

Міністерство освіти і науки України

**Відокремлений структурний підрозділ
«Тернопільський фаховий коледж
Тернопільського національного технічного університету імені Івана
Пулюя»**

(повне найменування вищого навчального закладу)

відділення телекомунікацій та електронних систем

(назва відділення)

циклова комісія телекомунікацій та радіотехніки

(повна назва циклової комісії)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА **до кваліфікаційної роботи**

фаховий молодший бакалавр

(освітньо-професійний ступінь)

на тему: Розробка конструкції блоку живлення 1-29В

Виконав: студент (ка) II курсу, групи ТР-403ск

Спеціальність: 172 «Електронні комунікації та
радіотехніка»

Освітня програма: «Конструювання, виробництво та
технічне обслуговування радіотехнічних пристроїв».

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Фецьо Андрій Миколайович

(прізвище та ініціали)

Керівник Іващук А.Д.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(прізвище та ініціали)

**Відокремлений структурний підрозділ
«Тернопільський фаховий коледж
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя»
Відділення телекомунікацій та електронних систем
Циклова комісія телекомунікацій та радіотехніки
Освітньо-професійний ступінь «фаховий молодший бакалавр»
Галузь знань 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації»
Спеціальність 172 «Електронні комунікації та радіотехніка»
Освітня програма «Конструювання, виробництво та технічне обслуговування
радіотехнічних пристроїв».**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова циклової комісії
телекомунікацій та радіотехніки
_____ Ольга ВАСИЛИШИН
“27” квітня 2026 року

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
Фецьо Андрій Миколайович**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи _____ Розробка конструкції блоку живлення 1-29В

керівник кваліфікаційної роботи _____ Івашук Андрій Дмитрович _____,
(прізвище, ім'я, по батькові)

КР затверджені наказом закладу фахової передвищої освіти від 27.02.2026 року №4/9-133.

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи: 16.06.2026 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Анотація

Вступ. Призначення і область застосування електронного пристрою

Розділ 1 Загальна частина

1.1. Розробка технічного завдання.

1.2. Вибір і опис структурної схеми виробу.

1.3. Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз.

Розділ 2 Спеціальна частина

2.1. Розрахунково-конструкторська частина.

2.1.1. Опис конструювання виробу. Обґрунтування вибору конструкційних матеріалів і покриттів.

2.1.2. Обґрунтування вибору конструкції.

2.1.3. Опис і обґрунтування вибору елементної бази.

- 2.1.4. Розрахунок електричних параметрів окремих каскадів.
- 2.1.5. Опис конструкції друкованої плати. Розрахунок параметрів друкованого монтажу.
- 2.1.6. Оцінка теплових режимів роботи виробу (розрахунок площі радіатора при необхідності)
- 2.1.7. Розрахунок надійності проектного виробу.
- 2.1.8 Техніко-економічний аналіз конструкції виробу. Розрахунок споживаної потужності.
- 2.2. Технологічна частина
 - 2.2.1. Загальні відомості про складання і монтаж проектного виробу. Вибір типу технології.
 - 2.2.2. Якісна оцінка технологічності конструкції. Вибір інструментів, пристосувань, оснастки.
 - 2.2.3. Опис технології виготовлення друкованої плати. Вибір основних та допоміжних матеріалів.
 - 2.2.4. Розробка і оформлення маршрутно-операційної технології складання і монтажу виробу.
- Розділ 3 Економічна частина
 - 3.1. Розрахунок обсягу інвестицій, необхідних для реалізації проектних рішень
 - 3.2 Розрахунок собівартості продукції.
 - 3.3. Оцінка економічної ефективності та доцільності впровадження проектних рішень.
- Розділ 4 Охорона праці
 - 4.1.Методи боротьби зі шкідливими речовинами на виробництві.
 - 4.2.Можливі випадки ураження людини електричним струмом.
- Висновки
- Перелік посилань
- Додатки

Додаткові вказівки:

Виконання кваліфікаційної роботи (з виготовленням макета, стенда, приладу і т.д.)

без виготовлення макета

- 5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
 - Аркуш №1 Схема електрична принципова
 - Аркуш №2 Схема електрична структурна або функціональна (при необхідності)
 - Аркуш №3 Креслення плати друкованої
 - Аркуш №4 Складальне креслення друкованого вузла
 - Аркуш №5 Складальне креслення виробу
 - Аркуш №6 Креслення деталі (елемент корпусу, радіатор, тримач, планка і т.д.) при необхідності
 - Аркуш №7 Таблиця ТЕП

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічна частина	Оксана КУЩАК		
Охорона праці	Генадій ГОРЯЧИК		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Отримання і аналіз технічного завдання	27.04	
2	Збір і узагальнення інформації для кваліфікаційної роботи	13.05	
3	Написання першого розділу кваліфікаційної роботи	25.05	
4	Розробка технічного та робочого проекту кваліфікаційної роботи	29.05	
5	Написання спеціального розділу	29.05	
6	Розрахунок економічної частини	25.05	
7	Написання розділу охорони праці	26.05	
8	Виконання графічної частини кваліфікаційної роботи	19.05	
9	Оформлення кваліфікаційної роботи	08.06	
10	Погодження нормоконтролю	12.06	
11	Попередній захист кваліфікаційної роботи	16.06	
12	Захист кваліфікаційної роботи	22.06	

7. Дата видачі завдання 27 квітня 2026 р.

Студент

_____ (підпис)

Фецьо А.М.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ (підпис)

Іващук А.Д.

_____ (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....

ВСТУП. Призначення і область застосування радіопристрою.....

РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....

1.1 Розробка технічного завдання

1.2 Вибір і опис структурної схеми виробу

1.3 Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз.....

РОЗДІЛ 2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....

2.1 Розрахунково-конструкторська частина.....

2.1.1 Опис компонування виробу. Обґрунтування вибору конструкційних матеріалів і покриттів

2.1.2 Обґрунтування вибору конструкції.

2.1.3 Опис і обґрунтування вибору елементної бази

2.1.4 Розрахунок електричних параметрів окремих каскадів

2.1.5 Опис конструкції друкованої плати. Розрахунок параметрів друкованого монтажу

2.1.6 Оцінка теплових режимів роботи виробу (розрахунок площі радіатора при необхідності).....

2.1.7 Розрахунок надійності проектного пристрою.....

2.1.8 Техніко-економічний аналіз конструкції виробу. Розрахунок споживаної потужності.....

2.2 Технологічна частина.....

2.2.1 Загальні відомості про складання і монтаж проектного виробу. Вибір типу технології.....

2.2.2 Якісна оцінка технологічності конструкції.

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Фецьо			Розробка конструкції блоку живлення 1...29 вольт Пояснювальна записка			Лім.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Іващук								
Рецензент								ВСП ТФК ТНТУ ТР-403 м. Тернопіль		
Н. Контр.		Задорожний								
Затверд.										

2.2.3 Опис технології виготовлення друкованої плати. Вибір основних та допоміжних матеріалів

2.2.4 Кількісна оцінка технологічності друкованого вузла.....

2.2.5 Розробка і оформлення маршрутно-операційної технології складання і монтажу виробу.....

РОЗДІЛ 3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....

3.1 Розрахунок обсягу інвестицій, необхідних для реалізації проектних рішень

3.2 Розрахунок собівартості продукції.....

3.3 Оцінка економічної ефективності та доцільності впровадження проектних рішень.....

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....

4.1 Методи боротьби зі шкідливими речовинами на виробництві.....

4.2 Можливі випадки ураження людини електричним струмом.....

ВИСНОВКИ.....

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....

ДОДАТКИ.....

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

АНОТАЦІЯ

Фецьо А.М. Розробка конструкції блоку живлення 1...29 вольт: кваліфікаційна робота на здобуття освітньо-кваліфікаційний рівень молодший спеціаліст, за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка. Тернопіль: ВСП «ТФК ТНТУ», 2026.

Елементи на платі розташовані дуже компактно, і тому розміри плати мінімальні 80*80мм. Всі основні елементи розміщені на одній стороні плати. У приладі VT5, VT4 елементи, котрі виділяють велику кількість тепла, тому вони кріпляться до радіатора одного.

Корпус виготовлений з чорної пластмаси, яка має хороші характеристики, гарний зовнішній вигляд, та хорошу конструкцію, розміри 148×100×65 мм. Верхня та нижні кришки мають форму типу «корито. Кришки по кутах мають розміщені стійки для закріплення одна до одної за допомогою саморізів. Також нижня кришка має 4 ніжки для кріплення плати за допомогою чотирьох гвинтів та чотирьох шайб, а також стійки для кріплення трансформатора. У спеціальний паз встановлюються шнур мережевий. Корпус вилитий методом лиття під тиском. Для даного виробу важливим фактором є зручність керування пристроєм.

Підібрана елементна база дозволяє реалізувати закладені в пристрій функції, є недорогою та доступною. Запропонована маршрутно-операційна технологія складання виробу може бути використана для серійного виробництва, є уніфікованою та розробленою з врахуванням типових технологічних процесів в галузі виробництва електронних пристроїв, що забезпечує швидку окупність вкладених інвестицій.

Ключові слова: вимірювання, напруга, блок живлення, регулювання.

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ABSTRACT

Fetsio A.M. Development of the design of a 1...29 volt power supply: qualification work for obtaining the educational and qualification level of a junior specialist, in the specialty 172 Telecommunications and Radio Engineering. Ternopil: VSP "TFK TNTU", 2026.

The elements on the board are located very compactly, and therefore the dimensions of the board are minimal 80*80mm. All the main elements are located on one side of the board. In the VT5, VT4 device, there are elements that emit a large amount of heat, so they are attached to the radiator of one.

The case is made of black plastic, which has good characteristics, a beautiful appearance, and a good design, dimensions 148×100×65 mm. The upper and lower covers have a "trough" shape. The covers have racks placed at the corners for fastening one to another with self-tapping screws. Also, the bottom cover has 4 legs for fastening the board using four screws and four washers, as well as racks for fastening the transformer. The power cord is installed in a special groove. The housing is molded by injection molding. For this product, the convenience of controlling the device is an important factor.

The selected element base allows you to implement the functions built into the device, is inexpensive and affordable. The proposed route-operational technology for assembling the product can be used for mass production, is unified and developed taking into account typical technological processes in the field of electronic device production, which ensures a quick return on investment.

Keywords: measurement, voltage, power supply, regulation.

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Проектований блок живлення призначений для стабілізованого забезпечення електричних пристроїв напругою в діапазоні 1–29 В. Основною метою створення такого блоку є отримання високої стабільності вихідної напруги та можливості її плавного регулювання в широкому діапазоні.

У сучасних стабілізаторах часто застосовують операційні підсилювачі, які відрізняються високим коефіцієнтом посилення та стабільними параметрами, що забезпечує точну підтримку заданої напруги. Однак використання таких підсилювачів у схемах з широким діапазоном регулювання вихідної напруги ускладнює конструкцію та налаштування стабілізатора.

У даному проекті застосовано відносно просту модифікацію традиційного транзисторного стабілізатора, що дозволяє значно покращити його технічні характеристики без необхідності використання складних схем на операційних підсилювачах. Такий підхід забезпечує:

- високу точність стабілізації вихідної напруги;
- надійну роботу при зміні навантаження;
- простоту конструкції та зручність обслуговування;
- можливість глибокого регулювання вихідної напруги в межах 1–29 В.

Високий коефіцієнт стабілізації досягається завдяки підсилювачу з динамічним навантаженням, який ефективно підтримує вихідну напругу навіть при зміні струму споживання.

Джерело зразкової напруги реалізовано на польовому транзисторі, що дозволяє значно знизити вихідний опір стабілізатора. Завдяки цьому забезпечується не тільки стабільна напруга на виході, а й глибоке регулювання її значень, що робить блок живлення універсальним для застосування в різних електронних схемах, лабораторних установках, тестових стендах і для живлення радіoeлектронних пристроїв з різними рівнями споживання.

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, розроблений блок живлення поєднує у собі простоту конструкції, надійність, широкий діапазон регулювання та високий коефіцієнт стабілізації, що робить його ефективним і практично корисним інструментом як у побутовій, так і у професійній електроніці [1]

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Розробка технічного завдання

Технічні характеристики приладу:

1. Напруга живлення.....~220В;
2. Струм навантаження.....2А;
3. Діапазон робочих температур.....-10...+30°C;
4. Габаритні розміри.....148*100*65мм;
5. Маса.....0,3кг;
6. Відносна вологість повітря не більше.....80%;
7. Межі регулювання вихідної напруги1..29В.

1.2 Вибір і опис структурної схеми виробу

Схема пристрою складається з блока живлення, понижувального трансформатора, випрямляча, двох підсилювачів із динамічним навантаженням, виконаних на транзисторах, а також навантаження для підключення зовнішніх пристроїв.

Блок живлення забезпечує подачу необхідної напруги для роботи всіх вузлів схеми. Понижувальний трансформатор призначений для зменшення мережевої напруги до потрібного рівня. Після трансформатора сигнал надходить на випрямляч, який перетворює змінну напругу на постійну.

Основна частина схеми містить два транзисторні підсилювачі з динамічним навантаженням. Такі підсилювачі використовуються для підсилення електричних сигналів і забезпечують підвищення коефіцієнта підсилення та покращення характеристик роботи схеми. Динамічне навантаження реалізоване на транзисторах, що дозволяє підвищити ефективність роботи каскадів.

До виходу схеми підключається навантаження, яке може бути представлене різними електронними пристроями або виконавчими

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

елементами. Це забезпечує передачу підсиленого сигналу до зовнішнього кола.

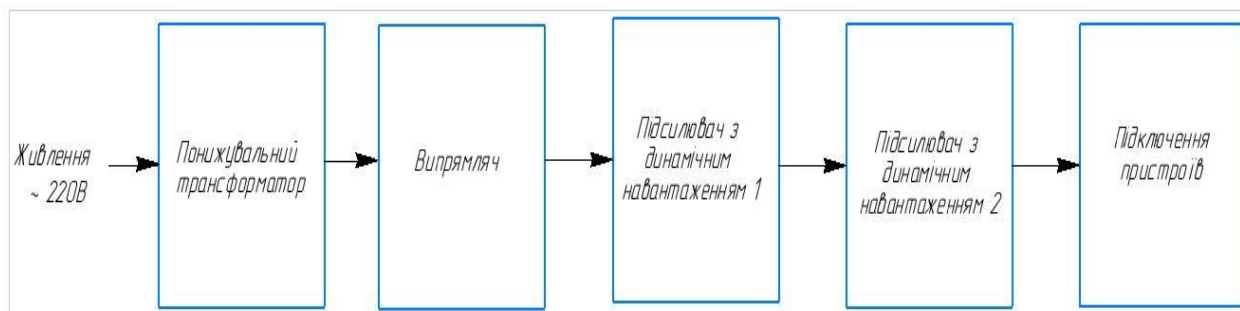


Рисунок 1.1- Схема електрична структурна

1.3 Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз

Стабілізатор побудований на основі двох підсилювачів із динамічним навантаженням, підключених послідовно.

Перший підсилювач реалізований на транзисторах VT3 і VT2, де VT3 включений за схемою із загальним затвором, а VT2 – із загальним колектором. Другий підсилювач побудований на транзисторах VT4 і VT5; при цьому VT4 працює за схемою з загальним емітером, а VT5 – із загальним колектором.

Сигнал зворотного зв'язку з движка резистора R9, підключений до витоку транзистора VT3, підсилюється без інверсії фази та надходить на базу транзистора VT4. Транзистор VT3 функціонує у режимі, близькому до відсічення струму, і напруга між його витоком і затвором виступає в стабілізаторі як зразкова напруга. Ланцюг R2–R3–VD7 виконує функцію температурної компенсації зміни струму стоку транзистора VT3. Без цього елемента при замиканні затвора VT3 на загальний провід вихідна напруга стабілізатора може змінюватися на 3–5 % у температурному діапазоні 20–50 °С.

З колектора транзистора VT4 сигнал, який інвертований і підсилений, подається на базу потужного регулюючого транзистора VT5.

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Керуючий елемент живиться від параметричного стабілізатора, виконаного на стабілітроні VD6 і транзисторі VT1. Стабілізатор на транзисторі VT1 отримує живлення від помножувача напруги, зібраного на діодах VD2–VD5 та конденсаторах C1, C2, підключених до вторинної обмотки трансформатора TV1.

Світлодіод HL1 виконує дві функції: обмежує колекторний струм через транзистори VT1, VT4 та базовий струм транзистора VT5 у разі короткого замикання в ланцюзі навантаження і одночасно слугує індикатором перевантаження. При перевантаженні збільшується базовий струм VT5, що призводить до зниження напруги на вході параметричного стабілізатора до рівня близько 30 В. У цей момент напруга майже повністю падає на лампі HL1, за вирахуванням падіння напруги на транзисторах VT1, VT4 та емітерному переході VT5. Струм у цьому ланцюзі не перевищує 120–130 мА, що нижче гранично допустимого для його елементів [1].

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунково-конструкторська частина

2.1.1 Опис компонування виробу. Обґрунтування вибору конструкційних матеріалів і покриттів.

Компонування радіотехнічного пристрою включає комплекс заходів, пов'язаних із раціональним розміщенням електронних компонентів на друкованій платі, вибором конструкційних матеріалів для корпусу та елементної бази, а також підбором захисних покриттів, що забезпечують надійну й довговічну роботу виробу [18].

Процес компонування друкованої плати починається з визначення оптимального розташування основних функціональних вузлів. Центральне місце на платі, як правило, займає мікроконтролер або інші ключові мікросхеми, оскільки це дає можливість скоротити довжину сигнальних доріжок, покращити якість передавання сигналів та зменшити рівень електромагнітних завад. Таке розміщення також спрощує з'єднання між окремими вузлами схеми та підвищує загальну надійність роботи пристрою.

Пасивні компоненти, зокрема резистори, конденсатори та котушки індуктивності, розташовуються поблизу відповідних мікросхем відповідно до електричної схеми. Це дозволяє мінімізувати паразитні ємності та індуктивності, які можуть негативно впливати на стабільність роботи електронного пристрою. Особлива увага приділяється колам живлення та фільтрації, для яких конденсатори встановлюються максимально близько до виводів мікросхем.

Вузли живлення, стабілізатори напруги та силові елементи зазвичай розміщуються ближче до країв друкованої плати. Таке компонування забезпечує зручність підключення зовнішніх джерел живлення, полегшує монтаж і покращує тепловідведення. Крім того, це дозволяє зменшити тепловий вплив на чутливі електронні компоненти та підвищити стабільність їх роботи.

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Корпус пристрою виготовляється із пластмаси, яка є одним із найпоширеніших матеріалів у виробництві сучасної електронної апаратури. Пластмасовий корпус має невелику масу, достатню механічну міцність, добрі електроізоляційні властивості та високу технологічність. Завдяки технології лиття під тиском можна виготовляти корпуси складної форми з сучасним дизайном та високою точністю геометричних розмірів. Окрім цього, пластмаса характеризується стійкістю до впливу вологи та багатьох хімічних речовин.

Під час вибору конструкційних матеріалів і захисних покриттів враховуються умови експлуатації пристрою, механічні навантаження, температурний режим та вплив навколишнього середовища.

Для виготовлення електричних контактів і струмопровідних елементів застосовуються мідні або латунні сплави, які відзначаються високою електропровідністю та хорошою стійкістю до корозії. Кріпильні елементи виготовляються зі сталі, що забезпечує міцність конструкції та надійність механічних з'єднань.

З метою захисту металевих деталей від корозії використовуються спеціальні покриття, зокрема цинкування, нікелювання або хромування. Такі покриття значно підвищують стійкість металів до дії вологи, окиснення та інших негативних факторів зовнішнього середовища, що сприяє збільшенню терміну служби виробу.

Для захисту друкованих плат від вологи, пилу та механічних пошкоджень застосовуються ізоляційні покриття у вигляді спеціальних лаків, епоксидних смол або пластмасових шарів. Вони створюють додатковий захисний бар'єр та покращують електроізоляційні характеристики плати.

У пристроях, де використовуються потужні електронні компоненти, важливе значення має ефективне відведення тепла. Для цього застосовують теплопровідні пасти, термопрокладки або радіатори, які забезпечують стабільний тепловий режим роботи транзисторів, стабілізаторів напруги та інших силових елементів.

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, правильне компонування друкованої плати, раціональний вибір матеріалів і використання захисних покриттів є важливими чинниками створення сучасної надійної електронної апаратури. Використання сучасних технологій та матеріалів дозволяє забезпечити високі експлуатаційні характеристики, довговічність, ергономічність і відповідність вимогам користувачів [18].

2.1.2 Обґрунтування вибору конструкції

У розробленому виробі конструкція корпусу обґрунтована вимогами механічної міцності, електробезпеки, зручності експлуатації та технологічності виготовлення. Корпус виконано з чорної пластмаси, яка характеризується достатньою жорсткістю, хорошими діелектричними властивостями та привабливим зовнішнім виглядом. Габаритні розміри корпусу становлять $148 \times 100 \times 65$ мм, що забезпечує компактність пристрою та можливість його використання в різних умовах.

Конструктивно корпус складається з верхньої та нижньої кришок коритоподібної форми. У кутах кришок передбачено монтажні стійки, за допомогою яких здійснюється їх з'єднання саморізами, що забезпечує простоту складання та розбирання. На нижній кришці реалізовано чотири опорні стійки для кріплення друкованої плати, а також передбачено місце для встановлення трансформатора, який закріплено гвинтовими з'єднаннями з використанням гайок.

На верхній кришці розміщено основні елементи керування та індикації: роз'єм, перемикач, змінний резистор для регулювання режимів роботи пристрою, а також світлодіод, встановлений через ізоляційну втулку. Така компоновка забезпечує зручність доступу до органів керування та підвищує ергономічність виробу. Корпус виготовлено методом лиття під тиском, що забезпечує високу точність геометричних параметрів, повторюваність конструкції та можливість серійного виробництва.

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час проєктування виробу особливу увагу приділено забезпеченню зручності керування та привабливого зовнішнього вигляду. Компактні розміри і раціональне розташування елементів дозволяють використовувати пристрій у різних умовах експлуатації, що розширює сферу його застосування.

У процесі компоновання електронної частини забезпечено мінімізацію впливу магнітних полів та зменшення паразитних ємностей між провідниками друкованої плати. Для пристрою з рідкокристалічним дисплеєм реалізовано належні умови відображення інформації з урахуванням кута огляду та зручності сприйняття даних користувачем. Раціональне компоновання елементів позитивно вплинуло на надійність і експлуатаційні характеристики виробу.

При розміщенні електрорадіоелементів на друкованій платі у даному пристрої враховано вимоги теплового режиму та електромагнітної сумісності. Забезпечено можливість природної конвекції повітря в зонах розташування елементів, що нагріваються. Напівпровідникові прилади та інтегральні мікросхеми розміщено на безпечній відстані від джерел тепла та сильних магнітних полів. Також передбачено зручний доступ до елементів, що потребують регулювання під час налагодження.

У випадках, коли елементи мають електропровідні корпуси і під ними проходять провідники, у конструкції реалізовано ізоляційні заходи. Зокрема, використано ізоляційні трубки, прокладки або нанесено ізоляційний шар на відповідні ділянки плати, що підвищує електробезпеку та надійність роботи пристрою.

Розташування інтегральних мікросхем та інших компонентів виконано з дотриманням необхідних відстаней між корпусами, що дозволяє уникнути взаємного впливу та забезпечує стабільність роботи. Такий підхід сприяв оптимізації габаритів, зменшенню маси виробу та підвищенню його завадостійкості.

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, конструкція проектного виробу розроблена з урахуванням основних принципів технологічності: простоти виготовлення, можливості використання стандартних технологічних процесів, зручності складання та обслуговування, а також забезпечення високих технічних і експлуатаційних характеристик [19].

