

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 підсилювача потужності Only Music 2.7

Виконав: студент (ка) IV курсу, групи ТР-402

Спеціальність: 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

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

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Дзіндзяк Святослав Михайлович

(прізвище та ініціали)

Керівник Івашук 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-кваліфікаційний рівень молодший спеціаліст
Галузь знань 17 «Електроніка та телекомунікації»
Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
Спеціалізація «Конструювання, виробництво та технічне обслуговування
радіотехнічних пристроїв».**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова циклової комісії
телекомунікацій та радіотехніки
_____ Ольга ВАСИЛИШИН
_____ “20” _____ квітня 2026 року

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

_____ Дзіндзяк Святослав Михайлович _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи _____ Розробка конструкції підсилювача
потужності Only Music 2.7 _____
керівник кваліфікаційної роботи _____ Іващук 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 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 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 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 Визначення собівартості спроектованого виробу.
 - 3.3 Оцінка економічної ефективності та доцільності впровадження проектних рішень.
- Розділ 4 Охорона праці
 - 4.1 Відповідальність за порушення законодавства про охорону праці
 - 4.2 Комплекс заходів по зменшенню шуму в джерелі його виникнення
- Висновки
- Перелік посилань
- Додатки

Додаткові вказівки:

Виконання проекту (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	20.04	
2	Збір і узагальнення інформації по проекту	13.05	
3	Написання першого розділу	25.05	
4	Розробка технічного та робочого проекту	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	19.05	
9	Оформлення проекту	08.06	
10	Погодження нормоконтролю	12.06	
11	Попередній захист проекту	16.06	
12	Захист проекту		

7. Дата видачі завдання 20 квітня 2026 р.

Студент

_____ Дзіндзяк С.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту

_____ Івашук А.Д.
(підпис)

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 172.402.014.000.000 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Дзіндзяк			Розробка конструкції підсилювач потужності Only music 2.7 Послужальна записка	Лім.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Іващук							
Рецензент						ВСП ТФК ТНТУ ТР-402 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 Відповідальність за порушення законодавства про охорону праці.....

4.2 Комплекс заходів по зменшенню шуму в джерелі його виникнення.....

ВИСНОВКИ.....

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....

ДОДАТКИ.....

					26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

АНОТАЦІЯ

Дзіндзяк С.М. Розробка конструкції підсилювач потужності Only music 2.7: 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 150*80 мм. Всі основні елементи розміщені на одній стороні плати, на іншій стороні плати відсутні елементи. У приладі на вузлі елементи VT19-VT21, VT10-VT13, котрі виділяють велику кількість тепла, тому вони закріплюються на радіаторі.

Корпус виготовлений з металу, яка має хороші характеристики, гарний зовнішній вигляд, та хорошу конструкцію, розміри 183×129×56мм. Конструктивно він складається з верхньої та нижньої кришок корито-подібної форми. До верхньої кришки кріпляться гнізда для підключення навантаження, також гніздо живлення. Також кришки мають перфорацію.

До нижньої кришки кріпиться друкована плата за допомогою гвинтів та гайок. До верхньої кришки кріпиться гніздо підключення входу та гніздо підключення виходу. У місці з'єднання двх кришок кріпиться гніздо живлення. У верхній та нижній кришці корпусу є багато продовгуватих отворів для покращення відведення тепла від друкованої плати за межі корпусу.

Між собою кришки з'єднуються за допомогою чотирьох гвинтів. Оскільки всі електрорадіоелементи змонтовані на друкованій платі, то і кріпитися їм до корпусу додатково не потрібно. Підібрана елементна база дозволяє реалізувати закладені в пристрій функції, є недорогою та доступною.

Ключові слова: звук, підсилення потужності, звукова частота .

					26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ABSTRACT

Dzindziak S.M. Design development of the power amplifier Only music 2.7: qualification work for obtaining the educational and qualification level of junior specialist, specialty 172 Telecommunications and radio engineering. Ternopil: VSP "TFK TNTU", 2026.

The elements on the board are located very compactly, and therefore the board dimensions are minimal 150*80 mm. All the main elements are located on one side of the board, there are no elements on the other side of the board. The device has elements VT19-VT21, VT10-VT13 on the node, which emit a large amount of heat, so they are fixed on the radiator.

The case is made of metal, which has good characteristics, a beautiful appearance, and a good design, dimensions 183×129×56mm. Structurally, it consists of upper and lower covers of a trough-shaped shape. The top cover is attached to the sockets for connecting the load, as well as the power socket. The covers also have perforations.

The printed circuit board is attached to the bottom cover using screws and nuts. The input connection socket and the output connection socket are attached to the top cover. The power socket is attached at the junction of the two covers. There are many oblong holes in the top and bottom covers of the case to improve heat dissipation from the printed circuit board outside the case.

