

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

Радіотехнічний факультет

Кафедра радіоконструювання та виробництва радіоапаратури

«До захисту допущено»

В.о. зав. кафедри

 Євгеній НЕЛІН

«17» червня 2021 р.

**Дипломний проект**  
на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності (спеціалізації) 172 «Телекомунікації та радіотехніка»  
на тему: пристрій для виявлення камер з ІЧ-підсвіткою

Виконав: студент IV курсу, групи PI-71

Левікін Владислав Геннадійович

Керівник: асистент, Нікітчук Артем Валерійович

Рецензент: старший викладач, Бондаренко Геннадій Іванович

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

Студент



Київ – 2021 року

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

Радіотехнічний факультет

Кафедра радіоконструювання та виробництва радіоапаратури

Рівень вищої освіти—перший(бакалаврський)

Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о.зав.кафедри

 Світлані НЕЛІН

«08» квітня 2021р.

**Завдання**  
**на дипломний проект студенту**  
**Левікіну Владиславу Геннадійовичу**

1. Тема проекту: «Пристрій для виявлення камер с ІЧ-підсвіткою»

Керівник проекту Нікітчук Артем Валерійович, асистент,  
затверджені наказом по університету від «18» травня 2021р. №1205-с.

2. Термін подання студентом проекту «7» червня 2021 року.

3. Вихідні дані до проекту: напруга живлення не більше 5В; умови експлуатації: на відкритому повітрі.

4. Зміст пояснювальної записки: провести аналіз завдання; оглянути існуючі рішення; розробити структурну та принципову схему; обрати елементну базу; розрахувати параметри схеми; розробити корпус пристрою; розрахунок надійності; охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): структурна схема, електрична принципова схема, складальний кресленик, презентація.

6. Дата видачі завдання 8 квітня 2021 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Огляд існуючих рішень	04.05 – 08.05	Виконано
2	Розробка та аналіз технічного завдання	15.05 – 17.05	Виконано
3	Синтез схеми пристрою	24.05 – 31.05	Виконано
4	Розробка друкованого вузла	1.06- 3.06	Виконано
5	Розробка корпусу пристрою	4.06 – 5.06	Виконано
6	Перевірка на надійність	5.06 – 7.06	Виконано

Студент



Владислав ЛЄВІКІН

Керівник



Артем НІКІТЧУК

## АНОТАЦІЯ

Дипломний проект складається з пояснювальної записки обсягом 52 сторінки, що містить 24 рисунки, 5 таблиць, 3 додатки та 21 посилання.

Метою даного дипломного проекту є розробка пристрою, що буде виявляти камери з інфрачервоною підсвіткою. Основним призначенням пристрою є детектування пристроїв, що мають ІЧ підсвітку, тобто не тільки самі камери відеоспостереження. У проекті був проведений огляд існуючих на ринку аналогів, складена порівняльна характеристика із основних параметрів на які опиралися при розробці пристрою, а саме було обрано тип конструкції та датчики і спосіб сигналізації. Була розроблена схема електрична принципова, друкована плата та конструкція корпусу.

Пристрій призначений, як для використання в руках виконавця так і для закріплення на рівну горизонтальну поверхню по типу столу. Додатково пристрій оснащений індикацією розряду акумулятора та роз'ємом для живлення.

Ключові слова: інфрачервоне випромінювання, детектор, датчик, сигналізація, матриця.

## **ANNOTATION**

*The diploma project consists of an explanatory note of 52 pages, containing 24 illustrations, 5 tables, 3 appendices and 21 references.*

*The purpose of this project is to develop a device that will detect cameras with infrared illumination. The main purpose of the device is to detect devices that have IR illumination, not only the cameras themselves. The project reviewed the existing analogues on the market, made a comparative description of the main parameters relied on in the development of the device, namely, the type of design and sensors and signaling method were selected. The electrical circuit diagram, printed circuit board and housing design were developed.*

*The device is designed for use in the hands of the performer and for fixing on a flat horizontal surface like a table. Additionally, the device is equipped with a battery discharge indicator and a power connector.*

*Key words: infrared radiation, detector, sensor, alarm system, matrix.*


**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**до дипломного проекту**

на тему: пристрій для виявлення камер з ІЧ-підсвіткою

Київ 2021

## ЗМІСТ

Вступ.....	2
1 Огляд існуючих рішень. аналіз технічного завдання.....	3
1.1 Огляд ринку готової продукції .....	3
1.2 Аналіз технічного завдання .....	8
2 Синтез схеми пристрою.....	10
2.1 Розробка структурної схеми .....	10
2.2 Синтез схеми електричної принципової.....	11
3 Розробка друкованого вузла та конструкції пристрою .....	21
3.1 Аналіз з точки зору технолога .....	21
3.2 Розрахунок елементів друкованого монтажу.....	22
3.3 Проектування друкованої плати в середовищі Altium.....	23
3.4 Конструкція пристрою .....	27
4 Розрахунок, що підтверджує працездатність .....	31
4.1 Розрахунок показників надійності .....	31
4.2 Розрахунок віброміцності .....	34
5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях .....	36
5.1 Можливі шкідливі, небезпечні фактори .....	36
5.2 Оцінка існуючих умов .....	36
Висновки.....	42
Перелік джерел посилань .....	43
Додаток А.....	45
Додаток Б. ....	50
Додаток В.....	52

					PI71.405226.001 ПЗ					
ЗМ.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Пристрій для виявлення камер з ІЧ-підсвіткою		Лім.	Лист	Листів	
Розробив	Левікін В. Г..							1	52	
Перевірів	Нікітчук А. В.						PI-71 РТФ			
Н. Контр.	Попсуй В. І.									
Затвердив										

## ВСТУП

У ХХІ столітті — відношення людей до власної безпеки і безпеки своєї власності відноситься серйозно як ніколи раніше на допомогу цьому прийшли різноманітні сигналізації, камери відео спостереження та системи безпеки. Кращими та практичними методами виявлення зловмисників і інших різноманітних загроз або отримання будь-якої чи іншої інформації є системи відео нагляду. Це найліпше рішення для забезпечення безпеки як людей так і власності. Зараз існує величезна кількість різноманітних систем відео нагляду, вражає різноманітність самих камер, ціновими категоріями та сервісів, що займаються їх встановленням.

Але якщо поглянути з абсолютно дзеркального боку, то ці камери можуть нести шкоду, таку як вторгнення в особистий простір людини. Тому потрібно створювати пристрої які зможуть шукати такі камери. Один із факторів завдяки якому можна знаходити камери відеоспостереження — це інфрачервона підсвітка, оскільки більшість камер, для зйомки в умовах недостатньої видимості, застосовують таку підсвітку, тому пристрій буде спрямований на знаходження інфрачервоного випромінювання. Пристрій буде створено на базі мікроконтролера, що дасть змогу запрограмувати його на роботу в різних режимах.

					PI71.405226.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		2



# 1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

## 1.1 Огляд ринку готової продукції

Наразі на ринку є велика кількість детекторів прихованих камер та жучків, які є ефективними в тих чи інших умовах та мають відповідно різні технічні характеристики, які відповідно залежать від ціни. В цьому розділі розглянемо кілька популярних аналогів, які набули широкого вжитку.

### Детектор жучків та прихованих камер Protect T-68



Рисунок 1.1 — *Protect T-68* [1]

*Protect T-68* [1] — портативний детектор для пошуку радіопередавальних пристроїв: прослуховуючих жучків, *gps*-трекерів і камер будь-якого типу.

Робочий діапазон частот становить від 1 МГц до 6,5 ГГц, що дозволяє виявити майже будь-які радіопередавальні пристрої. Окремо варто відзначити наявність режиму пошуку інфрачервоного випромінювання від камер відео спостереження, який можна використовувати тільки у темряві. Дальність ефективного виявлення жучків і трекерів становить 10-12 см, а прихованих камер до 10 м.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.405226.001 ПЗ

Лист  
3

При активації пристрій виступає як сигналізація, що реагує на вібрацію. Дуже простий в застосуванні і не вимагає спеціальних навичок і підготовки. Для управління використовується всього лише дві кнопки. Перша відповідає за включення виключення та вибір режиму роботи, другою кнопкою, в залежності від обраного режиму. Можна регулювати чутливість або частоту світлових спалахів для оптичного пошуку камер. Роботу в автономному режимі забезпечує вбудований акумулятор на 500 мАг. Якого вистачає на 30 годин.

### Детектор жучків і камер *Scanner T-8000*



Рисунок 1.2 — Детектор *Scanner T-8000* [2]

Основною особливістю даного детектора є можливість виявлення мікрофонів і камер в дуже широкому частотному діапазоні від 1 МГц до 8 ГГц. Завдяки комбінуванню властивостей цього приладу відпадає потреба мати кілька пристроїв для пошуку бездротових камер і жучків, що працюють на різних частотах. Також має вбудований магнітний датчик для пошуку магнітів. Прилад має витягнутий корпус виготовлений з міцного пластику. У верхній частині корпусу розміщені дві окремі антени, що дозволяють виконувати пошук

					PI71.405226.001 ПЗ	Лист
						4
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

пристроїв здатних працювати на кількох частотах одночасно і регулятор чутливості детектора. На передній стороні розташований екран з дев'ятьма рівнями сили випроміненого сигналу, а також кнопка перемикання в режим пошуку магнітного поля. Вбудований акумулятор здатний забезпечити роботу приладу протягом 10-12 годин.

Ще одною особливістю даного приладу є можливість виявлення мобільних телефонів з 2G, 3G, 4G картами. При спрацювання пристрою подається звукова та світлова сигналізація

### **Антижучок YYS-820**



Рисунок 1.3 — Антижучок YYS-820 [3]

Детектор жучків и прихованих камер YYS-820 [3] допоможе швидко виявити в приміщеннях або в автомобілі радіо жучки і будь-які приховані камери і запобігти витоку інформації.

Складається даний прилад з двох незалежних один від одного модулів, що знаходяться в одному корпусі. Перший модуль призначений для пошуку будь-яких радіопередавальних пристроїв в широкому частотному діапазоні від 1 МГц до 6,5 ГГц. А другий модуль призначений для пошуку будь-яких

					PI71.405226.001 ПЗ	Лист
						5
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

провідних чи безпровідних прихованих камер на підставі відблиску від їх об'єктива.

Для пошуку раіопередавальних пристроїв є 2 режими:

1) пошук радіовипромінювання на частоті 2,4ГГц, в якому працює переважна кількість бездротових *Wi-Fi* камер;

2) пошук будь-яких жучків у широкому частотному діапазоні.

Дальність виявлення залежно від потужності передавача становить 10-50 см. При виявленні радіо прослуховування — детектор почне видавати звук і лампочка індикатор почне блимати.

Для пошуку прихованих камер по відображенню від об'єктива, пристрій також має два режими роботи:

1) постійне світіння червоних світлодіодів;

2) миготіння всіх світлодіодів.

Принцип пошуку камер наступний: ви направляєте світлодіоди на місця потенційного знаходження прихованих відеокamer і дивитесь одним оком у отвір з ІЧ-фільтром. Об'єктиви шуканих камер будуть виглядати як крапки, що світяться. Дальність виявлення прихованих відеокamer становить до 10 метрів.

Управління відбувається за рахунок єдиної кнопки на корпусі, яка перемикає всі режими роботи по колу. Включення та виключення живлення пристрою відбувається довгим натисканням та утриманням цієї кнопки. Працює детектор від вбудованого акумулятора, якого вистачає на 5-6 годин безперервної роботи.

### Порівняння характеристик

Таблиця 1.1 — Порівняльна таблиця характеристик аналогів

Характеристика	<i>Protect T-68</i>	<i>Scanner T-8000</i>	<i>YYS-820</i>
Матеріал корпусу	Пластик	<i>ABS</i> -пластик	Алюміній

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

*PI71.405226.001 ПЗ*

Лист

6

Продовження таблиці 1.1

Час автономної роботи	До 30 годин	До 15 годин	До 6 годин
Розмір	13x2,3 см	12x6x2,5 см	12x2,5x1,5 см
Робоча напруга	3,3 – 5 В	5 В	3,3 – 5 В
Діапазон частот	1 МГц – 6,5 ГГц	1 МГц – 8 ГГц	1 МГц – 6,5 ГГц
Колір	Чорний	Чорний	Чорний
Ціна	4000 грн.	3500 грн.	2100 грн.
Сповіщення	Вібрація, що супроводжується сиреною	Сирена та мигання індикатору в залежності від інтенсивності сигналу	Сирена та блимання індикатору
Країна виробник	Китай	Китай	Китай
Термін роботи	1 рік	До 2-х років	1 рік

Серед розглянутих прикладів найпоширеніше використання пластику як матеріалу корпусу. Це можна пояснити тим, що пластик є високо надійним матеріалом що не піддається корозії, довговічний, має невелику вагу та невисоку ціну виготовлення корпусу. Більшість аналогів є бездротовими, що може значно полегшити робочий процес. Щодо частотного діапазону майже у всіх аналогів він є широкий, що пояснюється розвиненістю у цій детектування у радіочастотному діапазоні. Також до переваг можна віднести відносно малі розміри пристрою, що також полегшує взаємодію з виробом, більшість детекторів має чорний колір, що пояснюється лаконічністю дизайну та відкладання зовнішнього вигляду на другий план, адже такі прилади не повинні виноситись на масовий показ.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.405226.001 ПЗ

Лист

7

Чутливі елементи представляють собою датчики інфрачервоного випромінювання, які при поглинанні інфрачервоного випромінювання приводять до появи електричного струму, що фіксується пристроєм.