2.1.3 Опис і обґрунтування вибору елементної бази

Таблиця 2.1- Конденсатор b41828 [2]

Позиційне позначення	C1-C5
Назва компонента	Конденсатор b41828
Виробник	Ерcos
Критерії вибору	Напруга робоча, струм, розміри, тангенс кута втрат
Параметри та характеристики	
Параметри конструкції	Див.рис.2.1
Номінальна напруга	50В
Номінальна ємність	4,7...2200 мкФ
Допуск ємності	$\pm 20\%$
Термін служби	2000 р
Робоча температура	-55 ... 105 ° С
Тангенс кута втрат,%	0,14

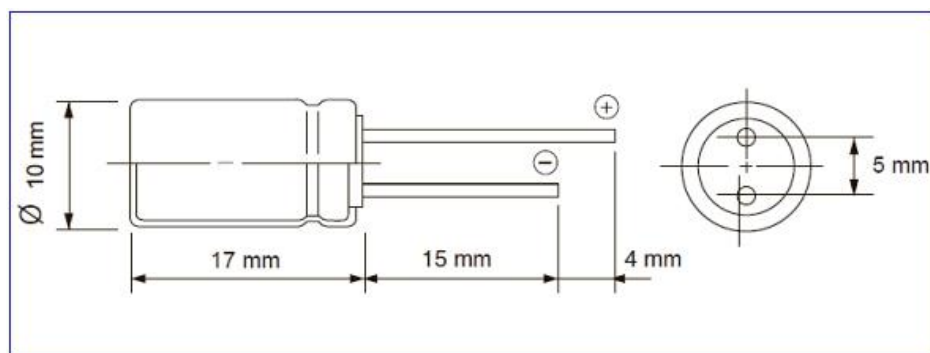


Рисунок 2.1- Габаритні розміри конденсатора типу b41828"Ерcos"

Таблиця 2.2- Резистор MFP [3]

Позиційне позначення	R1-R8
Назва компонента	MFP
Виробник	Yageo
Критерії вибору	Потужність розсіювання, максимальна робоча напруга, діапазон опорів, габаритні розміри
Параметри конструкції	Див.рис.2.2
Параметри та характеристики	
номінальна потужність	0,125 Вт
діапазон номінальних опорів	$1 \dots 10 \cdot 10^6 \text{ Ом}$
допустиме відхилення опору	$\pm 10\%$
максимальна робоча напруга	200В
діапазон робочих температур	$-60 \dots +70^\circ\text{C}$

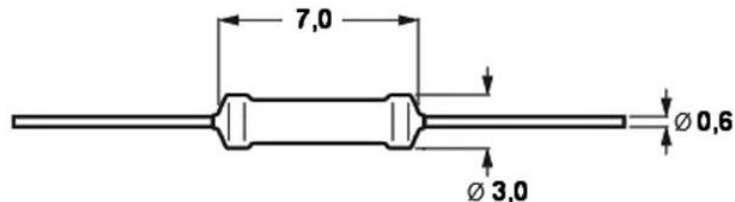


Рисунок 2.2- Габаритні розміри резисторів MFP " Yageo "

Таблиця 2.3 - Конденсатор b37979 [4]

Позиційне позначення	C6
Назва компонента	Конденсатор b37979
Виробник	"Epcos"
Критерії вибору	Номінал ємності, напруга пробою, робоча напруга
Параметри конструкції	Див.рис.2.3
Параметри та характеристики	
робоча напруга	50В
відхилення ємності від номінального значення	$\pm 10\%$
інтервал робочих температур	$-40^\circ\text{C} \dots +100^\circ\text{C}$
температурний коефіцієнт ємності	$+3,3\%$
відносна вологість	до 98%
діапазон тиску	6,6-2942гПа
діапазони ємностей	5нФ – 0,1мкФ

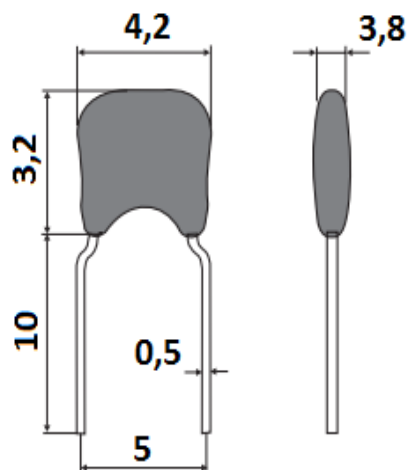


Рисунок 2.3- Габаритні розміри конденсатора b37979 "Epcos"

Таблиця 2.4- Діод 1N1257"Diotec" [5]

Позиційне позначення	VD2-VD5	
Назва компонента	Діод 1N1257	
Виробник	"Diotec"	
Критерії вибору	напруга випрямлення, максимальний струм, робоча частота	
Параметри конструкції	Див.рис.2.4	
Параметри та характеристики		
матеріал	кремній	
Максимальна постійна зворотна напруга, В	400	
Максимальна імпульсна зворотна напруга, В	400	
Максимальний прямий (випрямлений за напівперіод) струм, А	0.3	
Максимально допустимий прямий імпульсний струм, А	15	
Максимальна пряма напруга, В	1	
Робоча температура, С	-55 ... 85	

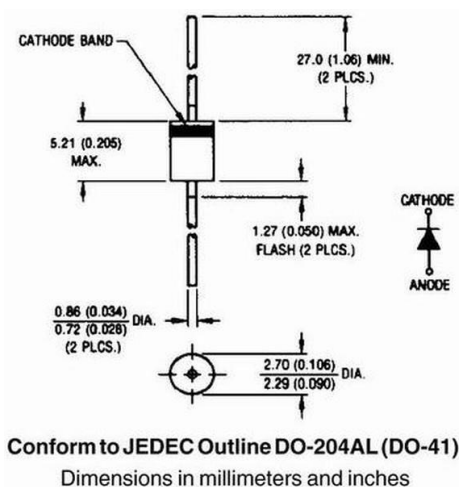


Рисунок 2.4 – Габаритні розміри діода 1N1257

Таблиця 2.5- Трансформатор В78386-Р1116-А [6]

Позиційне позначення	TV1
Назва компонента	Трансформатор В78386-Р1116-А
Виробник	Ерсos
Критерії вибору	Вихідна напруга, вихідний струм, габаритні розміри
Параметри конструкції	див. рисунок 2.5
Параметри та характеристики	
вихідна напруга	40В
вихідний струм	2А
електрична міцність первинної-вторинної ізоляції	4000В
електрична міцність вторинної-вторинної ізоляції	600В
напруга живлення	220В
допустимі відхилення вторинних напруг	$\pm 5\%$

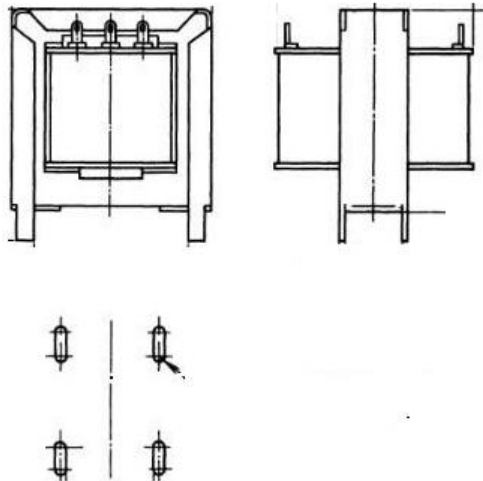


Рисунок 2.5– Габаритні розміри трансформатора В78386-Р1116-А

Таблиця 2.6 - Світлодіод типу L-1503GT [7]

Позиційне позначення	HL1
Назва компонента	L-1503GT
Виробник	Kingbright
Критерії вибору	Розмір, колір свічення, струм та напруга живлення
Параметри та характеристики	
Колір свічення	червоний
Довжина хвилі	663нм
Колір лінзи	червоний
Максимальна пряма напруга	1,9 В
Максимальний імпульсний прямий струм	30мА
Робоча температура	-10...+70 ⁰ С
Максимальна зворотня напруга	2В

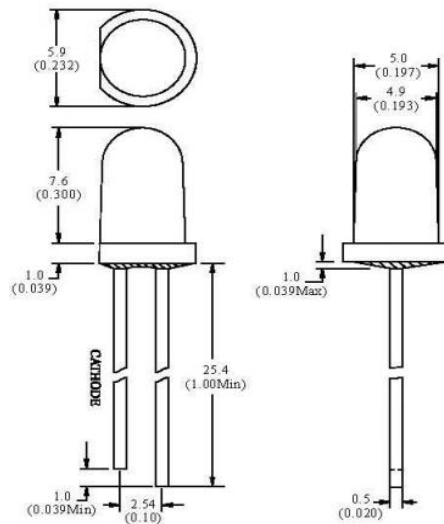


Рисунок 2.6 - Зовнішній вигляд світлодіода типу L-1503GT "Kingbright"

Таблиця 2.7 - Змінні резистори 16K1 [8]

Позиційне позначення	R9
Назва компонента	Змінні резистори 16K1
Виробник	Song Huei
Критерії вибору	Діапазон опорів, максимальний струм, лінійна характеристика
Параметри конструкції	див.рисунок 2.7
Параметри та характеристики	
номінальний опір	50кОм
відхилення опору від номінального значення	±20%
тип потенціометра	однооборотний
максимальна робоча напруга	150В
кут повороту	300±5°

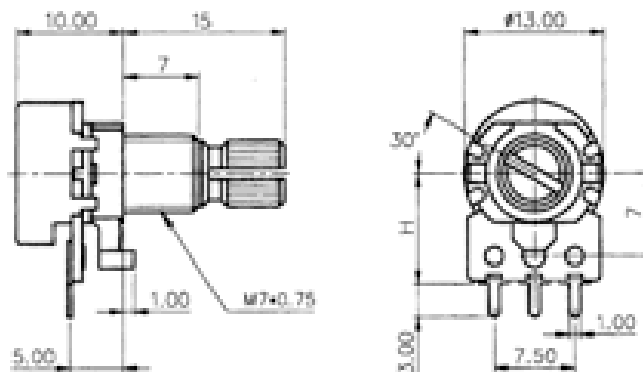


Рисунок 2.7 – Габаритні розміри змінного резистора 16K1

Таблиця 2.8 - Перемикач ASW-09-102 "Jietong Switch" [9]

Позиційне позначення	SA1
Назва компонента	Перемикач ASW-09-102
Виробник	"Jietong Switch"
Критерії вибору	Максимальні струм та напруга, робоча напруга
Параметри конструкції	див.рисунок 2.8
Параметри та характеристики	
Номінальність	6A, 250В/10A, 125В
Контактний опір	$\leq 50 \text{ мОм}$
Опір ізоляції	$\geq 100 \text{ мОм}$
Діелектрична інтенсивність	$\geq 1500 \text{ В/1 мін}$

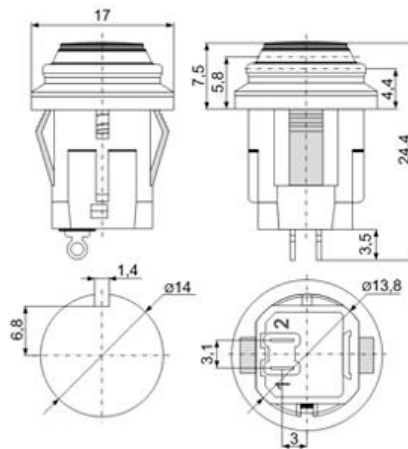


Рисунок 2.8 – Габаритні розміри кнопки PBS14A "Jietong Switch"

Таблиця 2.9 - Діод GBPC3510W-E4 / 51 "Vishay" [10]

Позиційне позначення	VD1
Назва компонента	Діод GBPC3510W-E4 / 51
Виробник	"Vishay"
Критерії вибору	напруга випрямлення, максимальний струм, робоча частота
Параметри конструкції	Див.рис.2.9
Параметри та характеристики	
Максимальна постійна зворотна напруга, в	1000
Максимальний прямий (випрямлений за напівперіод) струм, А	35
Максимальний зворотний струм, мкА	5
Максимальна пряма напруга, В	1.1
Робоча температура, С	-55 ... + 150
Корпус	gbpc-w
Кількість фаз	1

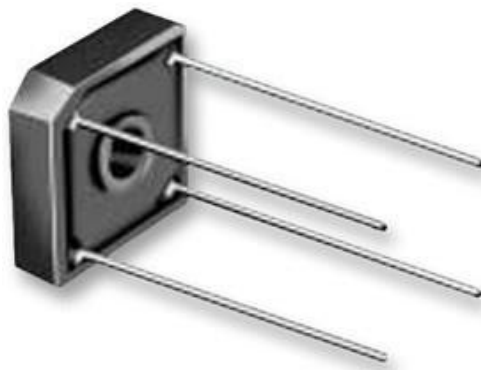


Рисунок 2.9 – Зовнішній вигляд діодного моста GBPC3510W-E4

Таблиця 2.10 - Діод 1N4750ATR [11]

Позиційне позначення	VD6
Назва компонента	Діод 1N4750ATR
Виробник	"Vishay"
Критерії вибору	напруга випрямлення, максимальний струм, робоча частота
Параметри конструкції	Див.рис.2.10
Параметри та характеристики	
Потужність розсіювання, Вт	1
Мінімальна напруга стабілізації, В	25.65
Номінальна напруга стабілізації, В	27
Максимальна напруга стабілізації, В	28.35
Температурний коефіцієнт напруги стабілізації $\alpha_{U_{ст.}}$, % / C	0.095
Робоча температура, C	-55 ... 200
корпус	do41
Максимальний струм стабілізації ICT.МАКС., мА	34
Мінімальний струм стабілізації ICT.Мін., мА	9.5



Рисунок 2.10 - Габаритні розміри стабілітрона 1N4750ATR

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.11 - Транзистор 2SA821 "Fairchild" [12]

Позиційне позначення	VT1
Назва компонента	Транзистор 2N2891
Виробник	"Fairchild"
Критерії вибору	Структура, коефіцієнт підсилення, потужність, напруга, струм
Параметри та характеристики	
структура	npn
Макс. напр. к-б при заданому зворотному струмі до і розімкнутої ланцюга е. (Укбо макс), В	60
Максимально допустимий струм до (Ік макс.)	2
Статичний коефіцієнт передачі струму h_{21e} хв	30 ... 150
Гранична частота коефіцієнта передачі струму $f_{гр}$.МГц	10
Максимальна потужність, що розсіюється, Вт	5

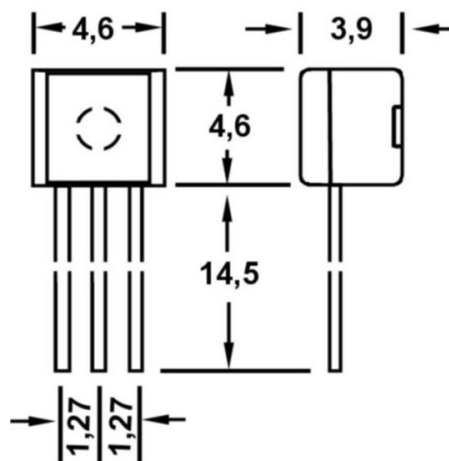


Рисунок 2.11 – Габаритні розміри транзистора 2N2891 "Fairchild"

Таблиця 2.12 - Транзистор 2SA821 "Fairchild" [13]

Позиційне позначення	VT2
Назва компонента	Транзистор 2N2891
Виробник	"Fairchild"
Критерії вибору	Структура, коефіцієнт підсилення, потужність, напруга, струм
Параметри та характеристики	
структура	npn
Макс. напр. к-б при заданому зворотному струмі до і розімкнутої ланцюга е. (Укбо макс), В	60
Максимально допустимий струм до (Ік макс.)	2
Статичний коефіцієнт передачі струму h_{21e} хв	30 ... 150
Гранична частота коефіцієнта передачі струму $f_{гр}$.МГц	10
Максимальна потужність, що розсіюється, Вт	5

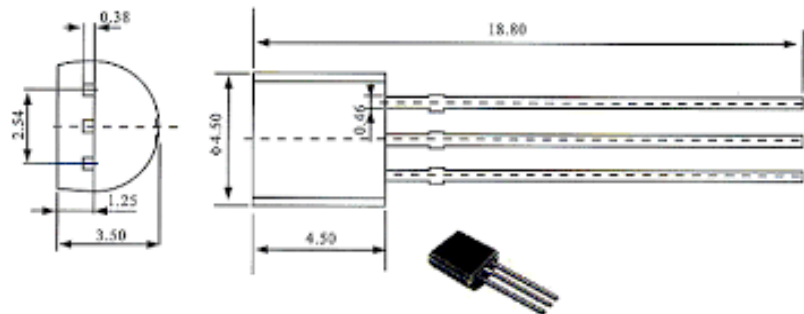
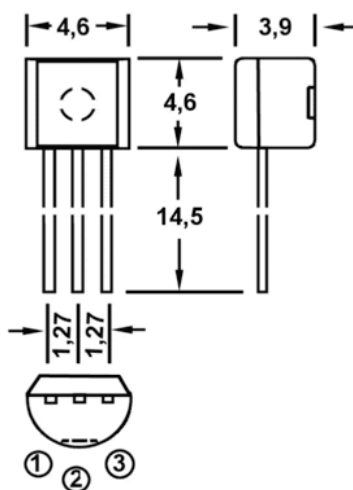


Рисунок 2.12- Габаритні розміри транзистора 2SA555

Таблиця 2.13 - Транзистор BF245A "Fairchild" [14]

Позиційне позначення	VT3
Назва компонента	Транзистор BF245A
Виробник	"Fairchild"
Критерії вибору	Структура, коефіцієнт підсилення, потужність, напруга, струм
Параметри та характеристики	
Тип транзистора	FET
Полярність	N
Максимальна потужність, що розсіюється (Pd)	0.35 W
Гранично допустима напруга стік-витік (Uds)	30 V
Максимально допустимий постійний струм стоку (Id)	0.0065 A
Максимальна температура каналу (Tj)	150 ° C
Вихідна ємність (Cd)	1.1 pf
Опір стік-витік відкритого транзистора (Rds)	1000 Ohm
Тип корпусу	TO92



TO-92

Рисунок 2.13 - Габаритні розміри транзистора BF245A

Таблиця 2.14 - Транзистор 2SA1356 "Fairchild" [15]

Позиційне позначення	VT4
Назва компонента	Транзистор 2SA1356
Виробник	"ON Semiconductor"
Критерії вибору	Структура, коефіцієнт підсилення, потужність, напруга, струм
Параметри та характеристики	
Структура	p-n-p
Напруга колектор-емітер, не більше	40 В
Напруга колектор-база, не більше	40 В
Напруга емітер-база, не більше	5 В
Струм колектора, не більше	0.8 А
Розсіює потужність колектора, не більше	5 Вт
Коефіцієнт посилення транзистора по току (hfe): від	70 до 240
Гранична частота коефіцієнта передачі струму	100 МГц
Корпус	TO-18F

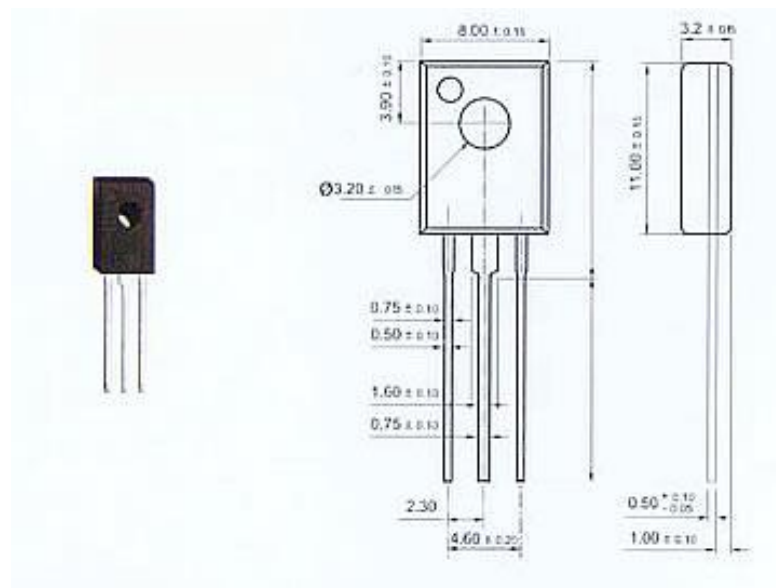


Рисунок 2.14 - Габаритні розміри транзистора 2SA1356

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.15 - Транзистор 2N5319 "Fairchild" [16]

Позиційне позначення	VT5
Назва компонента	Транзистор 2N5319
Виробник	"ON Semiconductor"
Критерії вибору	Структура, коефіцієнт підсилення, потужність, напруга, струм
Параметри та характеристики	
Тип матеріалу	Si
Полярність	NPN
Максимальна потужність, що розсіюється (Pc)	50 W
Максимально допустима напруга колектор-база (Ucb)	100 V
Максимально допустима напруга колектор-емітер (Uce)	100 V
Максимально допустима напруга емітер-база (Ueb)	6 V
Максимально постійний струм колектора (Ic)	10 A
Гранична температура PN-переходу (Tj)	200 ° C
Гранична частота коефіцієнта передачі струму (ft)	30 MHz
Ємність колекторного переходу (Cc)	500 pf
Статичний коефіцієнт передачі струму (hfe)	30
Корпус транзистора	TO61

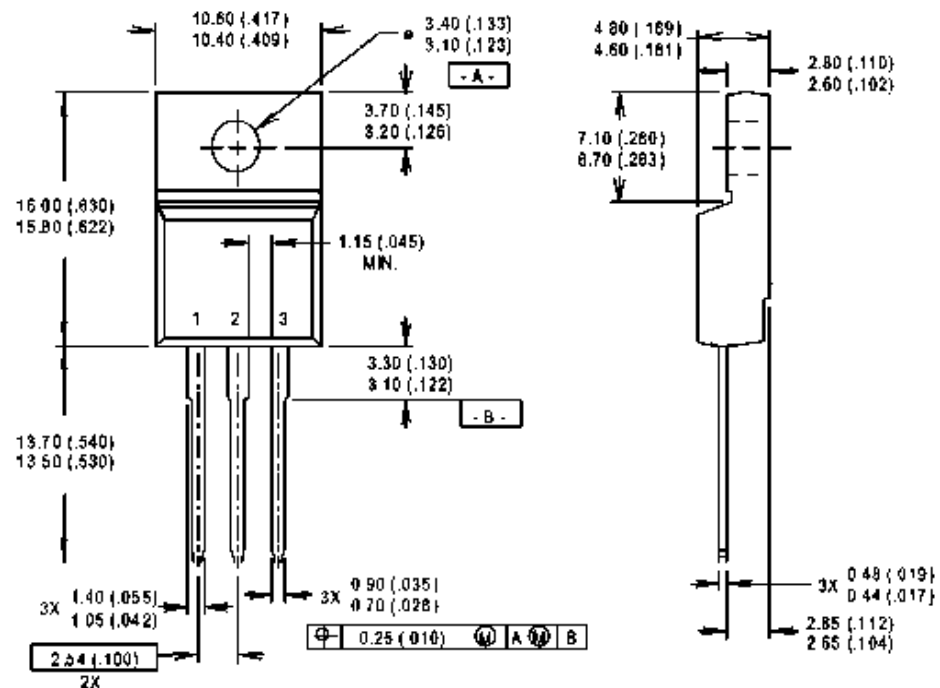


Рисунок 2.15 - Габаритні розміри транзистора 2N5319

2.1.4 Розрахунок електричних параметрів окремих каскадів

Схема електрична принципова транзисторного ключа зображена на рисунку 2.16 [34].

