

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

Радіотехнічний факультет

(повна назва інституту/факультету)

Кафедра радіоконструювання та виробництва радіоапаратури

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Е.М.М.  
(підпис)

Є. І. Мелік  
(ініціали, прізвище)

“14” 06 2019 р.

Дипломний проект  
на здобуття ступеня бакалавра

За напрямом підготовки 6.050902 Радіоелектронні апарати

(код та назва спеціальності)

на тему: портативний зарядний пристрій

Виконав (-ла): студент (-ка) 4 курсу, групи РК-51

(шифр групи)

Макаренко Владислав Сергійович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

М.В.М.  
(підпис)

Керівник асист. Зінгер Л.Л.

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

З.  
(підпис)

Консультант з охорони праці доцент, к.т.н., Каптанов С.Ф.

(назва розділу)

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

С.Ф.  
(підпис)

Рецензент доц. каф. РОС, к.т.н. Лещевська Ю.О.

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

Ю.О.  
(підпис)

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

Студент

М.В.М.  
(підпис)

Київ – 2019 року

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

Факультет (інститут) радіотехнічний  
(повна назва)

Кафедра радіоконструювання та виробництва радіоапаратури  
(повна назва)

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

За напрямом підготовки 6.050902 Радіоелектронні апарати  
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Є.А. Нелін  
(ініціали, прізвище)

«15» травня 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект (роботу) студенту

Макаренку Владиславу Сергійовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Портативний зарядний пристрій

керівник проекту (роботи) Зінгер Руслан Леонідович  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «27» травня 2019 р. № 1399

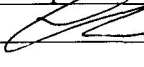
2. Строк подання студентом проекту (роботи) 14 червня 2019 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Потужність: 15 Вт (не більше),  
напруга живлення: +5В. Струм: до 2,1А, Управління: пристрій  
повинен мати кнопку ON/OFF, швидкоздатності на стійкості  
до зовнішніх впливів і шумів. Кліматичні впливи  
УХЛ11 згідно ГОСТ 15150-69. Зонист від механічних  
впливів М4 згідно ГОСТ 16019-2001

4. Зміст (дипломної роботи) розрахунково-пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити) 1. Вивед існуючих рішень. Аналіз технічного завдання. 2. Вибір та обґрунтування елементної бази. 3. Проектування елементного модуля. 4. Проектування приладу. 5. Охорона праці.

5. Перелік (ілюстративного) графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів тощо) всередині структурно-логічної схеми електричної принципи, креслення друкованої плати, складання креслення друкованого вузла, плакат з ілюстрацією коду

6. Консультанти розділів проекту (роботи)\*

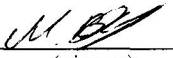
| Розділ          | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата                                                                       |                                                                                     |
|-----------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|                 |                                           | завдання видав                                                                     | завдання прийняв                                                                    |
| 3 охорони праці | к.т.н., доцент Каштанов С.Ф.              |  |  |
|                 |                                           |                                                                                    |                                                                                     |

7. Дата видачі завдання 15 травня 2019 року

Календарний план

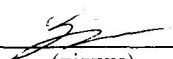
| № з/п | Назва етапів виконання дипломного проекту (роботи) | Строк виконання етапів проекту (роботи) | Примітка |
|-------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------|
| 1     | Вивед існуючих рішень                              | 06.05 - 08.05                           |          |
| 2     | Розробка та аналіз технічного завд.                | 09.05 - 14.05                           |          |
|       | Обґрунтування та вибір структурного рин.           | 15.05 - 19.05                           |          |
|       | Вибір та обґрунтування елементної бази             | 20.05 - 22.05                           |          |
|       | Проектування електричного модуля                   | 23.05 - 26.05                           |          |
|       | Проектування приладу                               | 27.05 - 28.05                           |          |
|       | Аналіз працездатності приладу                      | 29.05 - 30.05                           |          |
|       | Охорона праці                                      | 23.05 - 24.05                           |          |
|       | Структурна схема і з'єднаний др.                   | 30.05 - 03.06                           |          |

Студент

  
(підпис)

В.С. Махарицько  
(ініціали, прізвище)

Керівник проекту (роботи)

  
(підпис)

В.А. Зигер  
(ініціали, прізвище)

\* Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проекту (роботи)

## АНОТАЦІЯ

Дипломний проект на тему «Портативний зарядний пристрій» виконано на 46 сторінках, що включають 19 ілюстрацій, 8 таблиць, 3 додатків та 16 бібліографічних посилань.

Метою даного проекту є розробка приладу «Портативний зарядний пристрій», який має можливість відновлювати акумулятори.. Для вирішення поставленої мети було оглянуто існуючі рішення на ринку та схемотехнічні. Була обрана компонентна база, розроблена схема електрична принципова. Розраховано елементи друкованого монтажу та розроблена друкована плата. Спроектовано зовнішній вигляд корпусу та обрано його зовнішній вигляд, матеріал та розміщення органів управління і індикації.

Ключові слова: акумулятор, зарядний пристрій, портативний.

## ANNOTATION

Diploma project on "Portable Charger" is executed on 46 pages, including 19 illustrations, 8 tables, 3 appendices and 16 bibliographic references.

The purpose of this project is to develop the device "Portable Charger", which can restore the batteries. To solve this goal, the existing solutions on the market and circuitry were examined. The component base was chosen, the electric circuit design was developed in principle. Printed circuit elements are calculated and a printed circuit board is designed. The exterior of the body has been designed and its appearance, material and placement of controls and displays are selected.

Keywords: accumulator, charger, portable.

## ЗМІСТ

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| Перелік скорочень.....                                                      | 3  |
| 1 Огляд існуючих рішень. Аналіз технічного завдання.....                    | 5  |
| 1.1 Огляд існуючих рішень .....                                             | 5  |
| 1.1.1 Огляд та аналіз аналогів на ринку.....                                | 7  |
| 1.1.2 Огляд та аналіз схемотехнічних рішень .....                           | 10 |
| 1.2 Аналіз технічного завдання .....                                        | 11 |
| 2 Вибір та обґрунтування елементної бази .....                              | 14 |
| 2.1 Розробка схеми електричної структурної та принципової .....             | 14 |
| 2.2 Варіанти проробки пристрою .....                                        | 16 |
| 3 Проектування електронного модуля.....                                     | 19 |
| 3.1 Розрахунок контактних майданчиків.....                                  | 19 |
| 3.1.1 Вибір класу точності плати та щільності виробництва .....             | 20 |
| 3.2 Визначення габаритів друкованої плати, параметрів.....                  | 21 |
| 3.3 Робота в редакторі Altium PCB.....                                      | 22 |
| 4 Проектування приладу .....                                                | 25 |
| 4.1 Експорт плати з Altium в SolidWorks.....                                | 25 |
| 4.2 Розробка корпусу приладу в програмному забезпеченні<br>SolidWorks ..... | 25 |
| 4.3 Перевірка працездатності.....                                           | 27 |
| 5 Охорона праці.....                                                        | 29 |

|           |            |          |        |      |                                      |           |      |        |  |
|-----------|------------|----------|--------|------|--------------------------------------|-----------|------|--------|--|
|           |            |          |        |      | PK51.563322.001 ПЗ                   |           |      |        |  |
| ЗМ.       | Лист       | № докум. | Підпис | Дата | Портативний<br><br>зарядний пристрій | Літ.      | Лист | Листів |  |
| Розро-    | Макаренко  |          |        |      |                                      |           | 1    |        |  |
| Переві-   | Зінгер Я.Л |          |        |      |                                      |           |      |        |  |
|           |            |          |        |      |                                      |           |      |        |  |
| Н. Контр. | Попсуй В.І |          |        |      |                                      | PK-51 РТФ |      |        |  |
| Затвер-   |            |          |        |      |                                      |           |      |        |  |

|        |                                                                                                                                   |     |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.1    | Визначення основних шкідливих та небезпечних факторів під час розробки, проектування, виготовлення та експлуатації пристрою ..... | 29  |
| 5.2    | Відповідність параметрів виробничого приміщення санітарним нормам.....                                                            | 31  |
| 5.2.1  | Відповідність параметрів мікроклімату робочого приміщення санітарним нормам.....                                                  | 32  |
| 5.2.2  | Виконання вимог безпеки при проведенні технологічного процесу пайки ЕРЕ.....                                                      | 33  |
| 5.2.3  | Відповідність освітлення робочих місць санітарним нормам.                                                                         | 34  |
| 5.2.4  | Електробезпека на робочому місці .....                                                                                            | 36  |
| 5.2.5. | Розрахунок електромережі із зануленням на відключаючу ...                                                                         | 37  |
| 5.3    | Пожежна безпека та профілактика.....                                                                                              | 38  |
|        | Висновки .....                                                                                                                    | 41  |
|        | Перелік джерел посилань .....                                                                                                     | 42  |
|        | Додаток А. Технічне завдання.....                                                                                                 | 44  |
|        | Додаток Б. Перелік елементів.....                                                                                                 | 90  |
|        | Додаток В. Специфікація .....                                                                                                     | 100 |

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

DC — direct current (постійний струм);

ДП — друкована плата;

ДДП — двошарова друкована плата;

КД — конструкторська документація;

ККД — коефіцієнт корисної дії;

ПХЛ — помірно холодний клімат;

РЕА — радіоелектронна апаратура;

ТЗ — технічне завдання;

|     |     |          |        |      |
|-----|-----|----------|--------|------|
|     |     |          |        |      |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |

РК51.563322.001 ПЗ

Лист

3

## ВСТУП

Завданням даного дипломного проекту є проектування портативного зарядного пристрою, який має можливість відновлювати акумулятори.

Середньо статистичному українцю важко уявити своє життя без електронного помічника в XXI столітті. Зі збільшенням можливостей мобільних комп'ютерів збільшились витрати енергії. Не дивлячись на вдосконалення технологій, при активному використанні енергії для мобільного помічника може не вистачити до кінця дня. Для таких випадків і були винайдені портативні зарядні пристрої.

Лінійні зарядні пристрої мають коефіцієнт корисної дії (ККД), що не перевищують 50% і відносно великі габарити та масу. Тому останнім часом все ширше використовуються імпульсні джерела живлення. ККД таких пристроїв досягає 98%, а габаритні розміри в кілька разів менші ніж у лінійних. Саме тому проектування зарядного пристрою проводимо на основі імпульсних перетворювачів.

**DC-DC перетворювачі** — це імпульсні перетворювачі однієї постійної напруги в іншу (імпульсні джерела живлення, DC-DC конвертори). DC-DC перетворювач відноситься до пристроїв високочастотної мікроелектроніки, і може бути використаний як для зарядки пристроїв (девайсів), так і для їх безпосереднього живлення [2].

## 1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

В цьому розділі буде розглянуто існуючі пристрої та їхні схемотехнічні рішення. Це дозволить обрати корпус приладу, його функціонал, та схему. При цьому врахування недоліків існуючих рішень дозволить зробити пристрій більш якісним та, можливо, дешевшим.

### 1.1 Огляд існуючих рішень

На сьогодні є різні портативні зарядні пристрої. Основні відмінності між ними полягають в ємності влаштованих акумуляторів, максимальному вихідному струмі, спосіб подачі вихідної напруги. В залежності від ємності розміри зарядного пристрою можуть змінюватись. Вихідна напруга може формуватись або мікросхемою, що стабілізує напругу, або *DC-DC* перетворювачем.

Зростаюча популярність перетворювачів напруги постійного струму з розширеним діапазоном вхідної напруги пов'язана з цілим рядом переваг їх застосування, що включають в себе спрощення схем захисту від перешкод, зменшення вартості готового виробу, можливість створення універсальних джерел живлення і т.д. Компанія *GAIA Converter* анонсувала випуск нового сімейства високонадійних перетворювачів з вихідною потужністю до 60 Вт, що забезпечують дванадцятикратне перекриття по вхідній напрузі і призначені для застосування в авіаційних і оборонних розробках.

Одним з основних напрямків розвитку модулів *DC-DC* перетворювачів є збільшення діапазону вхідних напруг. Модулі живлення з розширеним діапазоном активно використовуються в пристроях промислової автоматики, охоронних системах, вимірювальній техніці і побутових електронних пристроях. Однак найкращим чином їх переваги розкриваються в складі джерел живлення автомобільних, телекомунікаційних пристроїв, а також в розробках авіаційного, залізничного та космічного призначення, що проектується на основі жорстких вимог галузевих стандартів. Вони практично незамінні при виробництві апаратури, яка повинна зберігати працездатність і забезпечувати дов-

гочасну надійність при значних відхиленнях зовнішньої напруги живлення від норми при надзвичайно високому рівні імпульсних перешкод.