Більшість приладів має звукову або світлову сигналізацію при фіксуванні ІЧ-випромінювання або при виявленні сигналу в радіодіапазоні.

Всі пристрої є бездротовими то працюють в автономному режимі живлячись від акумулятора.

## 1.2 Аналіз технічного завдання

У дипломному проекті розроблюється пристрій для виявлення камер з ІЧ-підсвіткою. Прилад призначений для детектування прихованих камер і прослуховуючих пристроїв, тобто «жучків».

Повинен мати постійну напругу живлення до 5В та живитись від акумулятора з можливістю заміни користувачем.

У технічному завданні задане кліматичне виконання УХЛ-4, яке відповідає експлуатації в приміщеннях з помірними кліматичними умовами. Захист від механічних пошкоджень М13, який відповідає лабораторним, офісним, житловим та іншим подібним типам приміщень. Ступінь захисту оболонки IP-64. У коді перша цифра відповідає за ступінь захисту від сторонніх предметів та пилу, а друга за ступінь захисту від води.

Необхідно забезпечити період безвідмовної роботи не менше 12000 годин. Ця вимога буде напряму впливати на підбір елементної бази для пристрою.

Конструкція пристрою повинна бути малогабаритною, зручною для тримання в руках або ставлення на перпендикулярні предмети. Корпус виконати з пластику темно - сірого кольору.

Граничні значення умов експлуатації :

- температура навколишнього середовища від 0 С° до 45 С°;
- відносна вологість від 0 % до 90 %.

Ці умови також впливають на підбір елементної бази.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.405226.001 ПЗ

Лист

8

Необхідно забезпечити безпеку користувача при роботі с пристроєм та за умов несправності пристрою.

Конструкція має бути готова для транспортування автомобільним, залізничним, авіаційним та судовим видом транспорту в пакуванні достатньої міцності і придатною для умов довготривалого зберігання Л1, які відповідають зберігання в опалюваних та вентильованих складах, сховищах с кондиціюванням повітря, розташованих в будь – яких макрокліматичних умовах.

Матеріали та компонента база пристрою мають відповідати вимогам до застосування в РЕА та серійно вироблятись промисловістю.

На нижній частині корпусу необхідно забезпечити маркування індикації розряду пристрою.

В даному розділі були розглянуті аналоги пристрою та проведенне їх порівняння також було проаналізоване технічне завдання.

					PI71.405226.001 ПЗ	Лист
						9
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 СИНТЕЗ СХЕМИ ПРИСТРО.

### 2.1 Розробка структурної схеми

Структурна схема пристрою зображена на рис. 2.1.

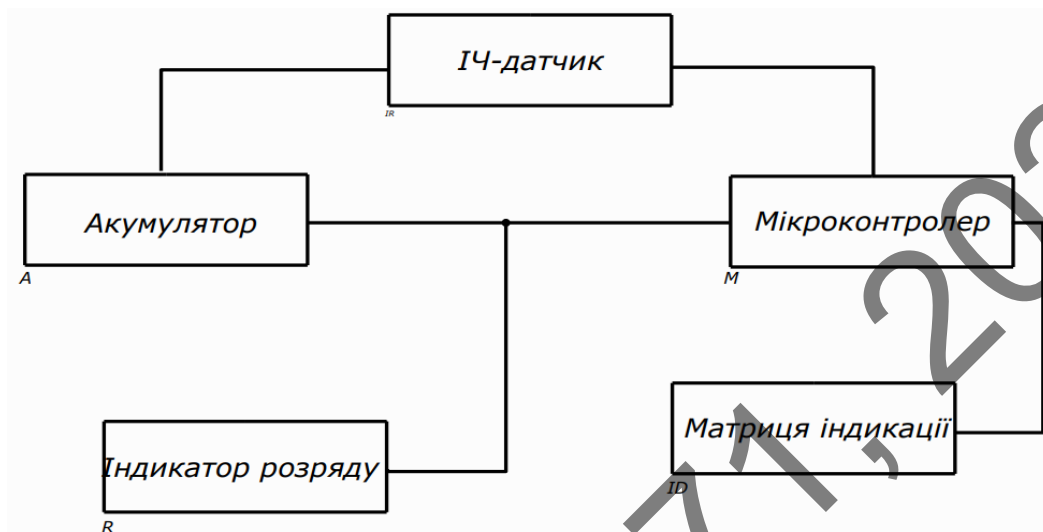


Рисунок 2.1— Структурна схема

Блок живлення у дані схемі повинний бути виготовлений із гальванічних елементів, щоб пристрій був переносний, акумулятор живить усю електроніку на платі.

Блок індикації розряду повинен визначати той момент , коли напруга в блоці живлення буде падати нижче мінімальної напруги необхідної для живлення пристрою. Та буде оповіщати користувача про необхідність заміни гальванічних елементів також передбачена світлова індикація розряду акумулятора.

Чутливим елементом в схемі, точніше каскадом с шести датчиків для перекриття кругозору на 360° є інфрачервоний датчик, він реагує на інфрачервоне випромінювання.

Блок мікроконтролер слугує для обробки даних с чутливих елементів та, при відповідних умовах, тобто при детектування інфрачервоного випромінювання, надсилає сповіщення на модуль зв'язку. Модуль зв'язку необхідний для забезпечення інтерфейсу пристрою для розуміння людиною, коли прилад спрацював.

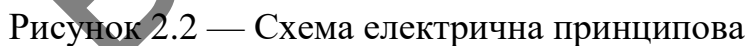
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.405226.001 ПЗ

Лист  
10



Розроблена електрична принципова схема пристрою для виявлення камер підсвіткою зображена на рис. 2.2.



В якості датчика в даній схемі представлений інфрачервоний датчик. Він здатний виявляти будь-яке інфрачервоне випромінювання в спектрі 760-1100 нм. Чутливість даного датчика регулюється підстроювальним резистором на платі. Можлива напруга живлення 5 В та 3,3 В, на модулі знаходиться інфрачервоний приймаючий діод, парний компаратор *LM393*, підстроювальний резистор, світлодіод живлення *PWR-LED*. Дальність виявлення залежить від інтенсивності випромінювання, а кут виявлення становить 60°. В схемі використано 6 таких модулів щоб покрити кут обзору в 360°.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

**PI71.405226.001 ПЗ**

Лист

11

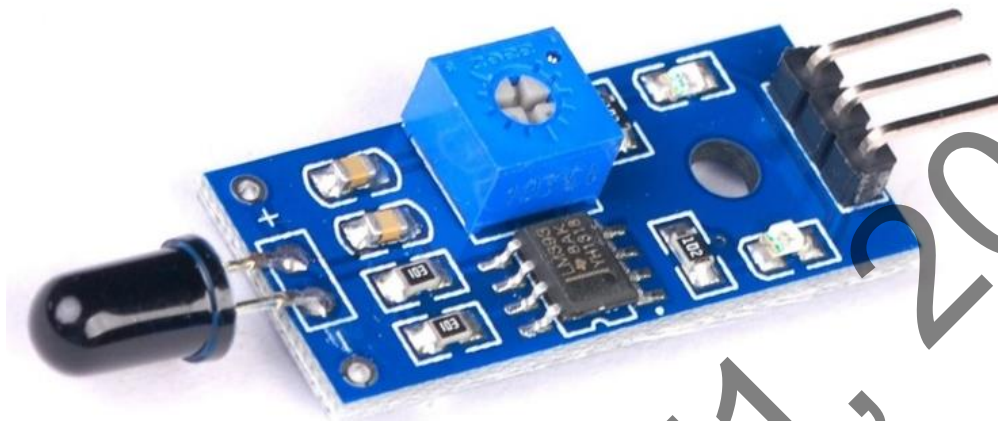


Рисунок 2.3 — Датчик інфрачервоного випромінювання [4]

Модуль живлення реалізований на акумуляторі на *NI-CD* 4.8 V, що складається з 4 послідовно з'єднаних батарейок *AAA* 1,2 V. Знаходиться акумулятор в діапазоні робочої напруги модуля *Arduino-Nano*.

В схемі використана схема індикатора розряду на регульованому стабілітроні *TL431*. За допомогою дільника напруги на вході в схемі індикації можна встановити напругу пробою в діапазоні від 2,5 V до 36 V, регулюючи номінал *R1*, для 5 V він буде 1 КОм . Стабілітрон починає проводити струм при перевищенні на ньому визначеної напруги , поріг якого ми визначаємо за допомогою дільника напруги. У випадку індикації , власне, розряду, світлодіод починає горіти, коли напруга батареї меншу ніж необхідна робоча. В схему доданий резистор *R4*, який повинен вмикати транзистор , коли стабілітрон вимкнений.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.405226.001 ПЗ

Лист

12

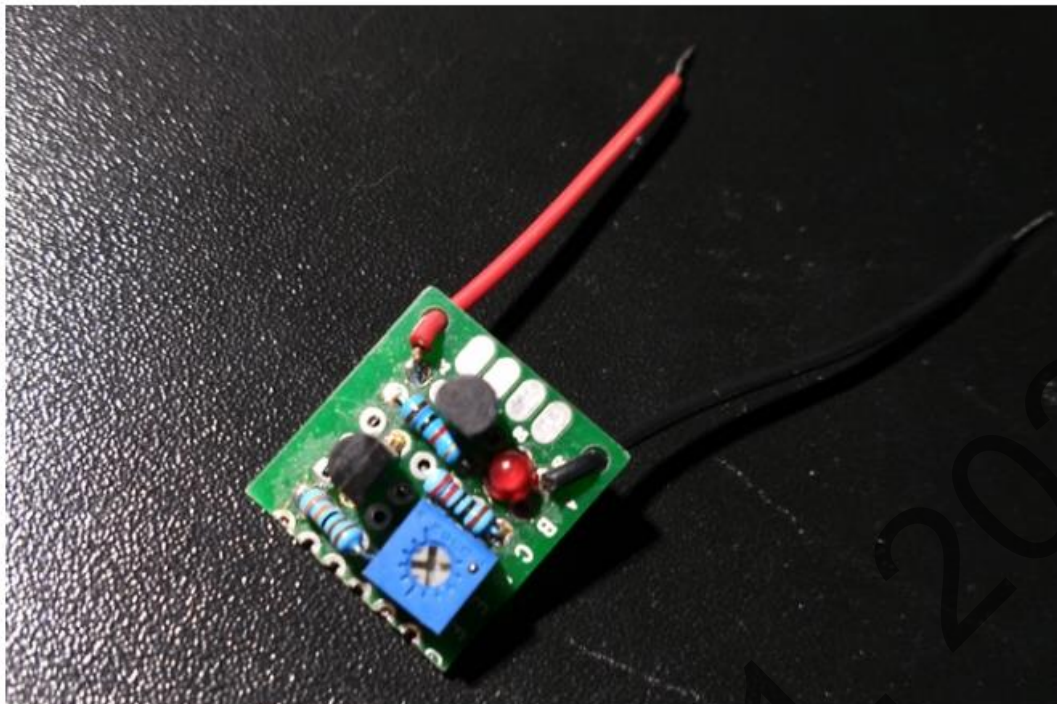


Рисунок 2.4 — Приклад схеми індикації розряду [5]

У якості мікроконтролера використано *Arduino-Nano*, який оброблює отриманий сигнал аналізує його та при виявленні необхідного діапазону ІЧ-випромінювання передає на матрицю світлодіодів, які засвічуються у напрямку камер з певною похибкою.