The covers are connected to each other using four screws. Since all the electro-radio elements are mounted on the printed circuit board, they do not need to be additionally attached to the case. The selected element base allows you to implement the functions built into the device, is inexpensive and affordable.

Keywords: sound, power amplification, sound frequency.

					26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Під час розробки підсилювача потужності звукової частоти основна увага була зосереджена на забезпеченні високої повторюваності конструкції, надійності та стабільності її роботи в різних режимах експлуатації. Важливим інженерним завданням було також спрощення схемотехнічного рішення шляхом зменшення номенклатури використовуваних радіоелементів, що дозволяє знизити собівартість виробу, спростити процес монтажу та подальшого обслуговування. При цьому збереження необхідного рівня якісних характеристик підсилювача, таких як коефіцієнт підсилення, нелінійні спотворення та частотна характеристика, залишалось пріоритетним.

Проектований пристрій призначений для підсилення сигналів звукового діапазону до заданого рівня з подальшою передачею їх на навантаження у вигляді акустичної системи з визначеним опором. Основна функція підсилювача звукової частоти полягає у забезпеченні на виході сигналу необхідної потужності без суттєвих спотворень форми сигналу та з мінімальними втратами енергії. Сучасні рішення підсилювачів звукової частоти можуть реалізовуватися як на спеціалізованих інтегральних мікросхемах, так і на основі дискретних напівпровідникових елементів, зокрема польових і біполярних транзисторів, а також із застосуванням мікроконтролерних систем керування. Найбільш поширеним підходом у силових каскадах залишається використання транзисторних схем підсилення завдяки їхній високій ефективності та відносній простоті реалізації.

Пристрій експлуатується в умовах закритого приміщення, що характеризується стабільними температурними умовами та відсутністю значних кліматичних впливів. У зв'язку з цим немає необхідності застосування елементної бази з підвищеними вимогами до температурної стабільності або спеціального захисту від зовнішніх факторів, що додатково спрощує конструкцію та знижує вимоги до компонентної бази.

					26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Розробка технічного завдання

Технічні характеристики приладу:

1. Напруга живлення.....+48В;
2. Діапазон робочих температур.....-10...+30°C;
3. Кількість каналів.....1;
4. Опір навантаження.....4/8Ом;
5. Струм спокою вихідних транзисторів 80мА;
6. Номінальна потужність 30Вт;
7. Габаритні розміри.....183*129*56мм;
8. Маса.....0,3кг.