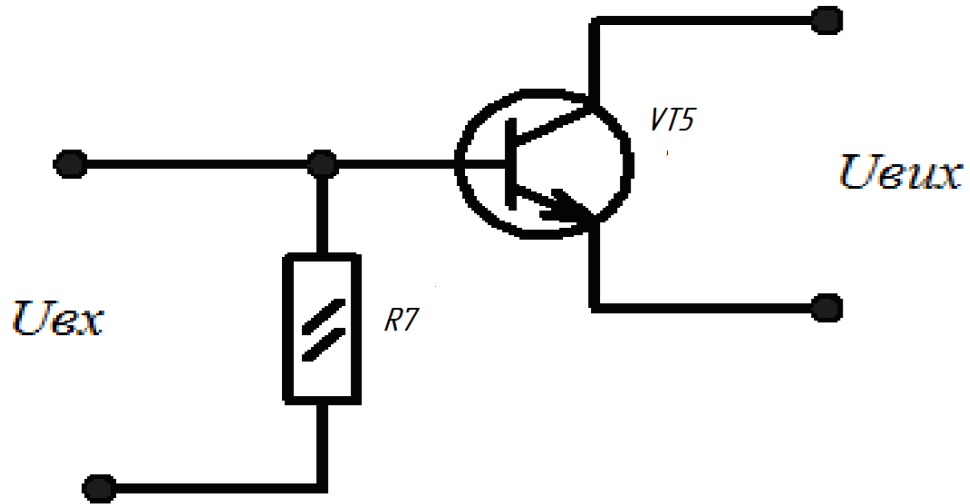


Рисунок 2.16- Схема електрична принципова транзисторного ключа

Розрахуємо параметри транзисторного ключа при наступних умовах:

$$U_{ж}=25В;$$

$$R_{н}=1,5 \text{ кОм};$$

$$U_{у}=\pm 12В;$$

Транзистор 2N5319 виробник фірми "ON Semiconductor".

$$h_{21e}=60;$$

$$U_{\phi 0}=0,6В;$$

$$R_{нас}=0,1 \text{ Ом};$$

$$r_{\phi}=1,5 \text{ кОм};$$

$$I_{к0}=0,1 \text{ А};$$

$$I_{к03В}=25 \text{ мА};$$

$$R_{\phi e}=10 \text{ Ом}.$$

1. Знайдемо параметри вхідного кола транзистора, яке забезпечує ввімкнений стан транзистора:

$$I_{к.нас.} = \frac{U_{ж}}{R_{н}}, \quad (2.1)$$

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де: R_n – опір навантаження;

U_n – напруга живлення;

$$I_{к.нас.} = \frac{25B}{10000\Omega} = 0,025(A)$$

Опір управляючого резистора, який забезпечує включення транзистора:

$$R_y = \frac{U_y - (U_{\delta 0} + 0,2 \cdot r_{\delta})}{I_{к.нас.}}, \quad (2.2)$$

де: U_y – напруга управління транзистором;

$I_{к.нас.}$ – струм, який споживає транзистор;

$$R_y = \frac{12 - (0,6 + 0,2 \cdot 1,5)}{0,025A} = 430(\Omega)$$

2. Знайдемо параметри вхідного кола, яке забезпечує режим закривання:

$$R_y = \frac{U_y}{I_{ко}} \quad (2.3)$$

$$R_y = \frac{12}{0,1 \cdot 10^{-4}} = 1(\kappa\Omega)$$

Вибираємо за стандартизованим рядом E24 резистор типу MFP-0,125-1к Ом виробник фірми «Yageo» – 0,125Вт з опором 1кОм.

Схема електрична принципова RC-фільтра зображена на рисунку 2.16.

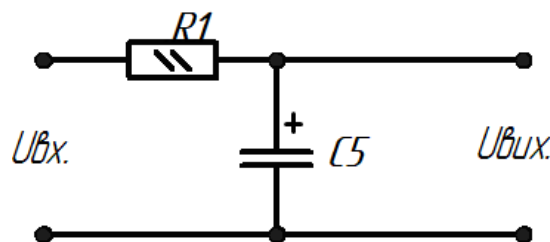


Рисунок 2.17- Схема електрична принципова RC-фільтра

1. Вихідні дані для проведення розрахунку:

$C = 200\mu\text{кФ}$

$F_c = 10\text{кГц}$

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Розрахунок частоти зрізу проводиться за формулою:

$$f_c = \frac{1}{2\pi CR}, \quad (2.4)$$

де C – ємність конденсатора;

R – опір резистора;

Оскільки частота зрізу нам відомо, вона становить 10кГц, то розрахуємо тільки опір резистора.

3. Розрахунок опору резистора:

$$R = \frac{1}{2\pi C f_c}, \quad (2.5)$$

де f_c – частота зрізу, становить 10кГц.

$$R = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 200 \cdot 10} = 2 \text{кОм}$$

Вибираємо резистор з опором 2 кОм та потужністю розсіювання 1Вт.
MFP-1-2 кОм 10% "Yageo"

$$R1 = 2 \text{кОм}$$

2.1.5 Опис конструкції друкованої плати. Розрахунок параметрів друкованого монтажу

Виходячи з технологічних можливостей виробництва вибрано комбінований метод виготовлення, 4 клас точності друкованої плати ОСТ 4.010.022-85 [19].

Визначаємо мінімальну ширину друкованого провідника, мм., по постійному струму для кіл живлення і заземлення:

$$b_{\min} = \frac{I_{\max}}{i_{\text{доп}} \cdot t} = \frac{2A}{48 \frac{A}{\text{мм}^2} \cdot 0,035\text{м}} = 1,2 \text{мм} \quad (2.6)$$

де $I_{\max}$ – допустима густина струму, який протікає в провідниках.

Визначається із аналізу принципової схеми, $I_{\max} = 2A$;

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ідоп – допустима густина струму, вибирається в залежності від методу виготовлення плати з табл.,

$$j_{доп} = 48A/мм^2, t – товщина провідника, 35мкм=0,035м$$

Визначаємо мінімальну ширину провідника, мм., виходячи з допустимого падіння напруги на ньому:

$$b_{min2} = \frac{\rho * I_{max} * l}{U_d * t} = \frac{0,0175 \frac{Ом.мм^2}{м} * 2A * 0,5м}{0,9В * 0,035м} = 0,6мм \quad (2.7)$$

де $\rho = 0,050 Ом*мм^2/м$ – питомий об’ємний опір,

$L = 0,4м$ – довжина провідника,

$U_{доп} = 0,3$ – допустиме падіння напруги.

Визначаємо номінальне значення діаметрів монтажних отворів d:

$$d = d_E + |\Delta d_{н.в.}| + r \quad (2.8)$$

де: d_E – максимальний діаметр виводу встановленого ЕРЕ (діаметр вивода ЕРЕ.)

$\Delta d_{н.в.}$ – нижнє граничне відхилення від номінального діаметру монтажного отвору (0,1 для всіх)

r – різниця між мінімальним діаметром отвору і максимальним діаметром вивода ЕРЕ, її вибирають в межах 0,1...0,4мм. Розрахункові значення d зводяться до нормалізованого ряду отворів: 1,1; 1,3; 1,5 мм.

$d_{E1} = 0,9$ – для діодів, конденсаторів керамічних, резисторів.

$d_{E2} = 1,1$ – для конденсаторів електролітичних, резисторів, транзисторів, діодного моста.

$$d = d_E + |\Delta d_{н.в.}| + r = 0,9 + |\pm 0,05| + 0,1 = 1,1 мм$$

$$d = d_E + |\Delta d_{н.в.}| + r = 1,1 + |\pm 0,05| + 0,1 = 1,3 мм$$

Приймаємо такі стандартні діаметри отворів 1,1; 1,3.

Розраховуємо діаметр контактних площадок.

$$D_{min} = D_{1min} + 1,5hf + 0,03 \quad (2.9)$$

де: hf – товщина фольги; D_{1min} – мінімальний ефективний діаметр площадки;

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D_{1\min} = 2 \left(b_m + \frac{d_{\max}}{2} + \delta d + \delta p \right) \quad (2.10)$$

де: b_m – відстань від краю просвердленого отвору до краю контактної площадки;

$$b_m = 0,06 \text{ мм.}$$

δd і δp - допуски на розташування отворів і контактних площадок;

$$\delta d = 0,25 \text{ мм, } \delta p = 0,4 \text{ мм.}$$

$d_{\max}$ - максимальний діаметр просвердленого отвору, мм:

$$d_{\max} = d + \Delta d + (0,1 \dots 0,15) \quad (2.11)$$

де: Δd - допуск на отвір.

$$d_{\max 1} = 1,1 + 0,05 + 0,1 = 1,25 \text{ мм}$$

$$d_{\max 2} = 1,3 + 0,05 + 0,1 = 1,45 \text{ мм}$$

$$D_{1\min 1} = 2 \left(0,06 + \frac{1,25}{2} + 0,08 + 0,2 \right) = 1,93 \text{ мм}$$

$$D_{1\min 2} = 2 \left(0,06 + \frac{1,45}{2} + 0,08 + 0,2 \right) = 2,13 \text{ мм}$$

$$D_{\min 1} = 1,93 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 2,01 \text{ мм}$$

$$D_{\min 2} = 2,13 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 2,21 \text{ мм}$$

Максимальний діаметр контактної площадки:

$$D_{\max} = D_{\min} + (0,02 \dots 0,06) \quad (2.12)$$

$$D_{\max 1} = 2,01 + 0,02 = 2,03 \text{ мм}$$

$$D_{\max 2} = 2,21 + 0,02 = 2,23 \text{ мм}$$

Визначаємо ширину провідників. Мінімальна ширина провідників для ДДП і зовнішніх шарів БДП, які виготовлені комбінованим методом:

$$b_{\min} = b_{1\min} + 1,5h\phi + 0,03 \quad (2.13)$$

де $b_{1\min}$ - мінімальна ефективна ширина провідника, мм. $b_{1\min} = 0,15$ мм для плат 4- го класу точності.

$$b_{\min} = 0,15 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 0,23 \text{ мм}$$

Визначаємо мінімальну відстань між елементами провідного матеріалу.

Мінімальна відстань між провідником і контактною площадкою:

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_{1\min} = L_0 - \left[\left(\frac{D_{\max}}{2} + \delta p \right) + \left(\frac{d_{\max}}{2} + \delta_1 \right) \right] \quad (2.14)$$

$$S_{1\min 1} = 2,5 - \left[\left(\frac{2,03}{2} + 0,2 \right) + \left(\frac{1,25}{2} + 0,08 \right) \right] = 0,58 \text{ мм}$$

$$S_{1\min 2} = 2,5 - \left[\left(\frac{2,23}{2} + 0,2 \right) + \left(\frac{1,45}{2} + 0,08 \right) \right] = 0,38 \text{ мм}$$

де: L_0 – відстань між центрами відповідних елементів;

Мінімальна відстань між двома контактними площадками:

$$S_{2\min} = L_0 - (D_{\max} + 2\delta_p) \quad (2.15)$$

$$S_{2\min 1} = 2,5 - (1,25 + 2 \cdot 0,2) = 0,85 \text{ мм}$$

$$S_{2\min 2} = 2,5 - (1,45 + 2 \cdot 0,2) = 0,65 \text{ мм}$$

Мінімальна відстань між двома провідниками:

$$S_{3\min} = L_0 - (D_{\max} + 2\delta_1) \quad (2.16)$$

$$S_{3\min 1} = 2,5 - (1,25 + 2 \cdot 0,08) = 1,09 \text{ мм}$$

$$S_{3\min 2} = 2,5 - (1,45 + 2 \cdot 0,08) = 0,89 \text{ мм}$$

Під час електричного розрахунку було розраховано мінімальну відстань між двома контактними площадками, яка становить 0,65мм, мінімальну відстань між елементами провідного матеріалу, яка становить 0,38мм, мінімальну відстань між двома провідниками 0,89мм.

При розрахунку мінімальної ширини друкованого провідника, в результаті обрахунків ширина друкованого провідника дорівнює 2,9мм.

Враховуючи вищесказане можна сказати що всі контактні площадки будуть мати розміри стандартної форми.

2.1.6 Оцінка теплових режимів роботи виробу

У розробленому виробі наявні елементи VT4 та VT5, які є основними джерелами локального тепловиділення та встановлені на спільному радіаторі. Таке конструктивне рішення забезпечує ефективне відведення тепла від

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

напівпровідникових приладів і вирівнювання їх температурного режиму під час роботи пристрою.

Застосування спільного радіатора для VT4 та VT5 дозволяє підвищити ефективність тепловідведення за рахунок збільшення площі розсіювання тепла в навколишнє середовище. При цьому слід враховувати можливість теплового взаємного впливу між транзисторами, що вимагає їх узгодженого розміщення та забезпечення надійного теплового контакту з радіатором через теплопровідні матеріали (термопрокладки або теплопровідну пасту).

Тепловий режим роботи виробу в цілому є допустимим і стабільним за умови природної конвекції повітря всередині корпусу. Корпус пристрою забезпечує достатній об'єм для циркуляції повітря, що сприяє відведенню тепла від радіатора VT4 і VT5 без застосування примусового охолодження.

Інші елементи електронної схеми характеризуються низьким тепловиділенням і не впливають суттєво на загальний тепловий баланс пристрою. Їх розміщення виконано з урахуванням віддалення від зони підвищених температур, що додатково підвищує стабільність роботи.

Таким чином, використання спільного радіатора для VT4 та VT5 є обґрунтованим конструктивним рішенням, яке забезпечує необхідний тепловий режим, підвищує надійність роботи напівпровідникових елементів і відповідає вимогам довготривалої експлуатації виробу.

2.1.7 Розрахунок надійності проектного пристрою

Надійність характеризується рядом розрахункових показників, найбільш важливими з яких є інтенсивність відмов, середнє напрацювання до відмови, імовірність безвідмовної роботи. Надійність – це властивість виробу виконувати задані функції в певних умовах експлуатації при збереженні значень основних параметрів в заданих межах. Імовірність безвідмовної роботи вказує на те, яка частина виробів із заданої їх кількості буде працювати безвідмовно протягом заданого часу. Інтенсивністю відмов називають кількість

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відмов за одиницю часу, що приходить на один виріб, який продовжує працювати в даний момент часу. Середнє напрацювання до відмови знаходять при перевірці великої кількості виробів. Чим більше значення ТСР, тим краща надійність виробу. Розрахунок надійності проектного виробу проводимо за допомогою спеціальної програми NAD_Release [18]:

Таблиця 2.16 - Вихідні дані для розрахунку надійності

п/п	Назва групи елементів	К-сть шт.	$K_{\text{нопр}}$	$I_{\text{відм}} * 1e-06$	$K\text{-сть} * K_{\text{нав від}} * 1e-06$
1	Резистор змінний	1	0,1	3,2	0,32
2	Транзистори	5	0,35	4	7
3	Діоди	7	0,35	0,7	1,715
4	Конденсатори електролітичні	5	0,4	2,4	4,8
5	Конденсатори керамічні	1	0,1	1,4	0,14
6	Резистори постійні	8	0,42	0,8	2,688
7	Трансформатор	1	0,1	2,1	0,21
8	Друкована плата	1	1	0,1	0,1
9	Пайки	70	1	0,02	1,4
10	Перемикач	1	1	0,5	0,5
11	Світлодіоди	1	1	4	4
12	Роз'єм	2	1	0,05	0,1

Коефіцієнти впливу:

Коефіцієнт механічних впливів: 1;

Коефіцієнт впливу вологості і температури: 1;

Коефіцієнт атомосферних впливів: 1;

Результати розрахунку:

Інтенсивність відмов: $2.2973e-005$ 1/год

Середня наробка до відмови: 43529.4 год.

Розрахунок ймовірності безвідмовної роботи $P(t)$:

$t = 10$ год. $P(t) = 0.999770$

$t = 100$ год. $P(t) = 0.997705$

$t = 1000$ год. $P(t) = 0.977289$

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$t = 10000$ год. $P(t) = 0.794748$

$t = 100000$ год. $P(t) = 0.100530$

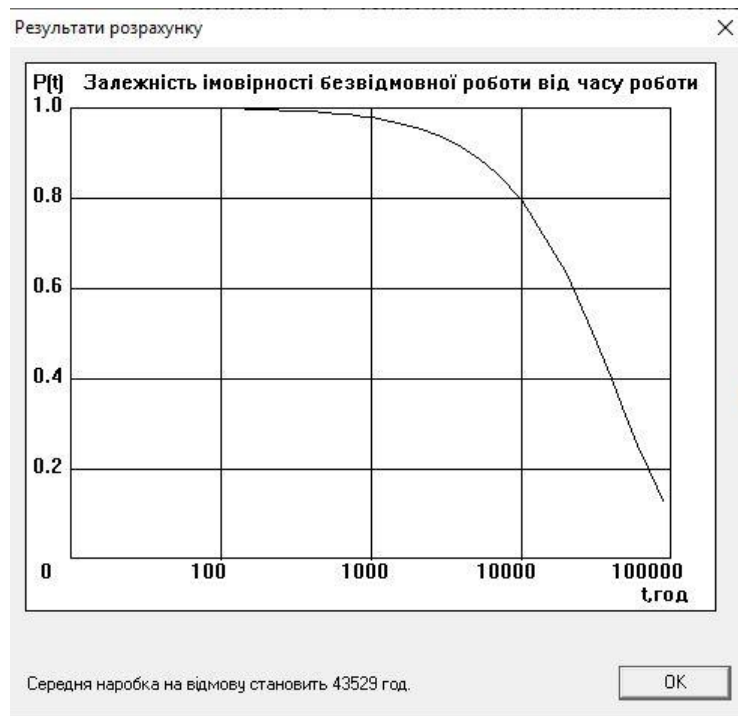


Рисунок 2.18 - Графік залежності імовірності безвідмовної роботи від часу

Напрацювання на відмову становить 43529 год. Надійність виробу є досить високою, що супроводжується якісною роботою приладу довго та надійно.

2.1.8 Техніко-економічний аналіз конструкції виробу. Розрахунок споживаної потужності:

Техніко-економічний аналіз конструкції виробу є важливим етапом розробки електронного пристрою, оскільки дозволяє оцінити його технічні характеристики, економічну доцільність виготовлення та ефективність експлуатації. Під час такого аналізу враховуються конструктивні особливості виробу, надійність роботи, технологічність виготовлення, собівартість, енергоспоживання, ремонтпридатність і зручність експлуатації.

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Конструкція пристрою розроблена з використанням сучасної елементної бази, що забезпечує компактність, високу надійність та стабільність роботи. Основою пристрою є друкована плата, на якій розміщені мікроконтролер, аналого-цифровий перетворювач, підсилювальні каскади, вузли живлення та індикації. Використання інтегральних мікросхем дозволяє зменшити кількість дискретних елементів, знизити габарити пристрою та підвищити його функціональні можливості.

Застосування пластмасового корпусу дає змогу зменшити масу виробу, покращити електроізоляційні властивості та спростити процес виготовлення. Конструкція корпусу забезпечує захист внутрішніх вузлів від механічних пошкоджень, пилу та впливу навколишнього середовища. Крім того, використання стандартних електронних компонентів зменшує вартість виробництва та полегшує технічне обслуговування пристрою.

Важливим показником ефективності конструкції є споживана потужність. Вона визначається сумарною потужністю, яку споживають усі електронні компоненти пристрою під час роботи. Даний пристрій відноситься до вимірювальних приладів. Його напруга живлення становить 220В, а струм споживання 0,2А. Тому потужність буде рівна:

$$P=I*U=0,2*220=44 \text{ (Вт)} \quad (2.17)$$

2.2 Технологічна частина

2.2.1 Загальні відомості про складання і монтаж проектованого виробу

Для забезпечення технологічності конструкції пристрою, а також зручності його складання під час виробництва і розбирання при налагодженні, корпус доцільно виконати з двох частин — верхньої та нижньої кришок коритоподібної форми. Така конструкція забезпечує легкий доступ до внутрішніх вузлів виробу, полегшуючи процес регулювання та сервісного обслуговування.

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Корпус виготовляється з чорної термопластичної пластмаси. Пластмасові корпуси мають низку переваг порівняно з металевими: вони прості у виготовленні, легко піддаються обробці та збиранню, мають привабливий зовнішній вигляд. Проте їхнім недоліком є гігроскопічність — з часом пластмаса може втрачати захисні властивості під впливом вологи [19].

Для кріплення друкованого вузла виливаються чотири стойки. Товщина стінок корпусу становить 2мм. Всі радіокомпоненти запаєні на друкованій платі, а на корпусі кріпляться перемикач та два роз'єми, також на корпусі кріпляться запобіжники та шнур живлення. Це значно зменшує розміри конструкції і робить сам виріб компактним. З використанням друкованого монтажу значно спростилась зборка вузла також налагоджування і регулювання.

Важливим етапом є виготовлення самого корпусу, який повинен відповідати вимогам належного зовнішнього вигляду та враховувати розміщення внутрішніх елементів. Корпус створюється методом лиття під тиском. Суть процесу полягає в тому, що розплавлена пластмаса під високим тиском подається у холодну прес-форму. Це дозволяє швидко й ефективно заповнити всі порожнини форми, забезпечити точність деталей і зменшити час охолодження, оскільки форма не підігрівається, а виріб застигає безпосередньо в ній [16].

Технологічний процес виготовлення кришок включає кілька основних операцій:

Виготовлення прес-форми — виконується на верстатах із ЧПК (числовим програмним керуванням) працівниками середньої кваліфікації згідно з типовими технологічними інструкціями.

Вибір матеріалу — здійснюється спеціалістами високої кваліфікації з урахуванням вимог до механічних і ізоляційних властивостей пластмаси.

Процес лиття під тиском — відбувається у спеціалізованому обладнанні, де формується корпус пристрою.

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Охолодження — готовий виріб залишається у формі до повного застигання, що забезпечує стабільні геометричні параметри.

Механічна обробка — включає видалення литникових каналів, свердління та фрезерування отворів, нарізання різьби та інші операції з доробки, які також виконуються на верстатах з ЧПК.

Електромонтажна операція — у цьому етапі проводиться підпаювання провідників від індикатора, перемикача та роз'ємів до друкованої плати [24].

2.2.2 Якісна оцінка технологічності конструкції. Вибір інструментів, пристосувань, оснастки

Якісна оцінка технологічності конструкції проектного радіоелектронного пристрою полягає у визначенні рівня його придатності до ефективного виготовлення, монтажу, експлуатації та ремонту. Така оцінка дає змогу встановити, наскільки конструкція відповідає сучасним вимогам виробництва, забезпечує мінімальні витрати ресурсів та гарантує надійну роботу пристрою протягом усього терміну служби.

Під час оцінювання технологічності враховуються основні фактори, серед яких: вибір матеріалів та електронної елементної бази, конструктивні особливості виробу, зручність складання й монтажу, відповідність існуючим технологічним процесам, ремонтпридатність, ергономічність, надійність, економічність виготовлення, а також можливість проведення контролю якості та випробувань.

Одним із найважливіших аспектів є правильний вибір матеріалів та комплектувальних елементів. Для проектного пристрою доцільно використовувати стандартизовані серійні компоненти, які мають високу надійність, доступні на ринку та характеризуються невеликою вартістю. Застосування уніфікованих електронних компонентів значно спрощує процес виробництва, полегшує закупівлю деталей та знижує витрати на складання виробу.

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технологічність конструкції значною мірою залежить від її простоти. Зменшення кількості деталей, між'єднань та монтажних операцій дозволяє скоротити тривалість виготовлення та підвищити надійність пристрою. Важливу роль відіграє модульний принцип побудови конструкції, за якого окремі функціональні вузли можуть легко замінюватися або ремонтуватися без повного розбирання пристрою.

Суттєвим показником технологічності є пристосованість конструкції до автоматизованого монтажу. У сучасному виробництві широко застосовується технологія поверхневого монтажу SMT, яка забезпечує високу щільність розташування елементів, точність встановлення компонентів та високу швидкість складання друкованих плат. Використання SMT-технології дозволяє зменшити габарити пристрою та покращити його електричні характеристики.

Оцінка технологічності також передбачає аналіз виробничих процесів, необхідних для виготовлення виробу. Конструкція друкованої плати повинна бути адаптована до серійного виробництва із застосуванням сучасних методів пайки, таких як пайка хвилею припою або інфрачервона оплавна пайка (рефлоу). Використання типових технологічних процесів дозволяє знизити витрати на обладнання та спростити організацію виробництва.

Важливе значення має забезпечення зручності експлуатації та технічного обслуговування пристрою. Конструкція повинна забезпечувати вільний доступ до основних вузлів і компонентів для проведення діагностики, ремонту чи заміни елементів. Розташування компонентів має бути логічним і впорядкованим, а органи керування та інтерфейс користувача — зрозумілими та зручними у використанні.

Під час проектування також враховується стійкість пристрою до зовнішніх впливів. Конструкція повинна забезпечувати надійну роботу в умовах змін температури, підвищеної вологості, механічних навантажень та електромагнітних завад. Використання якісних матеріалів, захисних покриттів і

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

надійної елементної бази дозволяє значно збільшити термін експлуатації виробу.

Окрему увагу приділяють економічним показникам конструкції. Рациональний вибір матеріалів, мінімізація кількості деталей і застосування сучасних технологій монтажу дозволяють знизити собівартість виробництва та зробити виріб придатним до серійного випуску. Водночас конструкція має забезпечувати можливість ефективного контролю якості на всіх етапах виробництва — від перевірки окремих компонентів до тестування готового пристрою [19].

2.2.3 Опис технології виготовлення друкованої плати. Вибір основних та допоміжних матеріалів

Технологія виготовлення односторонньої друкованої плати хімічним методом базується на вибіркового видаленні мідної фольги з поверхні діелектричної основи шляхом хімічного травлення, в результаті чого формується провідний рисунок доріжок і контактних майданчиків. В якості основного матеріалу використовується мідноламінований діелектрик, найчастіше склотекстоліт FR-4 на епоксидній смолі, який забезпечує достатню механічну міцність, термостійкість та стабільність геометричних розмірів під час обробки. Для простіших і менш відповідальних виробів може застосовуватися гетинакс, однак він поступається FR-4 за довговічністю та електричними характеристиками. На поверхні основи заводським способом нанесена мідна фольга товщиною зазвичай 18 або 35 мкм, яка і є провідним шаром майбутньої плати.