### Вибір елементної бази

Підбір компонентів елементної бази залежить від певних чинників, а саме:

1. Відповідність заданим електричним параметрам.
2. Можливості роботи в заданих кліматичних умовах.
3. Елементна база буде впливати на надійність та час безвідмовної роботи приладу.
4. Вплив на технологічність виготовлення пристрою.
5. Елементна база визначає габарити пристрою

Для вибору конкретної елементної бази використовується електронний каталог *ARDUINO.UA*.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.405226.001 ПЗ

Лист

13

## Вибір пасивних компонентів

В схемі використані малопотужні *SMD* резистори *R5-R10* у якості обмежувальних для матриці сигнальних світлодіодів. Був обраний поставник елементної бази Hitano, оскільки саме в цього виробника є резистори всіх необхідних матеріалів. Обрані моделі резисторів мають наступні характеристики:

- номінальна потужність 0,125 Вт;
- діапазон використовуваних в схемі опорів 220 Ом – 11кОм;
- точність  $\pm 5\%$ .

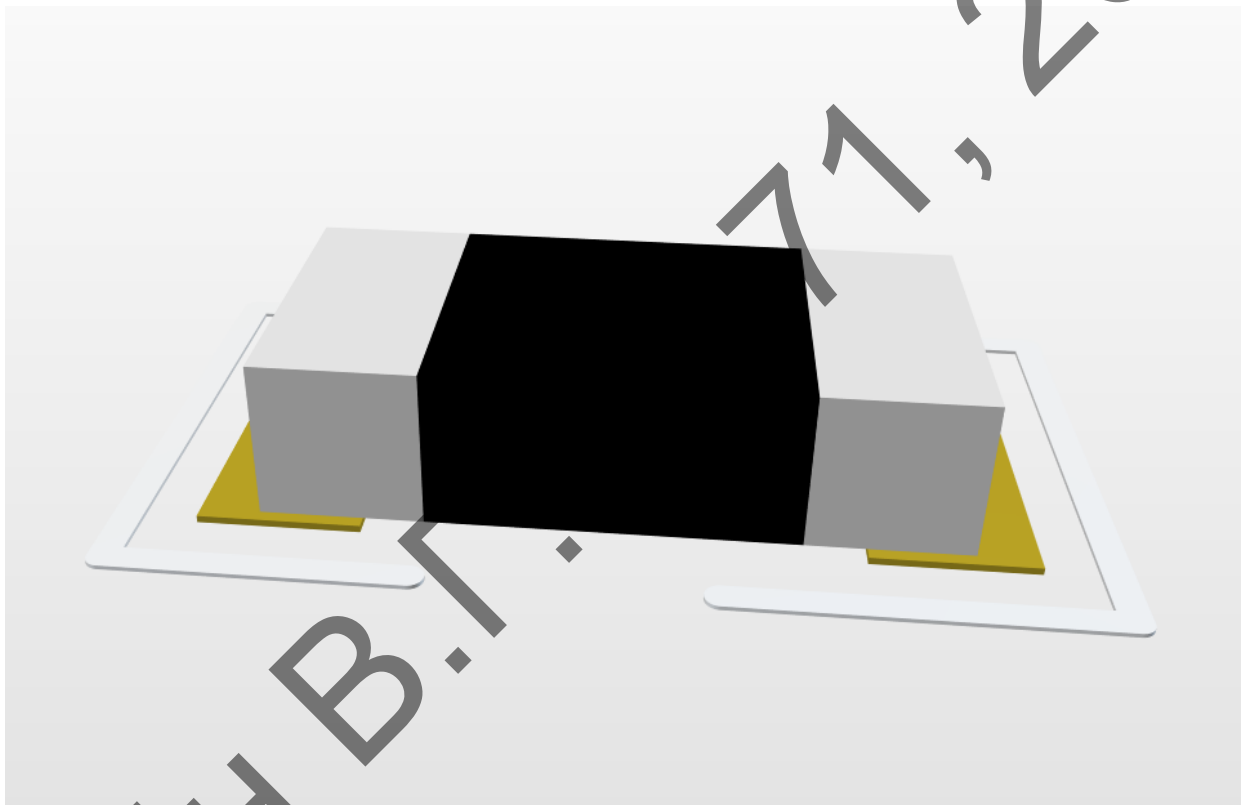


Рисунок 2.5 — 3D-модель резистора

Резистор *R1* підстроюваний з номінальним опором 1кОм. Номінальна потужність 0,25 Вт, точність  $\pm 20\%$ .

У якості складального елемента матриці сигналізації був обраний світлодіод *ARL-3514URD*. Це круглий вивідний світлодіод діаметром 3мм. Лінза є червоною дифузійною.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.405226.001 ПЗ

Лист

14

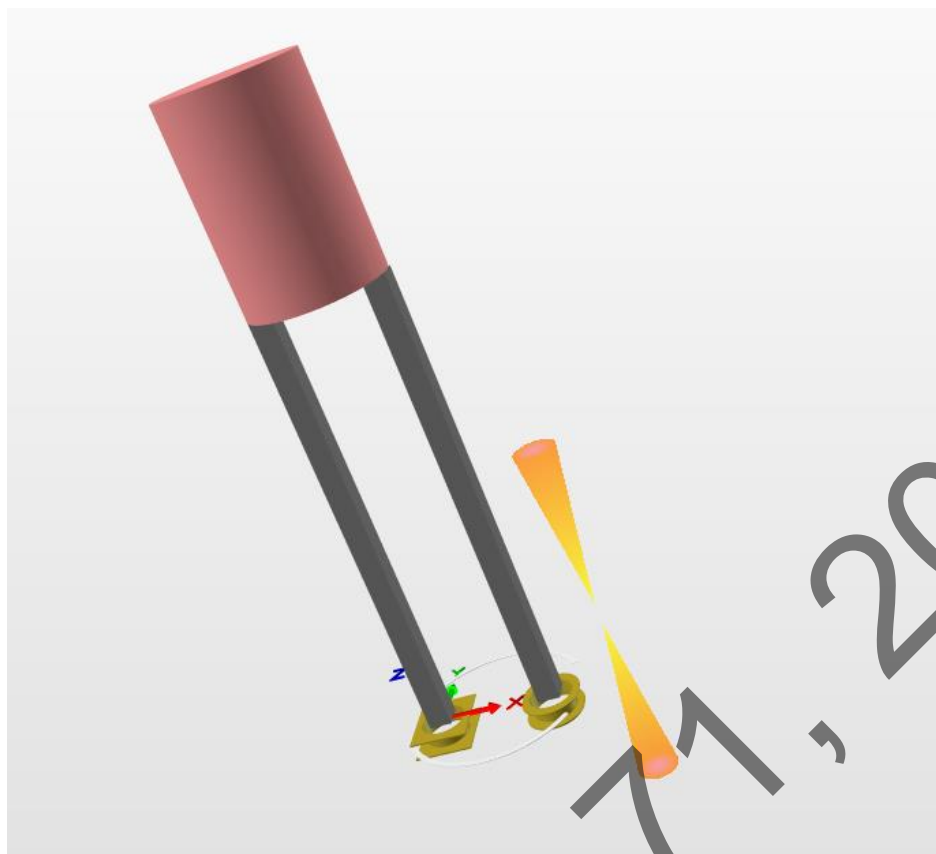


Рисунок 2.6 — 3D-модель світлодіода

### Вибір активних компонентів

У якості датчика був обраний інфрачервоний датчик випромінювання з регулюванням чутливості на основі компаратора *LM393*. Робоча напруга датчика 3,3 В – 5 В. Відстань детектування залежить від інтенсивності джерела випромінювання і становить при помірній інтенсивності 10-15 м. Має 3 піни живлення земля та цифровий бінарний або аналоговий вихід. Кут огляду даного датчика становить 60°. *LM393* – це подвійний незалежний прецизійний компаратор напруги здатний здійснювати одиночне або розділене живлення, має вхідну напругу зміщення до 2 мВ, що робить цей пристрій основою для побудування багатьох датчиків.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.405226.001 ПЗ

Лист

15



Рисунок 2.7 — LM393 [6]

Модуль здатний виявити ІЧ-випромінювання у спектрі 700-1100 нм, що прекрасно підходить до поставленого завдання адже довжина хвилі, що випромінюється ІЧ-підсвіткою в середньому складає 850 нм. Завдяки підстроювальному резистору можете контролювати чутливість модуля, нижче представлені основні його параметри:

- напруга живлення 3,3-5 В;
- вихідний сигнал аналоговий и цифровий *High/Low*;
- ефективний кут огляду 60°;
- вихідний струм до 15 мА;
- спектр чутливості 750-1100 нм;
- діапазон робочих температур -30°C...+85 °C;
- струм споживання 1,4 мА.

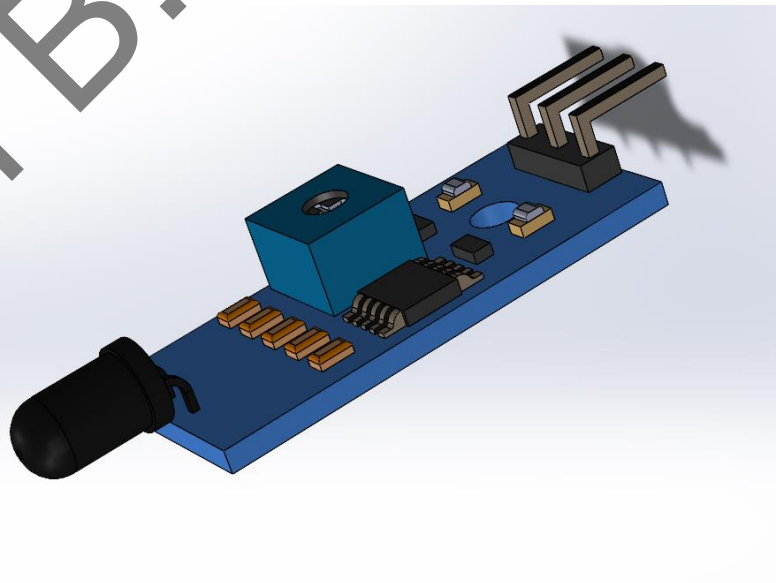


Рисунок 2.8 — 3D-модель датчика [7]

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.405226.001 ПЗ

Лист  
16

Транзистор *NPN BC547* використаний у схемі індикації розряду для того щоб вмикати сигналізатор в нашому випадку світлодіод.

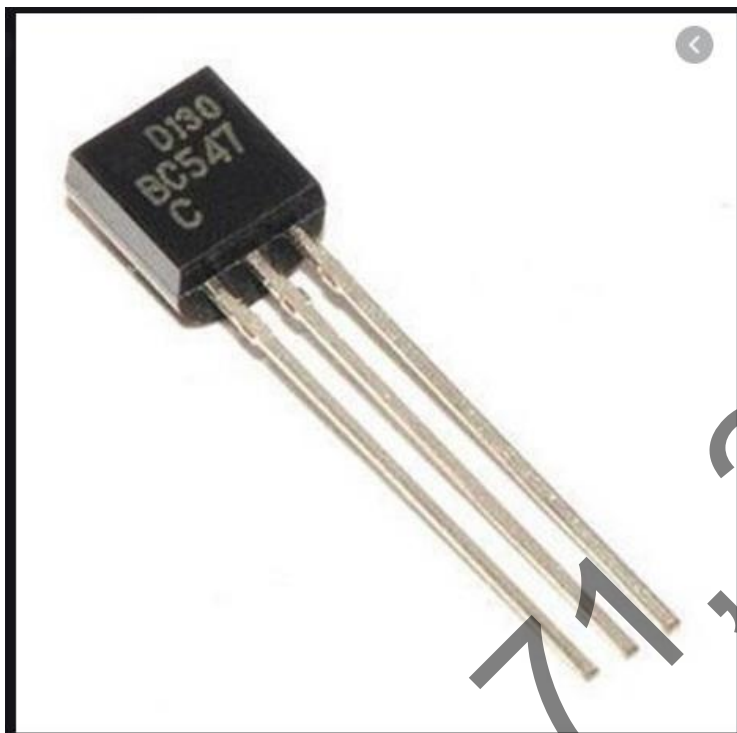


Рисунок 2.9 — BC547 [8]

Основні характеристики транзистора:

- напруга колектор-емітер до 45 В;
- напруга колектор-база до 50 В;
- напруга емітер-база до 6 В;
- струм колектору до 0,1 А;
- потужність розсіювання колектора до 0,5 Вт;
- коефіцієнт підсилення по струму від 110 до 800;
- корпус TO-92.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.405226.001 ПЗ

