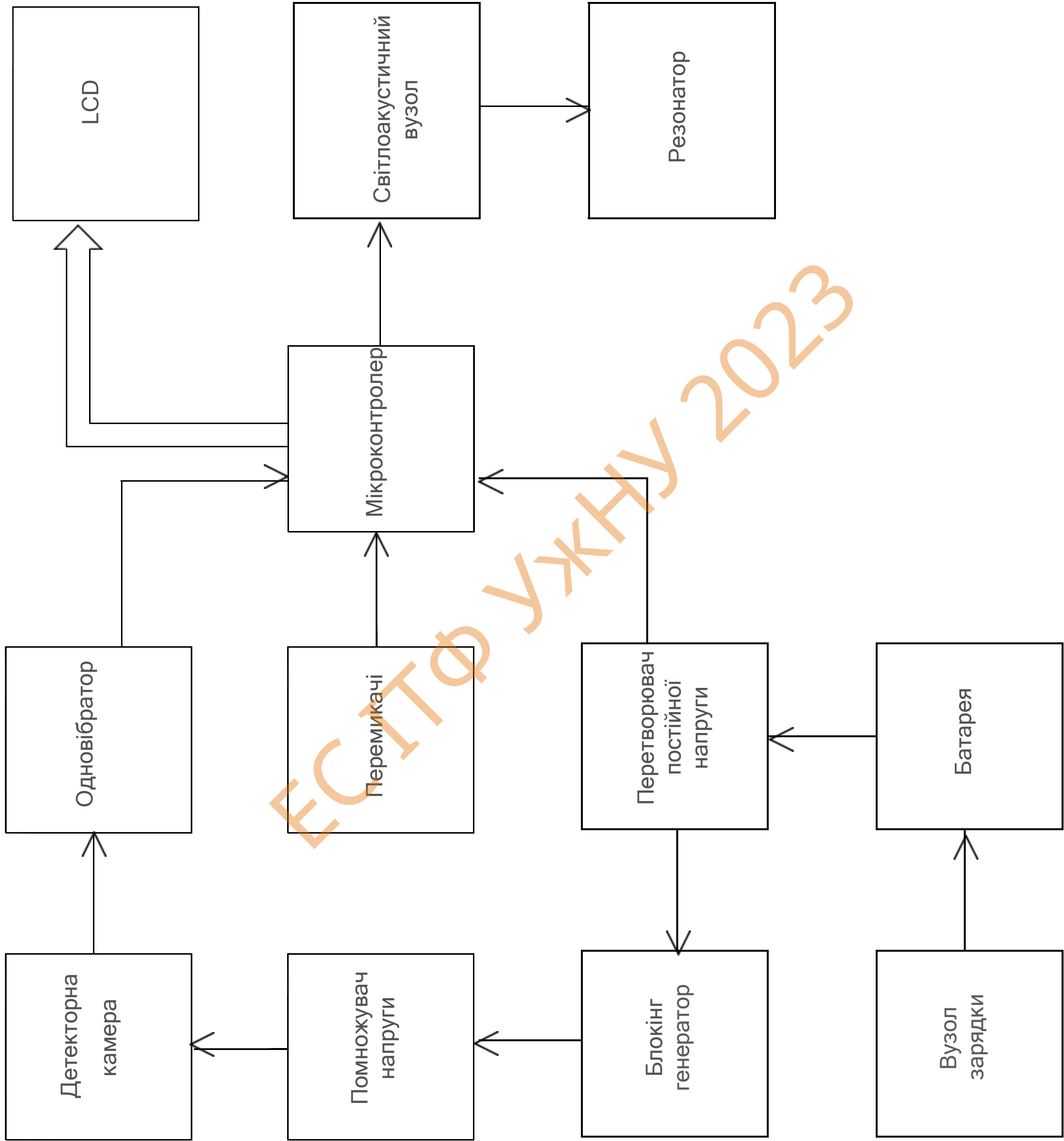
ДОВІДКА
про результати перевірки на унікальність
кваліфікаційної, навчальної (курсової) роботи