Процес починається з підготовки поверхні: мідь очищають від окислів і забруднень механічним або хімічним способом, після чого на неї наноситься захисний шар, який визначає майбутній рисунок провідників. Як резист можуть використовуватися різні матеріали залежно від точності та умов виготовлення: у промислових умовах застосовують фотолак або сухий

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

плівковий фоторезист, що дозволяє отримати високу роздільну здатність доріжок; у домашніх або навчальних умовах часто використовують маркери для плат або метод переносу тонера з лазерного друку. Після нанесення захисного шару формується необхідний рисунок плати, який захищає потрібні ділянки міді від впливу травильного розчину.

Далі виконується процес хімічного травлення, під час якого незахищена мідь видаляється. Найпоширенішим реагентом є хлорне залізо, також можуть застосовуватися персульфат амонію або суміші соляної кислоти з перекисом водню. Під час травлення хімічний розчин розчиняє відкриту мідь, тоді як ділянки, вкриті резистом, залишаються недоторканими, формуючи провідні доріжки. Після завершення травлення плата промивається у воді, а захисний шар видаляється механічним або хімічним способом, відкриваючи чисті мідні провідники.

На завершальному етапі проводиться контроль якості отриманого рисунка, перевірка відсутності коротких замикань і обривів доріжок, а також фінішна обробка поверхні, яка може включати лудіння або нанесення захисного покриття для запобігання окисненню міді. Допоміжні матеріали, що використовуються в процесі, включають знежирювачі (спирт, ацетон), очищувальні засоби, водні розчини для промивання, а також матеріали для механічної обробки, такі як наждачний папір або абразивні губки. У результаті отримується готова одностороння друкована плата, придатна для монтажу радіoeлектронних компонентів методом паяння [18].

2.2.4 Кількісна оцінка технологічності друкованого вузла

При кількісній оцінці технологічності розраховується комплексний показник технологічності K , який враховує усереднене значення часткових показників з урахуванням коефіцієнтів, які характеризують їх значимість при розрахунку.

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт використання мікросхеми Квик.імс визначається за формулою:

$$K_{\text{вик.імс}} = \frac{H_{\text{імс}}}{H_{\text{імс}} + H_{\text{ЕРЕ}}} = \frac{0}{0 + 30} = 0 \quad (2.18)$$

Коефіцієнт автоматизації і механізації монтажу К_{А.М} виробу визначається за формулою:

$$K_{\text{А.М}} = \frac{H_{\text{А.М}}}{H_{\text{М}}} = \frac{70}{77} = 0,91 \quad (2.19)$$

де Н_{А.М} – загальна кількість монтажних з'єднань, які здійснюються або можуть здійснюватись автоматизованим способом, тобто наявні механізми для виконання монтажних з'єднань.

Н_М – загальна кількість монтажних з'єднань.

Коефіцієнт амортизації і механізації підготовки ЕРЕ до монтажу К_{М.П.ЕРЕ} визначається за формулою:

$$K_{\text{М.П.ЕРЕ}} = \frac{H_{\text{М.П.ЕРЕ}}}{H_{\text{ЕРЕ}}} = \frac{30}{30} = 1 \quad (2.20)$$

де Н_{М.П.ЕРЕ} кількість ЕРЕ, підготовка до яких до монтажу здійснюється або може здійснюватися механізованим або автоматизованим методом, тобто наявні механізми, обладнання чи оснастки для виконання цих операцій. До числа вказаних ЕРЕ входять і такі, що не потребують спеціальної підготовки до монтажу.

Коефіцієнт повторюваності електрорадіоелементів К_{ПОВТ.ЕРЕ} визначається за формулою:

$$K_{\text{ПОВТ.ЕРЕ}} = 1 - \frac{H_{\text{Т.ЕРЕ}}}{H_{\text{ЕРЕ}}} = 1 - \frac{30}{30} = 0 \quad (2.21)$$

де Н_{ЕРЕ} – загальна кількість ЕРЕ у виробі.

Коефіцієнт застосовності електрорадіоелементів К_{ЗАСТ.ЕРЕ} визначається за формулою:

$$K_{\text{ЗАСТ.ЕРЕ}} = 1 - \frac{H_{\text{Т.ОП.ЕРЕ}}}{H_{\text{Т.ЕРЕ}}} = 1 - \frac{5}{30} = 0,83 \quad (2.22)$$

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $H_{T.OP.EPE}$ кількість типорозмірів оригінальних ЕРЕ у виробів

$H_{T.EPE}$ – загальна кількість типорозмірів ЕРЕ у виробі

Коефіцієнт установочних розмірів електрорадіоелементів $K_{BCT.P}$

визначається за формулою:

$$K_{BCT.P} = 1 - \frac{H_{BCT.P}}{H_{EPE}} = 1 - \frac{30}{30} = 0 \quad (2.23)$$

де $H_{BCT.P}$ кількість видів встановлених розмірів ЕРЕ у виробі

Коефіцієнт прогресивності Формоутворення K_{ϕ} деталей визначається за формулою:

$$K_{\phi} = \frac{D_{np}}{D} = \frac{1}{1} = 1 \quad (2.24)$$

де D_{np} – кількість деталей, заготовки або самі деталі отримані прогресивним методом формоутворення.

Комплексний показник технологічності K визначається за формулою

$$K = \frac{K_1\phi_1 + K_2\phi_2 + \dots + K_i\phi_i}{\phi_1 + \phi_2 + \dots + \phi_i} = \frac{0*1 + 0,91*1 + 1*0,75 + 0*0,5 + 0,83*0,310 + 0*0,187 + 1*0,110}{1 + 1 + 0,75 + 0,5 + 0,310 + 0,187 + 0,110} = 0,53 \quad (2.25)$$

Оцінка рівня технологічності виробу визначається з відношення розрахованого комплексного показника K до комплексного нормативного показника K_n , який відображає реальний існуючий рівень технологічності на підприємствах по випуску РЕА. Для нашого виробу $K_n = 0,5$.

Відношення K/K_n повинно задовольняти умову:

$$\frac{K}{K_n} \geq 1 \quad (2.26)$$

Перевіряємо умову: $\frac{0,53}{0,5} = 1,1 \geq 1.$

З відношення бачимо що дана умова виконується, отже виріб вважається технологічним.

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.17 - Вихідні дані для розрахунку комплексного показника технологічності

Порядковий номер в ранговій послідовності	Показники технологічності	Позначення	ϕ_i
1.	Коефіцієнт виконання мікросхеми	Квик.імс	1
2.	Коефіцієнт автоматизації і механізації монтажу	Ка.м.	1
3.	Коефіцієнт механізації підготовки ЕРЕ	Км.п.ере	0,750
4.	Коефіцієнт застосування ЕРЕ	Кповт.ере	0,500
5.	Коефіцієнт застосування ЕРЕ	Кзаст.ере	0,310
6.	Коефіцієнт встановочних розмірів ЕРЕ	Квст.р	0,187
7.	Коефіцієнт прогресивності формування	Кф	0,110

Оцінка рівня технологічності виробу визначається в порівнянні розрахованого комплексного показника K з комплексним нормативним показником K_n (таблиця 2.18).

Таблиця 2.18 - Комплексні показники рівня технологічності виробу

Найменування класу блоків	Стадії розробки робочої документації		
	Дослідний взірець	Установочна серія	Серійне виробництво
Електроні	0,40-0,70	0,45-0,75	0,50-0,80
Радіотехнічні	0,40-0,60	0,75-0,8	0,80-0,85
Електромеханічні	0,30-0,50	0,40-0,55	0,45-0,60

2.2.5 Розробка і оформлення маршрутно-операційної технології складання і монтажу виробу

Маршрутно-операційна технологія складання включає в себе наступні кроки:

- установка друкованого вузла у нижню частину корпусу;
- кріплення друкованого вузла до нижньої частини корпусу за допомогою чотирьох гвинтів
- кріплення трансформатора до нижньої кришки за допомогою гвинтів;
- кріплення гнізда, резистора та перемикача і світло діода на верхню кришку;
- фіксація кришок за допомогою чотирьох гвинтів та заглушок;
- кріплення ручки до резистора.

Маршрутно-операційна технологія складання друкованого вузла включає в себе наступні кроки:

- розконсервація друкованої плати;
- маркування заводського номера;
- захист контактних площадок, які не підлягають автоматизованій пайці, латексом;
- сушка;
- формування виводів ЕРЕ;
- лудження виводів ЕРЕ;
- встановлення ЕРЕ;
- автоматизована пайка хвилею припою;
- рихтування;
- регулювання;
- лакування;
- технічний контроль [21].

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

[illegible]

[illegible]

[illegible]

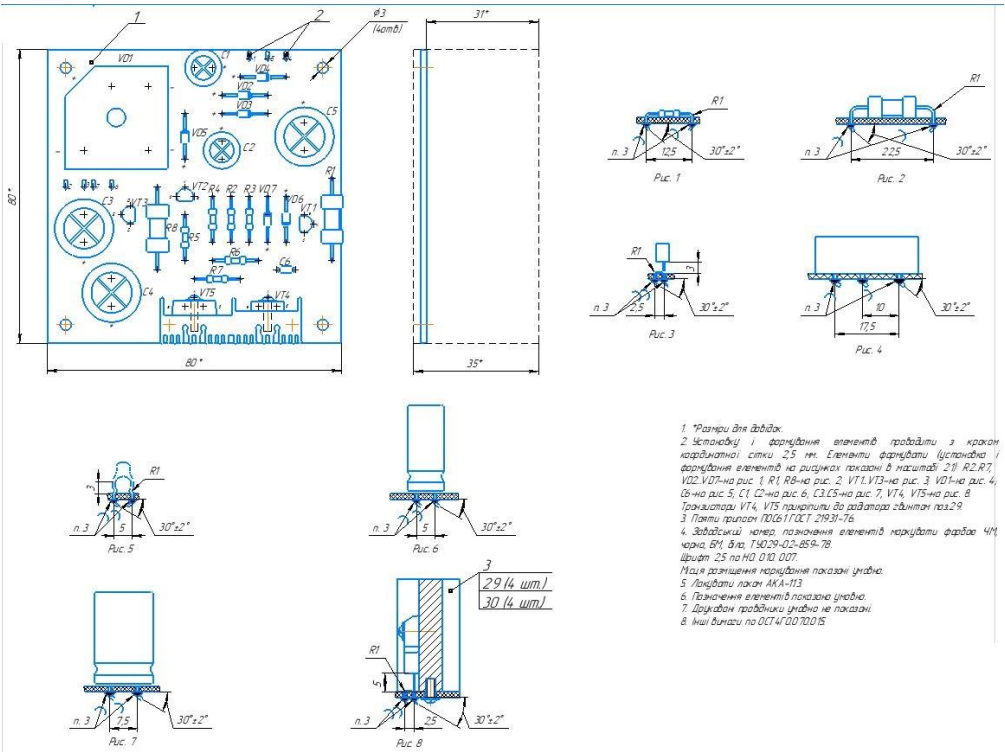
Дубл																			
Замість																			
Підпис																			
																Аркуш 4			
												26 КР 172.403.024.003.000		26 КР 172.403.024.03.118					
А	Цех	Діл	РМ.	ОПЕР.	Код, назва операції				Позначення документу										
Б					Код, назва обладнання				СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОВД	ОН	ОП	К ШТ	Т ПЗ	Т ШТ
к-м					Назва деталі, скл одиниці або матеріалу				Позначення. код				СПП	ОВ	ОН	КВ	Н витр		
01		Пінцет РД265641																	
02	1	Плата друкована						26 КР 172.403.024.002.000							796	100	100		
03	5	Конденсатори		b37979-1000 нФ ± 5%				"Epcos"							796	100	100		
04	6	Конденсатори		b41828-50 В-20 мкФ ± 10%				"Epcos"							796	100	200		
05	7	Конденсатори		b41828-50 В-200 мкФ ± 10%				"Epcos"							796	100	100		
06	8	Конденсатори		b41828-50 В-2000 мкФ ± 10%				"Epcos"							796	100	200		
07	9	Резистори		MFP-0,125-100 Ом ± 10%				"Yageo"							796	100	100		
08	10	Резистори		MFP-0,125-1 кОм ± 10%				"Yageo"							796	100	100		
09	11	Резистори		MFP-1-1кОм ± 10%				"Yageo"							796	100	100		
10	12	Резистори		MFP-0,125-1,8 кОм ± 10%				"Yageo"							796	100	100		
11	13	Резистори		MFP-1-2 кОм ± 10%				"Yageo"							796	100	100		
12	14	Резистори		MFP-0,125-22 кОм ± 10%				"Yageo"							796	100	100		
13	15	Резистори		MFP-0,125-43 кОм ± 10%				"Yageo"							796	100	100		
14	16	Резистори		MFP-0,125-51 кОм ± 10%				"Yageo"							796	100	100		
15	18	Діоди		1N1257				"Diotec"							796	100	400		
16	19	Діоди		1N3657				"Diotec"							796	100	100		
17	20	Діоди		1N4750ATR				"ON Semiconductor"							796	100	100		
18	21	Діоди		GBPC3510W-E4/51				"Vishay"							796	100	100		

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Дубл.																			
Замість																			
Підпис																			
												Аркушів 8			Аркуш 8				
Розробив		Фецьо						ВСП ТФК ТНТУ		26 КР 172.403.024.003.000							26 КР 172.403.024.03.118		
Перевірів		Іващук																	
Нормував																			
Затвердив																			
Н. контр.		Задорожний																	
А	Цех	Діл	РМ	Опер	Код, назва операції				Позначення документу										
Б	Код, назва обладнання				СМ.	Прф	Р	УТ	КР	КОВД	ОН	ОП	К ШТ	Т ПЗ		Т ШТ			
К-М	Назва деталі, скл. одиниці або матеріалу				Позначення, код					СПП	ОВ	ОН	КВ		ВНТР				



Дубл.																															
Замість																															
Підпис																															
														Аркушів 4			Аркуш 1														
Розробив		Фецьо							ВСП ТФК ТНТУ			26 КР 172.403.024.003.000						26 КР 172.403.024.00.018													
Перевірив		Іващук																													
Нормував																															
Затвердив																															
Н. контр.		Задорожний																													
А		Цех		Діл		РМ		Опер		Код, назва операції					Позначення документу																
Б		Код, назва обладнання								СМ.		Проф		Р		УТ		КР		КОВД		ОН		ОП		К ШТ		Т ПЗ		Т ШТ	
К-М		Назва деталі, скл. одиниці або матеріалу								Позначення, код								СПП		ОВ		ОН		КВ		ВНТР					
01						Охорона навколишнього середовища, згідно інструкції		МВЯ790831																							
02		403				024		005		40302401		Комплектування																0,02			
03						Комплектування		проводити згідно ТТО 644081 (35шт)																							
04																															
05		403				024		010		40302402		Слюсарно-складальна																0,026			
06						Пневмоверт		РТ 532964																							
07						Складання		проводити по ТТП 231587																							
08						1. Кріпити друкований вузол поз.1 до нижньої кришки поз.4		гвинтами поз.16(4шт) через шайбу поз.20(4шт) трансформатор поз.12 до нижньої																							
09						2. Кріпити трансформатор поз.12 до нижньої кришки поз.4		гвинтами поз.17(2шт) через шайбу поз.21(2шт) згідно карти ескізів																							
10						3. Кріпити вилку поз.13 (XP1)місці з'єднання двох кришок та роз'єм поз.14(XS1)зайкою поз.19(2шт) через шайбу поз.22(2шт) на верхню кришку поз.3 згідно																									
11						4. Кріпити резистор поз.10(R9) зайкою поз.19(1шт) через шайбу поз.22(1шт) світло діод поз.9(HL1) через втулку поз.6 перемикач поз.11(SA1) на верхню кришку																									
12		1				Друкований вузол				26 КР 172.403.024.003.000		СК								796		100		100							
13		3				Верхня кришка				26 КР 172.403.024.004.001										796		100		100							
14		4				Нижня кришка				26 КР 172.403.024.004.002										796		100		100							

[illegible]

[illegible]

Дудл.								
Замість								
Підпис								

							Аркушів 4	Аркуш 4
Розробив	Фецьо			ВСП ТФК ТНТУ	26 КР 172.403.024.003.000		26 КР 172.403.024.00.018	
Перевірів	Іващук			Блок живлення 1..29 вольт				Н
Нормував								
Затвердив								
Н. контр.								

A	Цех	Діл	РМ	Опер	Код, назва операції	Позначення документау										
Б	Код, назва обладнання					СМ.	Проф	Р	УТ	КР	КОВД	ОН	ОП	К ШТ	Т ПЗ	Т ШТ
К-М	Назва деталі, скл. одиниці або матеріалу					Позначення, код						СПП	ОВ	ОН	КВ	ВНТР

1 - Резистор для вхідної

2 - Електролітичний конденсатор згідно з 20.26 ККП.172.403.025.001.000

3 - Індуктивний дросель по ГОСТ 1070-015

Додаток А Друкована плата

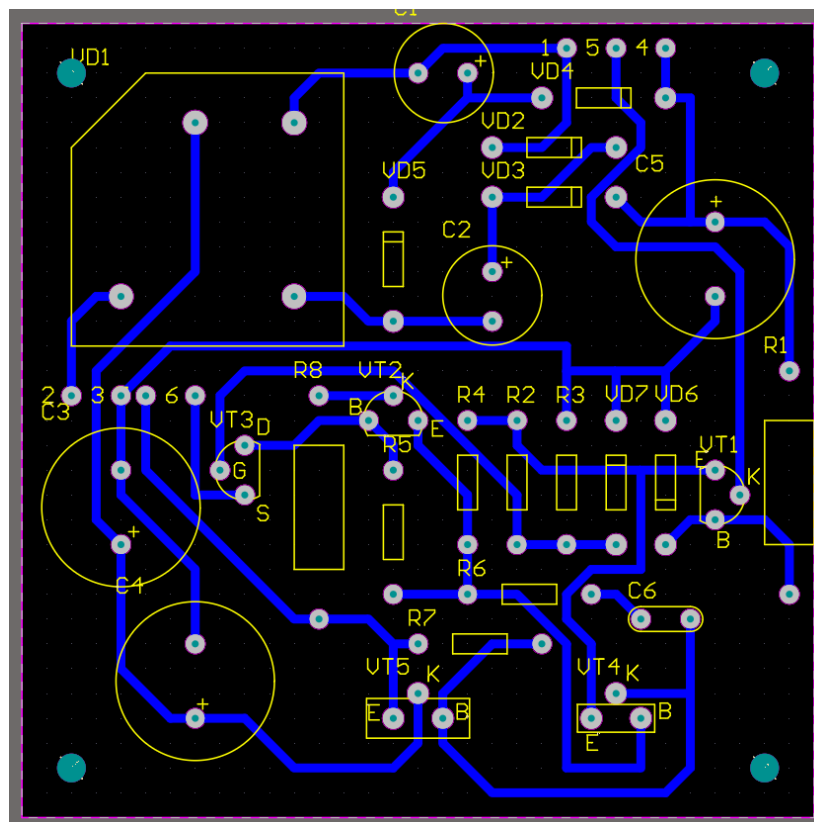


Рисунок А.1 – Друкована плата

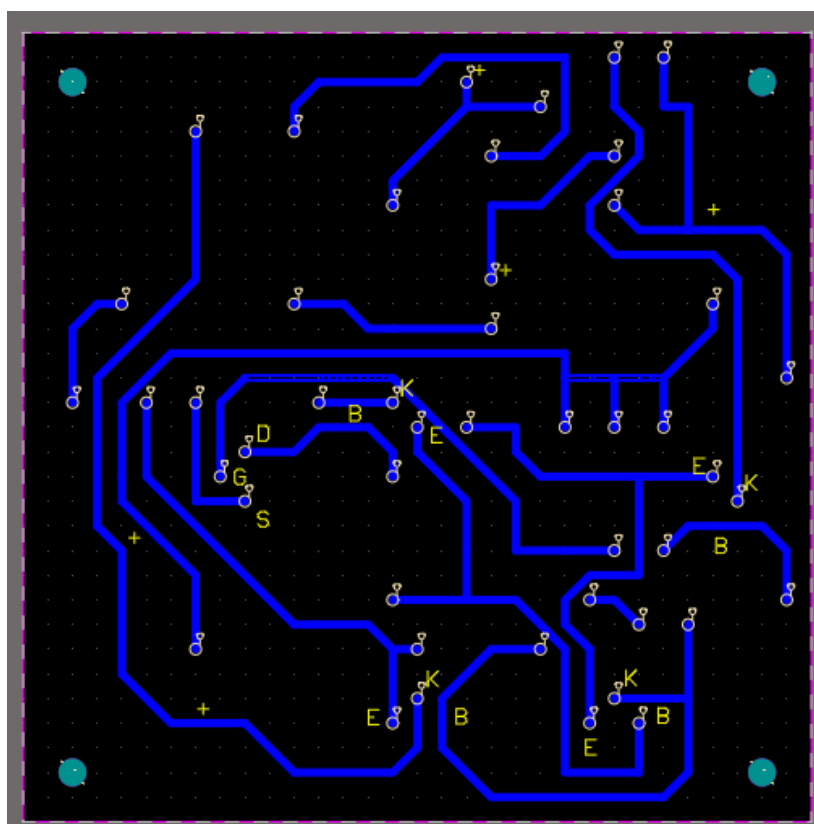


Рисунок А.2 – Друкована плата, шар Тор

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ

Арк.

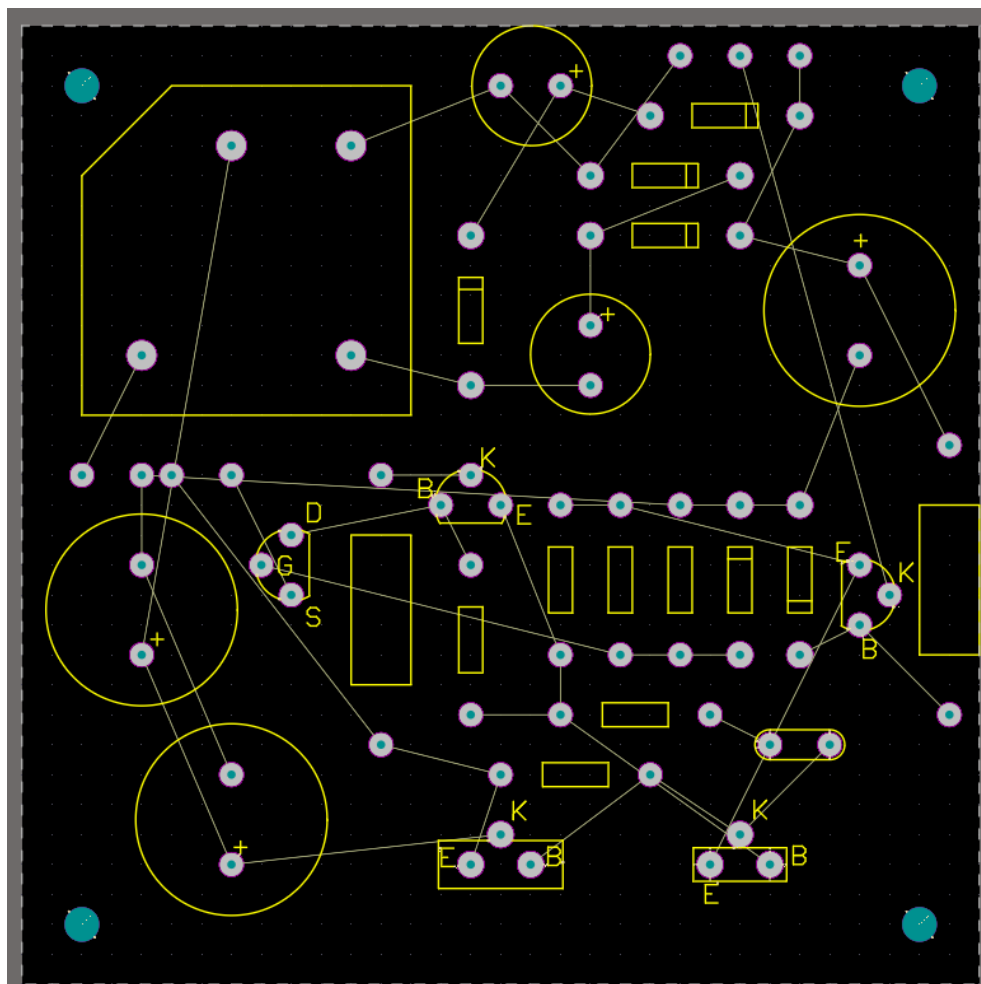


Рисунок А.3 – Друкована плата, шар Overlay

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ

Арк.