1.2 Вибір і опис структурної схеми виробу

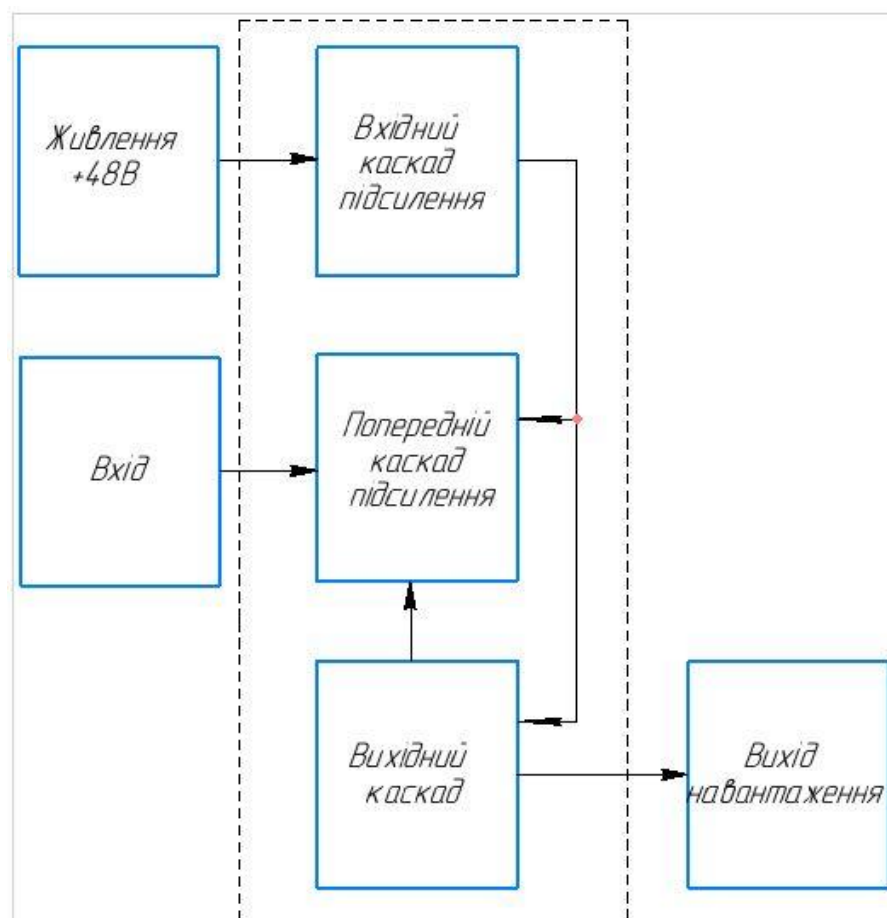


Рисунок 1.1- Схема електрична структурна

Схема підсилювача потужності звукової частоти структурно складається з кількох функціональних блоків, кожен з яких виконує визначену роль у процесі обробки та підсилення сигналу.

Першим блоком є блок живлення з напругою +48 В, який забезпечує всі каскади пристрою стабілізованою електричною енергією. Даний блок є основою роботи всього підсилювача, оскільки від якості живлення залежить стабільність режимів роботи транзисторів, рівень шумів та загальні динамічні характеристики пристрою. У разі необхідності він може містити елементи фільтрації та захисту від перенапруг.

Другим функціональним елементом є вхід для подачі вхідного сигналу. Через цей вузол на підсилювач надходить слабкий сигнал звукової частоти від джерела звуку (наприклад, мікрофона, аудіопристрою або попереднього підсилювача). Вхідний вузол забезпечує узгодження рівнів сигналу та може включати елементи захисту від перевантаження та перешкод.

Далі сигнал надходить до вхідного каскаду підсилення, який відповідає за первинне підсилення напруги та формування необхідних параметрів сигналу для подальших етапів обробки. Цей каскад також відіграє важливу роль у забезпеченні високого вхідного опору пристрою та мінімізації спотворень на початковому етапі підсилення.

Наступним є попередній каскад підсилення, який забезпечує додаткове підсилення сигналу за напругою та струмом, а також формує необхідні умови для ефективної роботи вихідного каскаду. На цьому етапі можуть здійснюватися корекція частотної характеристики та стабілізація режимів роботи підсилювальних елементів.

Вихідний каскад підсилення є силовим етапом схеми, основне завдання якого полягає у забезпеченні необхідної вихідної потужності для навантаження. Він працює з більшими струмами та напругою і безпосередньо передає підсилений сигнал до акустичної системи, тому характеризується підвищеною навантажувальною здатністю та ефективністю.

					26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Завершальним блоком є вихід навантаження, до якого підключається акустична система. Саме на цьому етапі електричний сигнал перетворюється у звукові коливання, які сприймаються слухачем. Узгодження виходу підсилювача з опором навантаження є важливим фактором для досягнення максимальної віддачі потужності та мінімальних спотворень.

1.3 Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз

Генератори стабільного струму (ГСС), що використовуються в диференціальному каскаді та каскаді підсилення напруги (КПН), є функціонально незалежними й мають окремі джерела опорної напруги. Конденсатор С10 забезпечує підвищення стабільності роботи ГСС і суттєво зменшує рівень пульсацій їх опорної напруги.

У підсилювачі застосовано принципово інший метод частотної корекції порівняно з рішеннями, використаними в попередній версії. Це дало змогу отримати значно більше підсилення у розімкненому контурі загального негативного зворотного зв'язку, ніж в інших, а також істотно підвищити стійкість роботи.

Під час розробки версії було прийнято рішення відмовитися від використання складеного транзистора в каскаді підсилення напруги, застосованого в підсилювачі типу BlackVen. Таке рішення не забезпечувало помітних переваг, натомість знижувало повторюваність конструкції через обмежену доступність складових транзисторів типу MPSA13.

Вихідний каскад, уперше для серії такого типу підсилювача, реалізований у вигляді трьохкаскадної структури типу «трійка». Це дозволило покращити буферизацію каскаду підсилення напруги від навантаження, зменшити залежність рівня нелінійних та інтермодуляційних спотворень від вихідної потужності й характеру навантаження. Як і модель попереднього типу, даний підсилювач оснащений захистом від короткого замикання в навантаженні.

					26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Напруга живлення підсилювача за відсутності вхідного сигналу становить ± 42 В, а струм спокою вихідних транзисторів дорівнює 80 мА.

Після успішного першого ввімкнення підсилювача необхідно виконати налаштування нульового зміщення та струму спокою. Для регулювання «ну-ля» слід замкнути вхід підсилювача, з'єднавши на платі виводи IN і sGND. Після цього мілівольтметр або мультиметр підключається до виходу підсилювача — між контактами OUT та oGND. Обертаючи повзунок підлаштувального резистора R9, потрібно досягти мінімального значення постійної напруги на виході. Оптимальним вважається результат, за якого постійна складова на виході не перевищує ± 5 мВ.