Автор роботи	Кривого Юрій Юрійович
Назва роботи	Вплив інтерактивності радіоактивного випромінювання
Спеціальність	ІТІ Електроніка
Курс	1
Факультет	Інженерно-технічний
Кафедра	Електронних систем
Керівник роботи	Олександр Спесивцев
Роботу перевірено в програмі	Unicheck
Додано до бази даних	Так, додано
Ідентифікаційний номер роботи	
Результати перевірки	
Показник унікальності тексту через перевірку роботи у внутрішній базі кафедри ЕС ІТФ ДНВЗ УжНУ	36%
Показник унікальності тексту в мережі Інтернет	36%

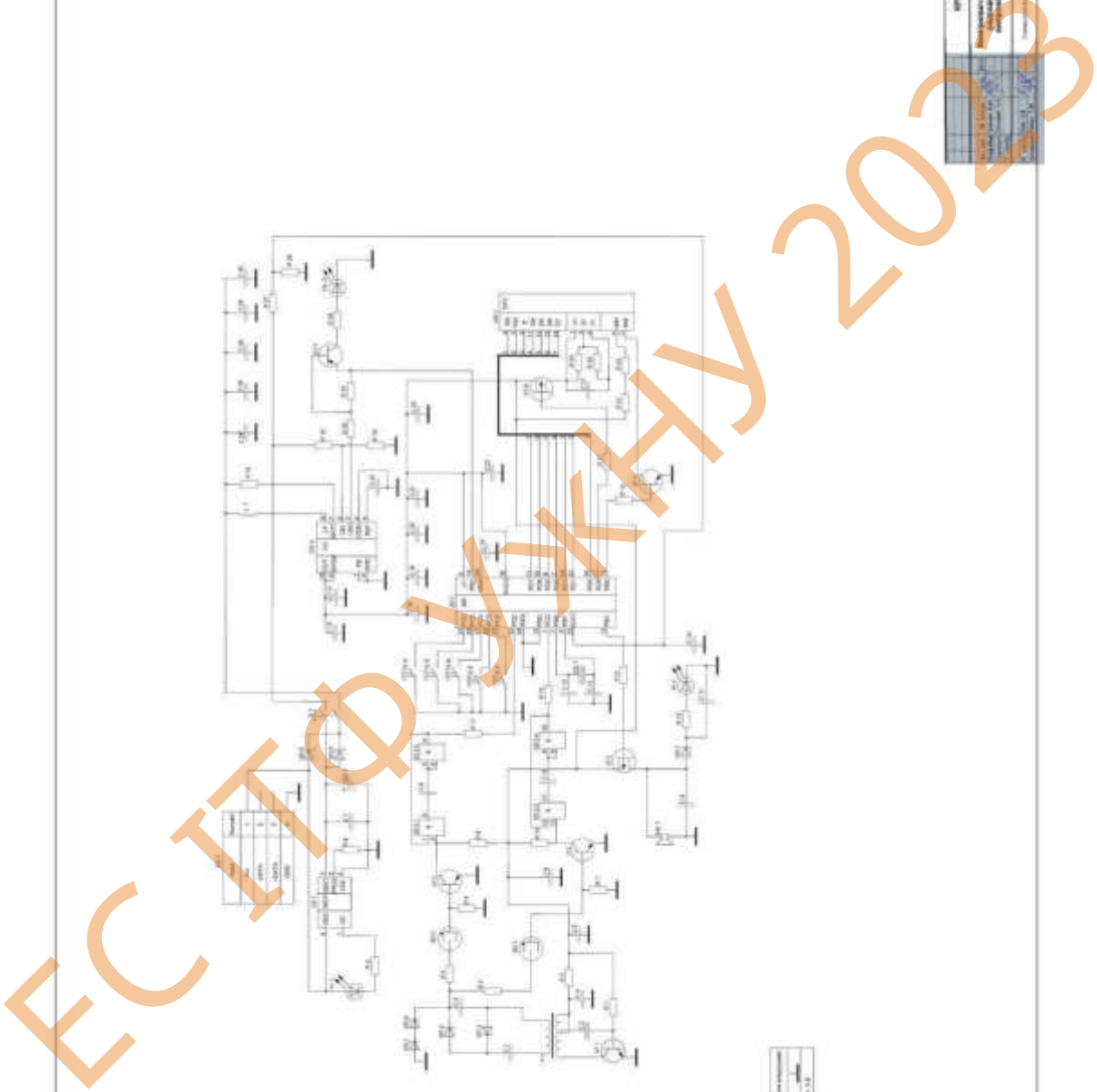
Відповідальна особа/
Науковий керівник роботи