Існує великий вибір стандартних *DC-DC* перетворювачів з відповідним номіналом входних напруг. При цьому для відповідності всім вимогам стандартів застосовуються додаткові схемотехнічні рішення, що забезпечують захист входних кіл від включення зі зворотною полярністю, перенапруг, короточасних імпульсних перешкод, що поширюються по лініях живлення, і т.д. Активні і пасивні захисні схеми будуються із застосуванням активних і пасивних електронних компонентів відповідно. Кожен із способів має свої переваги і недоліки. Схеми на дискретних компонентах відрізняються простотою реалізації, вони використовують плавкі і самовідновлювані запобіжники для захисту від перевантаження по струму, варистори, стабілітрони і *TVS*-діоди - від перевантаження по напрузі, випрямні діоди - від неправильної полярності живлення. Плавкі і самовідновлювані запобіжники мають обмеження по швидкодії.

В основі активних захисних схем лежить застосування додаткових зовнішніх транзисторів і спеціалізованих мікросхем, що забезпечують найвищу ступінь захисту. Вони безперервно відстежують робочі параметри джерела живлення і в разі виникнення аварійних ситуацій, дозволяють обмежити вплив тривалих перенапруг і перенавантажень або провести оперативне відключення модулів від шини живлення. До мінусів такого рішення слід віднести ускладнення схеми, збільшення займаної площі на друкованій платі і значне збільшення вартості. Використання мікросхем з широким входним діапазоном допомагає усунути ці недоліки і дозволяє з запасом перекрити весь діапазон напруг живлення, а також в ряді випадків скоротити або навіть усунути необхідність використання зовнішніх елементів захисту. Підсумкове рішення відрізняється компактністю і високою стійкістю до дії потужних перешкод.

Додатковим плюсом подібних *DC-DC* перетворювачів є універсальність їх застосування. При створенні джерел живлення вирішується безліч завдань, що включають в себе вибір елементної бази, проектування принципової схе-

|     |     |          |        |      |                    |      |
|-----|-----|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |     |          |        |      | РК51.563322.001 ПЗ | Лист |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |                    | 6    |

ми з урахуванням *ЕМС*, розробку топології друкованої плати, вибір і обґрунтування корпусного виконання з урахуванням умов експлуатації і теплових режимів роботи займає багато часу, тому найбільш вдалі рішення, отримані в результаті довгої та кропіткої роботи, розробник намагається використовувати повторно.

Модулі з широким вхідним діапазоном напруг дозволяють без значної модернізації застосувати розроблене джерело при зміні напруги шини живлення. Так блок живлення, розроблений для бортової мережі легкового автомобіля 12 В, підходить для вантажних автомобілів (24 В), телекомунікаційних пристроїв (48 В) і пристроїв промислової автоматики (24 В).

Переваги такого підходу очевидні:

- зниження витрат на перепроєктування (розробку, тестування, впровадження);
- зменшення складності монтажу пристроїв в результаті повторного використання трафаретів, температурних профілів пайки і т.д .;
- скорочення витрат на закупівлю нових електронних компонентів;
- зменшення часу розробки.

#### 1.1.1 Огляд та аналіз аналогів на ринку

На сьогоднішній день є досить багато зарядних пристроїв, всі вони відрізняються своїми можливостями, та об'ємом акумуляторів. Проаналізуємо можливі варіанти.

*Fermit T22*, який зображено на рис. 1.1.

|     |     |          |        |      |                    |      |
|-----|-----|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |     |          |        |      | РК51.563322.001 ПЗ | Лист |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |                    | 7    |



Рисунок 1.1 — Портативний зарядний пристрій ТМ «Fermi» T22

Параметри:

- ємність акумулятора 6000 мАгод;
- індикація про стан акумуляторів виводиться на екран пристрою;
- має 2 роз'єми для зарядки типу *Micro-USB*;
- вихідний струм 2,1 А.

Цей зарядний пристрій має пластмасовий корпус, що робить його дешевим у виробництві. Також є плюсом наявність двох вихідних роз'ємів з досить великим вихідним струмом. Та індикація на цифровий дисплей полегчує користування пристроєм, відображаючи заряд акумуляторів у відсотках.

*Fermi* T49, який зображено на рис. 1.2.

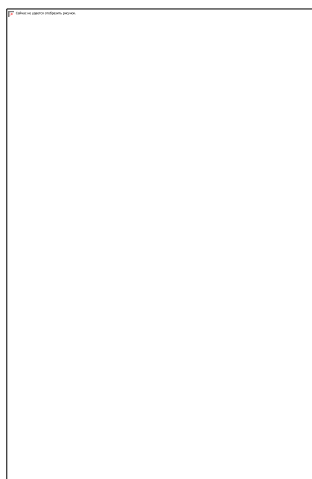


Рисунок 1.2 — Портативний зарядний пристрій ТМ «Fermi» T49

Ємність акумуляторів 10000 мА год;

Індикація про стан акумуляторів здійснена у вигляді чотирьох індикаторів;

Має 2 роз'єми для заряду типу *Micro-USB*;

Вихідний струм 2,1 А;

Зарядний пристрій схожий на попередній, але має не зручний індикатор, на якому не зрозуміло, скільки часу він пропрацює.

*Fermi T23 WC*, який зображено на рис. 1.3.



Рисунок 1.3 – Портативний зарядний пристрій ТМ «Femi» T23 WC

Ємність акумуляторів 6000 мАгод;

Індикація про стан акумуляторів виводиться на цифровий дисплей;

Функція бездротової зарядки;

2 роз'єми для заряду типу *Micro-USB*;

Даний пристрій має все, що потрібно розвинутому користувачу на сьогоднішній день. Функція бездротової зарядки збереже кабелі та роз'єм від поломки. Зручний та зрозумілий цифровий індикатор.

Виходячи з огляду аналогів, було прийнято рішення розробити зарядний пристрій, який матиме міцний та легкий пластиковий корпус, зручний у користуванні. З функцій були обрані:

- LCD екран, який вказуватиме заряд акумуляторів у відсотках
- кнопку ON/OFF
- два вихідних роз'єми з вихідним струмом 2,1 А.

– чотири акумулятори типорозміру 18650, сумарною ємністю до 10 А  
год

### 1.1.2 Огляд та аналіз схемотехнічних рішень

Існує безліч різних схемотехнічних рішень, починаючи з простих та дешевих, та закінчуючи складними, та дорогими.

Найпростіша схема зарядного пристрою складається зі звичайного DC-DC перетворювача, який зображено на рис. 1.4, акумулятору та USB роз'єму.

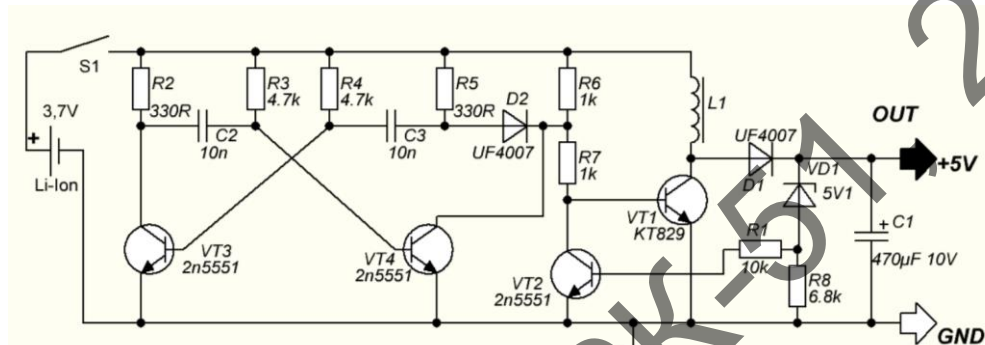


Рисунок 1.4 — DC-DC перетворювач

Схема дуже проста та дешева, але має ряд недоліків:

Не має захисту від переплюсовки, термозахисту, захист від КЗ, та захисту ві розрядку акумулятору.

Не має індикатору стану акумулятору (але це можливо виконати за допомогою вольтметра).

Більш поширена схема зарядного пристрою зображена на рис. 1.5 .

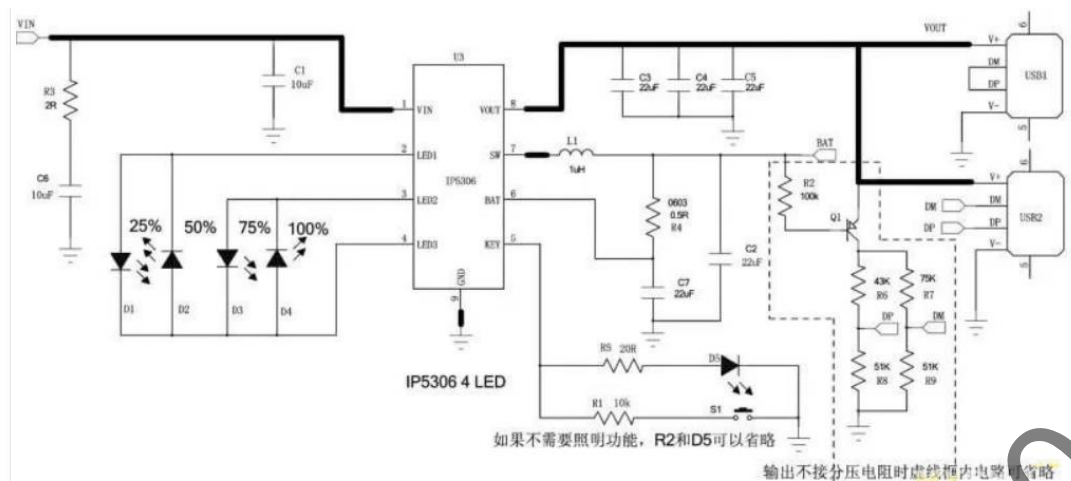


Рисунок 1.5 — поширена схема зарядного пристрою

Дана схема включає в себе індикатори заряду, захист від розряду акумуляторів. Але дана схема не має термозахисту, та призначена для плоских Литій-іонних акумуляторів, які дуже швидко виходять з ладу, та складні в заміні.

Виходячи з аналізу схемотехнічних рішень, була обрана поширена схема, але з деякими змінами, які зроблять її дешевше, не втрачаючи функціоналу, за винятком бездротової зарядки, так як її можливо придбати окремо.

## 1.2 Аналіз технічного завдання

Портативний зарядний пристрій повинен відповідати кліматичним умовам експлуатації за ГОСТ 15150-69 [3]. При виконанні УХЛ 4.2: температура від +10 до +40°C, граничні температури: мінімальна -10°C, максимальна +55°C. При 25°C відносна середня вологість 80 %.

Пристрій має бути орієнтований на використання живлення гальванічних елементів з напругою 3 – 4,2 В.

Середній час безвідмовної роботи не менше 1200 циклів заряду акумуляторів. Середній строк служби, не менше 1-го року. Тому обрані акумулятори компанії LG моделі G4 та ємністю до 3 А/год кожен.

Зарядний пристрій за стійкістю до механічних і кліматичних впливів повинен відповідати категорії Н7 згідно ГОСТ 16019-2001. Переносна, експлуатована на відкритому повітрі або в неопалюваних наземних і підземних споруд. Стійкість при вібрації в діапазоні частот 10–70 Гц, амплітуда прискорення 0,1 м/с².

рення 19,6 м/с<sup>2</sup>. Тривалість впливу 90 хв. Пікове ударне прискорення 98 м/с<sup>2</sup>. Тривалість удару 16 мс. Висота падіння при масі до 2 кг. 1000 мм.

Для забезпечення мінімальної вартості одиничного виробництва, слід використовувати деталі та матеріали, що є у вільному доступі.

Пристрій повинен мати вимикач, індикатори, вхідні та вихідні роз'єми.

Для кращої ремонтпридатності корпус повинен бути розбірним.

Згідно пункту 1 технічного завдання: розроблюваний пристрій є портативним зарядним пристроєм:

Для забезпечення зарядки мобільного телефону струмом 2,1 А як вимагає ТЗ необхідно:

- обрати потужні гальванічні елементи;
- обрати потужний високочастотний вихідний транзистор;
- обрати таку частоту перетворення, щоб максимально зменшити габарити пристрою;
- спроектувати друковану плату з урахуванням електромагнітної сумісності, діючих струмів та напруг.

Зарядний пристрій є портативним, переносним пристроєм.