На наступному етапі налаштування необхідно встановити певне початкове значення струму спокою для попереднього прогріву підсилювача перед остаточним регулюванням. Щупи мультиметра (мілівольтметра) слід під'єднати до емітерів вихідних транзисторів VT20 і VT21 відповідно до схеми.

Далі, обертаючи повзунок підлаштувального резистора R20, необхідно встановити невеликий струм спокою — приблизно 40–50 мА, що відповідає показам мілівольтметра 18–22 мВ на виході підсилювача. У такому режимі підсилювач слід залишити для прогріву орієнтовно на 10 хвилин.

Регулювання струму спокою без попереднього прогріву не рекомендується, оскільки після досягнення робочої температури значення струму зміниться порівняно з налаштуванням на холодному пристрої. Після прогріву підсилювача, коли температура вихідних транзисторів стабілізується та перестане зростати, можна переходити до остаточного налаштування.

Для цього, так само обертаючи регулятор R20, встановлюють потрібне значення струму спокою. Рекомендований діапазон становить 70–100 мА, що відповідає показам мілівольтметра 30–44 мВ на виході підсилювача. Збільшення струму спокою понад ці значення не покращує ані технічні характеристики, ані якість звучання підсилювача, проте призводить до значного підвищення нагріву вихідних транзисторів і зниження коефіцієнта корисної дії.

					26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підключення навантаження до виходу підсилювача під час регулювання нульового зміщення та струму спокою не є обов'язковим. На цьому процес налаштування можна вважати завершеним, а підсилювач — повністю готовим до експлуатації. Після цього можна переходити до прослуховування [1].

					26 КР 172.402.014.000.000 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 виробу виконано з урахуванням функціонального поділу схеми на окремі блоки, що забезпечує зручність монтажу, підвищену надійність роботи та спрощення подальшого обслуговування. Основні функціональні вузли — блок живлення, вхідний каскад, попередній каскад, вихідний каскад та вихідні клеми — розміщені таким чином, щоб мінімізувати довжину сигнальних доріжок і зменшити рівень паразитних наведень.

Силові елементи, зокрема вихідний каскад і елементи живлення, розташовані з урахуванням тепловиділення та можливості ефективного відведення тепла. Вони розміщені ближче до країв плати або до радіатора, що дозволяє знизити температурне навантаження на інші компоненти. Вхідні та попередні каскади винесені в окрему зону друкованої плати з метою зменшення впливу силових ланцюгів та забезпечення кращої завадостійкості.

Особлива увага приділена організації «земляних» з'єднань: застосовано зіркоподібне або роздільне заземлення для мінімізації петель струмів та зниження рівня фону змінного струму. Силові та сигнальні ланцюги розведені окремо, що покращує електромагнітну сумісність виробу.

Щодо конструкційних матеріалів, основою виробу є друкована плата на склотекстоліті типу FR-4, яка характеризується високою механічною міцністю, стабільними діелектричними властивостями та достатньою термостійкістю. Провідникові доріжки виконані з міді з захисним лудженням або паяльно-захисним покриттям, що забезпечує хорошу паяність та захист від окиснення.

Використання пластикового корпусу застосовуються ударостійкі термопласти з додатковим екрануванням внутрішніх вузлів.

					26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Захисні покриття друкованої плати включають лакове покриття (конформне покриття), яке підвищує вологостійкість, захищає від пилу та запобігає корозії провідників і паяних з'єднань.

Таким чином, обране компонування та матеріали забезпечують оптимальне поєднання електричних, теплових і механічних характеристик виробу, що позитивно впливає на його надійність та довговічність.

2.1.2 Обґрунтування вибору конструкції

Виріб конструктивно складається з трьох основних частин: корпусу, друкованого вузла (друкованої плати з радіoeлементами) та гнізд для підключення зовнішніх з'єднань. Така структура забезпечує компактність, зручність складання та обслуговування, а також достатній рівень механічного й електричного захисту внутрішніх елементів.

Корпус пристрою розміри 183×129×56мм. виконано з пластмаси, що дозволяє зменшити масу виробу та спростити технологію його виготовлення. Верхня та нижня кришки корпусу мають корито-подібну форму, що забезпечує достатній внутрішній об'єм для розміщення друкованої плати та елементів кріплення. Обидві кришки оснащені перфораційними отворами та поздовжніми прорізами, які сприяють покращенню природної вентиляції та ефективнішому відведенню тепла від елементів друкованого вузла.