19.12.23р.
Дата

Олександр Спесивцев
(прізвище, ініціали)
[Підпис]
Підпис

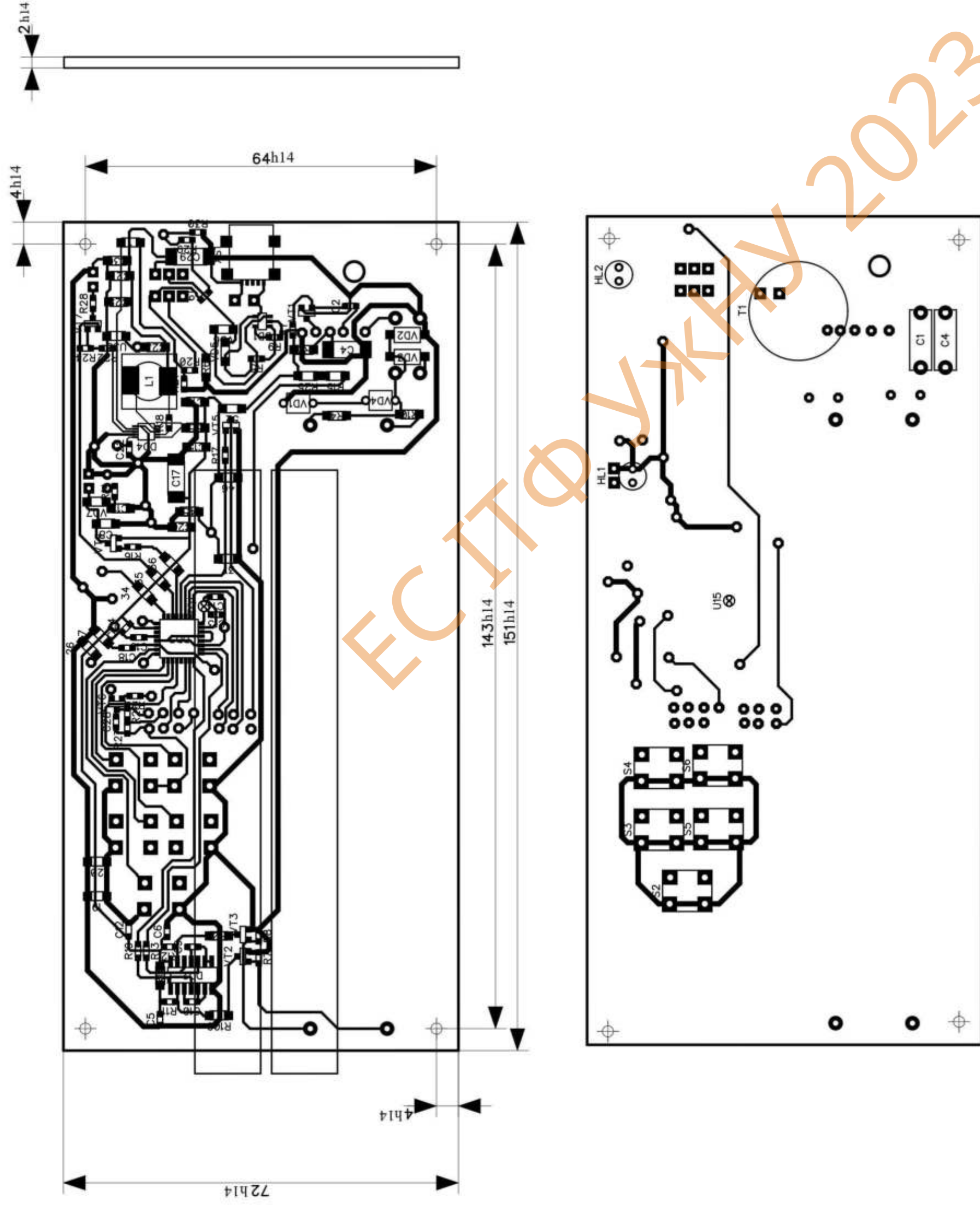


КРМ.ЕС.10749980.001.Е1				Шкала	Масштаб	Вимірювальні одиниці		Умні/ІТФ ар.ЕС.2курс	
				У	1:1	радіаційного контролю		Структурна схема	
				Додаток	Додаток				
				Н. контр.	Пит. об.				
				Затверд.	Затверд.				



	Yes	No
Did you have any problems?	0	0

[illegible]



1. Плату виконувати комбінованим методом.
2. Провідники покрити сплавом "Розе".
3. Плата повинна відповідати ГОСТ 23752-79, загальні технічні вимоги згідно ОСТ 4ГО.070.015.

Умовне позначення отворів	Діаметр отворів, мм	Наявність металізації в отворах	Діаметр контактної площадки, мм	Кількість отворів
●	0.6	метал	1,8	40
●	0.8	метал	2,3	4
■	0.8	метал	2,3	30
⊕	3	не метал	---	4

Зм. Акт.	№ док-м.	Підп.	Відп.
Розробник	Талант. О.О.	<i>Талант. О.О.</i>	<i>Талант. О.О.</i>
Перевірник	Степанів О.О.	<i>Степанів О.О.</i>	<i>Степанів О.О.</i>
Т. контр.			
Н. контр.	Пат. О.В.	<i>Пат. О.В.</i>	<i>Пат. О.В.</i>
Додатковий	Зольні Т.М.	<i>Зольні Т.М.</i>	<i>Зольні Т.М.</i>