Аналіз схеми дозволив встановити, що прилад на лицевій стороні матиме екран, на який буде виводитись інформація, кнопка, яка вмикатиме живлення. Попередній вигляд корпусу наведено на рис. 1.6.

|     |     |          |        |      |                    |      |
|-----|-----|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |     |          |        |      | РК51.563322.001 ПЗ | Лист |
|     |     |          |        |      |                    | 12   |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |                    |      |

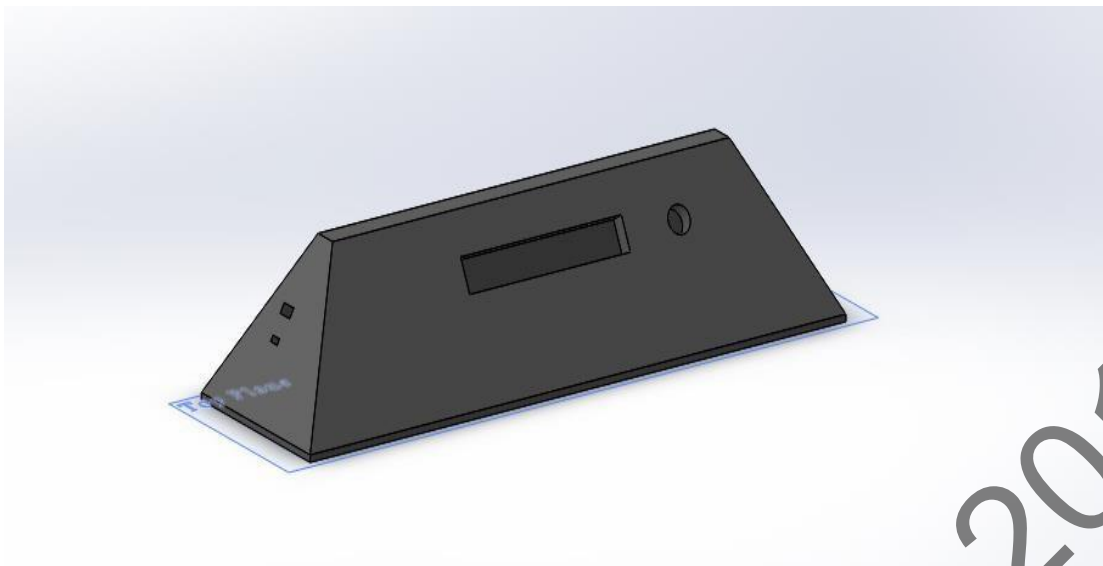


Рисунок 1.6 — Попередній вигляд корпусу

На правому боці прилад матиме 2 роз'єми (типу *USB 2.0*) для зарядки зовнішніх приладів, та роз'єм (типу *microUSB*) для зарядки самого пристрою.

## 2 ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ

### 2.1 Розробка схеми електричної структурної та принципової

Перед розробкою схеми електричної принципової, була розроблена схема структурна рис. 2.1, яка вказуватиме на роботу та функціонал пристрою.

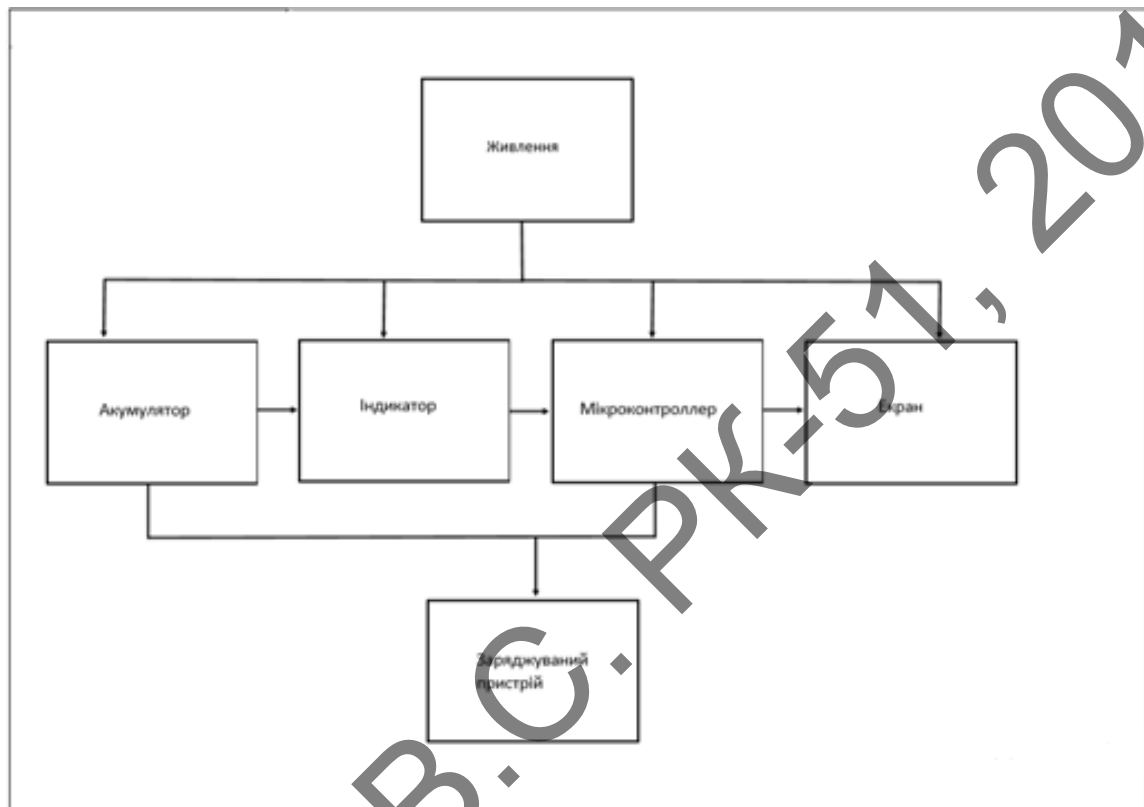


Рисунок 2.1 — Схема електрична структурна

Спочатку живлення надходить на чотири однакових зарядних пристрої, які заряджають акумулятори незалежно від інших елементів схеми.

За допомогою чотирьох діодів ( $D2-D5$ ) організований захист від установки акумулятора в неправильній полярності. Також завдяки цим діодам мікроконтролер може стежити незалежно за напругою кожного акумулятора.

Після діодів напруга надходить на підвищувальний перетворювач, який забезпечує на виході 5 В зі струмом до 2,1 А. Мікроконтролер управляє роботою перетворювача, періодично включаючи його на короткий час. Даний режим необхідний для визначення підключення навантаження і автоматичного включення зарядного пристрою.

Мінусовий контакт *USB* роз'ємів підключений через ключовий транзистор і струмовий шунт. Напруга від шунта вимірюється мікро контролером і

|     |     |          |        |      |                    |            |
|-----|-----|----------|--------|------|--------------------|------------|
|     |     |          |        |      | РК51.563322.001 ПЗ | Лист<br>14 |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |                    |            |

на екран виводяться дані про струми споживання. Транзистор відключає навантаження при перевищенні струму, управляється від мікроконтролера.

Данні, які отримує основна мікросхема від сенсорі обробляються, та надходять на екран. В ці дані входять:

- Заряд акумуляторів зарядного пристрою у відсотках;
- Вихідний струм та напруга;
- Стан зарядку підключеного навантаження;

Зарядний пристрій має п'яте коло, не залежне від акумуляторів, що дає змогу заряджати підключене навантаження на пряму, не використовуючи власні акумулятори. Тим самим наносить менше кривди об'єму акумуляторів, та підвищує їхню надійність.

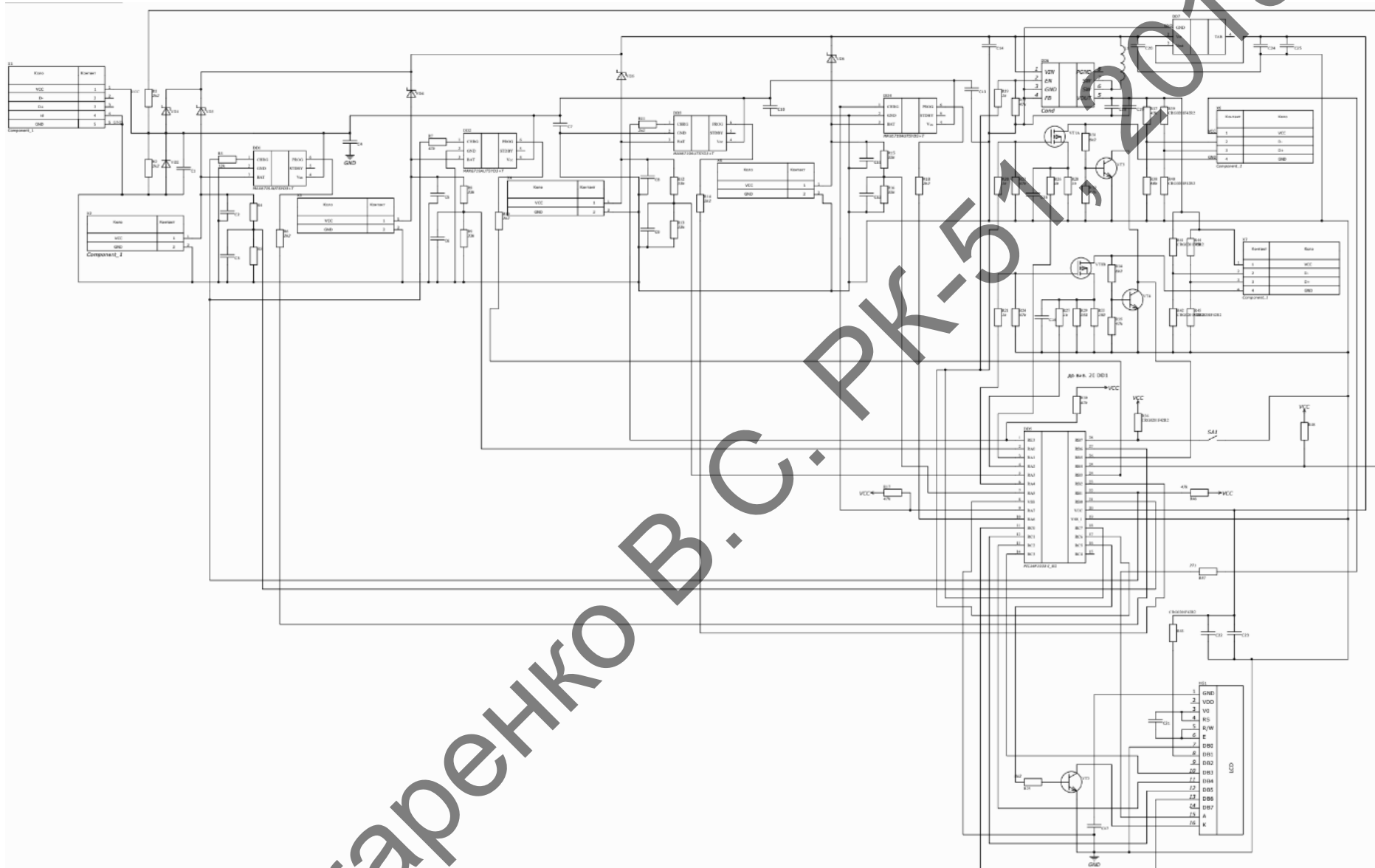


Рисунок 2.2 — Схема електрична принципова

Виконано вибір елементної бази з урахуванням усіх вимог, що задовольняють технічне завдання. Розроблено та зібрано схему електричну принципову в програмному середовищі *Altium Designer*. Виконано перевірку схеми електричної принципової.