На верхній кришці корпусу розміщені гнізда для підключення вхідного сигналу, вихідного сигналу та роз'єм живлення. Гніздо живлення встановлюється в зоні стику верхньої та нижньої кришок, що забезпечує зручність підключення зовнішнього джерела живлення та раціональне компонування елементів зовні корпусу.

Друкована плата закріплюється всередині нижньої кришки корпусу за допомогою гвинтів, гайок та шайб, що забезпечує надійну фіксацію та виключає її зміщення під час експлуатації або транспортування. Оскільки всі

					26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електрорадіоелементи змонтовані безпосередньо на платі, додаткові вузли кріплення до корпусу не потрібні.

З'єднання верхньої та нижньої кришок здійснюється за допомогою чотирьох гвинтів, що забезпечує міцність конструкції та можливість легкого розбирання для ремонту або технічного обслуговування. Конструкція корпусу передбачає також місця для прокладання з'єднувальних провідників, шлейфів або джгутів, що підвищує технологічність складання та зменшує ризик їх пошкодження.

До друкованого вузла висуваються вимоги раціонального компонування елементів із забезпеченням оптимальної щільності їх розміщення. При цьому необхідно мінімізувати паразитні електричні зв'язки між каскадами, які можуть негативно впливати на параметри підсилювача. Розташування елементів повинно забезпечувати зручність монтажу, налагодження та подальшого ремонту виробу.

Корпус радіоелектронного апарата виконує низку важливих функцій: механічний захист внутрішніх вузлів, забезпечення фіксації елементів конструкції, покращення зовнішнього вигляду виробу та сприяння стабільним умовам експлуатації.

Розроблений корпус відповідає таким основним вимогам:

- забезпечує чітке та однозначне взаємне розташування всіх функціональних частин виробу;
- сприяє підтриманню необхідного теплового режиму роботи електронних вузлів;
- мінімізує паразитні електричні та електромагнітні впливи між елементами схеми;
- має достатню механічну міцність для захисту під час експлуатації та транспортування;
- забезпечує компактність конструкції при мінімальних масо-габаритних показниках;

					26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- дозволяє зручне підключення зовнішніх пристроїв без використання складних технологічних операцій;
- забезпечує базовий захист від пилу та вологи, а також впливу навколишнього середовища;
- сприяє простому електричному з'єднанню внутрішніх вузлів без необхідності зайвих пайкових з'єднань;
- передбачає зручне розміщення проводів і шлейфів із їх механічною фіксацією;
- забезпечує легкий доступ до внутрішніх елементів для ремонту, регулювання та технічного обслуговування.

2.1.3 Опис і обґрунтування вибору елементної бази

Таблиця 2.1- Конденсатор b41828 [2]

Позиційне позначення	C4, C5, C8, C21, C10, C22
Назва компонента	Конденсатор b41828
Виробник	Epcos
Критерії вибору	Напруга робоча, струм, розміри, тангенс кута втрат
Параметри та характеристики	
Параметри конструкції	Див.рис.2.1
Номінальна напруга	16В, 25В, 50В
Номінальна ємність	4,7....2200 мкФ
Допуск ємності	$\pm 20\%$
Термін служби	2000 г
Робоча температура	-55 ... 105 ° C
Тангенс кута втрат,%	0,14

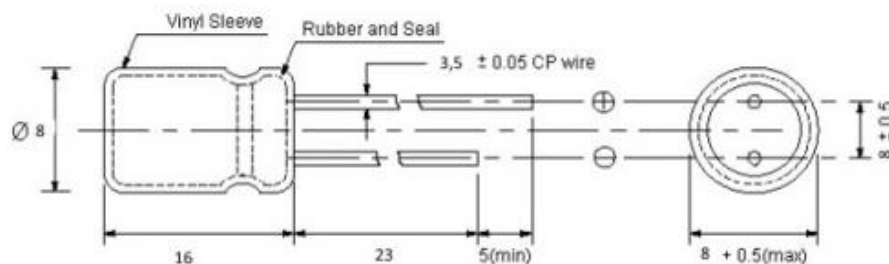


Рисунок 2.1- Габаритні розміри конденсатора типу b41828"Epcos"

Таблиця 2.2- Резистор MFP [3]

Позиційне позначення	R1...R8, R10...R19, R21...R39
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...10·10 ⁶ Ом
допустиме відхилення опору	±10%
максимальна робоча напруга	200В
діапазон робочих температур	-60.....+70°C