КРМ.ЕС.10749980.001.Е3

Вимірювач інтенсивності
радіоактивного випромінювання

Друківана плата

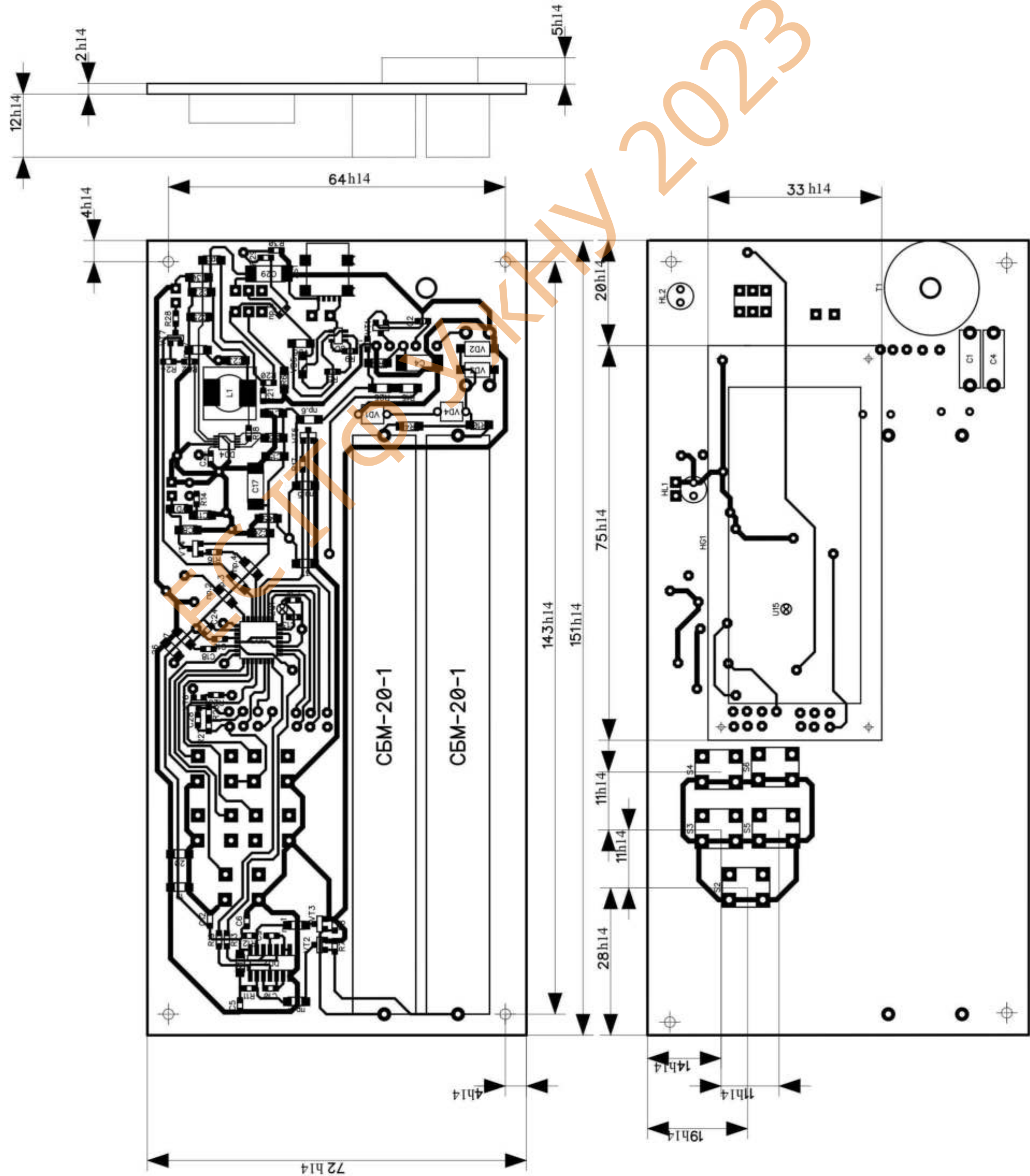
Плєра Маса Мошн.