Додаток Б 3D модель пристрою

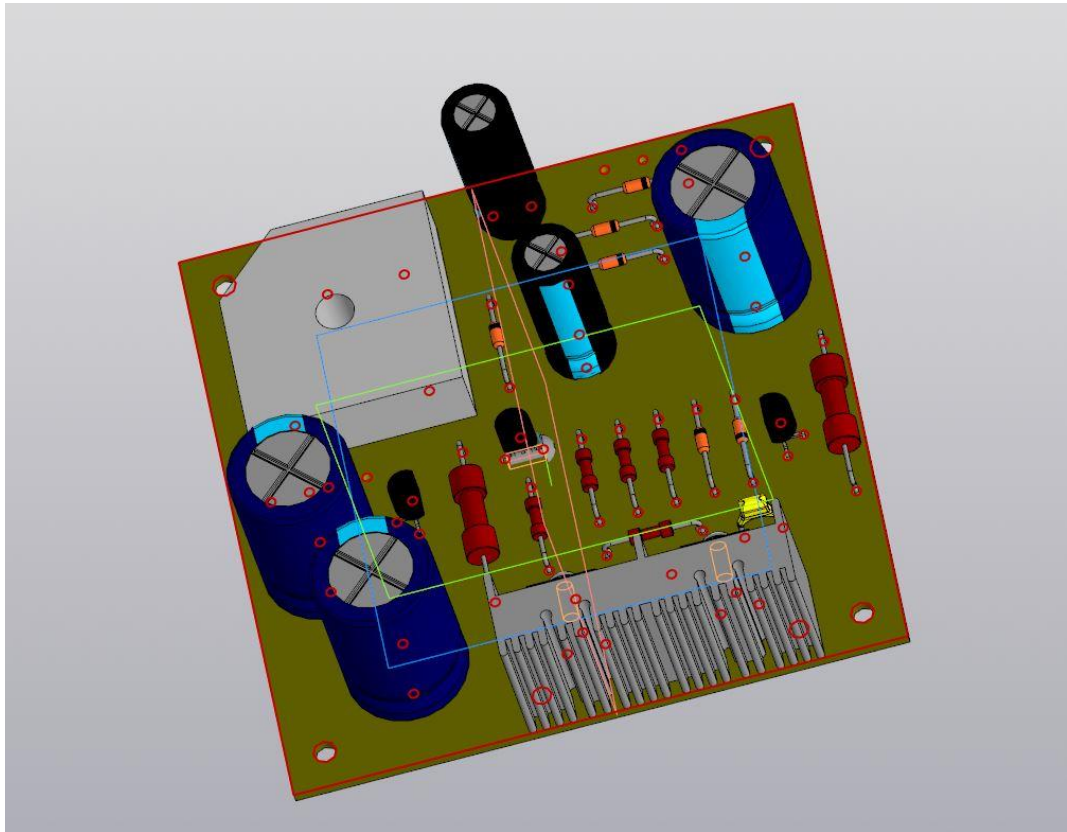


Рисунок Б.1 – 3D модель пристрою, вузол друкуваний

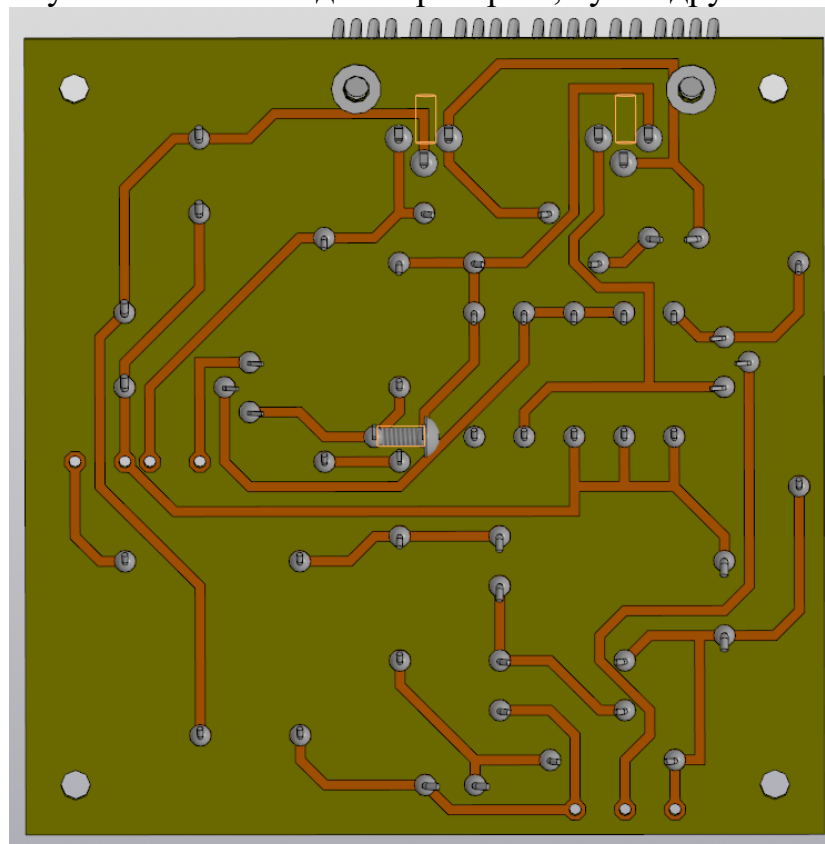


Рисунок Б.2 – 3D модель пристрою, вузол друкуваний знизу

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ

Арк.

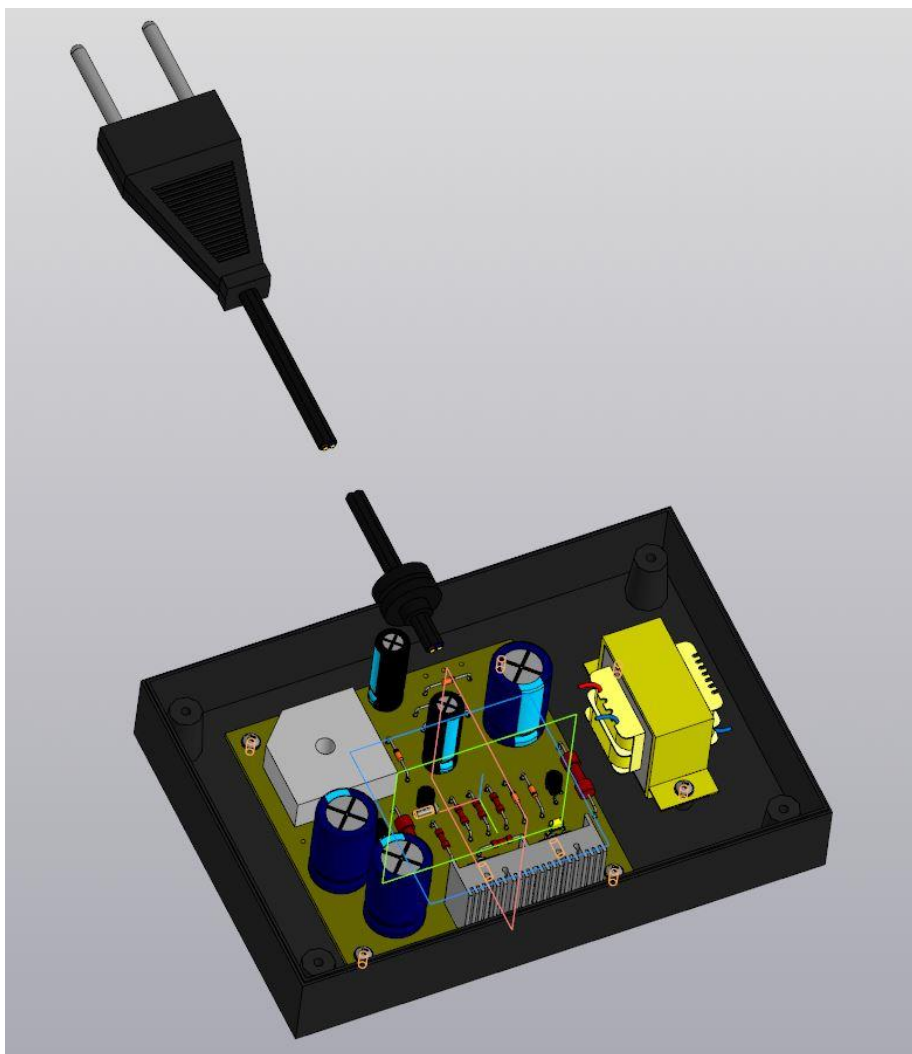


Рисунок Б.3— 3D модель пристрою, нижня кришка

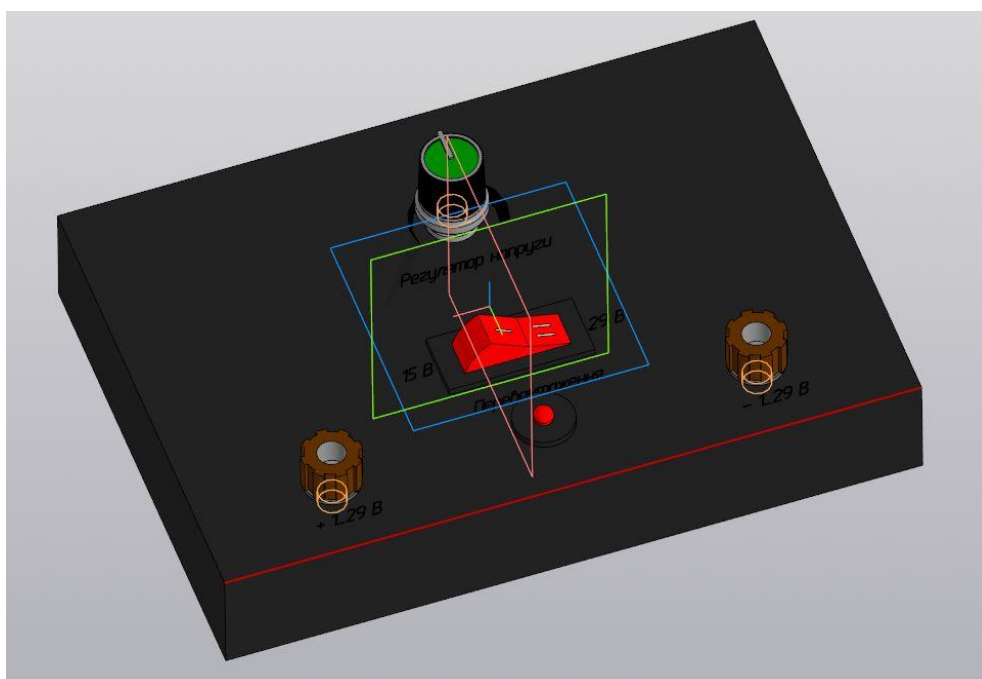


Рисунок Б.4 – 3D модель пристрою, верхня кришка

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

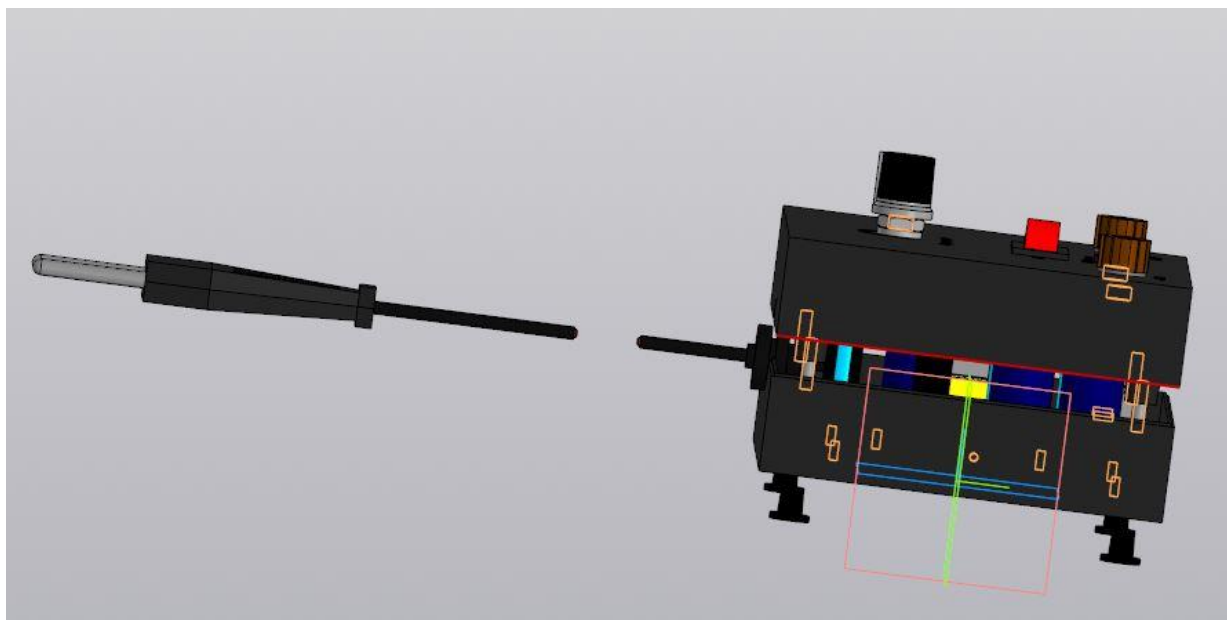


Рисунок Б.5 – 3D модель пристрою, загальний вигляд збоку

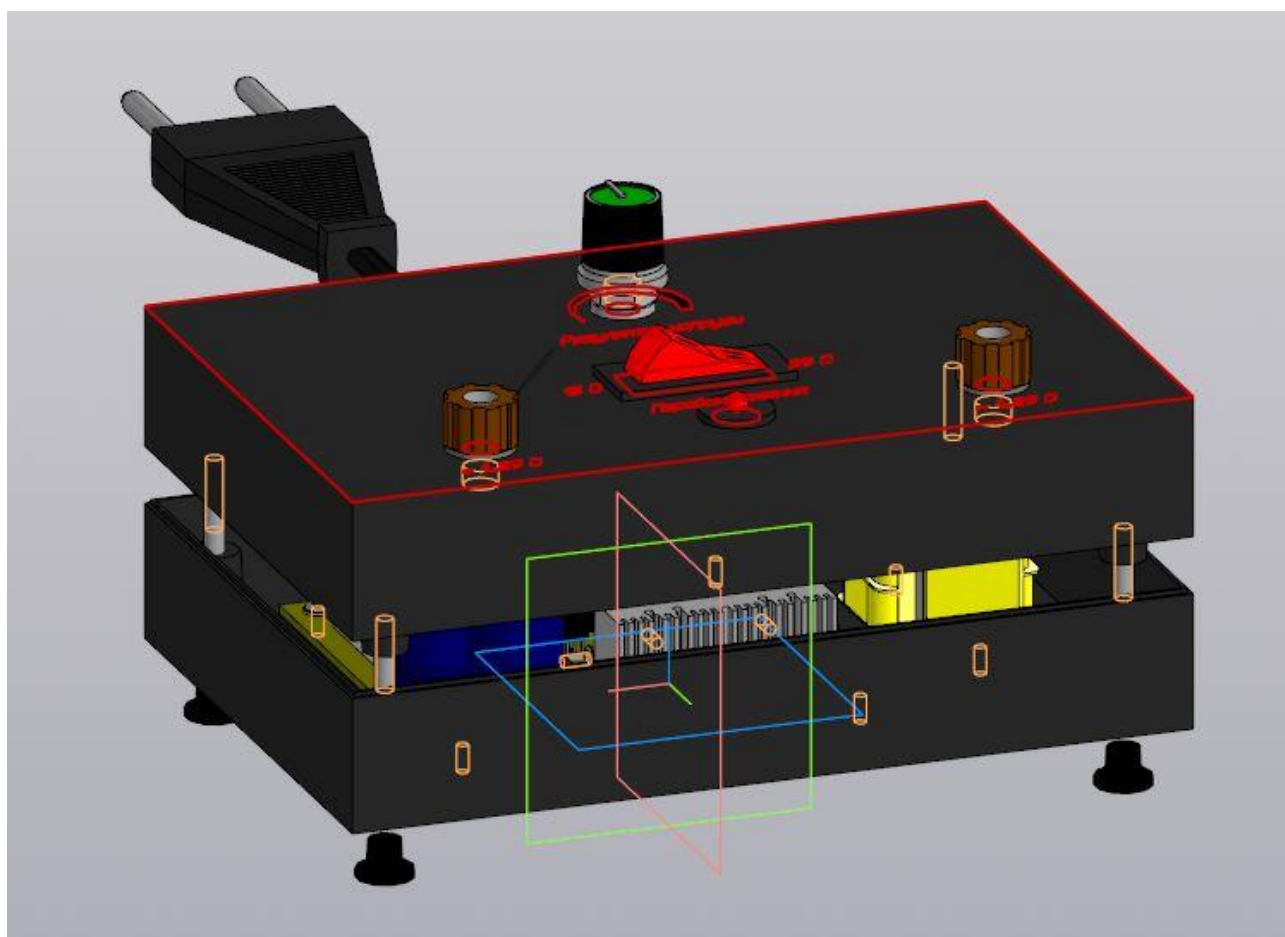


Рисунок Б.6 – 3D модель пристрою, загальний вигляд

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Поз. познач.	Найменування				Кіл.	Примітка			
Перш. викорис.									
	Конденсатори								
	C1, C2	b4 1828-50 B-20 мкФ ±10% "Epcos"			2				
	C3, C4	b4 1828-50 B-2000 мкФ ±10% "Epcos"			2				
	C5	b4 1828-50 B-200 мкФ ±10% "Epcos"			1				
Додат. №	C6	b3 7979-1000 пФ ±5% "Epcos"			1				
	HL1	Світлодіод L-1503GT "Kingbright"			1				
	Резистори								
	R1	MFP-1-2 кОм ±10% "Yageo"			1				
	R2	MFP-0,125-43 кОм ±10% "Yageo"			1				
	R3	MFP-0,125-22 кОм ±10% "Yageo"			1				
	R4	MFP-0,125-1,8 кОм ±10% "Yageo"			1				
Підпис і дата	R5	MFP-0,125-51 кОм ±10% "Yageo"			1				
	R6	MFP-0,125-100 Ом ±10% "Yageo"			1				
	R7	MFP-0,125-1 кОм ±10% "Yageo"			1				
	R8	MFP-1-1 кОм ±10% "Yageo"			1				
	R9	16K1-B50K-330 Ом "Song Huei"			1				
	SA1	Перемикач ASW-09-102 "Jietong Switch"			1				
	TV1	Трансформатор B78386-P1116-A "Epcos"			1				
Зам. інв. №	Діоди								
	VD1	GBPC3510W-E4/51 "Vishay"			1				
Підпис і дата					26 КР 172.403.024.001.000 ПЕЗ				
	Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Блок живлення 1..29 вольт Перелік елементів				
	Розроб.	Фецьо							
	Перевір.	Іващук							
Інв. № ориг.	Н.контр.	Задорожний			ВСП ТФК ТНТУ ТР-403ск м. Тернопіль				
	Затверд.								
					Формат А4				

Інв. № дриг.	Підпис і дата	Зам. інв. №	Інв. № дриг.	Підпис і дата

Копіював

Перш. викорис.	Довід. №	Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.		
						Документація				
		A4			26 КР 172.403.024.001.000 ПЕЗ	Перелік елементів				
		A2			26 КР 172.403.024.001.000 ЕЗ	Схема електрична принципова	1			
		A1			26 КР 172.403.024.004.000 СК	Складальне креслення	1			
						Складальні одиниці				
		A2	1	26 КР 172.403.024.003.000 СК	Вузол друкований	1				
						Деталі				
		БК	3	26 КР 172.403.024.004.001	Верхня кришка	1				
		БК	4	26 КР 172.403.024.004.002	Нижня кришка	1				
		БК	5	26 КР 172.403.024.004.003	Ручка	1				
		БК	6	26 КР 172.403.024.004.004	Втулка	1				
		БК	7	26 КР 172.403.024.004.005	Заглушка	4				
						Інші вироби				
			9			Світлодіод L-1503GT "Kingbright"	1	HL 1		
			10			Резистор 16K1-B50K-330 Ом "Song Huei"	1	R9		
			11			Перемикач ASW-09-102 "Jietong Switch"	1	SA1		
			12			Трансформатор В78386-Р1116-А "Epcos"	1	TV1		
		Інв. № ориг.	Підпис і дата							
Зм.	Арк.			№ докум.	Підпис	Дата	26 КР 172.403.024.004.000			
Розрод.	Фецьо						Блок живлення 1..29 вольт			
Перевір.	Іващук									
Н.контр.	Задорожний									
	Затверд.							Літ.	Аркцш	Аркцшів
								Н	1	2
							ВСП ТФК ТНТУ ТР-403ск			
					м. Тернопіль					

Перш. викорис.	Довід. №	Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.		
						Документація				
		A4			26 КР 172.403.024.000.000 ПЕЗ	Перелік елементів				
		A2			26 КР 172.403.024.000.000 ЕЗ	Схема електрична принципова				
		A2			26 КР 172.403.024.001.000 СК	Вузол друкований				
						Деталі				
Підпис і дата	Інв. № докл.	Зам. інв. №	Підпис і дата	A2	1	26 КР 172.403.024.001.001	Плата друкована	1		
				БК	2	26 КР 172.403.024.001.002	Перемичка	7		
				БК	3	26 КР 172.403.024.001.003	Радіатор	1		
								Інші вироби		
								Конденсатори		
					5		b37979-1000 пФ ±5% "Epcos"	1	С6	
					6		b41828-50 В-20 мкФ ±10% "Epcos"	2	С1, С2	
					7		b41828-50 В-200 мкФ ±10% "Epcos"	1	С5	
					8		b41828-50 В-2000 мкФ ±10% "Epcos"	2	С3, С4	
								Резистори		
Інв. № ориг.	Затверд.	Н.контр.	Фецьо	Іващук	Задорожний	26 КР 172.403.024.001.000	Вузол друкований	Літ.	Аркцш	Аркцшів
								Н	1	2
								ВСП ТФК ТНТУ ТР-40Зск		
								м. Тернопіль		
								Копіював		
								Формат А4		

Інв. № орг.	Підпис і дата	Зам. інв. №	Інв. № докл.	Підпис і дата	29	20	Стандартні вироби	Гвинт Г2,5-6gx5 ГОСТ 17473-80	4	Шайба 2,5 ГОСТ 10450-78	4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	26 КР 172.403.024.001.000						
					Арк. 2						

26 КР 172.403.024.001.000 ЕЗ

Перш використ.

Додат. №

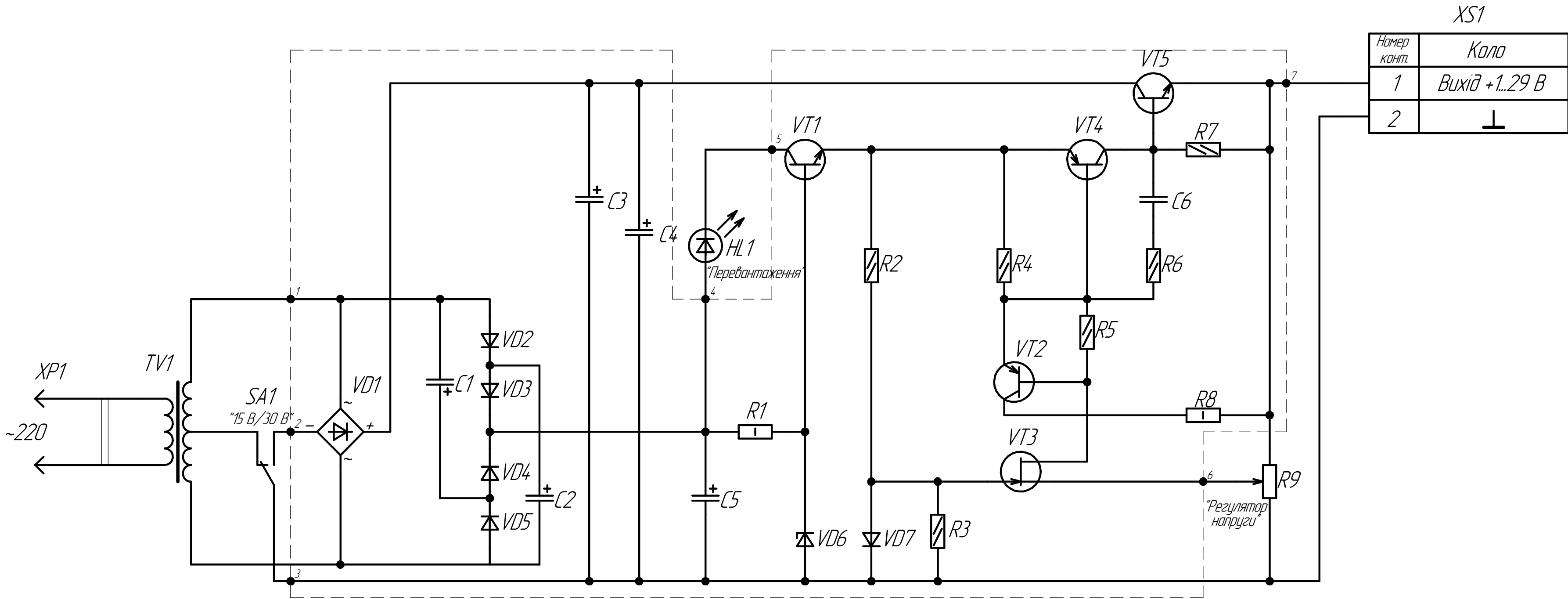
Підпис і дата

Інв. № змін.