Лист

17



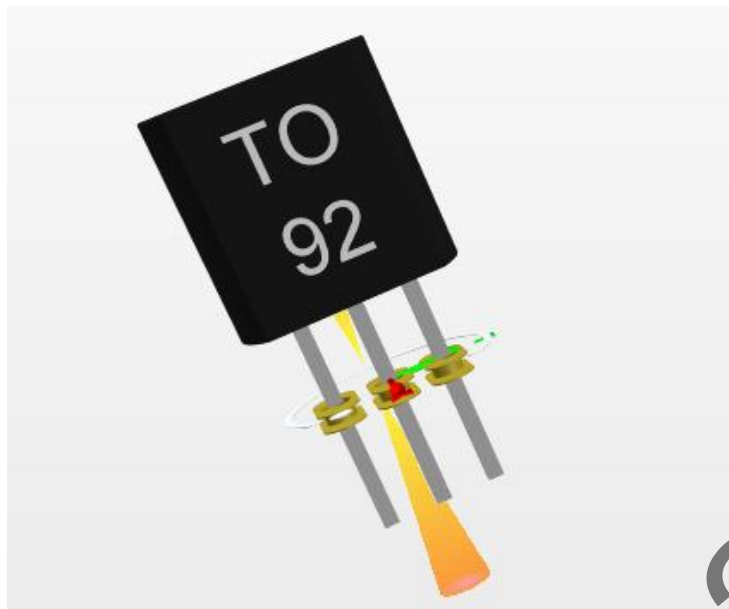


Рисунок 2.10 — 3D-модель BC547

Стабілітрон, який використовується у схемі індикації розряду пристрою це *TL431*, має 3 виводи. На стабілітрон подається напруга, яку ми виставляємо на дільнику напруги із *R1* та *R2*, один з яких є підстроювальним і у випадку індикації розряду. Тобто зменшення рівня напруги він просто вимикається і перестає проводити струм, що є сигналом для ввімкнення транзистора для сигналізації. Основні параметри стабілітрона:

- тип корпусу TO-92;
- напруга стабілізації 2,5 – 36 В;
- струм стабілізації 1 – 100 мА;
- вихідний опір 0,2 Ом;
- робочий температурний діапазон -40°C...85°C.

У якості керуючого елемента схеми використаний мікроконтролер *Arduino-Nano*. Технічні характеристики представлені нижче:

- напруга живлення 5 В;
- кількість цифрових пінів 14;
- кількість аналогових входів 8;
- максимальний струм цифрового виходу 40 мА;
- частота 16М Гц;
- розміри 19 x 42 мм.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.405226.001 ПЗ

Лист

18



3D-модель корпусу *Arduino-Nano*:

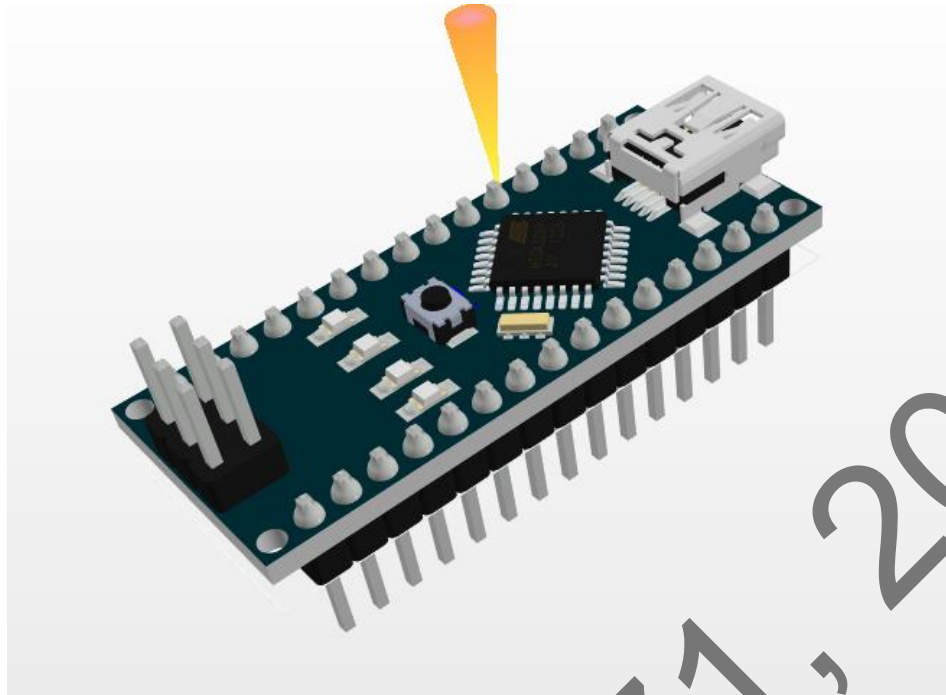


Рисунок 2.11 — *Arduino-Nano*

#### Вибір інших компонентів

Елементом управління виступає тактова кнопка, що має 4 виводи. Має невеликі розміри та виконана з якісної пластмаси. Принцип роботи: перше натискання вмикає пристрій, друге відповідно це вимкнення. Кнопка виконана із АВС-пластику.

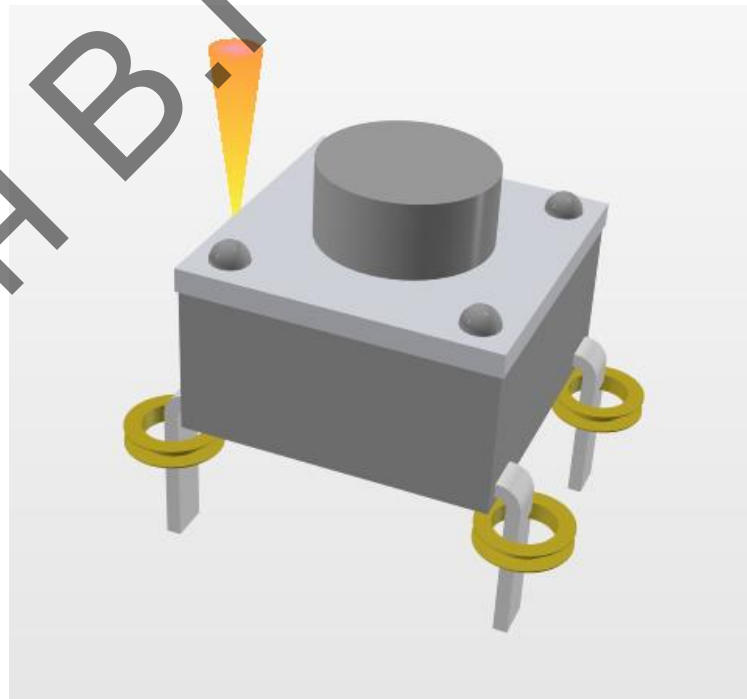


Рисунок 2.12 — Кнопка

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.405226.001 ПЗ

Лист

19

Для підключення живлення до плати використовується роз'єм від виробника *KLS*, в силу своєї розповсюдженості та технологічності.

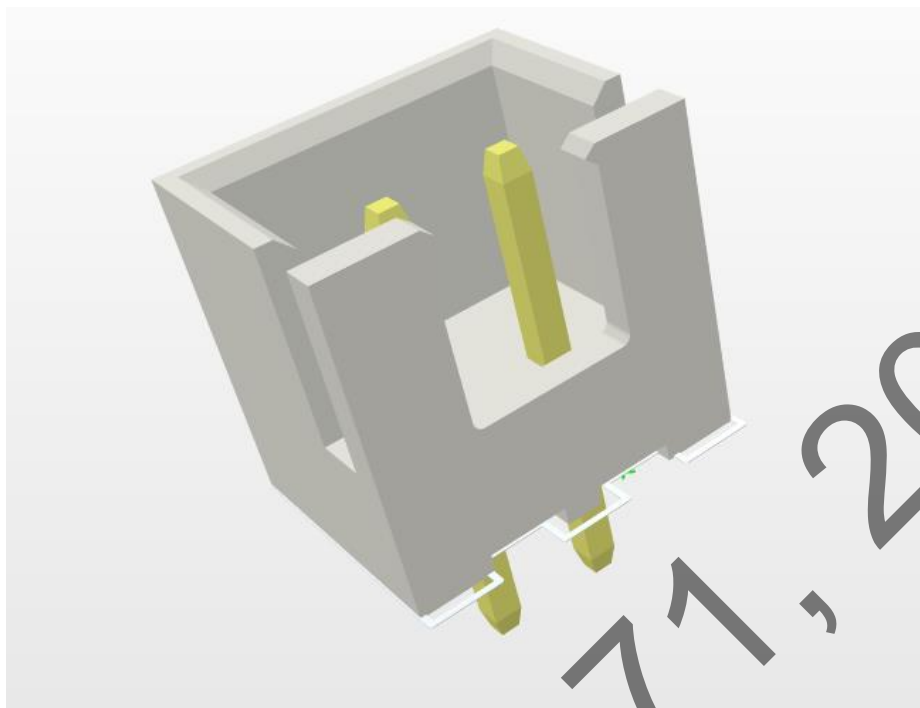


Рисунок 2.13 — Роз'єм під живлення

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.405226.001 ПЗ

Лист
20

## 3 РОЗРОБКА ДРУКОВАНОВОГО ВУЗЛА ТА КОНСТРУКЦІЇ ПРИБОРУ

### 3.1 Аналіз з точки зору технолога

Пристрій буде реалізований в одному цільному блоці, в якому буде знаходитись плата пристрою та з протилежної сторони буде місце для акумулятора. Компоненти будуть вивідні та *SMD*, отже плата буде двохсторонньою. Оскільки користувачеві необхідно буде періодично заряджати акумулятор, витягаючи його з корпусу, то було прийняте рішення зробити на платі тільки спеціальний роз'єм щоб була можливість виймати без зайвих труднощів акумулятор. На верхню частину корпусу буде винесена матриця із сигналізуючих світлодіодів і тактова кнопка для увімкнення/вимкнення пристрою. Датчики будуть винесені з корпусу через спеціальні отвори щоб була можливість без перешкод детектувати ІЧ-випромінювання. Усі інші елементи будуть недоступними для користувача.

### Обґрунтування методу виготовлення

Схема має невелику кількість вивідних та елементів поверхневого монтажу. Які будуть розміщуватись на двосторонній платі, тому доцільно виготовляти плату комбінований негативний метод. При виготовленні плати використовується фольгована основа, струмопровідний малюнок отримують шляхом витравлювання міді з пробільних ділянок. Для захисту струмопровідного малюнка від дії травильного розчину на нього попередньо наносять захисний рельєф. В якості такого захисту використовують фоторезист або метали чи сплави, які називають металорезистами.

### Обґрунтування вибору матеріалу плати

Найрозповсюдженішим матеріалом для виготовлення плат є композитний матеріал на основі скловолокна — склотекстоліт. Його технічна назва *FR-4*, перевагою даного матеріалу є підвищені механічні властивості, високий поверхневий опір та відносно низьку вартість. Зазвичай *FR-4* прозорий, стандартний зелений колір визначається кольором паяльної маски, яка

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.405226.001 ПЗ

Лист

21

нанесена на закінчену друковану плату. Обрано матеріал з товщиною фольги 40 мкм та товщиною діелектрика 1,5 мм.

### Обґрунтування вибору припою

Звертаючи увагу на технологічність та доступність було обрано без свинцевий припій SAC-305, даний припій є екологічно безпечний та забезпечує міцні паяльні з'єднання і підвищену втомну міцність, та є сумісним з будь-якими флюсами.

### Вибір класу точності плати

Для даної схеми був обраний другий клас точності — через свою простоту у виконанні і через наявність елементів вивідного монтажу.

### 3.2 Розрахунок елементів друкованого монтажу

Треба провести розрахунок розмірів монтажних отворів та розмірів контактних майданчиків для обраної елементної бази, яку розмістимо на друкованій платі.

Розрахунок діаметрів отворів для вивідних елементів проводиться за формулою:

$$d_0 = d_v + 0,2,$$

де  $d_0$  — розміри отворів для вивідних елементів;

$d_v$  — розміри виводів.

Розміри, власне, самих контактних майданчиків  $D_{km}$  для вивідних елементів розраховуються за формулою:

$$D_{km} = d_0 + 0,6.$$

За умови якщо  $d_0 > 1$  мм розміри контактних майданчиків розраховуємо за формулою:

$$D_{km} = d_0 + \frac{2}{3} \cdot d_0.$$

Отримані результати розрахунків занесені в таблицю 3.1

					PI71.405226.001 ПЗ	Лист
						22
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 — Розміри вивідних елементів

$d_v$	$d_0$	$D_{km}$	Назва елемента
0,66	0,9	1,5	$D^*$
0,5	0,7	1,16	X1
0,5	0,7	1,16	VD
0,6	0,8	1,33	DA1
0,5	0,7	1,16	SB1
0,6	0,8	1,33	DA2
0,5	0,7	1,16	VT1

Розрахунок розмірів контактних майданчиків для елементів поверхневого монтажу здійснюється за формулою:

$$BL = (b + 0,3) \cdot (l + 0,3),$$

де  $B, L$  — розміри контактних майданчиків;

$b, l$  — розміри виводів.