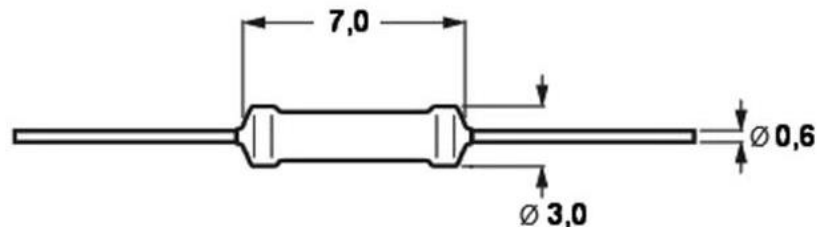


Рисунок 2.2- Габаритні розміри резисторів MFP " Yageo "

Таблиця 2.3- Конденсатор b37979 [4]

Позиційне позначення	C11,C13, C15, C16
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	±10%
інтервал робочих температур	-40°C...+100°C
температурний коефіцієнт ємності	+3,3%;
відносна вологість	до 98%
діапазон тиску	6,6-2942гПа
діапазони ємностей	5нФ – 0,1мкФ
група ТКЄ	H20

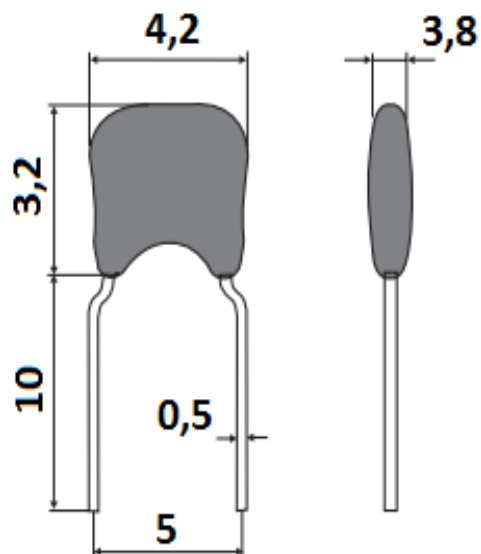


Рисунок 2.3- Габаритні розміри конденсатора b37979 "Epcos"

Таблиця 2.4- Діод 1N4148 "Diotec" [5]

Позиційне позначення	VD3-VD6
Назва компонента	Діод 1N4148
Виробник	"Diotec"
Критерії вибору	напруга випрямлення, максимальний струм, робоча частота
Параметри та характеристики	
матеріал	кремній
корпус	DO-35
максимальна постійна зворотна напруга	75В
максимальна імпульсна зворотна напруга	120В
максимальний час зворотного відновлення	0,004мкс
діапазон робочих температур	-65...+150°C
максимально допустимий прямий імпульсний струм	0,45А
максимальний зворотній струм	5 мкА

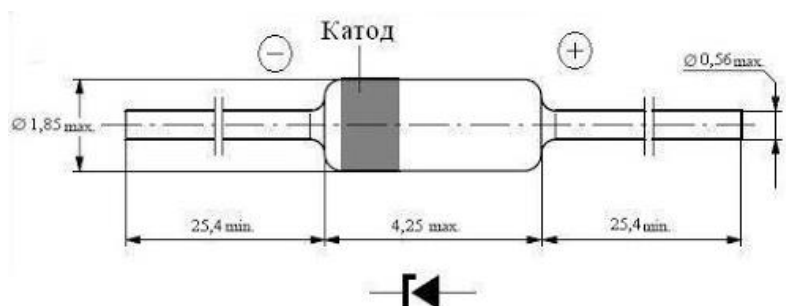


Рисунок 2.4 – Габаритні розміри діода 1N4148

Таблиця 2.5- Конденсатор В32529С1102J000 [6]

Позиційне позначення	C1-C3, C6, C9, C12-C20, C23-C26
Назва компонента	Конденсатор В32529С1102J000
Виробник	"Ерcos"
Критерії вибору	Номінал ємності, напруга пробою, робоча напруга
Параметри конструкції	Див.рис.2.5
Параметри та характеристики	
Робоча напруга змінна, В	63
Робоча напруга постійна, В	100
Номінальна ємність пФ	1000
Допуск номінальної ємності, %	5
Робоча температура, С	-55 ... 100
Відстань між выводами F, мм	5