## 2.2 Варіанти проробки пристрою

Перед реалізацією портативного зарядного пристрою, було проведено аналіз варіантної проробки пристрою і до уваги були взяті 3 варіанти:

- 1) Поверхневий монтаж ЕРЕ на ДП;
- 2) Використання друкованого монтажу (майже всі елементи встановлені на ДП);
- 3) Використання комбінованого методу на основі перших двох варіантів;

Проаналізуємо перший варіант:

Поверхневий монтаж передбачає технологію виготовлення електронних пристроїв, в якій компоненти встановлюються безпосередньо на поверхню друкованої плати. Компоненти для поверхневого монтажу називаються SMD. Основні переваги SMT перед старішим методом наскрізного монтажу:

- 1) Зниження маси і розмірів друкованих вузлів за рахунок відсутності виводів у компонентів або їх меншої довжини, а також збільшення щільності компонування і трасування, зменшення розмірів самої бази та зменшення кроку виводів.
- 2) Поліпшення електричних характеристик: за рахунок зменшення довжини виводів і більш щільного компонування елементів значно поліпшується якість передачі слабких і високочастотних сигналів, знижується паразитна ємність та індуктивність.
- 3) Можливість розміщення деталей по обидві сторони друкованої плати.
- 4) Менша кількість отворів, які необхідно виконати у платі.
- 5) Істотне зниження собівартості серійних виробів за рахунок використання засобів автоматизації монтажу компонентів

|     |     |          |        |      |
|-----|-----|----------|--------|------|
|     |     |          |        |      |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |

PK51.563322.001 ПЗ

Лист  
16

Оскільки виробництво портативного зарядного пристрою одиночне, вибір матеріалів обмежується їх наявністю у вільному доступі та дозволом за діючими стандартами їх використання у радіоелектронних пристроях. З цих міркувань корпус зарядного пристрою буде виготовлений на 3D – Принтері з ABS пластику, та буде складатися з двох деталей: корпус, та кришка пристрою. На лицевій стороні пристрою буде знаходитись прямокутний виріз для екрану, та отвори для кнопки та роз'ємів.

Елементна база обирається за наступними критеріями:

елементна база визначає вартість пристрою;

елементна база повинна забезпечувати працездатність зарядного пристрою в заданих кліматичних умовах за ТЗ;

Перед вибором елементів спочатку виконаємо експертну оцінку за параметрами резисторів:

Таблиця 2.1 — порівняльна таблиця резисторів

| Параметри                   | Ваговий коефіцієнт | Марка резисторів   |                    |                    |
|-----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                             |                    | YAGEO              | Panasonic          | VISHAY             |
| Вартість<br>Грн./шт         | 5                  | 2,15               | 1                  | 1,45               |
| Габарити<br>ДхШ             | 2                  | 3,20x1,61          | 3,2x1,6            | 3,1x1,6            |
| Діапазон робочих температур | 1                  | -55°C<br>... 155°C | -55°C<br>... 155°C | -55°C<br>... 175°C |
| Номинальний опір            | 2                  | 100 кОм            | 100 кОм            | 100 кОм            |
| Точність E24                | 3                  | 1%                 | 5%                 | 1%                 |
| Потужність                  | 3                  | 0,6 Вт             | 0,66 Вт            | 0,75 Вт            |

Продовження таблиці 2.1

|     |     |          |        |      |
|-----|-----|----------|--------|------|
|     |     |          |        |      |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |

PK51.563322.001 ПЗ

Лист

17

|         |  |   |    |    |
|---------|--|---|----|----|
| Σ балів |  | 7 | 12 | 11 |
|---------|--|---|----|----|

За кількістю балів обираємо резистори Panasonic.

За допомогою такого принципу оцінюють конденсатори, та інші електро радіоелементи (ЕРЕ).

В даному виготовленні портативного зарядного пристрою використовуються наступні деталі.

– Конденсатори для поверхневого монтажу компанії YAGEO. Основними параметрами конденсаторів є ємність, типорозмір та номінальна напруга. Було вирішено обрати конденсатори типорозміру 1206;

– Транзистори компанії: Nexperia (MMBT3904) та CET (CEM9926A);

– Мікросхеми компаній: Billiton Ltd (TP4067), Avnet (APL5508-22A), Anpec Electronics (MT5032) та Microchip Technology (PIC16D1933);

– Діоди компаній Dc Components (SMBJ5.0) та General Semiconductor (SS34);

– Роз'єми USB та mUSB;

|     |     |          |        |      |
|-----|-----|----------|--------|------|
|     |     |          |        |      |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |

PK51.563322.001 ПЗ

Лист  
18

### 3 ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРОННОГО МОДУЛЯ

#### 3.1 Розрахунок контактних майданчиків

Розрахуємо розміри контактних майданчиків для елементів поверхневого монтажу за формулою:

$$Dk = Dv + 0,3 ,$$

де  $Dk$  — розміри контактних майданчиків;  $Dv$  — розміри виводів.

Отримані значення наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 — Розміри для елементів поверхневого монтажу

| Назва елемента | $Dv$                     | $Dk$      |
|----------------|--------------------------|-----------|
| MMBT3904       | 2,2x2,2                  | 0,4x0,4   |
| CEM9926A       | 5,1x6                    | 0,35x0,41 |
| Tr4057         | 3x3                      | 0,3x0,3   |
| APL5508-22AC   | 3,1x1,8                  | 0,25x0,37 |
| MT5032A        | 4,9x6,2                  | 0,61x0,81 |
| PIC16F1933     | 10,5x8,2                 | 0,95x2,15 |
| SMBJ 5.0       | Рекомендовано виробником | 1,52x2,18 |
| SS34           | 4,5x2,8                  | 1,2x0,76  |
| Резистори      | 2,0x3,35                 | 2,3x3,65  |
| Конденсатори   | 0,75x2,6                 | 1,05x2,9  |
| 2R2            | Рекомендовано виробником | 1,1x1,1   |

Розрахуємо діаметри отворів для вивідних елементів за формулою:

$$Do = Dv + 0,2 ,$$

де  $Do$  — розміри отворів для вивідних елементів.

Розрахуємо розміри контактних майданчиків для вивідних елементів за формулою:

$$Dk = Do + 0,6$$

За умови  $Do \geq 1,1$  розміри контактних майданчиків розрахуємо за формулою:

$$Dk = Do + 0,8 \div 1$$

Отримані значення наведено в табл. 3.2.

|     |     |          |        |      |
|-----|-----|----------|--------|------|
|     |     |          |        |      |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |

PK51.563322.001 ПЗ

Лист

19

Таблиця 3.2 — Розміри для вивідних елементів

| Назва елемента | $D_v$                    | $D_o$ | $D_k$ |
|----------------|--------------------------|-------|-------|
| USB A          | 1                        | 1,2   | 2     |
| mUSB           | Рекомендовано виробником | 0,8   | 1,4   |
| Кнопка         | Рекомендовано виробником | 1,1   | 1,9   |

Використовуючи отримані дані можна приступити до створення схеми електричної принципової в програмному середовищі *Altium Designer*.

Оскільки схема, відповідно за завдання, має велику кількість елементів поверхневого монтажу, то дана плата орієнтовно матиме двосторонній монтаж та два шари металізації, тож її доцільно виготовляти комбінованим позитивним методом. Проте такий метод має певні недоліки, зокрема при металізації отворів відкриті ділянки основи насичуються хімічними розчинами і отримують, за рахунок цього, підвищену провідність.

Матеріалом плати обрано фольгований склотекстоліт *FR-4 High TG H / 30Z* ламінат категорії *FR-4* (не горючий), марки S1170 фірми *Shengyi*, високотемпературний *High TG*, з температурою склування  $170^{\circ}\text{C}$ . Склотекстоліт має високу механічну міцність, термостійкість, низькі втрати, високий поверхневий опір.

Фольга була обрана товщиною 105мкм. Оскільки плата має маленькі розміри, але по ній протікають великі струми.

### 3.1.1 Вибір класу точності плати та щільності виробництва

Щоб отримати пристрій невеликих габаритів та легким треба обрати клас точності відповідно табл. 3.3 [5]

Таблиця 3.3 — Класи точності друкованих плат

| Умовне позначення | Номінальне начення основних параметрів для класу точності |      |      |      |     |
|-------------------|-----------------------------------------------------------|------|------|------|-----|
|                   | 1                                                         | 2    | 3    | 4    | 5   |
| t, mm             | 0,75                                                      | 0.45 | 0.25 | 0.15 | 0.1 |

|     |     |          |        |      |      |
|-----|-----|----------|--------|------|------|
|     |     |          |        |      | Лист |
|     |     |          |        |      |      |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | 20   |

PK51.563322.001 ПЗ

|                                                                                 |           |           |             |             |          |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-------------|-------------|----------|
| S, mm (mil)                                                                     | 0,75      | 0.45      | 0.25        | 0.15        | 0.1      |
| b, mm (mil)                                                                     | 0,3       | 0.2       | 0.1         | 0.05        | 0.025    |
| f / min діаметр отвору, mm (mil)<br>для стандартного текстоліта товщиною 1.5 мм | 0,4 / 0,6 | 0.4 / 0.6 | 0.33/ 0.495 | 0.25/ 0.375 | 0.2/ 0.3 |

Був обраний 4-тий клас точності, що задовольнить обрані параметри пристрою, його габарити та масу.

### 3.2 Визначення габаритів друкованої плати, параметрів

Для визначення площі плати треба розрахувати мінімальну площу, що відповідає загальній площі всіх елементів кожної сторони, тобто елементів поверхневого монтажу та вивідних елементів окремо. Тож розрахуємо площу всіх елементів.

| Корпус                         | W    | L    | n  | S      | Ss     |
|--------------------------------|------|------|----|--------|--------|
| APL5508-22AC                   | 3.1  | 1.8  | 1  | 5.58   | 6271.4 |
| CEM9926A                       | 5.1  | 6    | 2  | 61     |        |
| TP4057                         | 3    | 3    | 4  | 36     |        |
| Резистори                      | 1    | 0.5  | 51 | 25.5   |        |
| SMBJ5.0                        | 3.94 | 5.59 | 1  | 22     |        |
| MMBT3904                       | 2.2  | 2.2  | 3  | 14.52  |        |
| SS34                           | 3.8  | 6    | 5  | 114    |        |
| PIC16F1933                     | 10.5 | 8.2  | 1  | 86.1   |        |
| MT5032A                        | 4.9  | 6.2  | 1  | 30.38  |        |
| Котушка (2R2)                  | 5.2  | 5.2  | 1  | 27     |        |
| Конденсатори                   | 1.6  | 0.8  | 28 | 35.84  |        |
| USB                            | 14.3 | 10.3 | 2  | 294.58 |        |
| mUSB                           | 5.6  | 7.3  | 1  | 40.88  |        |
| Контактні площадки (АКБ 18650) | 1,5  | 1,5  | 8  | 18     |        |
| Отвори                         | 6    | 6    | 4  | 144    |        |
| LCD                            | 1,5  | 1,5  | 16 | 36     |        |

Рисунок 3.1 — Площа компонентів

W — ширина елементів

L — довжина елементів;

n — кількість елементів;

|     |     |          |        |      |
|-----|-----|----------|--------|------|
|     |     |          |        |      |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |

PK51.563322.001 ПЗ

Лист

21

$k$  — коефіцієнт форми;

$S$  — загальна площа елементів певного корпусу;

$S_s$  — мінімальна площа плати;

З рис.3.1 отримаємо, що мінімальна площа плати —  $6271,4 \text{ мм}^2$ .

Для розрахунку ширини друкованих провідників необхідно знати який максимальний струм та напруга проходять через силові та сигнальні ланцюги. Аналізуючи отримане завдання отримуємо, що для сигнальних провідників  $I_{\max} = 0,1 \text{ А}$ , а для силових  $I_{\max} = 2 \text{ А}$ . Проведемо розрахунки ширини друкованих провідників за допомогою Mathcad. Результати розрахунків для сигнальних ланцюгів наведено нижче.

Мінімальне значення ширини друкованого провідника  $t_1$  у вузькому місці, мм: 0,3 мм.

Мінімальне значення ширини друкованого провідника  $t_1$  у широкому місці, мм: 0,55 мм.

Мінімально допустиму ширину провідника  $t_2$  з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому (3%): 0,178 мм.

Мінімально допустиму ширину провідника  $t_3$  з урахуванням допустимого рівня струму на ньому: 0,952 мм.

Рекомендована ширина для силового провідника: 0,9 мм.

Найменша номінальна відстань  $S_m$  між елементами провідникового рис. (між двома провідниками): 0,25 мм.

Всі розрахунки наведені у файлі ширина провідників.xmcd

### 3.3 Робота в редакторі Altium PCB

В даному редакторі створюється попередній вигляд плати. Задаються розміри плати, та розміщуються елементи.