Н І

Аркуш 1 Аркуш 1

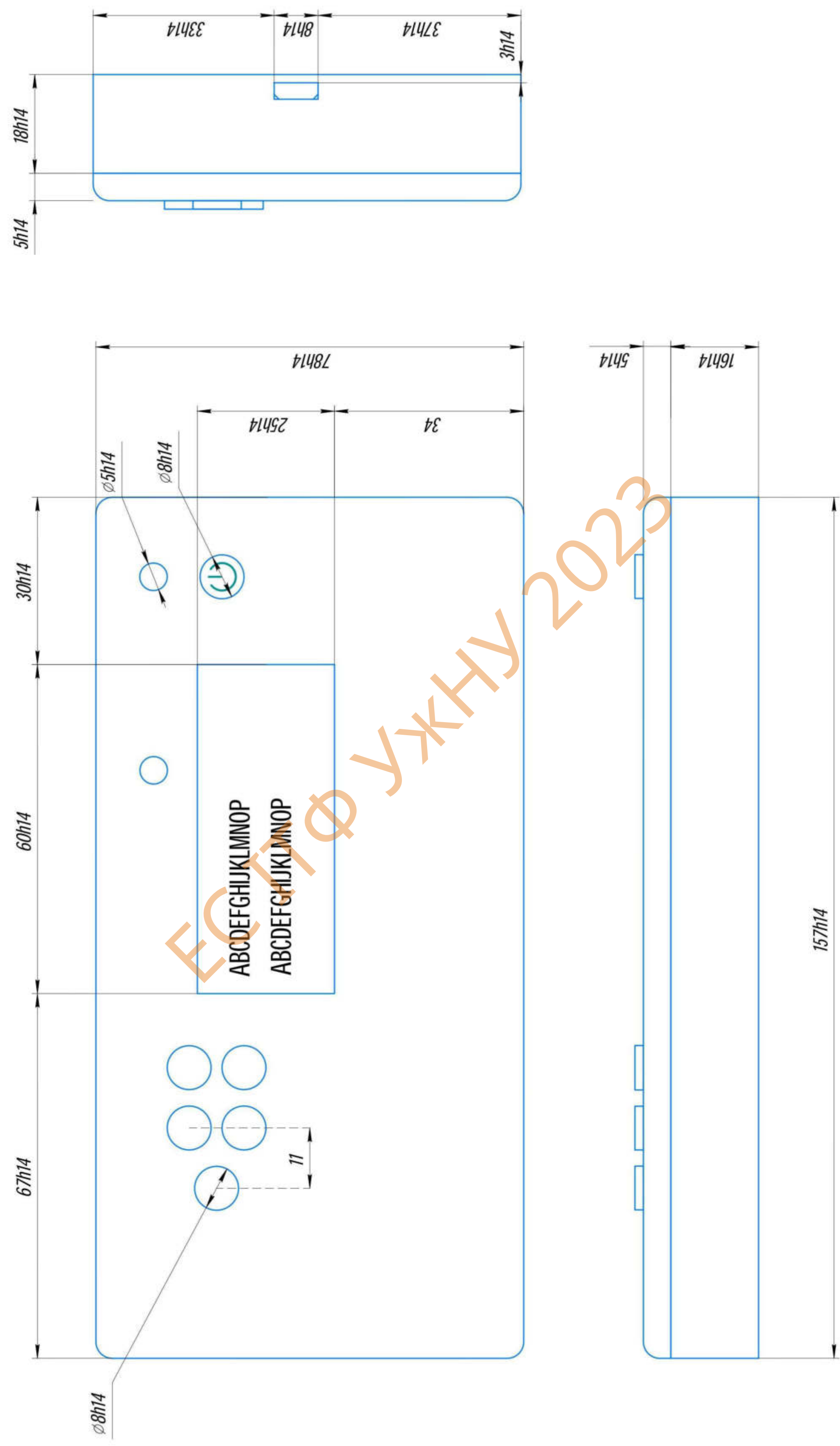
тс

УмНУ, ПД, тр.ЕС, 2 журе



1. Електромонтаж виконувати згідно ДП ЕС 080873.01.000 ЕЗ.
 2. Паяти припоєм ПОС-61 ГОСТ 1499-70.
 3. *Розміри для довідок.
 4. Друковані провідники умовно не показані. Плату після зборки покрити емаллю ЕП 572, білий ТУ6-10-1539-76.
 5. Позначення елементів маркувати краскою ЧМ, чорний, БМ білий, ТУ 029-02-029-02-85979. Шрифт 2,5 згідно НО. 010.007.
- Місця розміщення маркування показані умовно.

КРМ.ЕС.10749980.001.Е4				Вимірюван інтенсивності радіоактивного випромінювання		УзгнУ, Пф, гр.ЕС, 2 курс	
Літера		Маса		Аршуа 1		Аршуа 1	
Н							
Зм. Арк.		На докум.		Підпис		Дата	
Розробник		Технік		О.О.		2023	
Т. констр.		Підпис		О.О.		2023	
Н. констр.		Підпис		О.О.		2023	
Затвердив		Підпис		О.О.		2023	



КРП1Е5 10749980.001Е5		Лист 1		Листов 2	
Выполнен инженером		У		2-1	
радиотехнического назначения		А		А	
Габариты изделия		Экз. 110, до Е5, 2 ауд.			