Зам. інв. №

Підпис і дата

Інв. № ориг.

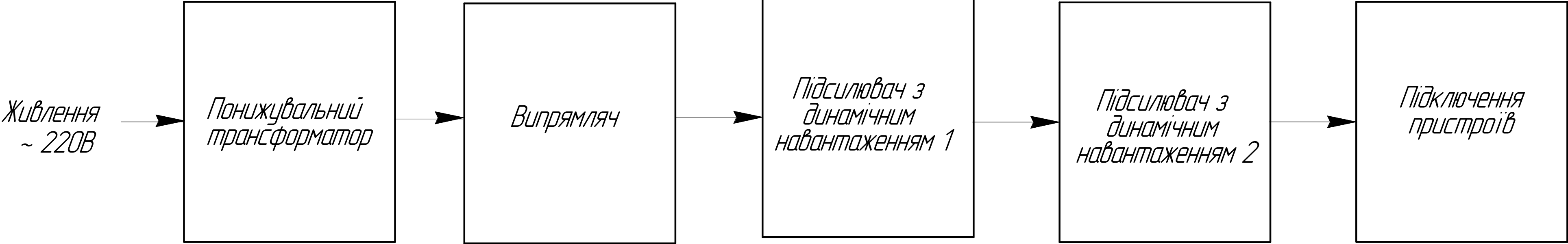


26 КР 172.403.024.001.000 ЕЗ						Блок живлення 1...29 вольт			Лит.	Маса	Масштаб
Зм.	Арх.	№ докум.	Підпис	Дата		Н			-	-	
Розроб.	Фецько					Архив	Архив	1			
Перевір.	Іващук					ВСП ТФК ТНТУ ТР-403ск					
Т.контр.						м. Тернопіль					
Н.контр.	Задорожний					Формат А2					
Затверд.						Копіював					

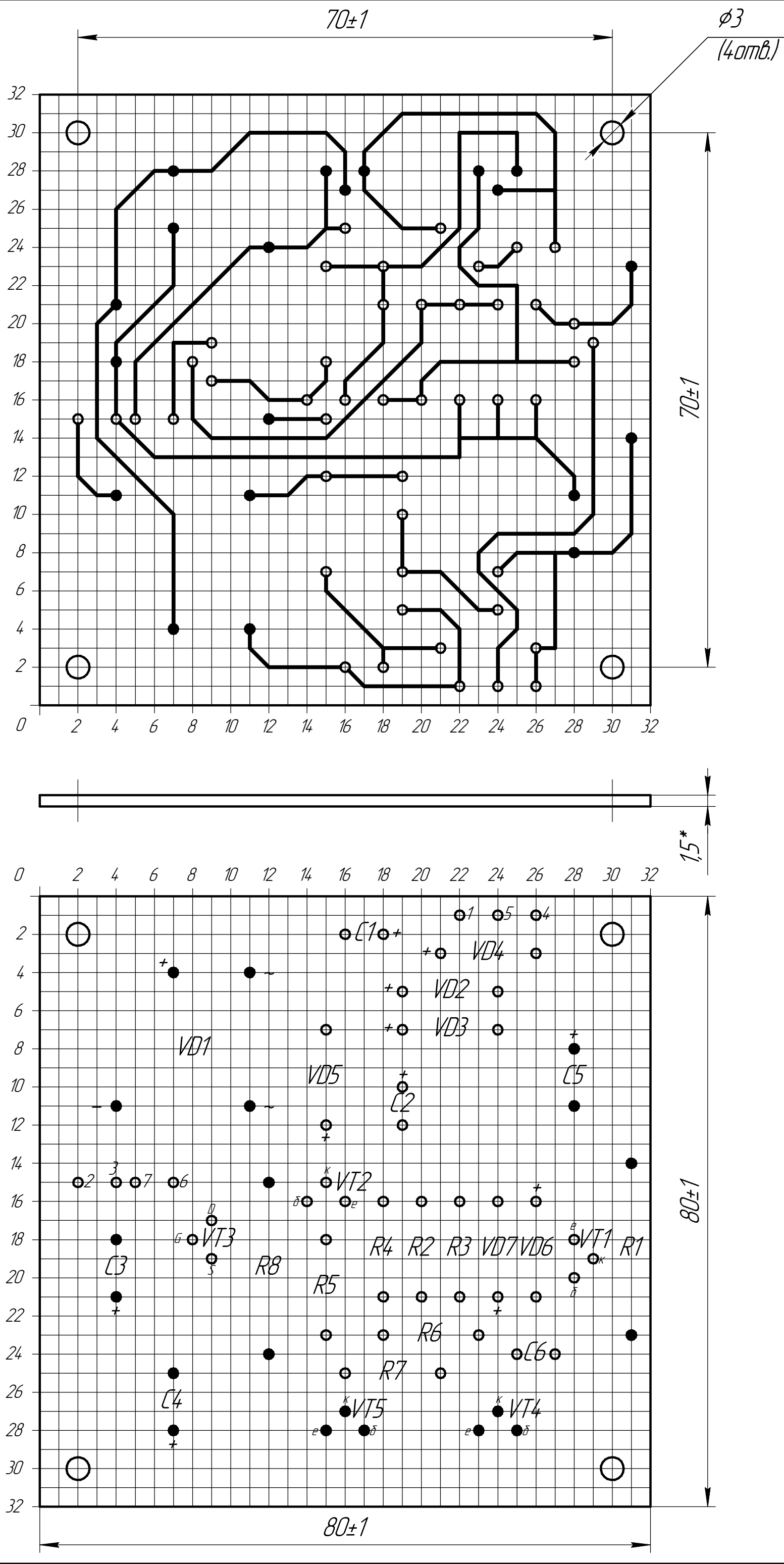
Перш. викорис.	
Додат. №	

Підпис і дата		Інв. № змін.		Зам. інв. №		Підпис і дата		Інв. № ориг.	
---------------	--	--------------	--	-------------	--	---------------	--	--------------	--

26 КР 172.403.024.001.000 Е1



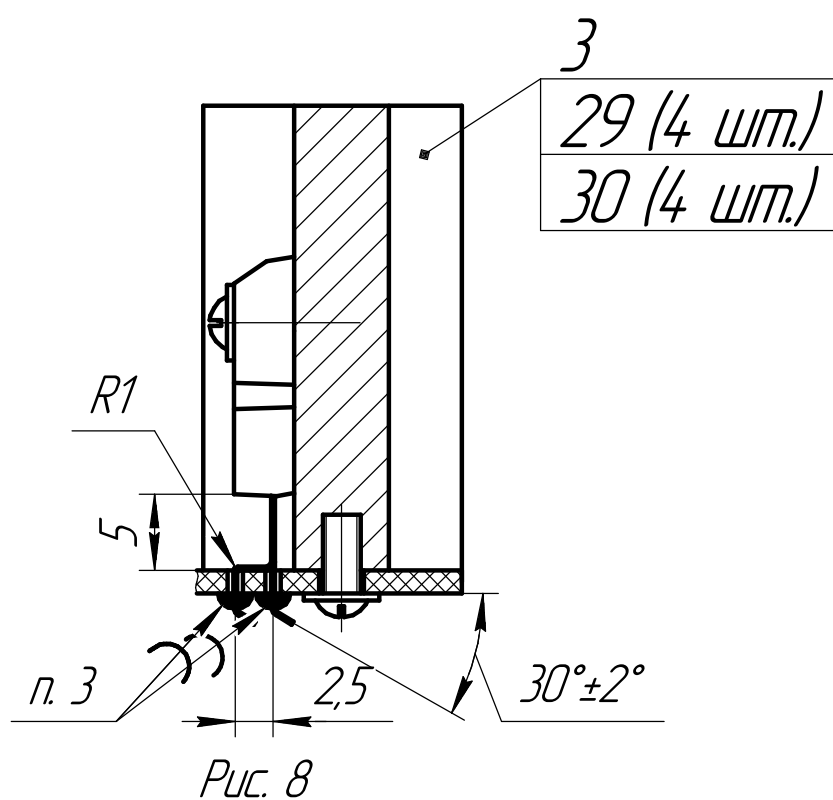
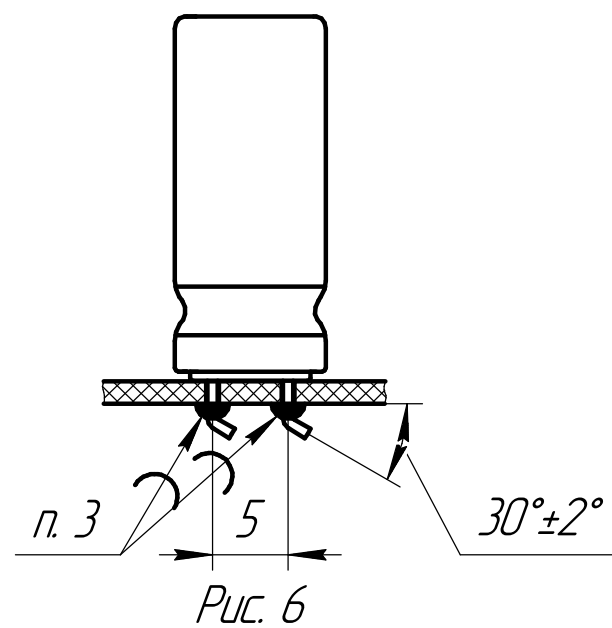
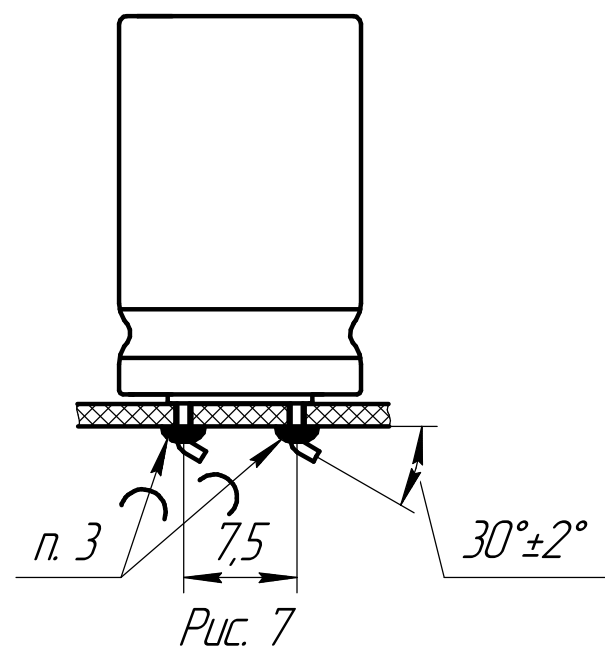
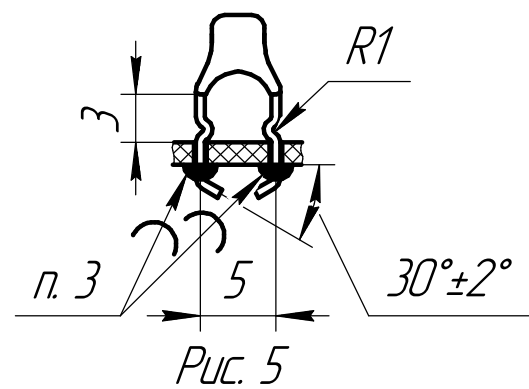
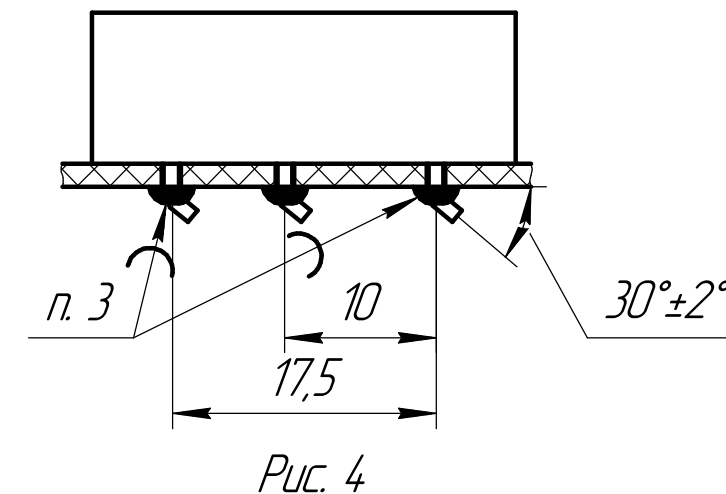
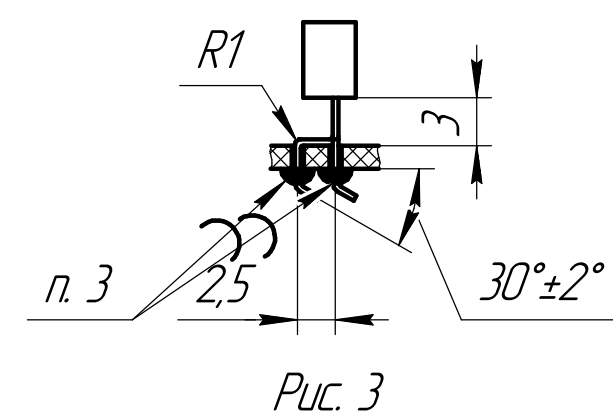
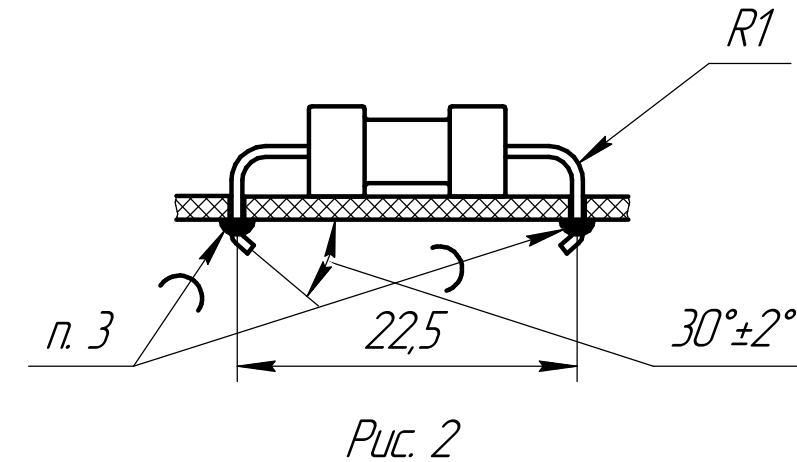
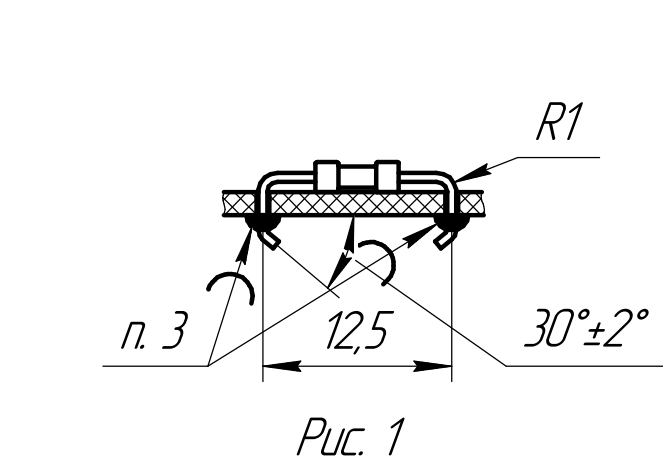
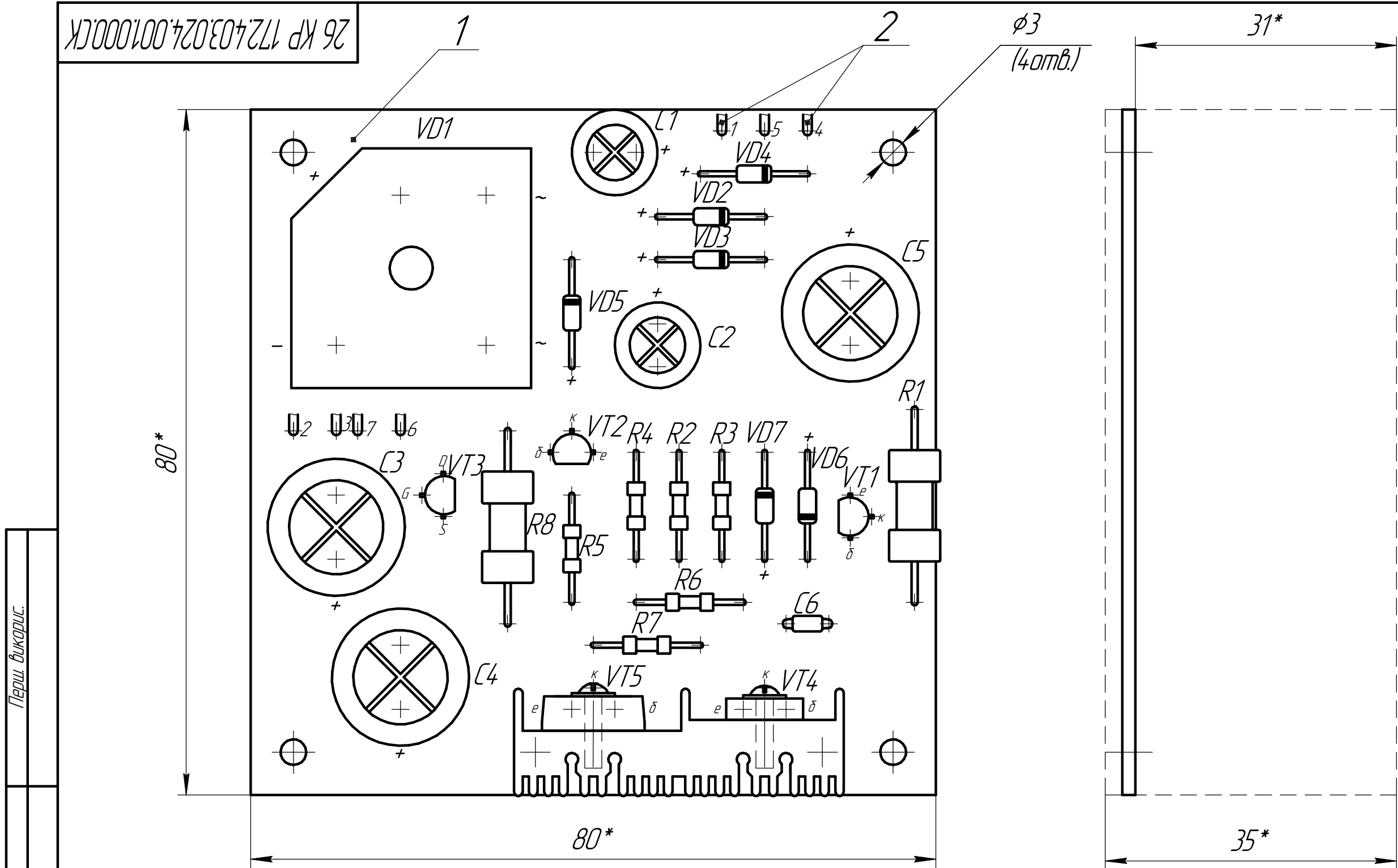
					26 КР 172.403.024.001.000 Е1				
					Блок живлення 1...29 вольт Електрична структурна схема		Літ.	Маса	Масштаб
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.	Фецьо								
Перевір.	Іващук								
І.контр.						Аркцш	Аркцшів 1		
Рецензент						ВСП ТФК ТНТУ ТР-40Зск			
Н.контр.	Задорожний					м. Тернопіль			
Затверд.									
					Копіював				
					Формат А2				



Таблиця отворів					
Умовне позначення отворів	Діаметри отворів	Наявність металізації в отворах	Діаметри монтажних площадок	Кількість отворів	Примітка
	0,9	немає	1,3	50	
	1,1	немає	1,5	20	