В редакторі PCB проведемо трасування, тобто створимо доріжки та полігони. Аналізуючи розрахунки для силових провідників бачимо, що ширина друкованого провідника перевищує 7 мм. Заливка землі (ланцюг GND) виконаний полігом з обох сторін плати. Результати трасування у верхньому шарі наведено на рис. 3.2, у нижньому шарі — рис. 3.3.

|     |     |          |        |      |                           |      |
|-----|-----|----------|--------|------|---------------------------|------|
|     |     |          |        |      | <i>PK51.563322.001 ПЗ</i> | Лист |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |                           | 22   |

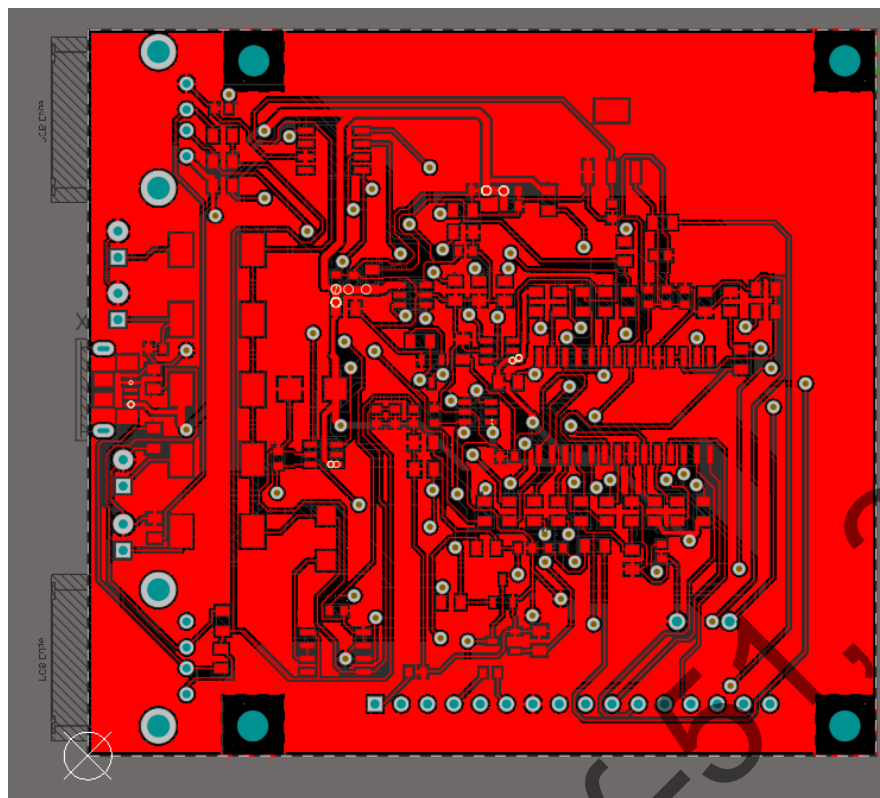


Рисунок 3.2 — Трасування у верхньому шарі

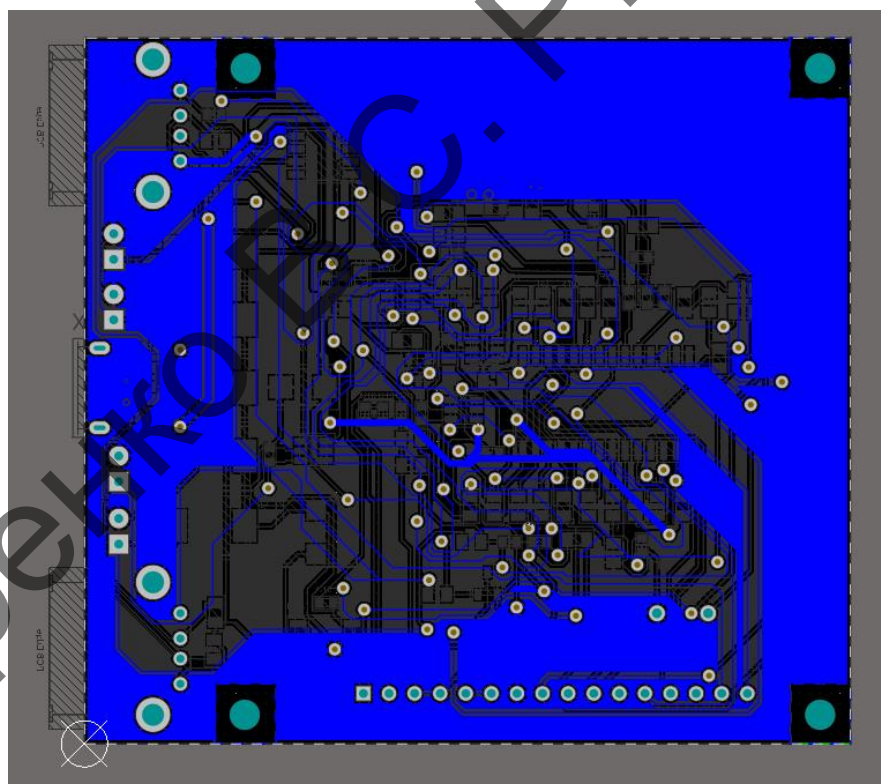


Рисунок 3.3 — Трасування у нижньому шарі

На рис. 3.4 зображено 3-D вигляд плати у середовищі *AltiumDesigner*.

|     |     |          |        |      |
|-----|-----|----------|--------|------|
|     |     |          |        |      |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |

PK51.563322.001 ПЗ

Лист

23

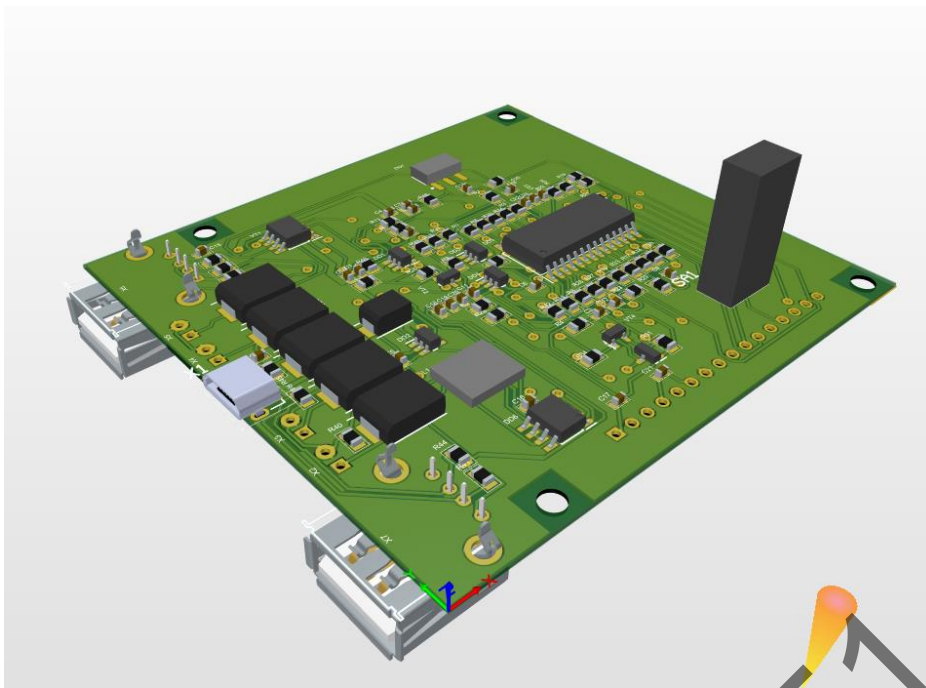


Рисунок 3.4 — Вигляд плати в середовищі AltiumDesigner

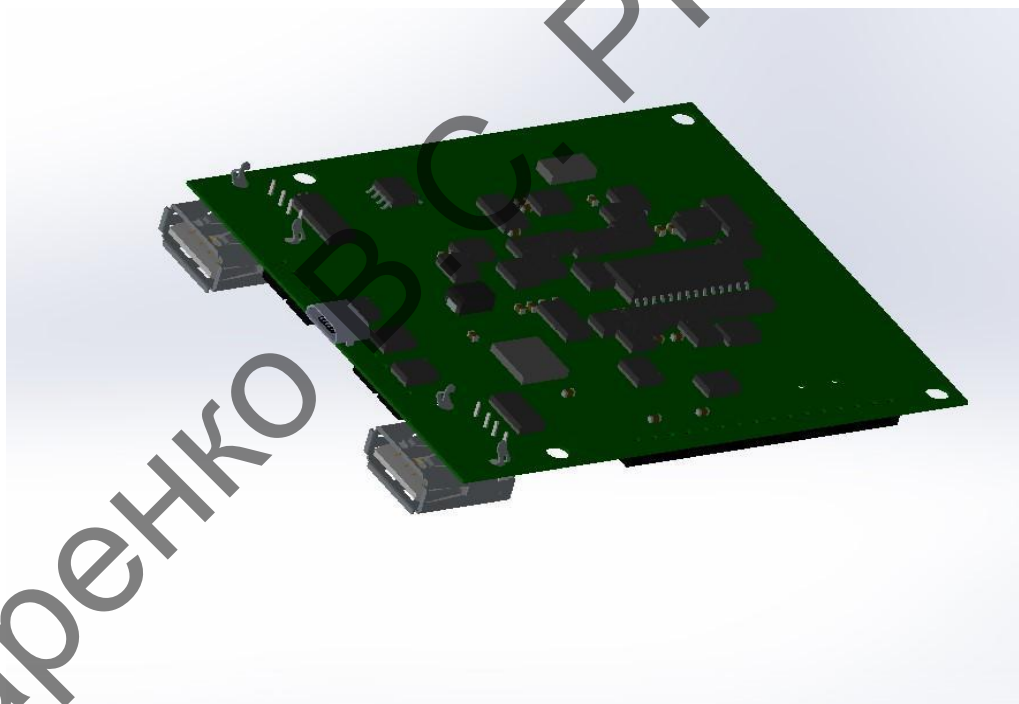


Рисунок 3.5 — Вигляд плати в середовищі SolidWorks

За вдяки перенесенню плати в середовище *SolidWorks*, ми можемо спроектувати корпус, підставивши плату. А також оцінити зовнішній вигляд та габарити плати в корпусі, та корпусу вцілому.

|     |     |          |        |      |
|-----|-----|----------|--------|------|
|     |     |          |        |      |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |

PK51.563322.001 ПЗ

|      |
|------|
| Лист |
| 24   |

## 4 ПРОЕКТУВАННЯ ПРИЛАДУ

### 4.1 Експорт плати з Altium в SolidWorks

Перед експортом потрібно відкрити PCB файл плати. Експорт плати з середовища Altium до SOLIDWORKS відбувається за допомогою вкладки File - Export – STEP 3D рис. 4.1. Після даних дій обирається місце куди треба зберегти файл.

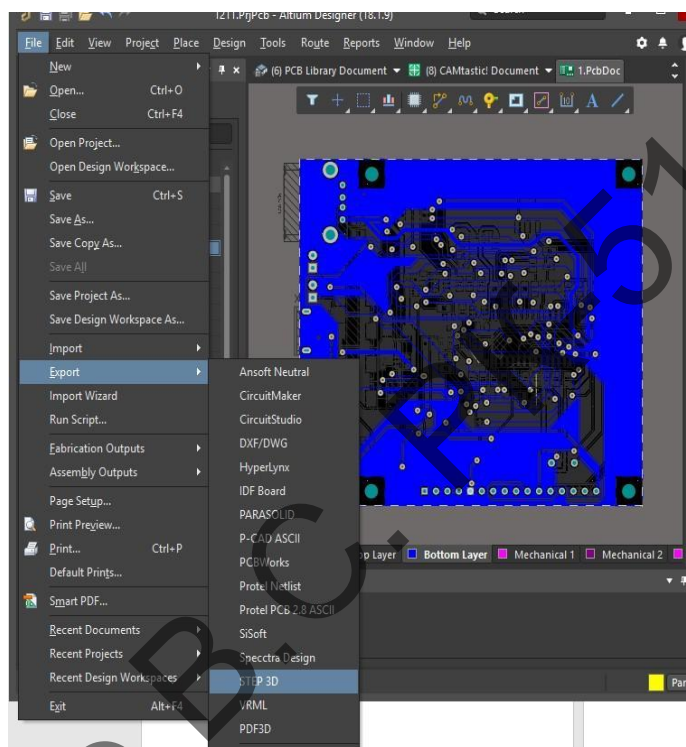


Рисунок 4.1 — Шлях до STEP 3D

### 4.2 Розробка корпусу приладу в програмному забезпеченні SolidWorks

Корпус розроблений в програмному забезпеченні SolidWorks рис. 4.2. Корпус створений з softtouch пластику, так як він дешевше, та йому легше задати форму. Плата буде кріпитися на спеціальні ліфти з засувами. Для спрощення використання, на задній частині корпусу розміщена кришка до відсіку акумуляторів. Розбиратиметься корпус за допомогою задньої кришки рис. 4.4, яка буде закріплена 4-ма гвинтами М3. Органи управління та індикації знаходяться на лицевій стороні приладу, роз'єми живлення пристрою

|     |     |          |        |      |
|-----|-----|----------|--------|------|
|     |     |          |        |      |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |

PK51.563322.001 ПЗ

Лист  
25

(microUSB), та зовнішніх приладів (USB A) знаходяться на бічній стороні приладу.