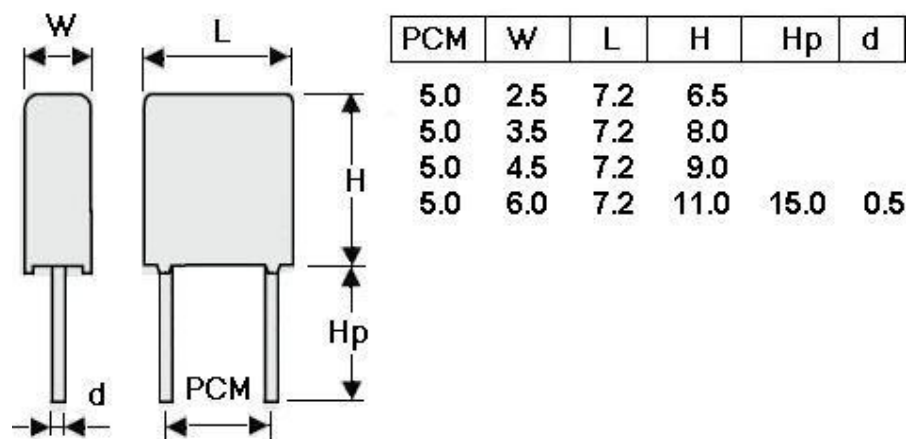


Рисунок 2.5- Габаритні розміри конденсатора В32529С1102J000

Таблиця 2.6 - Індуктивність В82141А1333К000 [6]

Позиційне позначення	L1
Назва компонента	Індуктивність В82141А1333К000
Виробник	"Ерcos"
Критерії вибору	Номінал індуктивності, робоча напруга
Параметри та характеристики	
Робоча температура	-55 ° С ~ 125 ° С
толерантність	± 10%
Опір постійного струму (DCR)	1,12 Ом Макс
Частота - Незалежний резонанс	10 МГц
Частота індукції	2.52 МГц
індуктивність	1μН
Матеріал - ядро	Феррит

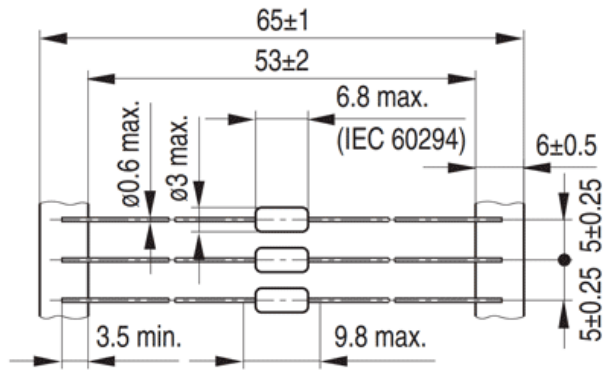


Рисунок 2.6 – Габаритні розміри котушки індуктивності B82141A1333K000

Таблиця 2.7 - Транзистор 2N5551BU [8]

Позиційне позначення	VT4,VT4,VT16
Назва компонента	Транзистор 2N5551BU
Виробник	"ON Semiconductor"
Критерії вибору	Структура, коефіцієнт підсилення, потужність,
Параметри та характеристики	
Напруга насичення колектор-емітер	0.5 В
Напруга емітер-база	6 В
Робочі частоти	100 - 300 МГц
Вихідна ємність	6 пФ
Структура	nnp
Максимально допустимий струм до (I _{к макс.})	0.6
Статичний коефіцієнт передачі струму h _{21е хв}	50
Максимальна потужність, що розсіюється, Вт	0.35
Гранична частота коефіцієнта передачі струму f _{гр} .МГц	100
Корпус	to92

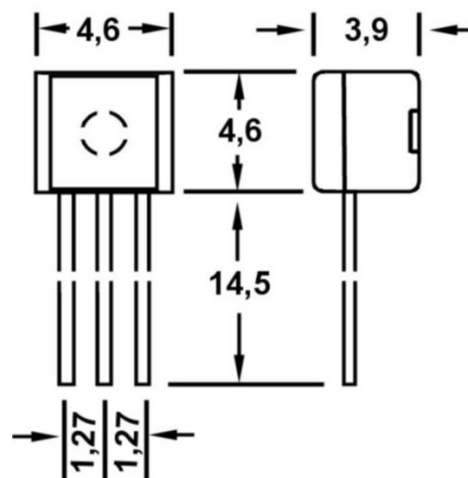


Рисунок 2.7 – Габаритні розміри транзистора 2N5551BU

Таблиця 2.8 - Діод BZX55 [9]

Позиційне позначення	VD1-VD2
Назва компонента	Діод 1N4148
Виробник	"Vishay"
Критерії вибору	напруга випрямлення, максимальний струм, робоча частота
Параметри та характеристики	
Потужність розсіювання, Вт	0.5
Мінімальна напруга стабілізації, В	44
Номінальна напруга стабілізації, В	47
Максимальна напруга стабілізації, В	50
Статичний опір $R_{ст.}$, Ом	110
Температурний коефіцієнт напруги стабілізації $\alpha_{U_{ст.}}$, % / °C	0.12
Максимальний струм стабілізації $I_{СТ.МАКС.}$, МА	8.5
Робоча температура, °C	-55 ... 150
Спосіб монтажу	в отвір
Корпус	do35
Вага, г	0.2