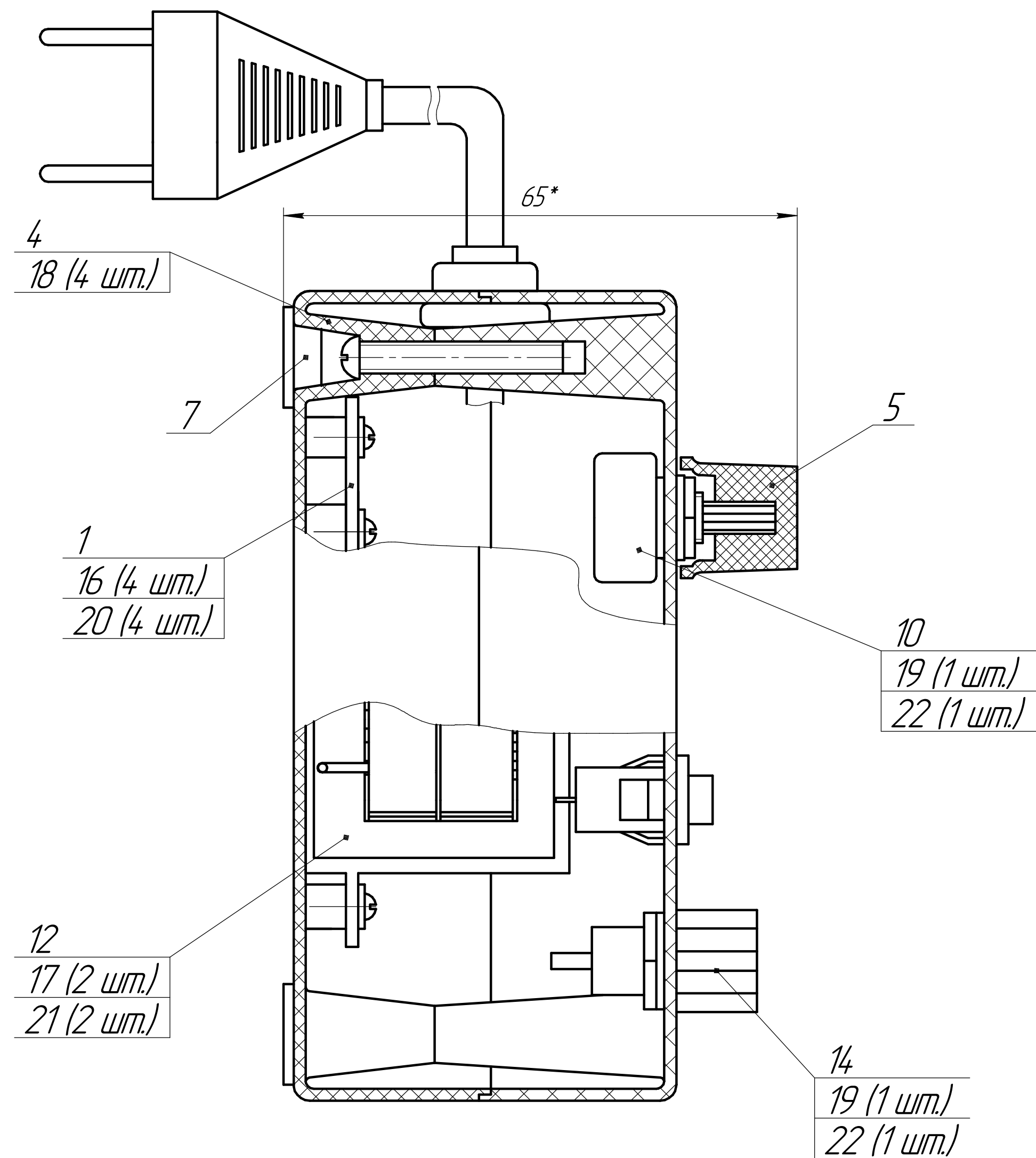
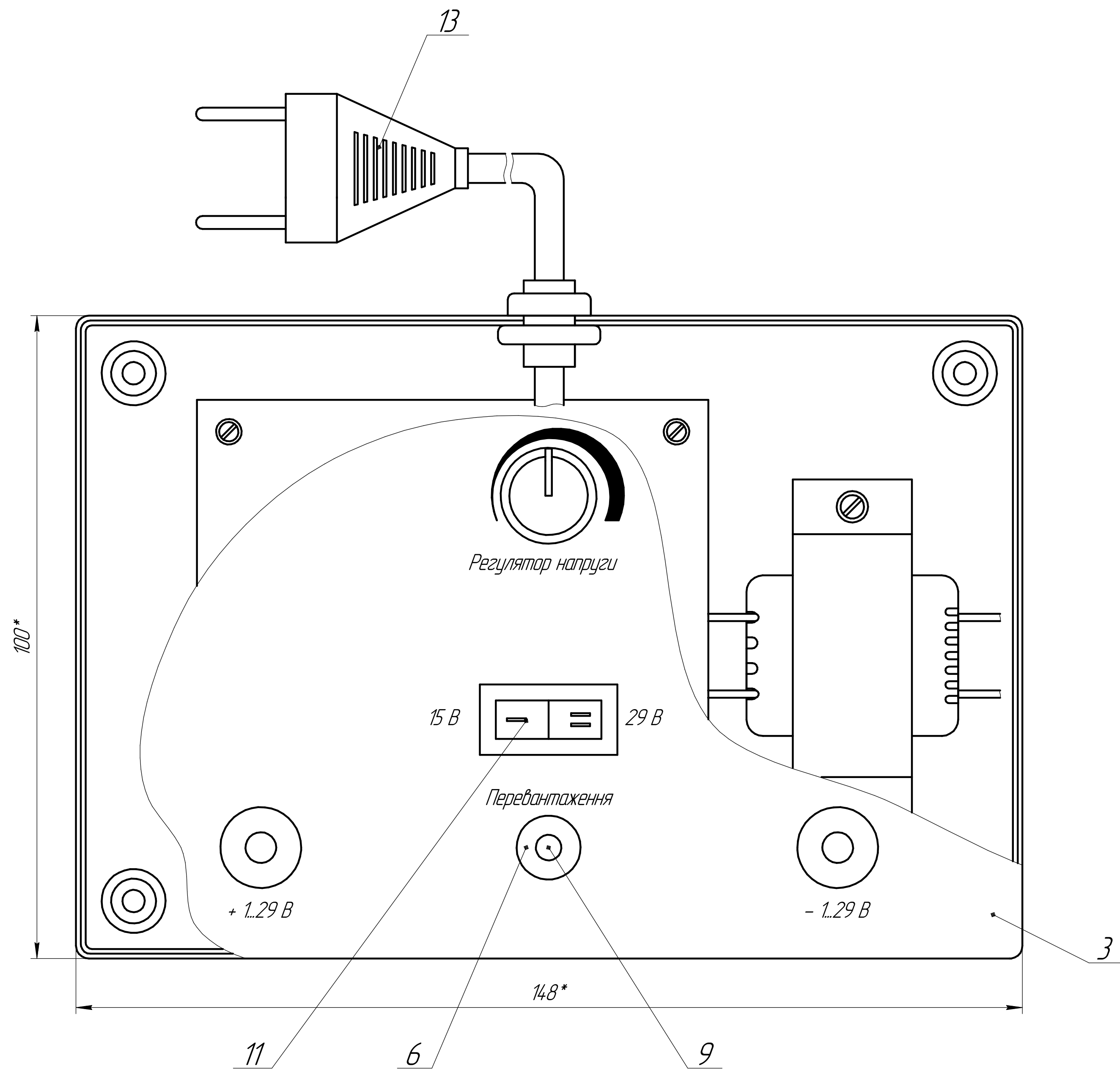
- Плата повинна відповідати ГОСТ 23752-79.
- *Розмір для довідок.
- Клас точності 4 по ГОСТ 23751-86.
- Крок координатної сітки 2,5 мм.
- Плату виготовити хімічним методом.
- Параметри отворів дивись в таблиці.
- Мінімальна ширина провідників не менше 1,2 мм.
- Мінімальна відстань між провідниками не менше 0,8 мм.
- Контактні площадки покрити сплавом "Розе" ТУ 6-09-4065-75, решту поверхні зі старони провідного шару покрити компаундом на основі ЕД-22 ГОСТ 19587-76.
- Плату маркувати фарбою ТНПФ-01 діла ТУ 29-02-889-88 шрифтом 2,5 Пр 41 ГОСТ 26.020-80.
- Інші вимоги по ОСТ 4.ГО.005.051.

26 КР 172.403.024.001.001						Плата друкована			Лит.	Маса	Масштаб
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		Н			0,03	2:1	
Розроб.	Фецько					Архив	Архив	1			
Перевір.	Іващук					ВСП ТФК ТНТУ ТР-403ск					
І.контр.	Задорожний					м. Тернопіль					
Затверд.						Формат А2					



- *Разміри для довідок.
- Установку і формування елементів проводити з кроком координатної сітки 2,5 мм. Елементи формувати (установка і формування елементів на рисунках показані в масштабі 2:1): R2...R7, VD2...VD7-на рис. 1; R1, R8-на рис. 2; VT1...VT3-на рис. 3; VD1-на рис. 4; C6-на рис. 5; C1, C2-на рис. 6; C3...C5-на рис. 7; VT4, VT5-на рис. 8. Транзистори VT4, VT5 прикріпити до радіатора гвинтом поз.29.
- Паяти припоєм ПОС61 ГОСТ 21931-76.
- Заводський номер, позначення елементів маркувати фарбою ЧМ, чорна, БМ, біла, ТУ029-02-859-78.
- Шрифт 2,5 по НО. 010. 007.
- Місця розміщення маркування показані умовно.
- Лакувати лаком АКА-113.
- Позначення елементів показано умовно.
- Друковані провідники умовно не показані.
- Інші вимоги по ОСТ4ГО.070.015.

26 КР 172.403.024.001.000.СК						26 КР 172.403.024.001.000.СК		
Вузол друкований						Лит.	Маса	Масштаб
Складальне креслення						Н	0,15	2:1
Архив						1		
ВСП ТФК ТНТУ						ТР-403СК		
м. Тернопіль						Формат А2		



- * Розміри для довідок.
- Електромонтаж здійснювати згідно з 26 КР 172.403.024.001.000 ЕЗ приємом ПОС-40 ГОСТ 21931-76.
- Інші технічні вимоги по ОСТ.4.ГО.070.015.

						26 КР 172.403.024.004.000 СК										
Зм. Розроб. Перевір. Т.контр.	Арх. Фецько Івашук	№ док. Фецько	Підпис	Дата		Блок живлення 1.29 вольт		Лит	Маса	Масштаб						
						Складальне креслення							1			
														ВСТ ТФК ТНТУ ТР-403СК м. Тернопіль		
Н.контр. Затверд.	Задорожний															

Техніко – економічні показники блоку живлення 1...29 вольт

	Технічні показники			Економічні показники	
1	Напруга живлення вхідна	~220.240В	1	Річний обсяг виробництва	1400шт.
2	Струм навантаження	2А	2	Початкові інвестиції для реалізації інвестиційного проекту	183300 грн
3	Габаритні розміри	148*100 *65 мм	3	Чистий прибуток	357005,04 грн
4	Маса	0,3кг	4	Повна собівартість на виріб	971,81 грн
5	Допустима вологість повітря	80%	5	Ціна одиниці виробу	1281,79 грн.
6	Межі вихідної напруги	від 1 до 29В	6	Рентабельність виробу	26,24 %
7			7	Термін окупності	0,56р
8			8	Індекс продуктивності	1,77

РОЗДІЛ 3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1. Розрахунок обсягу інвестицій, необхідних для реалізації проектних рішень

Для реалізації проектних рішень необхідно визначити обсяг інвестицій для їх здійснення. Обсяг інвестицій складається з вартості основних фондів за групами та витрат, пов'язаних з їх придбанням і вводом в експлуатацію.

1) Вартість будівель визначається, виходячи із орендної плати за них (приймається середня величина оренди виробничих приміщень в даному регіоні на час написання дипломного проекту; приймається –1000грн/м² за місяць). При цьому вартість передавальних пристроїв включається в орендну плату будівель.

Вартість будівель розраховується за формулою:

$$V_{\text{буд}} = C_{\text{буд}} \times S_{\text{буд}}, \quad (3.1)$$

$$V_{\text{буд}} = 1200 \times 100 = 120000 \text{ (грн.)}$$

де $V_{\text{буд}}$ - вартість будівлі, грн.;

$C_{\text{буд}}$ – орендна плата за 1м² будівлі, грн./м²;

$S_{\text{буд}}$ – площа будівлі, м² (приймається 100м²).

Будівлі орендуються разом із обладнанням, тому їх вартість слід збільшити на 40-60%, тобто :

$$V_{\text{буд}\Sigma} = V_{\text{буд}} + V_{\text{обл}}, \quad (3.2)$$

$$V_{\text{буд}\Sigma} = 120000 + 60000 = 180000 \text{ (грн.)}$$

де $V_{\text{буд}\Sigma}$ - вартість оренди будівель включно з вартістю обладнання;

$V_{\text{обл}}$ – вартість обладнання.

При цьому вартість обладнання складає:

$$V_{\text{обл}} = V_{\text{буд}} \cdot K_o, \quad (3.3)$$

$$V_{\text{обл}} = 120000 \cdot 0,5 = 60000 \text{ (грн.)}$$

де K_o – коефіцієнт, що враховує вартість обладнання ($K_o=0,5$).

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2) Вартість інструментів та приладів ($V_{\text{інстр}}$) складає 2% від вартості обладнання. При цьому витрати на їх доставку приймають в розмірі 10% від їх вартості. Таким чином, вартість інструментів та приладів розраховується за формулою:

$$V_{\text{інстр}} = V_{\text{обл}} \times 0,02 \times 1,1, \quad (3.4)$$

$$V_{\text{інстр}} = 60000 \times 0,02 \times 1,1 = 1320 \text{ (грн.)}$$

3) Вартість виробничого та господарського інвентарю ($V_{\text{інв}}$) складає 3% від вартості обладнання. При цьому витрати на його доставку приймають в розмірі 10% від його вартості. Таким чином, вартість інвентарю розраховується за формулою:

$$V_{\text{інв}} = V_{\text{обл}} \times 0,03 \times 1,1, \quad (3.5)$$

$$V_{\text{інв}} = 60000 \times 0,03 \times 1,1 = 1980 \text{ (грн.)}$$

4) Загальний обсяг виробничих інвестицій розраховується за формулою:

$$\Pi = V_{\text{буд}\Sigma} + V_{\text{інстр}} + V_{\text{інв}} \quad (3.6)$$

$$\Pi = 180000 + 1320 + 1980 = 183300 \text{ (грн.)}$$

5) Величина амортизаційних відрахувань розраховується за формулою:

$$A = \frac{S_{\text{бал}} \times H_a}{100}, \quad (3.7)$$

$$A = \frac{3300 \times 25}{100} = 825 \text{ (грн.)}$$

де $S_{\text{бал}}$ - балансова вартість основних фондів, грн. (для розрахунку приймають величину вартості основних фондів, що розрахована за формулами 3.4– 3.5 в тому випадку, коли будівлі орендують разом з обладнанням);

H_a - норма амортизації, % (величина норми амортизації встановлюється у відсотках до вартості кожної з груп основних фондів і становить: для будівель – 5%, обладнання – 20%, інструментів та приладів – 25%, інвентарю – 25%).

Результати розрахунку річної суми амортизаційних відрахувань слід звести в табл. 3.1

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 - Розрахунок річних амортизаційних відрахувань

№з/ п	Найменування основних фондів	Балансова вартість основних фондів, тис. грн.	Річна сума амортизаційних відрахувань, тис. грн.
	Інструменти та прилади	1320	330,00
	Виробничий та господарський інвентар	1980	495
	Всього:	3300	825

3.2 Розрахунок собівартості продукції

Собівартість продукції як економічна категорія є грошовим виразом витрат на її виробництво та реалізацію. При розрахунку собівартості всі витрати групуються за калькуляційними статтями. При цьому перелік статей калькуляції повинен відповідати переліку, прийнятому на конкретному підприємстві. В загальному вигляді калькуляція собівартості продукції включає такі статті витрат:

1. Сировина і матеріали.
2. Енергія технологічна.
3. Заробітна плата виробничих робітників (основна і додаткова).
4. Відрахування на соціальні заходи.
5. Утримання та експлуатація машин і механізмів.
6. Загальновиробничі витрати.

Виробнича собівартість

7. Адміністративні витрати.
8. Витрати на збут.
9. Інші операційні витрати.

Повна собівартість

Рекомендації щодо розрахунку статей калькуляції собівартості продукції.

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1) Витрати матеріалів (покупних виробів) на одиницю продукції визначають за формулою:

$$B_M = \sum_{i=1}^m (H_{Mi} \times C_{Mi}) \times K_{Tr} \quad (3.8)$$

$$B_M = 494 \times 1,04 = 513,76 \text{ (грн.)}$$

де т — кількість видів матеріалів, які використовують для виробництва одиниці продукції;

H_{Mi} — норма витрат і-го виду матеріалу (покупних виробів) на виробництво одиниці продукції, натур. од.;

C_{Mi} — ціна придбання і-го виду матеріалу (покупних виробів), грн. од.;

K_{Tr} — коефіцієнт, що враховує транспортні витрати на доставку матеріалів до підприємства (для розрахунку приймається в розмірі 4 % від вартості матеріалів: $K_{Tr}=1.04$). Розрахунки слід звести в табл.3.2

Таблиця 3.2- Розрахунки

№ з/п	Назва матеріалу (покупного виробу)	Кількість	Ціна за одиницю	Загальна вартість
1	Плата друкована	1	70	70
2	Кришка нижня	1	75	75
3	Кришка верхня	1	75	75
4	Світлодіод	1	10	10
5	Конденсатори електролітичні	5	10	50
6	Конденсатори постійні	1	1	1
7	Резистори постійні	8	0,5	4
8	Перемикач	1	25	25
9	Трансформатор	1	100	100
10	Діоди	7	2	14
11	Транзистори	5	10	50
12	Роз'єм	2	10	20
				494

2) Вартість технологічної енергії враховується при розрахунку витрат на утримання та експлуатацію машин і механізмів згідно статистичних даних базового підприємства (див. п.6).

3) Витрати на основну заробітну плату виробничих працівників ($B_{0.з.пл.}$):

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

для розрахунку заробітної плати працівників визначають відрядну розцінку за кожну операцію (одиницю роботи чи продукції), виконану працівником, за формулою:

$$P_{\text{від}} = \frac{\sum_{i=1}^m T_{\text{шт},i}}{60} \times C_{\text{г}}, \quad (3.9)$$

$$P_{\text{від}} = \frac{34}{60} \times 220 = 124,67 (\text{грн})$$

де $t_{\text{шт}, i}$ – час виконання однієї операції (одиниці роботи чи продукції);

$C_{\text{г}}$ – годинна тарифна ставка відповідно до розряду виконуваних робіт (див. додаток А).

Розрахунок витрат на основну заробітну плату основних робітників слід звести в табл.3.3

Таблиця 3.3- Розрахунок основної заробітної плати

№ з/п	Назва операції	$T_{\text{шт}},$ хв.	Розряд	Годинна тарифна ставка, $(C_{\text{г}}),$ грн/год
1	Пайка	15	V	220
2	Регулювання	10	V	220
3	Складання	9	V	220
	Всього	34		

4) Витрати на додаткову заробітну плату працівників ($B_{\text{дод.з.пл.}}$):

приймаються в розмірі 11% від основної заробітної плати виробничих працівників і розраховують за формулою:

$$B_{\text{дод.з.пл.}} = P_{\text{від}} \times 0.11 \quad (3.10)$$

$$B_{\text{дод.з.пл.}} = 124,67 \times 0,11 = 12,47 (\text{грн})$$

5) Сума відрахувань на соціальні заходи ($C_{\text{в.с.з.}}$) визначається за встановленими законодавством нормами у відсотках від витрат на основну й додаткову заробітну плату:

$$C_{\text{в.с.з.}} = \frac{\alpha}{100} \times (P_{\text{від}} + B_{\text{дод.з.пл.}}) \quad (3.11)$$

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_{\text{в.с.з.}} = \frac{22}{100} \times (124,67 + 12,47) = 30,17 \text{ (грн)}$$

де α - відсоток відрахувань на соціальні заходи (приймають 22%);

6) Витрати на утримання та експлуатацію машин і механізмів є комплексними, оскільки охоплюють витрати, що безпосередньо необхідні для експлуатації обладнання; амортизаційні відрахування на відтворення машин і механізмів, тощо. Оскільки такі витрати неможливо обчислити безпосередньо на одиницю продукції, їх розподіляють за вибраною базою розподілу. Найчастіше за таку базу беруть заробітну плату виробничих працівників.

Витрати на утримання та експлуатацію машин і механізмів розраховуються за формулою:

$$V_{\text{уео}} = \frac{\alpha_{\text{уео}}}{100} \times (P_{\text{від}} + V_{\text{дод.з.пл.}}) \quad (3.12)$$

$$V_{\text{уео}} = \frac{50}{100} \times (124,67 + 12,47) = 68,57 \text{ (грн.)}$$

де $\alpha_{\text{уео}}$ - відсоток витрат на утримання та експлуатацію обладнання (приймається 50%);

7) Витрати за статтею “ Загальновиробничі витрати ” також комплексні. Загальновиробничі витрати охоплюють витрати на управління, виробниче та господарське обслуговування в межах виробництва, а також витрати на заробітну плату з відрахуванням на соціальні заходи управлінських працівників, спеціалістів, обслуговуючого персоналу, охорону праці, тощо. Вказані витрати розраховують за формулою:

$$V_{\text{зв}} = \frac{\alpha_{\text{зв}}}{100} \times (P_{\text{від}} + V_{\text{дод.з.пл.}}) \quad (3.13)$$

$$V_{\text{зв}} = \frac{162}{100} \times (124,67 + 12,47) = 222,17 \text{ (грн.)}$$

де $\alpha_{\text{зв}}$ - відсоток загальновиробничих витрат (приймають 162%).

7. Разом виробнича собівартість ($S_{\text{вир}}$) визначається як сума витрат за пунктами 1-6.

$$S_{\text{вир}} = V_{\text{м}} + (P_{\text{від}} + V_{\text{дод.з.пл.}} + C_{\text{в.с.з.}}) + V_{\text{уео}} + V_{\text{зв}} \quad (3.14)$$

$$S_{\text{вир}} = 513,76 + (124,67 + 12,47 + 30,17) + 68,57 + 222,17 = 971,81 \text{ (грн.)}$$

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На підставі розрахованих вище даних складають калькуляцію собівартості одиниці продукції (однієї деталі) та запланованого випуску. Калькуляція собівартості представлена в табл. 3.4

Таблиця 3.4- Калькуляція собівартості

№ з/п	Найменування статей витрат	Величина витрат, грн.
1	2	3
1	Витрати матеріалів	513,76
2	Основна заробітна плата виробничих робітників	124,67
3	Додаткова заробітна плата виробничих робітників	12,47
4	Відрахування на соціальні заходи	30,17
5	Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	68,57
6	Загальновиробничі витрати	222,17
Разом виробнича собівартість (сума 1-6), в тому числі:		971,81
7	-змінні (сума 1-4) $B_{зм.од}$	681,07
8	-умовно-постійні (сума 5-6) $B_{уп.од}$	290,74

8. Ціна одиниці продукції(одного виробу) розраховується за формулою:

$$Ц_{одпр} = S_{пов} \times \frac{100 + \alpha_{пр}}{100} \quad (3.15)$$

$$Ц_{одпр} = 971,81 \times \frac{100 + 32}{100} = 1282,79 \text{ (грн.)}$$

де $\alpha_{пр}$ —відсоток запланованого прибутку (приймається 32%);

3.3 Оцінка економічної ефективності та доцільності впровадження проектних рішень

Розрахунок економічної ефективності інвестиційного проекту проводиться за наступними критеріями:

1) Річний прибуток від реалізації проекту розраховується за формулою:

$$\Pi_p = (Ц_{одпр} - S_{пов.}) \times N_p, \quad (3.16)$$

$$\Pi_p = (1282,79 - 971,81) \times 1400 = 435372 \text{ (грн),}$$

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де Π_r - річний прибуток від реалізації проекту, грн.;

$\Pi_{одпр}$ - ціна одиниці продукції, грн.;

$S_{пов}$ - собівартість одиниці продукції, грн.;

N_p - річна виробнича програма (план виробництва), од.

2) Чистий прибуток від реалізації проекту розраховується за формулою:

$$\text{ЧП} = \Pi_p - \Pi_p \times \frac{\Pi_{п}}{100}, \quad (3.17)$$

$$\text{ЧП} = 435372 - 435372 \times \frac{18}{100} = 357005,04 \text{ (грн.)}$$

де ЧП - чистий прибуток від реалізації проекту, грн.;

$\Pi_{п}$ - ставка податку на прибуток, % (приймається відповідно до чинного законодавства – 18%).

3) Собівартість всього виробництва розраховується за формулою:

$$S_{повq} = S_{пов} \times N_p \quad (3.18)$$

$$S_{повq} = 971,81 \times 1400 = 1360534 \text{ (грн.)}$$

4) Рентабельність продукції визначається за формулою:

$$P_{п} = \frac{\text{ЧП}}{S_{повq}} \times 100\% \quad (3.19)$$

$$P_{п} = \frac{357005,04}{1360534} \times 100\% = 26,24 \%$$

де $P_{п}$ - рентабельність продукції, %;

$S_{повq}$ - собівартість всього виробництва, грн.

Повернення інвестованого капіталу оцінюється на основі показника грошового потоку від інвестицій.

5) Сума чистих грошових надходжень від інвестицій розраховується за формулою:

$$\Gamma\Pi = \text{ЧП}_t + A_t, \quad (3.20)$$

$$\Gamma\Pi = 357005,04 + 825 = 357830,04 \text{ (грн.)},$$

де $\Gamma\Pi_t$ - сума чистих грошових надходжень у t-му році, грн.;

A_t - величина амортизаційних відрахувань у t-му році, грн.

6) Загальний абсолютний ефект від реалізації інвестицій характеризує чиста теперішня (дисконтована) вартість проекту, яка розраховується за формулою:

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\text{ЧТВ} = \text{ТВ} - \text{ПІ} \quad (3.21)$$

$$\text{ЧТВ} = 325300,03 - 183300 = 142000,03 \text{ (грн.)}$$

де ЧТВ - чиста теперішня вартість проекту, грн.;

ТВ - теперішня вартість майбутніх грошових потоків від інвестиційного проекту, грн.

Теперішню вартість майбутніх грошових потоків від інвестиційного проекту обчислюють за формулою:

$$\text{ТВ} = \sum_{i=1}^n \frac{\text{ГП}_t}{(1+r)^t} \quad (3.22)$$

$$\text{ТВ} = \frac{357830,04}{(1 + 0,1)^1} = 325300,03 \text{ (грн.)}$$

де ГП_t- грошовий потік, який очікується у t-му році від реалізації проекту, грн.;

$\frac{1}{(1+r)^t}$ - коефіцієнт коригування майбутніх сум грошових потоків (дисконтний множник);

r - норматив приведення різночасових витрат (ставка дисконту) у вигляді десяткового дробу (r = 0,1-0,2);

n - кількість років інвестування, t = 1,2, ... ,n (приймається з розрахунку виконання умови ТВ>ПІ).

Якщо чиста теперішня вартість перевищує нуль, проект має бути схвалений як прибутковий, якщо ж вона має від'ємну величину або дорівнює нулю, то проект слід відхилити, оскільки його реалізація призведе до збитків або не принесе підприємству додаткового доходу на вкладений капітал.

Іншою характеристикою інвестиційного проекту є індекс прибутковості інвестицій, який порівнює теперішню вартість майбутніх грошових потоків з початковими інвестиціями:

$$\text{ІП} = \frac{\text{ТВ}}{\text{ПІ}} \quad (3.23)$$

$$\text{ІП} = \frac{325300,03}{183300} = 1,77$$

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де ІІ- індекс прибутковості інвестицій.