Рисунок 4.2 — Зовнішній вигляд корпусу

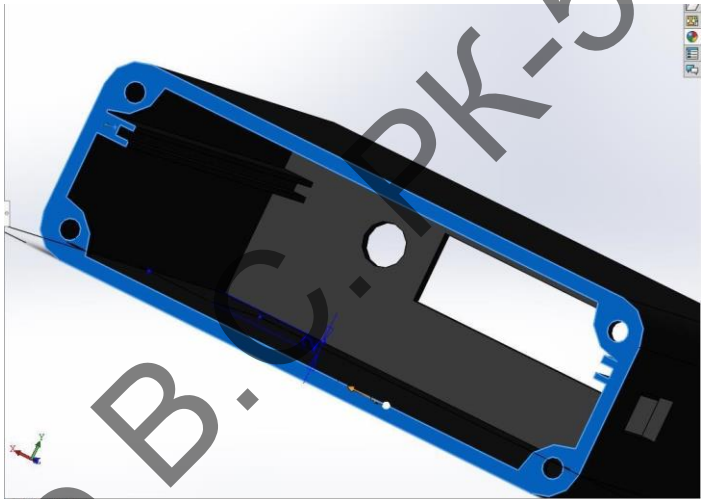


Рисунок 4.3 — Внутрішній простір корпусу

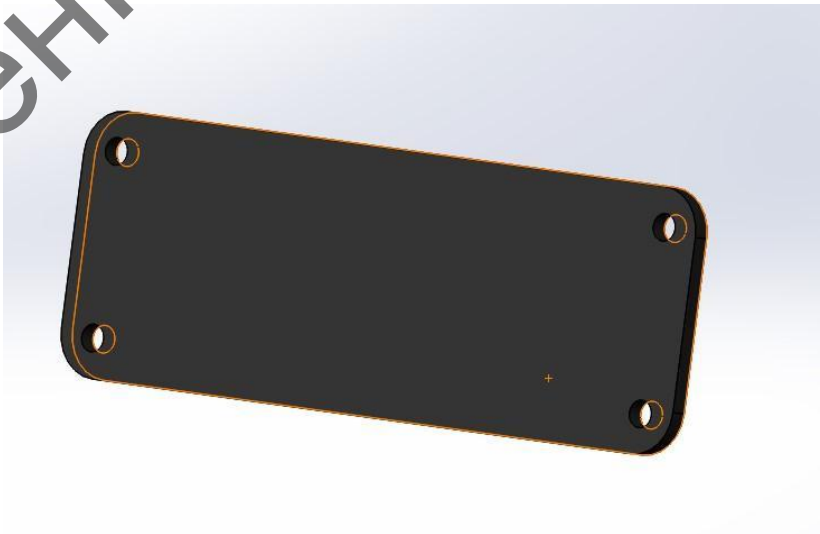


Рисунок 4.4 — Кришка

|     |     |          |        |      |
|-----|-----|----------|--------|------|
|     |     |          |        |      |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |

PK51.563322.001 ПЗ

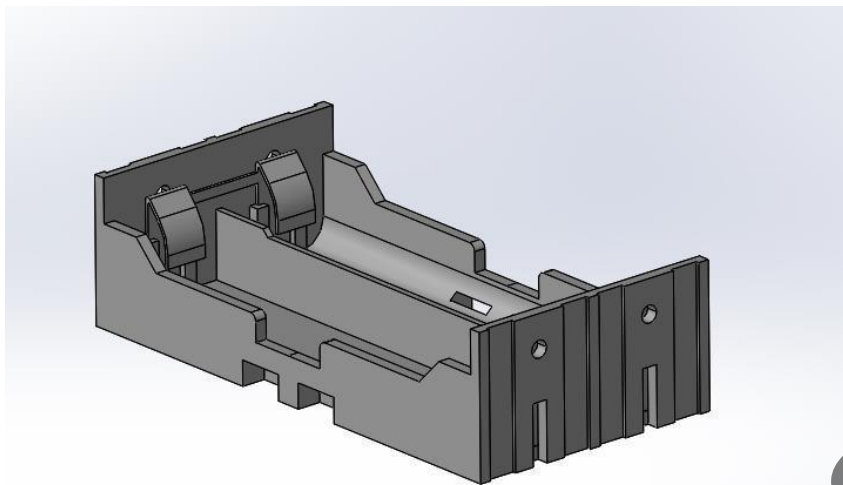


Рисунок 4.5 — Корпус для акумуляторів типорозміру 18650

Акумулятори встановлюються в спеціальні покупні корпуси (рис. 4.5), які кріпляться до бічної поверхні корпусу.

#### 4.3 Перевірка працездатності

Так як ККД  $DC-DC$  дуже велика, та інші елементи на платі не виділяють багато тепла, потреба у розрахунку на термоміцність відпадає. Важливішим фактором є віброміцність, тому що пристрій буде постійно знаходитись у руках, портфелі або в машині, де на нього буде впливати вібрація.

Проведемо розрахунок віброміцності друкованого вузла, за визначеною методикою. Розрахунок частоти власних коливань друкованої плати.

Вихідні данні:

- довжина плати  $a=0,077$  м;
- ширина плати  $b=0,7$  м;
- товщина плати  $h=2 \cdot 10^{-3}$  м
- матеріал друкованої плати фольгований склотекстоліт  $FR-4$
- модуль пружності  $E = 3,02 \cdot 10^{10}$  Н м<sup>2</sup>
- щільність  $\rho = 2,05 \cdot 10^3$  кг м<sup>3</sup>
- коефіцієнт Пуассона  $\xi = 0,22$

Маса встановлених на платі елементів  $M= 0,05$  кг

|     |     |          |        |      |
|-----|-----|----------|--------|------|
|     |     |          |        |      |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |

PK51.563322.001 ПЗ

Лист  
27

Визначимо приведену масу друкованої плати:

$$m_n = \rho h$$

Підставивши значення отримуємо, що маса друкованої плати 4,1 кг м<sup>2</sup>.

Визначимо приведену масу плати з деталями:

$$m = m_n m_e$$

Маса плати з деталями  $m = 4,2$  кг м<sup>2</sup>

Розрахуємо циліндричну жорсткість:

$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\xi^2)}$$

Циліндрична жорсткість  $D = 5,2$  Нм

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

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

де  $\beta=a/b$  — коефіцієнт, що залежить від співвідношення довжини і ширини плати. В результаті підстановки значень параметрів, отримаємо:  $\varphi(\beta) = 5,2$ .

Визначимо значення резонансної частоти плати

$$f_0 = \frac{\varphi(\beta)}{2\pi a^2} \sqrt{\frac{D}{m}}$$

Резонансна частота плати  $f_0 = 75$  Гц, що перевищує максимальну частоту вібраційних впливів ( $f=60$  Гц), то обраний варіант кріплення плати влаштовує вимоги віброміцності.

|     |     |          |        |      |
|-----|-----|----------|--------|------|
|     |     |          |        |      |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |

РК51.563322.001 ПЗ

Лист  
28

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

В даному розділі дипломного проекту визначені основні потенційно шкідливі і небезпечні чинники які мають місце при розробці, виготовленні та експлуатації спроектованого пристрою (Портативний зарядний пристрій). Також в даному розділі запропоновані технічні рішення та організаційні заходи з безпеки і гігієни праці та виробничої санітарії і визначені основні заходи з пожежної безпеки

### 5.1 Визначення основних шкідливих та небезпечних факторів під час розробки, проектування, виготовлення та експлуатації пристрою

При розробці, проектуванні, виготовленні та експлуатації розроблюваного пристрою на працівників та користувачів може впливати ряд шкідливих та небезпечних факторів. Зазначу, що деякі технологічні процеси при виготовленні пристрою (наприклад, виготовленні друкованої плати) потребують роботи із ріжучими ручними інструментами (наприклад, ножиці), агресивними хімічними речовинами (для травлення плати), електроінструментами (паяльником для лудження та електросвердлом для отримання отворів). Це в свою чергу створює додаткові шкідливі та небезпечні впливи на працівників, що вимагає більш жосткого дотримання правил охорони праці та створення відповідних умов для безпечної роботи.

Отже, визначимо можливі негативні впливи при розробці, виготовленні та експлуатації розроблюваного пристрою:

- недостатня освітленість робочої зони (необхідне виконання вимог освітленості виробничих приміщень згідно із ДБНВ2.5–28–2006);
- незадовільний мікроклімат робочого приміщення (висока вологість, за висока чи занизька температура повітря). Необхідно забезпечити відповідність нормам, викладених у ДСН 3.3.6.042–99;
- наявність у повітрі робочої зони різних шкідливих речовин у концентраціях, що перевищують гранично допустимі. Гранично допустимі концент-

|     |     |          |        |      |
|-----|-----|----------|--------|------|
|     |     |          |        |      |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |

PK51.563322.001 ПЗ

Лист

29

рації (ГДК) шкідливих та небезпечних речовин у повітрі повинні відповідати нормам;

- високий рівень шуму на робочому місці (рівні звуку, допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот, еквівалентні рівні звуку повинні задовольняти санітарним нормам згідно з ДСН 3.3.6.037–99);

- небезпека ураження електричним струмом через несправність електроінструменту та необережності (розроблюваний пристрій живиться від мережі змінного струму напругою 220 В. Можливий контакт працівника із високовольтною частиною пристрою). Розроблюваний пристрій та електроустаткування робочої зони повинне відповідати вимогам ДСТУ ІЕС 61.140.2015;

- перевищення рівня електромагнітного випромінювання елементами розроблюваного пристрою. Необхідно забезпечити виконання норм, зазначених у ДСНіП № 486;

- підвищена напруженість електричного поля промислової частоти на робочому місці (напруженість електричних полів промислової частоти на робочому місці повинна відповідати нормам, зазначені у ДСНіП №239);

- небезпека опіку при необережному користуванні нагрівальним електроінструментом (паяльником) та іншими інструментами чи предметами, що нагріваються. Тут необхідно бути максимально уважним та обережним, брати нагрівальний електроінструмент за спеціальні частини (ручку, теплоізований корпус і т.д.). Температуру елементів охолодження пристрою (радіатори) найкраще перевіряти термометром, для уникнення опіків у випадку несправності пристрою та значного перегріву елементів;

- вплив низки психофізіологічних факторів (фізичні перевантаження (як статичні, так і динамічні) та нервово-психічні перевантаження (монотонність роботи, емоційні перевантаження)). Необхідно робити планові перерви при роботі за комп'ютером, чергувати різні види діяльності (стоячу працю із сидячою, статичні навантаження з динамічним, фізичну роботу з розумовою).

Усі ці фактори при впливі окремо чи в комплексі здатні значно знизити продуктивність праці, в окремих випадках навіть завдати шкоди здоров'ю чи становити загрозу життю.

|     |     |          |        |      |                    |      |
|-----|-----|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |     |          |        |      | РК51.563322.001 ПЗ | Лист |
|     |     |          |        |      |                    | 30   |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |                    |      |

Дотримання правил техніки безпеки та норм зазначених нормативних документів сприяють отриманню найкращих результатів праці без шкоди здоров'ю.

## 5.2 Відповідність параметрів виробничого приміщення санітарним нормам

Визначимо тепер площу та об'єм приміщення, що припадає на одного працівника. Згідно із вищенаведеним документом, ці параметри повинні становити не менше  $4.5 \text{ м}^2$  для площі та  $15 \text{ м}^3$  для об'єму. Перевіримо відповідність цих параметрів розрахунковим для мого робочого місця.

Отже, визначимо загальну робочу площу приміщення:

$$S = AB$$

де:  $S$  – площа приміщення,  $\text{м}^2$ ;  $A$  – довжина приміщення,  $\text{м}$ ;  $B$  – ширина приміщення,  $\text{м}$ ;

Дане приміщення лабораторії має довжину  $A = 6 \text{ м}$ , а ширину  $B = 4,5 \text{ м}$ .

Тоді площа приміщення рівна:  $S = 27 \text{ м}^2$ . У приміщенні постійно працює 3 людини. Тому площа, яка припадає на одну людину становить  $9 \text{ м}^2$ , тому задовольняє вимоги СНиП 2.09.02–85 по площі на одну людину.