Таблиця 3.2 — Розміри елементів поверхневого монтажу

$b \times l$	$B \times L$	Назва елемента
1,3 x 0,65	1,6 x 0,95	R1 – R11

Всі необхідні дані для монтажу елементів вже отримані — можна переходити до процесу проектування друкованої плати.

### 3.3 Проектування друкованої плати в середовищі Altium

Для створення об'ємної моделі та проведення трасування друкованої плати були використані програмне забезпечення *Altium Designer*. Програма була також використана і для створення бібліотек символів та 3D-моделей.

#### Розрахунок габаритів друкованої плати

На розміри плати в першу чергу впливає загальна площа елементів, які будуть встановлені на плату, тобто спочатку розрахуємо площу вивідних елементів і площу кріплень друкованої плати. Формула для розрахунку площі плати:

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.405226.001 ПЗ

Лист

23

$$S_{dp} = \sum KXY,$$

де  $S_{dp}$  — мінімальна площа плати;

$K$  — коефіцієнт, що залежить від габаритних розмірів елемента;

$X$  — ширина елемента;

$Y$  — довжина елемента.

Розрахунок площі проводиться у програмному забезпеченні *Microsoft Excel*. Результати розрахунку приведені рис. 3.1.

Назва елемента	K	X	Y	S
D*	1,5	32	14	
R*	11	6	2,5	
X1	1,5	10	10	
VD	7	5,3	3	
DA1	2	42	19	
DA2	1,5	5	23	
SB1	1,5	10	6	
VT1	1,5	5	23	
<b>Sdp</b>				<b>3,129</b>

Рисунок 3.1 — Результат розрахунку мінімальної площі друкованої плати

Порахована площа елементів без інфрачервоних датчиків, оскільки будуть на платі тільки роз'єми для них, тому треба брати площу плати з запасом, а саме вона буде становити 3975 мм<sup>2</sup>.

### Розрахунок параметрів друкованих провідників

Для розрахунку ширини друкованих провідників необхідно визначити максимальне значення струму та напруги, що проходять через них.

Проводячи аналіз схеми електричної принципової та параметрів усіх її компонентів провідник можна розділити на дві категорії. Розрахунок проводився за допомогою програмного забезпечення *Mathcad*. Результати розрахунків приведені в таблиці 3.3, де  $U$  — максимально можлива напруга,  $I$  — максимально можливий струм.

Таблиця 3.3 — Результати розрахунку параметрів провідників

Тип провідника	$U$ , В	$I$ , А	Ширина провідника у вузькому місці, мм	Ширина провідників у широкому місці, мм
Сигнальний	4,8	$1 \cdot 10^{-3}$	0,55	0,4
Силовий	4,8	0,1	0,55	0,9

Розрахуємо зазори між елементами друкованого монтажу за формулою:

$$S_{min} = S_m + \Delta t_{vo},$$

де  $S_m$  — мінімально допустима відстань між сусідніми друкованими об'єктами;

$\Delta t_{vo}$  — допуск на ширину провідника.

Відповідно обраному класу точності дані параметри рівні  $S_{min} = 0,2$  мм,  $\Delta t_{vo} = 0,1$  мм.

Отже,

$$S_{min} = 0,3 \text{ мм.}$$

### Трасування провідників

Усі розрахунки, які були вище проведені в роботі робилися для внесення правил у редакторі *Altium PCB* для розміщення усіх компонентів на платі та розведення провідників, заливка землі була виконана полігоном. Результат трасування представлений на рисунку 3.2. та 3.3.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.405226.001 ПЗ

Лист

25

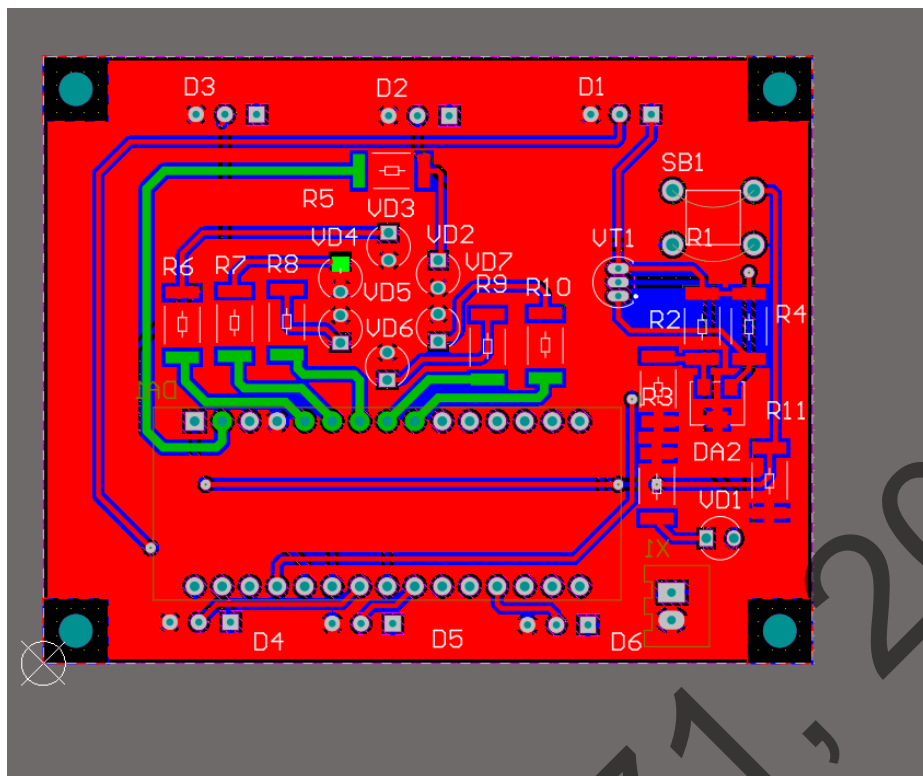


Рисунок 3.2 — *Top View*

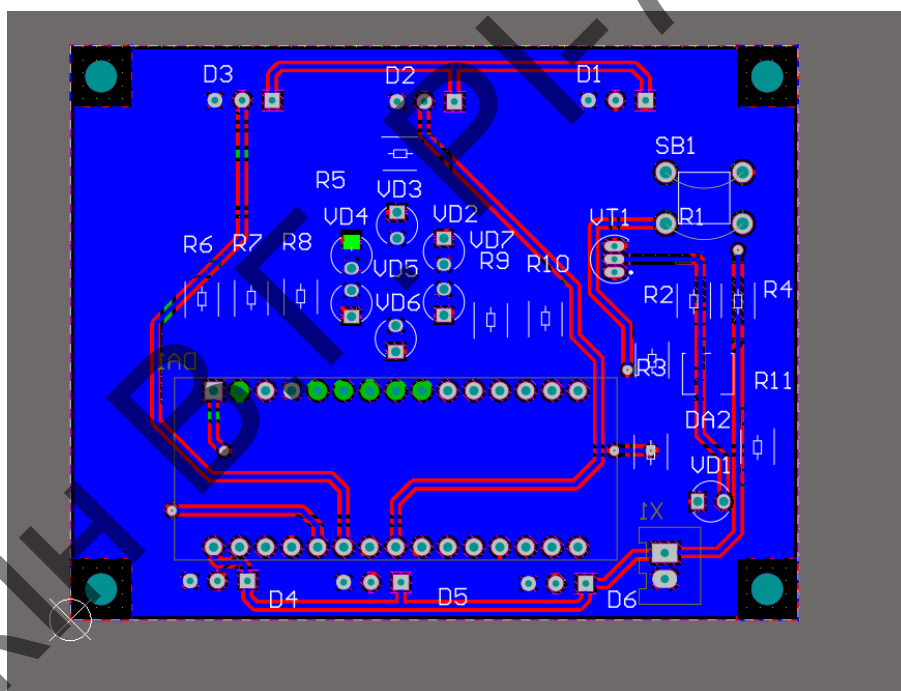


Рисунок 3.3 — *Bottom View*

Також була виконана необхідна перевірка на відповідність правил трасування та усунені усі помилки, що з'являлися в ході роботи, тому далі можна переходити до проектування корпусу.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.405226.001 ПЗ

Лист  
26



### 3.4 Конструкція пристрою

Наступна стадія проектування нашого пристрою буде проходити в програмному забезпеченні *SolidWorks*, тут можна спроектувати корпус та розмістити в середині нього плати. Також в цій програмі зробимо необхідні креслення корпусу.

Спочатку експортуємо 3D-модель плати у дане програмне середовище.

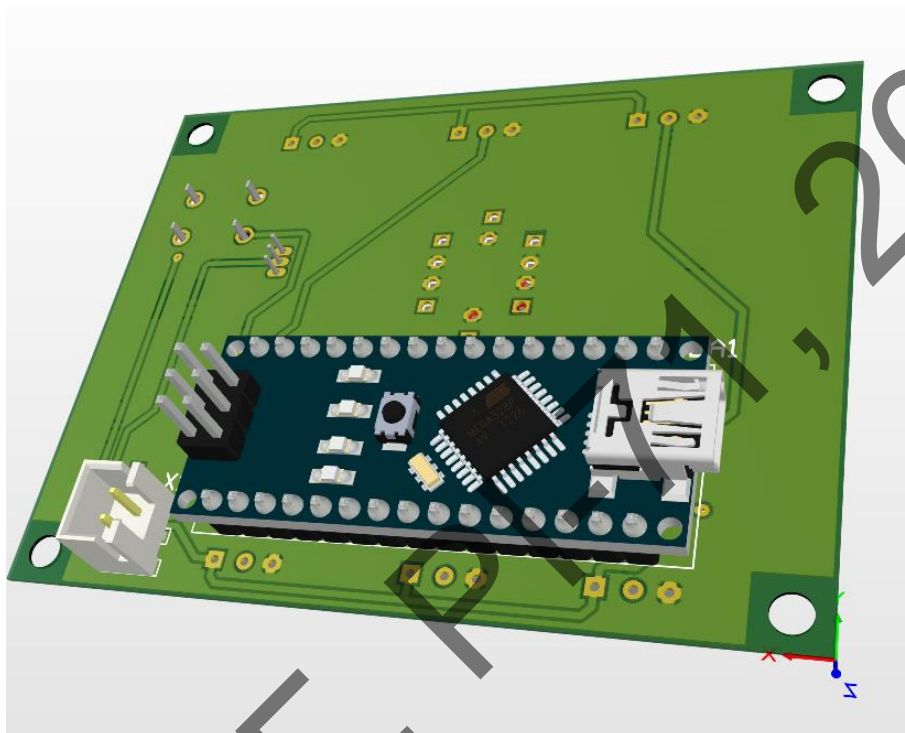


Рисунок 3.4 — Вид плати знизу

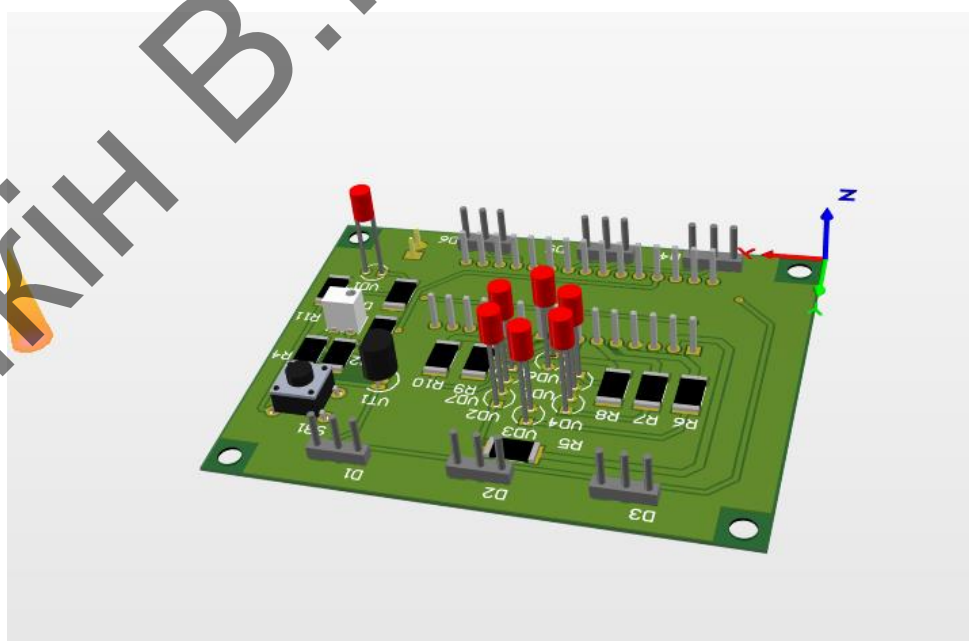


Рисунок 3.5 — Вид плати зверху

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.405226.001 ПЗ

Лист

27

Конструкція корпусу буде мати вигляд шестиграннику, всередину якого ми помістимо плату, в самому корпусу буде передбачено сигнальну матрицю для світлодіодів та спеціальні екрани для інфрачервоних датчиків та місце для акумулятора і зарядного роз'єму.