Проект, який має індекс прибутковості більший за одиницю, схвалюється як прибутковий, а якщо цей індекс менший за одиницю - відхиляється.

Дисконтований термін окупності інвестицій(Ток_{диск}) характеризує кількість років, за які будуть відшкодовані початкові інвестиції та розраховується за формулою:

$$Ток_{диск} = \frac{ІІ}{ІІ_{диск}} \quad (3.24)$$

$$Ток_{диск.} = \frac{183300}{325300,03} = 0,56р$$

де ІІ_{диск} - середньорічна величина дисконтованих грошових потоків:

$$ІІ_{диск} = \frac{ТВ}{t}, \quad (3.25)$$

$$ІІ_{диск} = \frac{325300,03}{1} = 325300,03 \text{ (грн.)}$$

де t- кількість років інвестування.

Підсумки вищенаведених розрахунків доцільно звести в табл. 3.5

Таблиця 3.5 - Показники оцінки економічної ефективності використання елементів виробничо-ресурсного потенціалу

№ з/п	Найменування показника	Одиниця виміру	Величина показника
1	Річний обсяг виробництва виробу:	од.	1400
2	Собівартість виробу	грн./од.	971,81
3	Ціна одиниці виробу	грн./од.	1282,79
4	Початкові інвестиції для реалізації інвестиційного проекту	грн.	183300
5	Чистий прибуток	грн.	357005,04
6	Рентабельність виробу	%	26,24
8	Чиста теперішня вартість проекту	грн.	357005,04
9	Індекс прибутковості	-	1,77
10	Дисконтований термін окупності інвестицій	років	0,56

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Методи боротьби зі шкідливими речовинами на виробництві.

Шкідливі речовини на виробництві є одним із найнебезпечніших факторів, що негативно впливають на здоров'я працівників, їхню працездатність та безпеку праці. У процесі виконання виробничих операцій у повітря робочої зони можуть виділятися пил, гази, пари, аерозолі, дим та інші небезпечні хімічні речовини. Потрапляючи до організму людини через органи дихання, шкіру або травну систему, вони здатні викликати професійні захворювання, отруєння, алергічні реакції та інші серйозні порушення здоров'я. Саме тому боротьба зі шкідливими речовинами на виробництві є одним із головних завдань системи охорони праці.

Шкідливими речовинами називають речовини, які при контакті з організмом людини можуть спричиняти травми, захворювання або відхилення у стані здоров'я. Їхня небезпечність залежить від токсичності, концентрації в повітрі, тривалості впливу, фізичного стану працівника та умов виробництва. Найчастіше шкідливі речовини зустрічаються у хімічній, металургійній, машинобудівній, деревообробній, будівельній та електротехнічній промисловості.

До основних шкідливих речовин, які можуть бути присутніми на виробництві, належать токсичні гази, пари органічних розчинників, пил металів, зварювальний аерозоль, кислоти, луги, нафтопродукти та інші хімічні сполуки. Наприклад, під час зварювання утворюються оксиди металів, озон та чадний газ, а при паянні — свинець, каніфольні випари та інші токсичні речовини. Вдихання таких речовин може викликати захворювання органів дихання, нервової системи та внутрішніх органів.

Для боротьби зі шкідливими речовинами на виробництві застосовується комплекс організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних та медико-профілактичних заходів. Основною метою цих заходів є запобігання

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

потраплянню небезпечних речовин у повітря робочої зони та захист працівників від їхнього негативного впливу.

Одним із найефективніших методів боротьби є заміна небезпечних речовин менш шкідливими або безпечними аналогами. Наприклад, токсичні органічні розчинники можуть бути замінені водними мийними засобами, а матеріали зі значним вмістом свинцю — безсвинцевими сплавами. Такий метод дозволяє значно знизити ризик професійних захворювань та покращити умови праці.

Важливим заходом є вдосконалення технологічних процесів. Сучасні автоматизовані та герметизовані виробничі системи дають змогу мінімізувати контакт працівників зі шкідливими речовинами. Автоматизація процесів зварювання, фарбування, хімічної обробки та інших небезпечних робіт дозволяє скоротити перебування людини у шкідливій зоні та зменшити концентрацію небезпечних речовин у повітрі.

Одним із головних технічних методів боротьби зі шкідливими речовинами є вентиляція виробничих приміщень. Вентиляція забезпечує видалення забрудненого повітря та подачу чистого повітря до робочої зони. Залежно від способу організації повітрообміну вентиляція може бути природною або механічною.

Природна вентиляція здійснюється за рахунок різниці температур і тиску повітря всередині та зовні приміщення. Вона реалізується через вікна, фрамуги, вентиляційні канали та інші отвори. Однак природна вентиляція не завжди забезпечує достатню ефективність, особливо у приміщеннях із великим виділенням шкідливих речовин.

Механічна вентиляція є більш ефективною, оскільки забезпечує примусовий рух повітря за допомогою вентиляторів. Вона може бути припливною, витяжною або припливно-витяжною. Припливна вентиляція подає свіже повітря у приміщення, витяжна — видаляє забруднене повітря, а припливно-витяжна одночасно виконує обидві функції.

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Особливе значення має місцева вентиляція, яка забезпечує видалення шкідливих речовин безпосередньо у місці їх утворення. До місцевих вентиляційних пристроїв належать витяжні шафи, зонти, кожухи, бортові відсмоктувачі та пересувні вентиляційні установки. Наприклад, під час паяння або зварювання місцева витяжка дозволяє швидко видаляти токсичні дими та аерозолі ще до їх поширення у робочій зоні.

Для очищення повітря від пилу та газів застосовуються спеціальні фільтри та пиловловлювачі. Найпоширенішими є циклонні апарати, тканинні фільтри, електрофільтри та скрубери. Циклони використовуються для видалення грубодисперсного пилу, тканинні фільтри — для очищення повітря від дрібнодисперсних частинок, а скрубери — для уловлювання газів та парів за допомогою рідини.

Важливим методом боротьби зі шкідливими речовинами є герметизація обладнання. Герметичні апарати, трубопроводи та резервуари запобігають витоку токсичних речовин у повітря виробничих приміщень. Герметизація особливо важлива у хімічній промисловості, де використовуються агресивні та токсичні речовини.

Для зменшення запиленості повітря застосовується зволоження матеріалів та робочих поверхонь. Вода зв'язує пилові частинки та перешкоджає їхньому поширенню у повітрі. Такий метод широко використовується у гірничодобувній, будівельній та деревообробній промисловості.

Одним із важливих напрямів захисту працівників є використання засобів індивідуального захисту. До них належать респіратори, протигази, захисні окуляри, рукавички, спеціальний одяг та взуття. Респіратори захищають органи дихання від пилу, диму та аерозолів, а протигази — від токсичних газів і парів. Засоби індивідуального захисту використовуються у випадках, коли неможливо повністю усунути шкідливі речовини за допомогою технічних засобів.

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Важливу роль у боротьбі зі шкідливими речовинами відіграють санітарно-гігієнічні заходи. До них належать регулярне прибирання приміщень, очищення обладнання, контроль чистоти повітря, дотримання правил особистої гігієни та забезпечення працівників санітарно-побутовими приміщеннями. Своєчасне видалення пилу та відходів дозволяє значно знизити концентрацію шкідливих речовин у повітрі.

На підприємствах обов'язково проводиться контроль вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони. Для цього використовуються спеціальні прилади та лабораторні методи аналізу. Концентрація шкідливих речовин не повинна перевищувати встановлені гранично допустимі концентрації. У разі перевищення допустимих норм роботодавець зобов'язаний вжити заходів щодо усунення небезпечних факторів.

Важливе значення мають медико-профілактичні заходи. Працівники, які контактують зі шкідливими речовинами, повинні проходити попередні та періодичні медичні огляди. Це дозволяє своєчасно виявити професійні захворювання та запобігти їхньому розвитку. Також проводяться профілактичні щеплення, забезпечення лікувально-профілактичним харчуванням та вітамінізація працівників.

Не менш важливими є організаційні заходи. До них належать навчання працівників безпечним методам роботи, проведення інструктажів з охорони праці, розробка інструкцій безпеки та контроль за дотриманням технологічної дисципліни. Працівники повинні знати властивості небезпечних речовин, правила користування засобами захисту та порядок дій у разі аварійної ситуації.

У разі виникнення аварій або витоку небезпечних речовин необхідно негайно вжити заходів щодо евакуації працівників, локалізації джерела забруднення та провітрювання приміщення. Для цього на підприємствах розробляються плани ліквідації аварійних ситуацій та проводяться навчання персоналу.

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, боротьба зі шкідливими речовинами на виробництві є важливим напрямом охорони праці та забезпечення безпеки працівників. Ефективний захист можливий лише за умови комплексного застосування організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних та медико-профілактичних заходів. Використання сучасних технологій, вентиляційних систем, засобів індивідуального захисту та постійний контроль умов праці дозволяють значно знизити рівень професійних захворювань і створити безпечні умови праці на підприємстві.

4.2 Можливі випадки ураження людини електричним струмом.

Тяжкість електротравми визначається впливом факторів:

- електричного характеру — величина напруги, сила струму, вид струму (постійний чи змінний), частота при змінному струмі;
- неелектричного характеру — тривалість дії електроструму;
- навколишнього середовища — температура, тиск, вологість повітря;
- шляху протікання струму через тіло людини.

У разі ураження людини електричним струмом основним уражуючим фактором є сила струму, що проходить через тіло людини. При цьому ступінь негативного впливу на організм людини збільшується із зростанням струму.

Відчутний струм — малий струм, який людина починає відчувати: в середньому близько 1,1 мА при змінному струмі частотою 50 Гц і близько 6 мА при постійному струмі. Ця дія обмежується при змінному струмі слабким свербіжем і легким пощипуванням (поколюванням), а при постійному струмі — відчуттям нагріву шкіри на ділянці, що доторкується до струмовідних частин. Найменше значення відчутного струму називається пороговим відчутним струмом.

Невідпускаючий струм — струм, що викликає в разі проходження через тіло людини непереборні судорожні скорочення м'язів руки, в якій затиснутий провідник, а його найменше значення називається пороговим невідпускаючим

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

струмом. При змінному струмі (50 Гц) величина цього струму перебуває в межах 20—25 А, При постійному струмі невідпускаючих струмів, власне кажучи, немає, оскільки при певних значеннях струму людина може самотійно розтиснути руку, в якій затиснутий провідник, і таким чином відірватися від струмовідної частини.

Однак в момент відриву виникають болісні скорочення м'язів, аналогічні за характером і больовим відчуттям тим, які спостерігаються при змінному струмі. Сила струму становить приблизно 50—80 мА.

Цей струм і прийнято умовно за поріг невідпускаючих струмів при постійній напрузі.

Фібриляційний струм. Змінний (50 Гц) струм 50 мА і більше, проходячи через тіло людини по шляху “рука — рука” або “рука — ноги”, діє як подразник на м'язи серця, що розташовані глибоко в грудях. Це небезпечно для життя людини, оскільки через 1—3 с з моменту замикання кола через людину може настати фібриляція або зупинка серця. При цьому припиняється кровообіг і, відповідно, в організмі виникає нестача кисню; це, в свою чергу, швидко призводить до припинення дихання, тобто настає смерть.

Електричний струм, який викликає фібриляцію серця, називається фібриляційним струмом, а найменше його значення — пороговим фібриляційним струмом.

За частоти 50 Гц фібриляційними є струми в межах від 50 мА до 5 А, а середнє значення порогового фібриляційного струму — близько 100 мА. При постійному струмі середнім значенням порогового фібриляційного струму можна вважати 300 мА, а верхнім 5 А.

Струм понад 5 А, як постійний, так і змінний, викликає раптову зупинку серця, минаючи стан фібриляції. Водночас із зупинкою серця виникає і параліч дихання, причому після швидкого відключення струму дихання, як правило, самотійно не відновлюється.

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Безпечним струмом можна вважати такий струм, який протягом тривалого часу (декілька годин) може проходити через людину, не завдаючи їй шкоди і не викликаючи ніяких відчуттів, і який набагато менший порогового відчутного струму. Точні значення безпечного струму не встановлені, але для практичних цілей його найбільше значення можна, певно, вважати рівним 50—75 мкА при змінному струмі промислової частоти (50 Гц) і 100—125 мкА — при постійному струмі.

Із порівняння значень порогових струмів, наведених у таблиці, можна зробити висновок, що постійний струм менш небезпечний (в 4—5 разів), ніж змінний. Але все це справедливо лише для відносно невисоких напруг — до 250—300 В. За більш високих напруг небезпека ураження постійним струмом зростає. Вважається, що за напруги 500 В їх дія вирівнюється, а в разі більш високих напруг постійний струм стає більш небезпечним, ніж змінний частотою 50 Гц.

Дія на людину змінного струму залежить від його частоти.

Через наявність в опорі тіла людини ємнісної складової збільшення частоти прикладеної напруги супроводжується зменшенням повного опору тіла і збільшенням струму, який проходить через людину, що, в свою чергу, підвищує небезпеку ураження. Здавалося б, що в разі збільшення частоти ця небезпека має підвищуватися, але насправді виявилось, що це припущення справедливе лише в діапазоні частот до 50 Гц. Подальше підвищення частоти, незважаючи на зростання струму, що проходить через тіло людини, супроводжується зниженням небезпеки ураження, яка зникає при частоті 450—500 кГц. Правда, ці струми зберігають небезпеку опіків як у разі виникнення електричної дуги, так і в разі проходження їх безпосередньо через людину.

Електрична напруга також впливає на наслідок ураження людини, але лише тією мірою, в якій її величина визначає силу струму, що проходить через тіло людини. Із зростанням напруги, прикладеної до тіла людини, опір шкіри

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зменшується в десятки разів, відповідно зменшується і опір тіла в цілому; він наближається до опору внутрішніх органів тканин тіла, тобто до свого найменшого значення (300—500 Ом). Пробій рогового шару шкіри відбувається за напруги 50—200 В.

Аналіз нещасних випадків внаслідок дії електричного струму на людей показує, що тривалість проходження струму через організм істотно впливає на наслідок ураження: чим триваліша дія струму, тим більша вірогідність тяжкого або смертельного наслідку. Така залежність пояснюється тим, що із збільшенням часу дії електричного струму опір тіла зменшується, а сила струму істотно збільшується. Крім того, з часом виснажуються сили організму, що протистоять дії на нього електрики.

Наслідки дії струму на організм проявляються в порушенні функцій центральної нервової системи, зміною складу крові, місцевим руйнуванням тканин організму під впливом теплоти, яка виділяється, порушенням роботи серця, легень тощо.

Суттєвим для наслідків ураження є шлях проходження струму. Так, якщо на шляху струму опиняються життєво важливі органи — серце, легені, головний мозок, то небезпека ураження дуже висока, оскільки струм безпосередньо діє на ці органи.

Якщо ж струм проходить іншими шляхами, то його дія на життєво важливі органи може бути лише рефлекторною, а не безпосередньою. Можливих шляхів проходження струму в тілі людини дуже багато, але характерними, які частіше зустрічаються на практиці, є не більше як 15 петель. Найбільш поширені з них — “рука — рука”, “права рука — ноги”, “ліва рука — ноги”. Найбільш небезпечними є петлі “голова — руки” та “голова — ноги”, коли струм може проходити через головний і спинний мозок. Але ці петлі на практиці виникають відносно рідко. Наступний по небезпеці шлях — “права рука — ноги”, який по частоті утворення займає друге місце. Найменш небезпечний шлях — “нога — нога”, який виникає під

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

час дії на людину так званої напруги кроку. Напруга кроку навіть відносно невеликих значень (50—80 В) викликає мимовільні судорожні скорочення м'язів ніг і як наслідок — падіння людини на землю. В цей момент припиняється вплив на людину напруги кроку і виникає більш тяжка ситуація: замість нижньої петлі в тілі людини утворюється новий більш небезпечний шлях, як правило, від рук до ніг. Оскільки в такому положенні людина доторкається одночасно точок землі, віддалених одна від одної на відстань, що перевищує довжину кроку, напруга, що діє на неї, як правило, більша за напругу кроку. Як результат, створюється загроза смертельного ураження.

Тяжкість електротравми залежить також від температури, вологості і тиску повітря. Зі збільшенням температури і вологості зменшується загальний опір тіла людини, зі збільшенням атмосферного тиску небезпека ураження зменшується.

Не менше значення має фізичний стан людини. Для практичних розрахунків з електробезпеки береться опір тіла людини 1000 Ом. Але ця величина не постійна для кожної людини і залежить від її психофізичного стану. Опір цілком здорових і фізично міцних людей в багато разів перевищує розрахункове значення.

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У рамках реалізації даного проєкту була розроблена конструкція пристрою «Блок живлення 1...29В». Здійснено обґрунтований вибір елементної бази на основі сучасних, доступних і широко вживаних радіоелементів.

Проведено розрахунок параметрів друкованого монтажу, в результаті якого визначено оптимальні значення ширини провідників, відстаней між ними, між провідниками і контактними площадками, а також діаметри монтажних отворів.

Виконано кількісну та якісну оцінку технологічності конструкції. Розроблений пристрій має достатній рівень технологічності, що дозволяє з незначними доопрацюваннями впровадити його у серійне виробництво. Також було створено маршрутно-операційну технологію складання як друкованого вузла, так і повного виробу.

Проектування друкованої плати виконувалося за допомогою системи автоматизованого проектування Altium Designer, що дозволило точно розмістити компоненти та здійснити трасування провідників. У результаті отримано компактну односторонню друковану плату з розмірами 80×80 мм, спроектовану з використанням координатної сітки 2,5 мм. Плата характеризується мінімальним рівнем паразитних зв'язків.

Найбільш доцільним способом виготовлення плати виявився хімічний метод, який забезпечує високу якість і точність виробу. Компоненти на друкованому вузлі розміщені щільно, що дозволяє зменшити загальні габарити пристрою. Хоча конструкція плати ускладнюється наявністю радіаторів і транзистора, загальна конструкція корпусу виробу залишається простою через обмежену кількість органів керування.

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Блок живлення 1...29 вольт [електронний ресурс] – Режим доступу <https://radiolub./page/zhurnal-radio-2005-8> (дата звернення 4.02.2026).
2. Конденсатор b41828 [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://www.radiolibrary./reference/transformers-tn/tn20.html> (дата звернення 1.02.2026).
3. Резистор MFP [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <https://www.chipdip./product/elc10d101e> www.cityradio.narod.. (дата звернення 3.02.2026).
4. Конденсатор b37979 [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://ippart.com/download/3655a026-13e6-4b56-a0bb-8fd05df9b19d.pdf> www.radio-portal..www.vprl.. (дата звернення 1.02.2026).
5. Діод 1N1257 "Diotec" [електронний ресурс] – Режим доступу <http://www.platan./shop/part/PBS-4.html>. (дата звернення 3.02.2026).
6. Трансформатор B78386-P1116-A [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://www.rct./catalog/box-header-connector/pbs-4.html>. (дата звернення 4.02.2026).
7. Світлодіод типу L-1503GT [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://studies.in.ua/bjd-zaporojec/1211-173-osnovn-tehnchn-ta-organizacyn-zahodi-schodo-proflaktiki-virobnichogo-travmatizmu-ta-profesynoyi-zahvoryuvanost.html> (дата звернення 4.02.2026).
8. Змінні резистори 16K1 [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://www.chipdip./product/asw-09-102-red> (дата звернення 1.02.2026).
9. Перемикач ASW-09-102 "Jietong Switch" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/leg-12_62137.html (дата звернення 1.02.2026).
10. Діод GBPC3510W-E4 / 51"Vishay" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://eandc./catalog/detail.php?ID=3809> (дата звернення 1.02.2026).

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Діод 1N4750ATR [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://ipart.com/download/3655a026-13e6-4b56-a0bb-8fd05df9b19d.pdf>
www.radio-portal.ru.www.vprl.ru. (дата звернення 1.02.2026).

12. Транзистор 2SA821 "Fairchild" [електронний ресурс] – Режим доступу <http://www.platan./shop/part/PBS-4.html>. (дата звернення 3.02.2026).

13. Транзистор 2SA821 "Fairchild" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://www.rct./catalog/box-header-connector/pbs-4.html>. (дата звернення 4.02.2026).

14. Транзистор BF245A "Fairchild" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://studies.in.ua/bjd-zaporojec/1211-173-osnovn-tehnchn-ta-organizacyn-zahodi-schodo-proflaktiki-virobnichogo-travmatizmu-ta-profesynoyi-zahvoryuvanost.html>(дата звернення 4.02.2026).

15. Транзистор 2SA1356 "Fairchild" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://www.chipdip./product/asw-09-102-red>(дата звернення 1.02.2026).

16. Транзистор 2N5319 "Fairchild" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/leg-12_62137.html(дата звернення 1.02.2026).

17. Васишин О.З. Конспект лекцій з дисципліни "Конструювання РЕА" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2018

18. Програма для розрахунку надійності РЕА [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <http://eguru.tk.te.ua/mod/resource/view.php?id=60057>(дата звернення 4.02.2026).

19. Васишин О.З. Методичні вказівки до виконання практичної роботи "Конструктивний розрахунок друкованого монтажу" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2018

20. Програма для розробки схем “Altium Designer” [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <http://eguru.tk.te.ua/course/view.php?id=819>

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

21. Штогрин П.І. Навчальний посібник "Altium Designer 10 для початківців" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2017
22. Штогрин П.І. Методичні вказівки "Розробка 3D-моделей радіоелементів" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2017
23. Васишин О.З., Штогрин П.І. Методичні вказівки "Розробка 3D-моделей типових корпусів РЕА" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2017
24. Програма для розробки корпусу "Компас 3D" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <http://eguru.tk.te.ua/course/view.php?id=819>
25. Програма для розробки схем "Altium Designer" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <http://eguru.tk.te.ua/course/view.php?id=819>
26. Васишин О.З. Методичні вказівки до виконання комплексного курсового проекту для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2020
27. Васишин О.З. Методичні вказівки до виконання графічної частини комплексного курсового проекту для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2020
28. Васишин О.З. Конспект лекцій з дисципліни "Основи конструювання та технології виробництва РЕА" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2016
29. Васишин О.З. Конспект лекцій з дисципліни "Технологія виробництва РЕА" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2017
30. Гуржій А. М. Основи автоматики та робототехніки: Навчальний посібник / А. М. Гуржій, А. Т. Нельга, В. М. Співак, О. С. Ітякін:—Дніпро: «Гарант СВ», 2021.- 243с.

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

31. Смельянов В.В. Конспект лекцій з дисципліни “Системи мобільного зв’язку”, частина 2 – “Радіопередавальні та радіоприймальні пристрої” для студентів усіх форм навчання спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка. – Харків, Харківський національний університет радіоелектроніки, 2018. – 74 с.

32. Денисюк В.О., Цирульник С.М. Мікропроцесорні системи управління: навч. посіб. Вінн. нац. аграр. ун-т. Вінниця: ТВОРИ, 2021. 204 с.

33. Сайт спільноти розробників проектів на ARDUINO .URL: https://projecthub.arduino.cc/?_gl=1*4147w4*_ga*OTkyMzgzOTAwLjE3MTYwNTM3MjY.*_ga_NEXN8H46L5*MTcxNjkyMjQ0S4yLjEuMTcxNjkyMjUzOS4wLjAuMTUxNjM0NjA3MQ..*_fplc*OUZZTmxzbGU4MkNZbiUyRkNCTHJmazAwbjdrNWNDZTc5QUV6OFRIb3A2ck5RNzhvOVY3JTJGYXhRcDNIWHAzWWxZWlJTVXkySndINXl4bUpnZCUyQkNiN29jaJqckF2c0tRMGlhdVU3SVhYRTY4ZDdRb016bCUyRjBhZ1QwY0Z1M3hubEElM0QlM0Q(дата звернення 28.05.2024).

34. Магпо В. І., Рябчий В. Д., Гусев О. Ю. Вимірювання сигналів у радіотехніці: навч. посіб. Міністерство освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». Дніпро: НТУ «ДП», 2018. 191 с.

35. Пістун Є. П., Стасюк І. Д. Основи автоматики та автоматизації : навчальний посібник. Друге видання, змінене і доповнене. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2018. 332 с.

36. Васильківський І. С., Фединець В. О., Юсик Я. П. Виконавчі пристрої систем автоматизації: навчальний посібник. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2020. 220 с.

37. Дипломне проектування URL: <https://eguru1.tk.te.ua/course/view.php?id=390>

					26 КР 172.403.024.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