Перевіримо тепер відповідність розрахункового об'єму приміщення на одну людину та нормативну.

Отже, визначимо загальний об'єм приміщення:

$$V = Sh$$

де:  $V$  – об'єм приміщення,  $\text{м}^3$ ;  $S$  – площа приміщення,  $\text{м}^2$ ;  $h$  – висота приміщення,  $\text{м}$ .

Дане приміщення лабораторії має робочу площу  $S = 27 \text{ м}^2$ , а висоту  $h = 2,5 \text{ м}$ .

Тоді об'єм приміщення рівний:  $V = 67,5 \text{ м}^3$ . У приміщенні постійно працює 3 людини. Тому об'єм, який припадає на одну людину становить  $22,5 \text{ м}^3$ , що цілком задовольняє вимоги СНиП 2.09.02–85 по об'єму на одну людину.

|     |     |          |        |      |
|-----|-----|----------|--------|------|
|     |     |          |        |      |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |

PK51.563322.001 ПЗ

Лист

31

### 5.2.1 Відповідність параметрів мікроклімату робочого приміщення санітарним нормам

Оптимальні умови мікроклімату встановлюють для постійних робочих місць (вважатимемо, що у нас робоче місце постійне). Показники температури у робочій зоні по вертикалі та горизонталі протягом робочої зміни не повинні виходити за межі нормованих величин оптимальної температури для даної категорії робіт. Оптимальні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря у робочій зоні згідно із ГОСТ 12.1.005–88 наведено у табл. 5.1.

Таблиця 5.1 — Оптимальні величини температури

| Період року | Категорія робіт | Температура повітря, °C | Відносна вологість, % | Швидкість руху, м/с |
|-------------|-----------------|-------------------------|-----------------------|---------------------|
| Холодний    | Легка Іа        | 22 – 24                 | 60 – 40               | 0,1                 |
| Теплий      |                 | 23 – 25                 | 60 – 40               | 0,1                 |

Допустимі параметри мікрокліматичних умов встановлюються у випадках, коли на робочих місцях не можна забезпечити оптимальні величини мікроклімату. Величини показників допустимих мікрокліматичних умов встановлюють для постійних та непостійних робочих місць (наведемо лише для постійних). Допустимі величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря у робочій зоні не повинні виходити за межі показників, наведених у табл. 5.2.

Таблиця 5.2 — Допустимі величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря у робочій зоні

| Період року | Категорія робіт | Температура, °C |            | Відносна вологість, % | Швидкість руху повітря, м/с |
|-------------|-----------------|-----------------|------------|-----------------------|-----------------------------|
|             |                 | Верхня межа     | Нижня межа |                       |                             |
| Холодний    | Легка Іа        | 25              | 21         | 75                    | не більше 0,1               |
| Теплий      |                 | 28              | 22         | 55 (при 28°C)         | 0,2 – 0,1                   |

У данному робочому приміщенні у теплий період року температура знаходиться у межах вищенаведених норм, відносна вологість повітря також не виходить за допустимі межі. Лише інколи швидкість руху повітря може перевищувати допустиму у зв'язку із тим, що здійснюється в основному природна вентиляція приміщення через відчинені вікна, і можуть виникати протяги. Можливий шлях вирішення проблеми – слідкувати за тим, щоб вхідні двері були зачинені.

У холодний період року температура теж знаходиться у межах норми (для обігрівання застосовується мережа централізованого опалення), вологість та швидкість руху повітря теж цілком задовольняють вимоги.

### 5.2.2 Виконання вимог безпеки при проведенні технологічного процесу пайки ЕРЕ

Пайка вивідних елементів відбуватиметься за допомогою безсвинцевого припою *Indium CW-802* [12] що зображено на рис. 5.1, що не несе загрози здоров'ю. Параметри припою зображені на табл. 5.3



Рисунок 5.1 — Припій *Indium CW-802*

|     |     |          |        |      |
|-----|-----|----------|--------|------|
|     |     |          |        |      |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |

РК51.563322.001 ПЗ

Лист  
33

Таблица 5.3 — Параметры припоя

|                                                             |                                                                     |
|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Параметр                                                    | Indium CW-802                                                       |
| Возможные сплавы<br>в соответствии с J-STD-006A<br>Версия C | 96.5Sn/3.0Ag/0.5Cu (SAC305)<br>63.0Sn/37.0Pb<br>62.0Sn/36.0Pb/2.0Ag |
| Классификация флюса согласно<br>IPC J-STD-004a              | ROL0                                                                |
| Классификация флюса согласно<br>QQ-S-571f                   | RMA                                                                 |
| Тест на коррозию медного зеркала                            | Проходит                                                            |
| Хромат серебра (тест на галиты)                             | Проходит                                                            |
| Коррозия                                                    | Проходит                                                            |
| Содержание галогенов                                        | <300 ppm                                                            |
| Цвет                                                        | Прозрачный                                                          |
| Запах                                                       | Умеренный                                                           |
| Рекомендуемое содержание<br>флюса                           | 1,25 %                                                              |

Пайка поверхневих елементів буде відбуватися на спеціальному обладнанні за допомогою паяльної пасти.

### 5.2.3 Відповідність освітлення робочих місць санітарним нормам

Освітлення робочого місця суміщене – у світлу пору доби використовується природне освітлення через вікна у стіні будівлі, у темну пору доби – штучне освітлення люмінесцентними лампами. Додатково застосовується штучне місцеве освітлення у вигляді настільної лампи із лампою розжарювання.

У якості джерел загального штучного освітлення використовуються світильники із лампами типу ЛБ–80, а як джерела місцевого штучного освітлення – настільна лампа із лампою розжарювання потужністю 60 Вт.

|     |     |          |        |      |
|-----|-----|----------|--------|------|
|     |     |          |        |      |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |

PK51.563322.001 ПЗ

Лист

34

Розрахуємо спочатку освітленість робочих місць за допомогою природного освітлення та визначимо її відповідність санітарним нормам.

Відповідно до вимог ДБН В.2.5.-28-2006 для роботи із найменшими об'єктами розрізнення розмірами 0,3 – 0,5 мм (клас зорових робіт 3в) значення коефіцієнта природного освітлення (КПО) повинно бути  $e_{\text{н}}^{\text{III}} = 1,2 \%$ . Для бокового одностороннього освітлення нормується мінімальне значення КПО у точці, яка розташована на відстані 1 м від стіни, яка найбільш віддалена від світлових отворів, на перетині розрізу приміщення із робочою поверхнею.

Освітленість робочого місця розраховується за наступною формулою:

$$E = N\Phi_{\text{п}}\eta / SK_{\text{з}}Z$$

де  $N$  – загальна кількість світильників (у даному приміщенні наявні 10 світильників);  $\Phi_{\text{п}}$  – світловий потік світильника (для одного дволампового світильника світловий потік прийmemo 9390 Лм);  $\eta$  – коефіцієнт використання світлового потоку (розрахується нижче);  $S$  – площа приміщення, що освітлюється (приймемо рівними 27 м<sup>2</sup>);  $K_{\text{з}}$  – коефіцієнт запасу (приймемо рівним 1.5 для приміщень, де використовуються люмінісцентні лампи із концентрацією пилу менше 1 мг/м<sup>3</sup>);  $Z$  – коефіцієнт нерівномірності освітлення (приймемо рівним 1,1).

Згідно із вимогами ДБН В.2.5.-28-2006, фактичний рівень освітлення робочих місць за середнього контрасту розрізнення об'єктів, середнього фону, розряду зорової роботи 3в високої точності, повинен складати найменше 300 Лк. Отриманий результат значно перевищує цю межу. Тому робимо висновок, що рівень наявного штучного освітлення цілком задовольняє вимоги.

На робочому місці монтажника місцеве освітлення повинне забезпечити освітленість не менше 750 Лк. Оскільки загального освітлення цілком досить (886 Лк), то можна було б використовувати лише його. Однак, при монтажі плати пристрою буде присутня робота із досить дрібними деталями, тому все ж застосуємо настільну лампу із лампою розжарювання потужністю 60 Вт.

Розрахуємо освітленість робочої зони за допомогою цієї лампи:

|     |     |          |        |      |
|-----|-----|----------|--------|------|
|     |     |          |        |      |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |

PK51.563322.001 ПЗ

Лист

35

$$E = \frac{N\Phi_{\text{п}}n\mu\psi L}{1000 \cdot K_3} \quad (1)$$

де: N – кількість світильників (N = 1);  $\Phi_{\text{п}}$  – світловий потік лампи розжарювання потужністю 60 Вт ( $\Phi_{\text{п}} = 700$  Лм); n – кількість ламп у світильнику (n = 1);  $\mu$  – коефіцієнт, що враховує збільшення освітленості від оточуючих предметів ( $\mu = 1,2$ );  $\psi$  – коефіцієнт, що враховує кут нахилу робочої площини ( $\psi = 1$ ); L – коефіцієнт, що враховує умовну освітленість (L = 100);  $K_3$  – коефіцієнт запасу (прийmemo рівним 1.5 для приміщень, де використовуються люмінісцентні лампи із концентрацією пилу менше 1 мг/м<sup>3</sup>).

Підставимо початкові дані у вираз (1):

$$E = 56 \text{ Лк}$$

Таким чином, буде забезпечено додаткове освітлення робочої зони.

#### 5.2.4 Електробезпека на робочому місці

Відповідно до класифікації ДСТУ ІЕС 61.140.2015 усе електрообладнання, що розташоване у приміщенні, можна визначити як 0І клас за електрозахистом (обладнання, що має робочу ізоляцію, елементи заземлення та провід без заземлюючої жили) та І клас електрозахисту (обладнання, що під'єднується до мережі живлення вилкою із трьома контактними елементами, один із яких з'єднано із заземленим контактом розетки).

Приміщення, у якому проводяться роботи, можна класифікувати як приміщення без підвищеної небезпеки ураження персоналу електричним струмом, оскільки:

- підлога не є струмопровідною (лінолеум є діелектриком);
- відносна вологість повітря не перевищує 75%;
- температура повітря всередині приміщення не перевищує 35°C;
- виключаються випадки одночасного доторкання людини до елементів конструкцій, що з'єднані із землею та металевими елементами електроустановки;

|     |     |          |        |      |
|-----|-----|----------|--------|------|
|     |     |          |        |      |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |

PK51.563322.001 ПЗ

Лист  
36

Згідно із ГОСТ 12.2.007.0 – 75 розроблюваний пристрій належить до І класу захисту (обладнання, що має робочу ізоляцію та елемент заземлення, під'єднується до мережі живлення вилкою із трьох контактними елементами, один із яких з'єднано із заземлюючою жилою). Живлення як розроблюваного пристрою, так й електроустановок здійснюється за допомогою мережі змінного струму напругою 220В із частотою 50Гц. Використовуються автомати струмового захисту.

Для зменшення значення напруги дотику та відповідних величин струмів за нормального та аварійного режиму роботи електроустаткування необхідно виконати повторне захисне заземлення нульового дроту.

Підключення електроустановок виконане із дотриманням вимог ПУЕ.

#### 5.2.5. Розрахунок електромережі із зануленням на відключаючу здатність в аварійному режимі роботи.

Струм короткого замикання розраховуємо за допомогою виразу:

$$I_{к.з.} = \frac{U_{\phi}}{(R_{\phi} + R_n + Z_T/3)} \quad (2)$$

де  $U_{\phi}$  – фазова напруга ( $U_{\phi} = 220$  В);  $R_{\phi}$  – опір фазового дроту ( $R_{\phi} = 0,5$  Ом);  $R_n$  – опір нульового дроту ( $R_n = 0,5$  Ом);  $Z_T/3$  – розрахунковий опір трансформатора (прийmemo  $Z_n = 0,1$  Ом).

Підставимо отримані параметри у вираз (2):

$$I_{к.з.} = 200 \text{ А}$$

Для надійного спрацювання струмозахисних автоматів необхідне виконання нерівності:

$$I_{к.з.} \geq 1,4I_{авт.}$$

Тобто, необхідно застосувати струмозахисні автомати на струм не більше 142 А. Із стандартних значень струму спрацювання обираємо автомат на струм 40 А.

|     |     |          |        |      |
|-----|-----|----------|--------|------|
|     |     |          |        |      |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |

РК51.563322.001 ПЗ

Лист

37

Розрахуємо тепер напругу дотику до зануленого електрообладнання:

$$U_{\text{дот.}} = I_{\text{к.з.}} R_{\text{н}} = 100 \text{ В}$$

Отже, розрахована напруга дотику менша, ніж максимально допустима ( $U_{\text{дот.}} < U_{\text{доп}} = 500 \text{ В}$ ) і за час спрацювання автоматів струмового захисту ( $t < 0.1 \text{ с}$ ) не перевищує допустимого значення, що відповідає вимогам ПУЕ – 2017

Також необхідно зазначити, що при налагодженні пристрою необхідно дотримуватися обережності, оскільки частина розроблюваного пристрою знаходиться під високою напругою (близько 300 В).