Матеріалом корпусу буде сплав алюмінію 1060, що характеризується своїми антикорозійними властивостями та хорошою теплопровідністю. Важливими параметрами вибору матеріалу є його технологічність і доступність та можливість використання в радіоелектронній апаратурі. І враховуючи умови експлуатації, цей матеріал ідеально підходить під вимоги представленого технічного завдання в додатку А.

Корпус зображений на рис. 3.6, його габаритні розміри 60 x 60 x 55 мм.

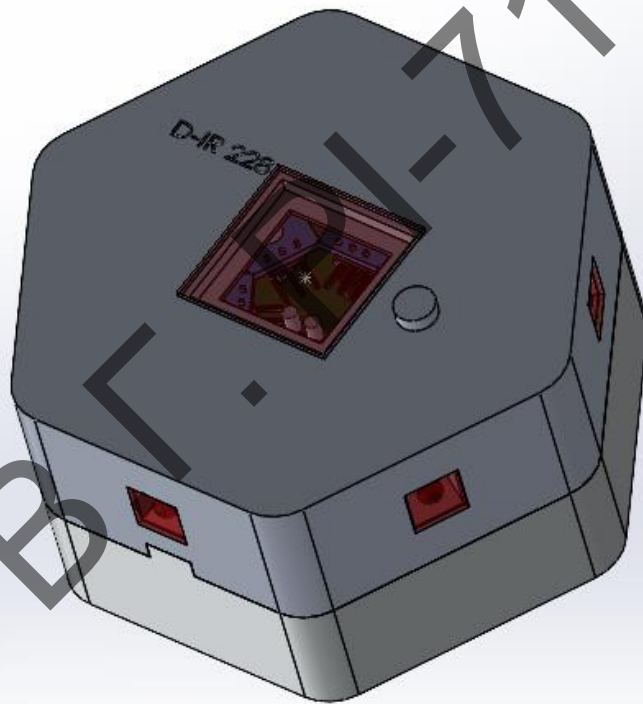


Рисунок 3.6 — Корпус пристрою

Друкована плата кріпиться до корпусу за допомогою спеціальних защемлень по периметру корпусу. Сам корпус складається з двох частин — верхньої та нижньої.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.405226.001 ПЗ

Лист
28

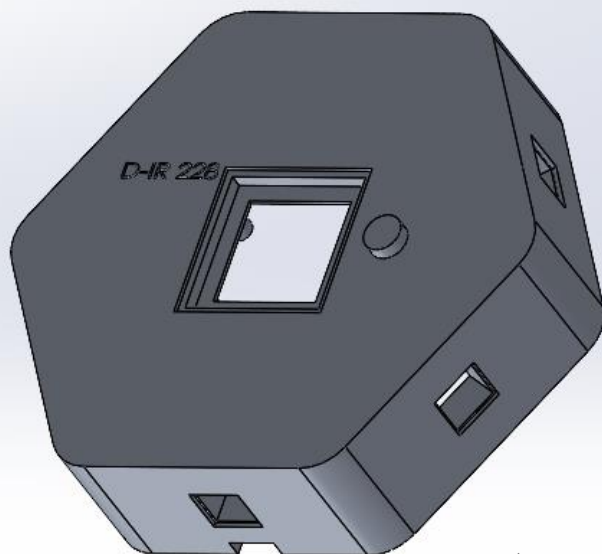


Рисунок 3.7 — Верхня частина корпусу

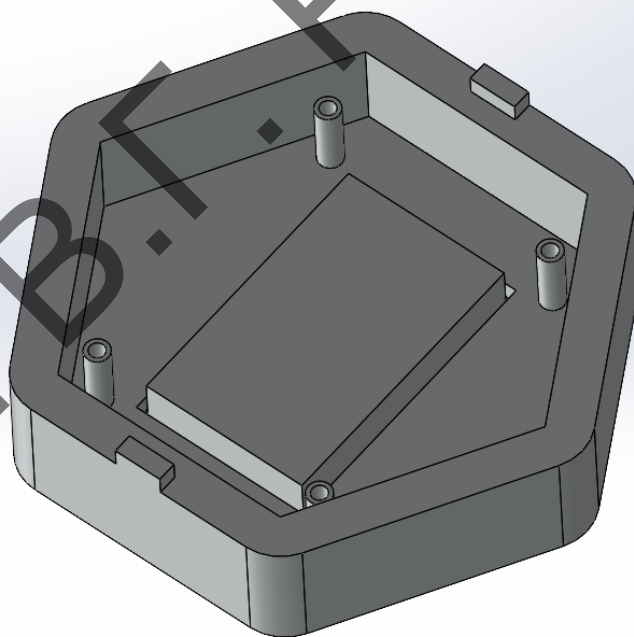


Рисунок 3.8 — Нижня частина корпусу

Відсік с акумулятором та місце кріплення друкованої плати знаходяться в нижній частині, а сигналізаційний екран і спеціальні стекла на які виходять датчики для сприймання інфрачервоного випромінювання в верхній частині

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.405226.001 ПЗ

Лист  
29

корпусу. Кнопка ввімкнення/вимкнення знаходиться зверху на корпусі, а роз'єм для живлення пристрою знизу під корпусом. Індикатори розміщуються у верхній частині корпусу на спеціальних кріпленнях аналогічних до нижніх, але мають інші розміри та діаметр.

У даному розділі був проведений повний аналіз пристрою з точки зору технолога і конструктора, були проведені всі необхідні розрахунки для проектування плати і корпусу та власне була спроектована друкована плата і корпус пристрою.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.405226.001 ПЗ

Лист

30

## 4 РОЗРАХУНОК, ЩО ПІДТВЕРДЖУЄ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ

Для перевірки працездатності пристрою — проводять обчислення надійності, та розрахунок вібростійкості. Тому що при розробці пристрою вадливо забезпечити виконання необхідних функцій при збереженні значень ключових параметрів в межах, що є заданими нормативно-технічною документацією при певних умовах експлуатації.

### 4.1 Розрахунок показників надійності

Розрахунок надійності пристрою проводимо згідно ДСТУ-2862-94.

Метою розрахунку є визначення ймовірності безвідмовної роботи  $P(t)$  на протязі двох відрізків часу одного та п'яти років.

Основними показниками і відповідними характеристиками надійності є:

$P(t)$  — вірогідність безвідмовної роботи;

$\lambda(t)$  — інтенсивність відмов;

$T$  — середній час напрацювання приладу до першої відмови;

$Q(t)$  — вірогідність відмови.

Суть розрахунку надійності приладу полягає в визначенні показників надійності приладу за відомими характеристиками надійності складових частин і умов експлуатації. Дані для розрахунку надійності занесені в табл. 4.1.

$$\lambda_{pe} = \lambda_{oe} N_i K_H a_t a_e,$$

де  $N_i$  — кількість елементів;

$K_H$  — коефіцієнт навантаження;

$a_t$  — температурний коефіцієнт;

$a_e$  — коефіцієнт, що враховує умови експлуатації приладу.

Коефіцієнти навантаження електро-радіо елементів визначаються за формулами:

Для мікросхем за формулою:

$$K_H = \frac{\sum_{I=1}^n I_{BX}}{I_{\text{вих. max}}},$$

					PI71.405226.001 ПЗ	Лист
						31
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $I_{\text{вих. max}}$  — максимальний вихідний струм, А;

$I_{\text{вх}}$  — вхідний струм мікросхем, А;

$n$  — число задіяних входів.

Для резисторів за формулою:

$$K_H = \frac{P}{P_{\text{доп}}},$$

де  $P$  — розсіювана потужність резистором.

$P_{\text{доп}}$  — допустиме значення потужності.

Для стабілітронів за формулою:

$$K_H = \frac{P_P}{P_{\text{доп}}},$$

де  $P_P$  — потужність у робочому режимі;

$P_{\text{доп}}$  — допустиме значення потужності.

Для транзисторів середньої потужності за формулою:

$$K_H = \frac{P_{\text{кр}}}{P_{\text{кдоп}}},$$

де  $P_{\text{кр}}$  — робоча потужність, яка розсіюється колектором;

$P_{\text{кдоп}}$  — допустиме значення потужності, що може розсіяти колектор.

Для діодів за формулою:

$$K_H = \frac{P_{\text{сер}}}{P_P},$$

де  $P_{\text{сер}}$  — середня розсіювана потужність;

$P_P$  — граничне допустиме значення потужності відповідно до технічної-нормативної документації, Вт.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.405226.001 ПЗ

Лист

32

Таблиця 4.1 Розраховані дані елементів

Найменування елементів	$N_i$	$\lambda_{oe}$	$K_H$	$a_t$	$a_e$	$\lambda_{pe}$	$\lambda_{рез}$
Резистор	11	$0,4 \cdot 10^{-6}$	0,1	0,9	10	$3,96 \cdot 10^{-6}$	$12,056 \cdot 10^{-6}$
Транзистор	1	$3,0 \cdot 10^{-6}$	0,05	1,2	10	$1,8 \cdot 10^{-6}$	
Стабілітрон	1	$2,5 \cdot 10^{-6}$	0,07	1,1	10	$1,92 \cdot 10^{-6}$	
Світлодіоди	7	$3,5 \cdot 10^{-6}$	0,08	1,3	10	$2,55 \cdot 10^{-5}$	
Мікросхема	7	$2 \cdot 10^{-6}$	0,25	2	10	$7 \cdot 10^{-6}$	
Кнопка	1	$0,5 \cdot 10^{-6}$	0,2	0,75	10	$0,75 \cdot 10^{-6}$	
Роз'єм	7	$0,3 \cdot 10^{-6}$	0,2	0,45	10	$1,89 \cdot 10^{-6}$	

Середній час напрацювання приладу на відмову розраховуємо за формулою:

$$T_{cp} = \frac{1}{\lambda_{рез}} = 77\,000 \text{ год.}$$

Відповідно до отриманих результатів час напрацювання на відмову становить 3208 днів безперервної роботи приладу.

Вірогідність безвідмовної роботи приладу протягом одного року роботи будемо розраховувати за формулою:

$$P(t) = e^{-t \cdot \lambda_{рез}} = 0,989.$$

Вірогідність відмов за один рік роботи розраховується за формулою:

$$Q(t) = 1 - P(t) = 0,011.$$

Вірогідність безвідмовної роботи приладу за 5 років безперервної роботи дорівнює:

$$P(t) = e^{-t \cdot \lambda_{рез}} = 0,945.$$

Зі збільшенням часу роботи пристрою відповідно зменшується вірогідність безвідмовної роботи.

Розраховані значення часу безвідмовної роботи та ймовірності відмов відповідають задовольняють вимоги ТЗ.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.405226.001 ПЗ

Лист

33

## 4.2 Розрахунок віброміцності

Проведемо розрахунок віброміцності друкованого вузла, за визначеною методикою. Розрахуємо частоту власних коливань друкованої плати. Вихідні дані:

- довжина плати  $a = 0,071$  м;
- ширина плати  $b = 0,056$  м;
- товщина плати  $h = 1,5 \cdot 10^{-3}$  м.

Матеріал друкованої плати – двосторонній фольгований склотекстоліт *FR-4 1,5/35/35* з параметрами:

- модуль пружності  $E = 1,1 \cdot 10^{10}$  кг/м<sup>2</sup>;
- коефіцієнт Пуассона  $\xi = 0,28$ ;
- маса встановлених на платі елементів  $M = 0,1$  кг;
- густина  $2,05 \cdot 10^3$  кг/м<sup>2</sup>.