Поз. позна- чення	Найменування	Кіл.	Примітки
BD1-BD2	<u>Датчики радіації</u> СБМ-20-1	2	JAPANPARTS
	<u>Конденсатори</u>		
C1	K73-17 0,047МКФ 630В ±10%	1	Kemet
C2	GRM21 10 ПФ ±5%.	1	Murata
C3	K73-17 0,047МКФ 630В ±10%	1	Kemet
C4	GRM18 100МКФ±5%	1	Murata
C5,C6	GRM22 100ПФ±5%	2	Murata
C7	X7R 1мкФ 16В±10%	1	Murata
C8,C9	GQM1885 1,1ПФ±0,5	2	Murata
C10	X7R 1мкФ 16В±10%	1	Murata
C11	CC1206 10МКФ±10%	1	Yageo Corporation
C12,C13	CC0603 22ПФ±5%	2	Yageo Corporation
C14-C16	GRM22 100ПФ±5%	3	Murata
C17	CA010M0 220МКФ	1	Yageo Corporation
C18-C30	GRM22 100ПФ±5%	13	Murata
	<u>Мікросхеми</u>		
DD1	LTC4054	1	MICROCHIP
DD2	HEF4011BT	1	NXP Semiconduct
DD3	ATmega.8-16AU 8-bit A VR, Ind. TQFP32	1	Atmel
DD4	MAX 1676	1	Maxim

[illegible]

Поз. Позначення	Найменування	Кіл.	Примітки
R17	CRCW K00FKEA 27 кОм ±5%.	1	Vishay
R18	P0402Y7501WB 75кОм+5%	1	Vishay
R19	B57621 47 кОм-5%	1	Vishay
R20	CR0805-JW-103ELF 10 кОм-5%	1	Vishay
R21	CRCW RFKEA 0,125 100 Ом-1%	1	Vishay
R22	CRCW0603100KFKEA 100 кОм+1%	1	Vishay
R23	CRCW12061 1кОм+1%	1	Vishay
R24	CRCW0603100KFKEA 100 кОм+1%	1	Vishay
R25	B54102-A1472-J60 4,7 кОм+5%	1	Epcos
R26-R28	CRCW12061 1кОм+1%	3	Vishay
	<u>Кнопки</u>		
S1	MPS-700N	1	Switronic
S2-S6	PKN159-1	5	Switronic
	<u>Трансформатор</u>		
T 1	B64290-L743-X87	1	Epcos
	<u>Діоди</u>		
VD1	BZT03-C200	1	PHILIPS
VD2, VD3	RS 1JDO-214AC	2	SMA
VD4	BZT03-C200	1	PHILIPS
VD5, VD6	771-PMEG401OBEA T/R	2	NXP
	<u>Транзистори</u>		
VT1-VT3	KT 3130Г9	3	

					КРМ.ЕС.10749980.001.ПЕ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

[illegible]

[illegible]



ВУМ
ONLINE

097590

СЕРТИФІКАТ

підтверджує, що

Юрій Юрійович Трянчич

Пройшов(ла) курс «Академічна доброчесність в університеті» в
обсязі 03 години 00 хвилин, що становить 0.1 кредитів ЄКТС

Викладач:

Сергій Квіт, директор Центру забезпечення якості
освіти Національного університету «Києво-
Могилянська академія», доктор філологічних
наук, PhD, професор НАУКМА

Handwritten signature



ELIVUKR



МІЖНАРОДНИЙ
ФОНД
ВІДРОДЖЕННЯ

21 Жовтня 2023