Усе електроустаткування приміщення встановлено та під'єднано у відповідності до вимог ПУЕ та ПБЕ. Додаткових заходів щодо підвищення електробезпеки у робочому приміщенні вводити не потрібно.

### 5.3 Пожежна безпека та профілактика

У процесі монтажу розроблюваного пристрою (а саме при паянні) використовуються пожежонебезпечні речовини та матеріали. Недотримання правил пожежної безпеки може призвести до пожежі із пошкодженням чи знищенням майна, заподіянням шкоди здоров'ю працівників чи спричинити їх смерть, що, звісно, неприпустимо.

Згідно із класифікацією ДСТУ Б.В.1.1-36.2015 дане робоче приміщення за вибухо- та пожежною небезпекою відповідає категорії В (вибухо- та пожежонебезпечне), тобто приміщення із горючими та важкогорючими рідинами, твердими горючими речовинами та матеріалами.

Відповідно до класифікації пожежних зон в ДиАОП0.00-1.32-01 робоча зона приміщення належить до класу П-Па – пожежонебезпечні зони приміщення. За вогнестійкістю приміщення належить до II ступеня (згідно із класифікацією), тобто механічні конструкції, стіни виконані із негорючих матеріалів, найменша межа вогнестійкості яких складає 2 години.

Найбільш ймовірна причина виникнення пожежонебезпечної ситуації може відбутися при виготовленні флюсів (із використанням етилового спирту чи етилацетату), під час видаленні залишків флюсів із друкованої плати

|     |     |          |        |      |
|-----|-----|----------|--------|------|
|     |     |          |        |      |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |

РК51.563322.001 ПЗ

Лист

38

після завершення процесу монтажу (пайки) із використанням таких легкозаймистих рідин як суміш спирту із бензином, ацетон і т.д.

У Таблиці 5.4 наведено дані речовин, що використовуються при паянні.

Таблиця 5.4

| Найменування речовини | Температура спалаху, °C | Температура самозаймання, °C | Нижня межа вибуху, г/м <sup>3</sup> | Верхня межа вибуху, г/м <sup>3</sup> | Засоби пожежогасіння             |
|-----------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| Каніфоль              | —                       | 850                          | 12.6                                | —                                    | Хімічна піна, вода               |
| Спирт етиловий        | 18                      | 404                          | 68                                  | 340                                  | Хімічна піна, вода, інертні гази |

Також причиною пожежі може стати несправність електрообладнання, порушення правил його експлуатації, паління у приміщенні. У разі виникнення пожежі повинна бути забезпечена можливість безпечної евакуації людей через евакуаційні виходи.

Кількість евакуаційних виходів із будівлі та кожного поверху та приміщення повинна відповідати вимогам ДБНВ 1.1. – 7 – 2016, але не менше двох. Відстань від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу із приміщення безпосередньо на зовню чи на сходову клітку не повинна перевищувати значення, що регламентуються нормами ДБНВ 1.1. – 7 – 2016. Таким чином, для об'єму приміщення 67,5 м<sup>3</sup>, категорії приміщення В, ступеню вогнестійкості приміщення II, при щільності людського потоку у загальному проході від 1 до 3 осіб зазначена вище відстань не повинна перевищувати 60 м.

У випадку виникнення пожежі у робочому приміщенні необхідно мати первинні засоби пожежогасіння, що призначені для ліквідації невеликих осередків пожежі, а також гасіння пожеж у початковій стадії їхнього розвитку силами персоналу об'єкту до прибуття підрозділів пожежної охорони.

|     |     |          |        |      |
|-----|-----|----------|--------|------|
|     |     |          |        |      |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |

РК51.563322.001 ПЗ

Лист

39

Відповідно до ДСТУ 3675-98 та ISO 3941-77 у робочому приміщенні необхідна наявність вуглекислотних вогнегасників марки ВВ-2, ВВ-5 чи ВВ-8, оскільки вони застосовуються для гасіння електроустановок і електромереж, що перебувають під напругою до 1000 В (клас пожежі «Е»). Додатково у коридорі знаходиться хімічний пінний ВХП-10 для гасіння легкозаймистих речовин та твердих матеріалів (оскільки для гасіння спирту, ацетону і т.д. вуглекислотні вогнегасники не використовують, бо вуглекислий газ добре розчиняється у цих речовинах).

У приміщенні встановлена пожежна сигналізація, на кожному поверсі наявні пожежні гідранти у кількості двох штук у протилежних частинах приміщення.

У подальшому передбачаються наступні заходи, спрямовані на забезпечення пожежної безпеки:

- постійний контроль стану засобів пожежогасіння;
- контроль за станом ізоляції дротів;
- заборона паління у приміщенні поза спеціальними відведеними місцями;
- неприпустимість перевантажень, перегріву обладнання, аварійних режимів їх роботи;
- заборона використання обладнання із саморобними запобіжниками;
- горючі та легкозаймисті речовини повинні знаходитися у спеціально відведеному місці приміщення;
- можливе додаткове обладнання приміщення пожежними сповіщувачами для додаткового захисту виробничого простору.

|     |     |          |        |      |
|-----|-----|----------|--------|------|
|     |     |          |        |      |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |

PK51.563322.001 ПЗ

|      |
|------|
| Лист |
| 40   |

## ВИСНОВКИ

1. Після аналізу аналогів на ринку був обраний надійний корпус та схема. Матеріалом корпусу є міцна пластмаса овальної форми. Плата в свою чергу має п'ять силових кіл. Чотири з яких це акумулятори, а п'ята проведена від вхідного роз'єму живлення до вихідного, що дає змогу заряджати мобільний телефон під час зарядки *PowerBank*, не використовуючи при цьому акумулятори, тим самим збільшуючи їх ресурс.

Виконуючи аналіз технічного завдання, був продуманий попередній вигляд пристрою, обрана компонентна база, та вигляд корпусу.

2. Використавши програмне забезпечення *Altium Designer* була спроектована плата, та вигляд елементної бази, що дало змогу легко розмістити елементи на платі, та перевести готову плату в 3D модель. За допомогою чого був спроектований зовнішній вигляд корпусу плати.

*PowerBank* має чотири акумулятори типу 18650, не менше 3000 мА год кожен, що в сумі даватиме не менше ніж 12000 мА год. На ДП встановлений мікроконтролер, який слідкує за ємністю та напругою акумуляторів, зберігаючи їх ресурс на багато більше ніж аналоги.

На екран пристрою виведена інформація стану акумуляторів та вихідні струм і напругу. Що дає змогу слідкувати за станом акумуляторів та стану живлення підключеного прибору.

3. Пристрій відповідає технічному завданню та влаштовує вимоги вмістності.

4. У розділі «Охорона праці» виконано оцінку основних потенційно шкідливих і небезпечних чинників які мають місце при розробці, виготовленні та експлуатації спроектованого пристрою. Основна увага приділяється питанням електричної безпеки і санітарним нормам.

|     |     |          |        |      |
|-----|-----|----------|--------|------|
|     |     |          |        |      |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |

PK51.563322.001 ПЗ

Лист

41

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ 3008:2015. Структура та правила оформлювання. Київ ДП «УкрНДНЦ» 2016.
2. DC-DC преобразователи — [electrik.info.com](http://electrik.info.com) [Електронний ресурс] —Режим доступу: <http://electrik.info/main/praktika/1112-dcdc-preobrazovateli.html>
3. ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия — [docs.cntd.ru](http://docs.cntd.ru) [Електронний ресурс] —Режим доступу: <http://docs.cntd.ru/document/1200003320>
4. ЕСКД — [gk-drawing.ru/](http://gk-drawing.ru/) [Електронний ресурс] —Режим доступу: <http://gk-drawing.ru/plotting/>
5. Классы точности печатных плат (PCB) — [microsin.net](http://microsin.net) / [Електронний ресурс] —Режим доступу: <http://microsin.net/adminstuff/others/pcb-classes.html>
6. PowerBank (Интернет магазин) — [rozetka.com.ua](http://rozetka.com.ua) [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://rozetka.com.ua/>
7. Самодельный повербанк — [mysku.ru](http://mysku.ru) [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://mysku.ru/blog/ebay/33746.html>
8. Контроллер для повербанка -испытание и выводы — [mysku.ru](http://mysku.ru) [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://mysku.ru/blog/aliexpress/60282.html>
9. Проектирование устройств в среде Altium Designer— [www.altium.com](http://www.altium.com) [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [https://www.altium.com/documentation/ru/18.0/display/ADES/\(\(Designing+Systems+with+Multiple+Boards\)\)\\_AD](https://www.altium.com/documentation/ru/18.0/display/ADES/((Designing+Systems+with+Multiple+Boards))_AD)
10. ГОСТ 16019-2001 [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://docs.cntd.ru/document/gost-16019-2001>
11. Комбінований позитивний метод [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://pcbdesigner.ru/pcb/sposobi-izgotovleniya-pechatnih-plat/kombinirovannye-metody.html>

|     |     |          |        |      |                    |      |
|-----|-----|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |     |          |        |      | ПК51.563322.001 ПЗ | Лист |
|     |     |          |        |      |                    | 42   |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |                    |      |

12. Резисторы SMD 0805 — radiodetali.com.ua [Электронный ресурс]. — Режим доступа : [https://radiodetali.com.ua/catalog/rezistory-ruchki/rezistory-smd-0805?gclid=Cj0KCQjw\\_r3nBRDxARIsAJlJeHYrZ5S6C\\_rtfZERTTurvv14V3hS0HFAIA\\_ptLKoNevOeyjgl6s0TQaAv93EALw\\_wcB](https://radiodetali.com.ua/catalog/rezistory-ruchki/rezistory-smd-0805?gclid=Cj0KCQjw_r3nBRDxARIsAJlJeHYrZ5S6C_rtfZERTTurvv14V3hS0HFAIA_ptLKoNevOeyjgl6s0TQaAv93EALw_wcB)

13. Indium CW — ostec-materials.ru [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <https://ostec-materials.ru/materials/indium-cw-kanifolnye-trubchatye-pripoi-serii-ultra-clear-c-flyusom-ne-trebuyushchim-otmyvki.php>

14. Механіка — kivra.kpi.ua [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <https://kivra.kpi.ua/wp-content/uploads/file/%D0%9C%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D1%96%D0%BA%D0%B0.pdf>

15. Vageo — www.yageo.com/ [Электронный ресурс]. — Режим доступа : [http://www.yageo.com/documents/recent/PYu-YC\\_TC164\\_51\\_RoHS\\_L\\_3.pdf](http://www.yageo.com/documents/recent/PYu-YC_TC164_51_RoHS_L_3.pdf)

16. Резистор Panasonic — [www.mouser.com](http://www.mouser.com) [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <https://www.mouser.com/datasheet/2/315/AOA0000C331-1141874.pdf>

|     |     |          |        |      |
|-----|-----|----------|--------|------|
|     |     |          |        |      |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |

РК51.563322.001 ПЗ

Лист  
43

ДОДАТОК А. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

Макаренко В.С. РК-51, 2019

|     |     |          |        |      |                    |      |
|-----|-----|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |     |          |        |      | РК51.563322.001 ПЗ | Лист |
|     |     |          |        |      |                    | 44   |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |                    |      |

ДОДАТОК Б. ПЕРЕЛІК ЕЛЕМЕНТІВ

Макаренко В.С. РК-51, 2019

|     |      |          |        |      |                    |              |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|--------------|
|     |      |          |        |      | РК51.563322.001 ПЗ | 99Лист<br>90 |
|     |      |          |        |      |                    |              |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |                    |              |

ДОДАТОК В. СПЕЦИФІКАЦІЯ

Макаренко В.С. РК-51, 2019

|     |      |          |        |      |                    |     |            |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|-----|------------|
|     |      |          |        |      | РК51.563322.001 ПЗ | 100 | Лист<br>10 |
|     |      |          |        |      |                    |     |            |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |                    |     |            |