Визначимо приведену масу друкованої плати:

$$m_n = \rho h = 2,05 \cdot 10^3 \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} = 3,08 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}.$$

Визначимо приведену масу плати з деталями:

$$m = m_n + m_d = 3,08 + \frac{0,1}{0,071 + 0,056} = 3,87 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}.$$

Розраховуємо циліндричну жорсткість:

$$D = \frac{E \cdot h^3}{12(1 - \xi)} = \frac{1,1 \cdot 10^{10} \cdot 1,5^3 \cdot 10^{-9}}{12 \cdot 0,72} = 4,3 \text{ Н}.$$

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

$$\varphi(\beta) = 9,87 \cdot \sqrt{1 + 2,57 \cdot \beta^2 + 5,14 \cdot \beta^4},$$

де  $\beta = \frac{a}{b} = 1,27$  коефіцієнт, залежний від співвідношення довжини і ширини плати.

$$\varphi(\beta) = 9,87 \cdot \sqrt{1 + 2,57 \cdot 1,27^2 + 5,14 \cdot 1,27^4} = 35,5.$$

Визначимо значення резонансної частоти плати:

					PI71.405226.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		34



$$f_0 = \frac{\varphi(\beta)}{2\pi a^2} \sqrt{\frac{D}{m}} = \frac{35,5}{6,28 \cdot (0,071)^2} \sqrt{\frac{4,3}{3,87}} \approx 1,2 \text{ кГц}.$$

Так як резонансна частота плати  $f_0 = 1,2$  кГц в на багато перевищує максимальну частоту вібраційних впливів ( $f = 60$  Гц), то обраний варіант кріплення плати влаштовує вимоги до віброміцності, вказані у ТЗ.

У цьому розділі була розрахована надійність пристрою та час безвідмовної роботи та порахована віброміцність друкованого вузла.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.405226.001 ПЗ

Лист

35

## 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАНИХ СІТУАЦІЯХ

У даному розділі будуть розглядатись умови монтажу, виробництва та користування пристроєм, що проектується. Це необхідно проводити для збереження здоров'я та працездатності працівників та користувачів.

Під час виробництва технічних засобів існують фактори, що можуть спричинити негативний вплив на людину. Це стосується не тільки небезпечних факторів під час самого безпосередньо виробництва це також відноситься і до робочої зони працівника, гігієни праці та основних правових заходів спрямованих на охорону праці.

Таким чином у цьому розділі необхідно виявити ймовірні шкідливі фактори та ризики, провести аналіз та навести рекомендації щодо їх усунення.

### 5.1 Можливі шкідливі, небезпечні фактори

До основних небезпечних та шкідливих факторів, котрі ймовірні при виробництві, монтажі та експлуатації пристрою для виявлення камер з ІЧ-підсвіткою можна віднести:

- рівень електромагнітного випромінювання радіочастотного діапазону;
- ймовірність ураження електричним струмом;
- незадовільні параметри мікроклімату робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці
- вміст у повітрі робочої зони шкідливих речовин в небезпечних концентраціях;
- ймовірність фізичного перевантаження працівника;
- пожежна безпека.

### 5.2 Оцінка існуючих умов

#### Розташування робочих місць, чи відповідають вимогам

Організація та розташування робочого місця впливають на продуктивність процесу праці та її якість. Також важливими критеріями є

					PI71.405226.001 ПЗ	Лист
						36
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

оснащення та розміщення робочої зони, оскільки матеріальні елементи виробництва та устаткування мають бути раціонально розміщені у просторі і бути легкодоступними для працівника.

Робоча зона має відповідати вимогам наведеним у ДСТУ OHSAS 18001:2010 [9].

Будівлі, приміщення або цехи, в котрих буде проводитися виробництво приладу, варто будувати з вогнестійких матеріалів та розташовувати на відстані не менше 50 м від жилих споруд відповідно до діючих норм. Матеріал підлоги приміщення має бути діелектриком. Також має бути забезпечене приміщення на виробництві для короточасного зберігання і утилізації відходів.

Необхідно забезпечити вільний рух людей на виробництві нанесенням відповідної розмітки. Згідно діючим нормам у виробничому приміщенні має бути передбачено 2 евакуаційних виходи з шириною не менше 80 см та висотою не менше 2 м.

### **Мікроклімат**

Мікроклімат робочої зони є фактором, котрий теж має значний вплив на продуктивність та здоров'я працівника і відповідно регулюється стандартом ДСН 3.3.6.042-99 [10], який визначає наступні параметри:

- температура повітря;
- відносна вологість повітря;
- швидкість руху повітря;
- інтенсивність теплового опромінення;
- температура поверхні.

Під час виробництва розробником виконуються дослідницькі роботи з технічною документацією, конструкторські та практичні роботи. Вказаний тип діяльності не вимагає систематичного значного фізичного навантаження і класифікується як категорія — робота легка з витратою енергії до 120 ккал/год відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 [10].

					<i>PI71.405226.001 ПЗ</i>	Лист
						37
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Параметри мікроклімату необхідно підтримувати за допомогою систем кондиціювання.

### **Опалення**

Для забезпечення нормальних параметрів мікроклімату в холодну пору року у виробничому приміщенні має бути встановлена система опалювання. Це підвищує продуктивність працівників. Захищає обладнання від переохолодження. Спосіб опалення залежить від розмірів виробничого приміщення.

Параметри опалювання регулюються відповідно ДБН В.2.5-67:2013 [11].

### **Вентиляція**

Виробниче приміщення має бути устатковане постійною діючого загальнообміною та місцевою вентиляцією через необхідність роботи з шкідливими та вибухонебезпечними речовинами під час нанесення припою, флюсу, паяльної пасту, тощо.

Параметри системи вентиляції та вимоги до неї регулюються ДБН В.2.5-67:2013 [11] ТА ДСТУ Б А.3.2-12:2009 ССБП [12].

На ділянках призначених для пайки система місцевої вентиляції має вмикатись до початку роботи та вимикатись після її завершення. Також дана система має вміщати приймачі повітря на телескопічних та гнучких кріпленнях для їх максимального наближення до зони робочого процесу. Фіксація положення таких приймачів має бути надійною.

Повітря, котре видаляється з робочої зони із відповідними забрудненнями має проходити через фільтри очищення перед викидом у атмосферу. Внутрішні поверхні повітряних відводів та відповідні компоненти витяжної системи мають періодично проходити очищення від забруднень, що можуть на них осідати.

### **Освітлення**

У виробничому приміщенні використовуються суміщений спосіб освітлення, тобто система загального природного та штучного освітлення. Дана система має відповідати нормам ДБН В.2.5-28:2018 [13].

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

*PI71.405226.001 ПЗ*

Лист

38

Природне бокове освітлення реалізується за допомогою вікон у стінах виробничого приміщення. Штучне освітлення має забезпечуватись газорозрядними лампами.

Найменший розмір об'єкта розрізнений рівний 2,15 мм, що відповідає розряду зорової роботи згідно з нормативами коефіцієнт природнього освітлення має складати 1,8%.

Для додаткового освітлення зони при роботі з паяння допускається застосування місцевих світильників з непросвічуваними відбивачами.

Для підтримки нормованих значень освітленості приміщення необхідно проводити регулярне очищення світильників та вікон за допомогою пристроїв, що забезпечують безпеку робіт. Очищення світильників має проводитись не менше 2 разів на місяць, а вікон — 2 разів на рік. Також необхідно проводити своєчасно заміни елементів освітлення одразу після їх виходу із ладу.

### **Шум, вібрація**

Допустимі параметри шуму, методи гігієнічної оцінки виробничого шуму та вимоги до його вимірювання на робочому місці встановлені нормативом ДСН 3.3.6.037-99 [14]. Відповідно до цього документу допустимий рівень звуку складає 50 дБ.

Методи гігієнічної оцінки виробничих вібрацій, їх нормовані параметри, вимоги до вимірювань на робочих місцях та основі профілактичні заходи відповідно до ДСН 3.3.6.039-99 [14].

### **Електробезпека**

Пристрій, що розробляється відноситься до III класу захисту згідно ДСТУ EN 61140:2015 [15], оскільки має невисоковольтне живлення від акумуляторних батарей.

Усе наявне електроустаткування у виробничому приміщенні можна віднести до I класу захисту відповідно до ДСТУ EN 61140:2015 [15].

Виробниче приміщення за рівнем електробезпеки згідно ПУЕ [16] (правила устаткування електроустановок) можна віднести до приміщень без підвищеної небезпеки, тому що:

					PI71.405226.001 ПЗ	Лист 39
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

- відносна вологість повітря не перевищує 75%;
- матеріал підлоги не струмопровідний;
- відсутність струмопровідного пилю;
- температура не перевищує 35 °С ;
- відсутня можливість одночасного доторку людини до з'єднаних із землею металоконструкцій будівлі, технологічних апаратів, механізмів, тощо та електропровідних елементів застосованого електрообладнання.

Усі заходи щодо електробезпеки виконуються відповідно до НПАОП 40.1-1.21-98 [17] та ДСТУ 7237:2011 [18].

В робочому приміщенні використовується трьох фазна електромережа з глухо заземленою нейтраллю, зануленням та з використанням автоматів струмового захисту згідно вимог ПУЕ [18]. Автомати розраховані на струм 16 А та мають час спрацювання 0,2 с.

Для унеможливлення ураження людини електричним струмом при виникненні аварійної ситуації необхідно заземлювати усе обладнання, що живиться від мережі 220 В та 50 Гц. Опір нульового дроту при замиканні на корпус або сам дріт має забезпечити величину струму короткого замикання, що перевищуватиме номінальний струм спрацювання автомата с струмового захисту в 1,4 рази

### **Випромінювання ЕМП**

У виробничому приміщенні, що аналізується, в процесі розробки пристрою відсутні джерела електромагнітного випромінювання, які б могли завдати шкоди здоров'я людини.

При експлуатації пристрою присутнє короточасне електромагнітне випромінювання на частоту 2,4 ГГц при вихідному сигналі з рівнем потужності 20 дБм, що відповідає потужності сигналу 100 мВт.

Усі вимоги згідно з ДСН 239-96 [19].

**Пожежа, заходи пожежогасіння, кількість, розташування**

					PI71.405226.001 ПЗ	Лист
						40
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно з ДСТУ Б В.1.1.-36-2016 [20] приміщення у котрому буде виготовлятися пристрій за вибухо- та пожежо небезпекою відноситься до категорії В( пожежонебезпечне)

У випадку виникнення пожежі має бути забезпечена можливість безпечної евакуації персоналу через евакуаційний вихід. Кількість даних виходів з приміщення необхідно приймати згідно СНіП 2.01.02-85 [21] (Будівельні норми і правила).

Ймовірними причинами виникнення пожежі в приміщенні можуть слугувати несправність з електроустаткуванням, коротке замикання проводки, під час пайки і відповідних операцій, порушення протипожежного режиму. У зв'язку з цим необхідно передбачити наступні заходи, відповідно до ПУЕ [16]:

- ретельна ізоляція усіх усіх струмоведучих провідників, періодичний їх огляд та перевірка;
- відповідні організаційні заходи;
- суворе дотримання норм протипожежної безпеки;
- систематичний контроль стану засобів пожежогасіння;
- використання матеріалів з мінімальною можливою пожежною небезпекою при виготовленні пристрою.

Таким чином в даному розділі був проведений аналіз умов робочої зони та чинників, що впливають на ефективність праці, були визначені потенційні небезпечні чинники на виробництві.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.405226.001 ПЗ

Лист  
41

## ВИСНОВКИ

1. У результаті огляду існуючих рішень та порівняння пристроїв-аналогів, визначено їх основні переваги та недоліки. Проаналізувавши технічне завдання сформовано основні вимоги до проєктованого пристрою.

2. Розроблено структурну схему та сформовано принципову електричну схему приладу. Напруга живлення становить +4,8 В від акумуляторної батареї. Вибір елементів РЕА базувався на наявності елементної бази на ринку України, невисокою ціною та малою споживаною потужністю, що забезпечить найдовшу роботу без підзарядки. Основними елементами приладу є ІЧ-датчики (6 штук) та мікроконтролер *Arduino Nano*.

3. Проведено аналіз з точки зору технолога, обрано матеріал плати, припій, метод виготовлення та клас точності плати. Проведено розрахунки для визначання мінімального необхідного розміру плати 3976 мм<sup>2</sup>. За допомогою програмного забезпечення *Altium Designer* спроектовано друковану плату та виконано трасування і компоновку, а за допомогою *Solidworks* виконано тривимірне моделювання конструкції приладу.

4. Розрахована надійність приладу та віброміцність. Отримані показники надійності відповідають вимогам указаним у технічному завданні.

5. Розглянуто техніку безпеки і винесені основні рекомендації для забезпечення охорони праці під час виробництва.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.405226.001 ПЗ

Лист  
42



## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Детектор жучків і прихованих камер *Protect T68* професійний — Епіцентр. URL: <https://epicentrk.ua/ua/shop/mplc-detektor-zhuchkiv-i-prikhovanikh/kamer-protect-t68-profesiinii-1eb70fa7-e0fb-6c26-9eec-8b7270a3ef60.html> (дата звернення 1.05.2021).

2. Детектор знаходження жучків і прихованих камер *Scanner* безспровідний Чорний *T-8000* — Епіцентр. URL: [https://epicentrk.ua/shop/mplc-detektor-viyavlennya-zhuchkiv-i-kamer-scanner-bezdrotovii-chornii-t-8000-1eb66eb5-3ee8-6904-8b8e-9560a1232199.html?ssh=revenue&gclid=CjwKCAjw-e2EBhAhEiwAJI5jg04wfAUK2U-ikfugp1k6fs8K3J0vVC38BFpX75akG8IK9SaZditlHxoC4woQAvD\\_BwE](https://epicentrk.ua/shop/mplc-detektor-viyavlennya-zhuchkiv-i-kamer-scanner-bezdrotovii-chornii-t-8000-1eb66eb5-3ee8-6904-8b8e-9560a1232199.html?ssh=revenue&gclid=CjwKCAjw-e2EBhAhEiwAJI5jg04wfAUK2U-ikfugp1k6fs8K3J0vVC38BFpX75akG8IK9SaZditlHxoC4woQAvD_BwE) (дата звернення 1.05.2021).

3. Детектор жучків і прихованих камер — антижучок *YYS-820* — *ROZETKA*. URL: <https://rozetka.com.ua/220808257/p220808257> (дата звернення 1.05.2021).

4. Датчик інфрачервоного випромінювання; Модуль *Arduino* — Простые решения. URL: <https://xn--24-qddbav3bejldko8gxbye.xn--p1ai/products/datchik-plameni-arduino-ik-izlucheniya-infrakrasnyj> (дата звернення 8.05.2021).

5. Індикатор заряду на *TL431* — *RG-Gaming*. URL: <https://rg-gaming.ru/kompjutery/indikator-zarjada-na-tl431> (дата звернення 10.05.2021).

6. *LM93*. Описание, *datasheet*, схема включення, аналог — *Joyta.ru*. URL: <http://www.joyta.ru/9956-lm393-opisanie-datasheet-sxema-vklyucheniya-analog/> (дата звернення 15.05.2021).

7. Інтерфейс датчика вогню *Arduino* — *Electronics*. URL: <https://www.electronicshub.org/arduino-flame-sensor-interface/> (дата звернення 25.05.2021).

8. *BC547*. Описание, *datasheet*, схема включення, аналог — *Joyta.ru*. URL: <http://www.joyta.ru/9956-lm393-opisanie-datasheet-sxema-vklyucheniya-analog/> (дата звернення 27.05.2021).

					PI71.405226.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		43

9. ДСТУ 18001:2010 Системи управління гігієною та безпекою праці. — Чинний від 27.12.2010. — Київ: Держстандарт України, 2010.
10. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. — Чинний від 01.12.1999. — Київ: МОЗ, 1999.
11. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. — Чинний від 01.08.2010. — Київ: Міненергобуд, 2010.
12. ДСТУ Б А.3.2-12:2009 Система стандартів безпеки праці. Системи вентиляційні. Загальні вимоги. — Чинний від 28.02.2019. — Київ: Мінрегіон, 2009.
14. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. — Чинний від 01.12.1999. — Київ: МОЗ, 1999.
15. ДСТУ EN 61140:2015 Захист проти ураження струмом. Загальні аспекти щодо установок та обладнання. — Чинний від 01.08.2016. — Київ: УкрНДНЦ, 2016.
16. ПУЕ Правила улаштування електроустановок. — Чинний від 21.08.2017. — Київ: Міненерговугілля, 2017.
17. НПАОП 40.1-1.21-98 Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. — Чинний від 21.01.1998. — Київ: Держнаглядохоронпраці, 1998.
18. ДСТУ 7237:2011 Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту. — Чинний від 01.08.2011. — Київ: Держспоживстандарт України, 2011.
19. ДСН 239-96 Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань. — Чинний від 23.05.2017. — Київ: МОЗ, 2017.
20. ДСТУ Б.В.1.1-36-2016 Визначення категорій приміщень, будинків, установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. — Чинний від 01.01.2017. — Київ: УкрНДНЦ, 2017.
21. СНіП 2.01.02-85 Протипожежні норми. — Чинний від 01.01.1987. — Москва: Госстрой СССР, 1987.

					РІ71.405226.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		44

**ДОДАТОК А.**  
**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

ПОГОДЖЕНО

асист. Нікітчук А.В.

(керівник)



ЗАТВЕРДЖЕНО

д.т.н., проф. Нелін С.А

(В. о. зав. кафедри КІВРА)



ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

«Пристрій для виявлення камер с ІЧ-підсвіткою»

---

Київ 2021

## **1 НАЗВА, ШИФР І ПІДСТАВИ ДЛЯ ВИКОНАННЯ**

Назва дипломного проекту: «Пристрій для виявлення камер з ІЧ-підсвіткою».

Підстава для виконання: завдання, видане кафедрою радіоконструювання та виробництва апаратури від «8» квітня 2020 р.

## **2 МЕТА ВИКОНАННЯ І ПРИЗНАЧЕННЯ ПРОЕКТУ**

Метою є розробка схеми електричної принципової, друкованого вузла та конструкції пристрою, перевірка на працездатність та оформлення конструкції документації.

Пристрій призначений для детектування камер та інших пристроїв з ІЧ-підсвіткою.

## **3 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ**

### **3.1 Вимоги призначення**

Робоча напруга.....3,3-5 В.

Тип з'єднання.....бездротове.

Радіус виявлення.....10-12 м.

Тип сповіщення.....панель на пристрої.

Частотний діапазон.....від 1 МГц до 8 МГц.

Час автономної роботи.....8-10 год.

Живлення.....вбудований акумулятор.

### **3.2 Вимоги життєдіяльності та стійості до зовнішніх впливів**

Кліматичне виконання пристрою — УХЛ 4 (згідно ГОСТ 15150-69);

Захист від механічних пошкоджень — М13 (згідно ГОСТ 17516.1-90);

Ступінь захисту оболонки — IP44 (згідно ДСТУ ІЕС 60529:2019).

### **3.3 Вимоги надійності**

Пристрій повинен бути відновлюваний і ремонтпридатний згідно ДСТУ 2470-94.

Час безвідмовної роботи.....12000 годин.

### **3.4 Вимоги до конструкції**

Спосіб кріплення пристрою.....без кріплення.

Матеріал корпусу.....алюміній.

### **3.5 Вимоги технологічності**

Вимоги згідно ГОСТ 14.201-83.

### **3.6 Вимоги до дизайну і ергономіки**

Вимоги згідно ДСТУ 3943-2000 та ДСТУ 3944-2000

Колір корпусу.....темно-сірий.

Форма корпусу.....призма.

### **3.7 Вимоги до експлуатації, зручності і технічного обслуговування та ремонту**

Умови експлуатації:

- 1) Діапазон робочих температур від 0 С° до 45 С°;
- 2) Діапазон відносної вологості повітря від 0 % до 90 %.

Передбачити доступ до ремонту пристрою.

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

Вимоги згідно ДСТУ 7237:2011 та ДСТУ ISO 14001:2015.

### **3.9 Вимоги сумісності**

Вимоги згідно ДСТУ 2793-94.

### **3.10 Вимоги взаємозамінності**

Має бути можливість заміни елементної бази на таку ж саму чи аналогічну.

### **3.11 Вимоги до транспортування і зберігання**

Транспортувати автомобільним, залізничним, авіаційним та судовим видом транспорту в упакованому вигляді.

Умови зберігання пристрою — 1 Л (згідно ГОСТ 15150-69).

## **4 ВИМОГИ ДО СИРОВИНИ, МАТЕРІАЛІВ І ПОКУПНИХ КОМПЛЕКТУВАЛЬНИХ ВИРОБІВ**

В конструкції приладу повинні бути використані компонентна база та матеріали, які серійно випускає промисловість та дозволені до застосування в РЕА загального призначення.

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

Консервація пристрою не передбачена.

Пакування повинно мати достатню міцність аби зберегти виріб при транспортуванні.

Маркувати індикацію розряду.

## **6 ВИМОГИ ДО РОЗРОБЛЮВАНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ**

Оформлювати документацію згідно ДСТУ 3008:2015.

### **6.1 Орієнтовний зміст дипломного проекту**

Вступ

1. Аналіз ринку
2. Синтез схеми пристрою
3. Розробка друкованого вузла та конструкції приладу
4. Розрахунок, що підтверджує прцездатність
5. Охорона праці

Висновки

## **7 СТАДІЇ І ЕТАПИ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ**

Робота виконується в 9 етапів.

№	Назва етапу	Термін виконання	Форма звітності
1	Огляд існуючих рішень	04.05 – 08.05	Розділ 1
2	Розробка та аналіз технічного завдання	15.05 – 17.05	Розділ 1
3	Синтез схеми пристрою	24.05 – 31.05	Розділ 2
4	Розробка друкованого вузла	1.06- 3.06	Розділ 2
5	Розробка корпусу пристрою	4.06 – 5.06	Розділ 3
6	Перевірка на надійність	5.06 – 7.06	Розділ 4

## 8 ПОРЯДОК ПРИЙМАННЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ І МАТЕРІАЛІВ, ЯКІ ПОДАЮТЬ ПО ЗАКІНЧЕННЮ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ У ЦІЛОМУ

1. Представлення проміжних результатів дипломного проекту керівнику в зазначені терміни.
2. Представлення завершеного дипломного проекту керівнику.
3. Перевірка дипломного проекту на наявність плагіату.
4. Представлення кафедрі завершеного дипломного проекту за 10 днів до дати захисту.
5. Захист дипломного проекту перед екзаменаційною комісією.

Виконавець

Вел

Владислав ЛЄВІКІН

Керівник

Арт

Артем НІКІТЧУК

## ДОДАТОК Б.

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кіл.	Прим.
				<u>Документація</u>		
A3			PI71.4052261.001 E3	Схема ел. принципова		
A3			PI71.405226.001 E1	Схема ел. структурна		
A3			PI71.405226.001 СК	Складальний кресленик		
A4			PI71.405226.001 ПЗ	Пояснювальна записка		
				<u>Складальні одиниці</u>		
A3	2	2	PI71.405226.001	Друкований вузол	1	
				<u>Деталі</u>		
A3		9	PI71.73526.001	Корпус	1	
A3		1	PI71.73526.002	Кришка	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		5		Гвинт M3 2,5 x 5 ISO(DIN 7380)	10	
Змі н	Арк	№ докум.	Підп.	Дат а	PI71.405226.001	
Розроб.	Левікін				Друкований вузол	Літ.
Перев.	Нікітчук					Аркуш
Н. конт.	Попсуй					Аркуші
Затв.	Нікітчук					1 2



Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кіл.	Прим.
				<u>Інші вироби</u>		
		8		Скло Sunway SWG-450 33 x 33mm ISO 9802	1	
		7		Скло Sunway SWG-450 11 x 11mm ISO 9802	6	
		6		Акумулятор Best Toys 4,8 V 700 mAh	1	
		4		Шлейф електричний ГОСТ 31947-2012	6	
		3		Інфрачервоний датчик Arduino 42 x 19mm	6	
				<u>Матеріали</u>		
				Клей монтажний Tytan 310ml ISO 17212: 2012		
Змі	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	PI71.405226.001	
н	-			а		
						2

# ДОДАТОК В.

## ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання	2	
2	A3	PI71.405226.001 E1	Схема структурна	1	
3	A3	PI71.405226.001 E3	Схема електрична принципова	1	
4	A3	PI71.405226.001	Друкована плата	1	
5	A3	PI71.40526.001 СК	Друкований вузол	1	
6	A3	PI71.735624.001	Основа	1	
7	A3	PI71.735624.002	Кришка	1	
8	A3	PI71.735624.003	Пристрій виявлення ІЧ-камер	1	
9	A4	PI71.407151.001 ПЗ	Пояснювальна записка	52	

				PI71.405226.001		
	ПІБ	Підп.	Дата	Пристрій виявлення камер з ІЧ-підсвіткою	Лист	Листів
Розробн.	Левікін В. Г.	Вел	07.06		1	1
Керівн.	Нікітчук А. В.				КПІ ім. Ігоря Сікорського РТФ, РІ-71	
Н/контр.	Попсуй В. І.					
Зав.каф.	Нелін Є. А.					