Рисунок 2.8 – Габаритні розміри діода BZX55

Таблиця 2.9 – Транзистор 2N5401 [10]

Позиційне позначення	VT1, VT5, VT8, VT12, VT15, VT17
Назва компонента	Транзистор 2N5401
Виробник	"Fairchild"
Критерії вибору	напруга випрямлення, максимальний струм, робоча частота
Параметри та характеристики	
структура	рпр
Макс. напр. к-е при заданому струмі до і розімкненої ланцюга б. ($U_{кео макс.}$), В	150
Максимально допустимий струм до ($I_{к макс.}$)	0.6
Статичний коефіцієнт передачі струму $h_{21е хв}$	40
Гранична частота коефіцієнта передачі струму $f_{гр.}$ МГц	100
Максимальна потужність, що розсіюється, Вт	0.35
Корпус	to-92
Вага, г	0.3

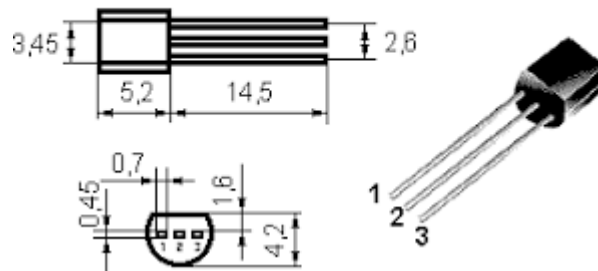


Рисунок 2.9 – Габаритні розміри транзистора 2N5401

Таблиця 2.10 – Транзистор 2SB649A [11]

Позиційне позначення	VT13, VT19
Назва компонента	Транзистор 2SB649A
Виробник	"Inchange Semiconductor"
Критерії вибору	Структура, підсилення, струм
Параметри та характеристики	
структура	pnp
Максимально допустимий струм до (I_k макс.)	1.5
Статичний коефіцієнт передачі струму h_{21e} хв	60 ... 120
Гранична частота коефіцієнта передачі струму f_{gr} . МГц	140
Максимальна потужність, що розсіюється, Вт	20
Корпус	to-126
Вага, г	0.693
Макс. напр. к-е при заданому струмі до і розімкнутої ланцюга б. (U_{keo} макс), В	120

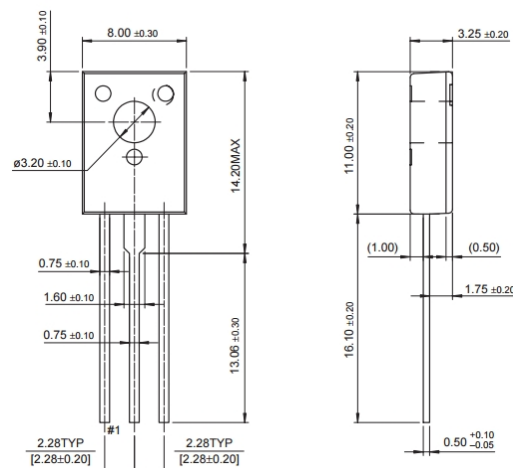


Рисунок 2.10 – Габаритні розміри транзистора 2SB649A

Таблиця 2.11 – Транзистор 2SD669 [12]

Позиційне позначення	VT11, VT18
Назва компонента	Транзистор 2SD669
Виробник	"Inchange Semiconductor"
Критерії вибору	Структура, підсилення, струм
Параметри та характеристики	
структура	npr
Макс. напр. к-б при заданому зворотному струмі до і розімкнутої ланцюга е. (Uкбо макс), В	180
Максимально допустимий струм до (Iк макс.)	1.5
Статичний коефіцієнт передачі струму h21е хв	60 ... 320
Гранична частота коефіцієнта передачі струму fгр.МГц	140
Максимальна потужність, що розсіюється, Вт	20
Корпус	to-126
Вага, г	0.9

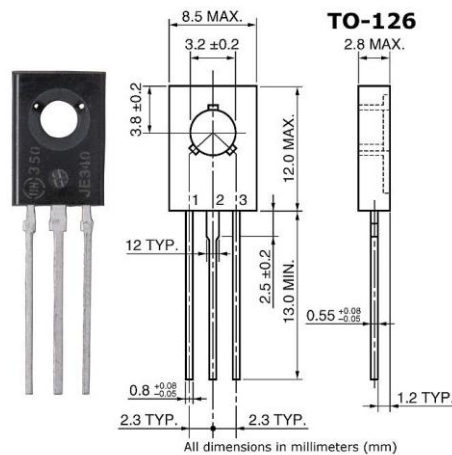
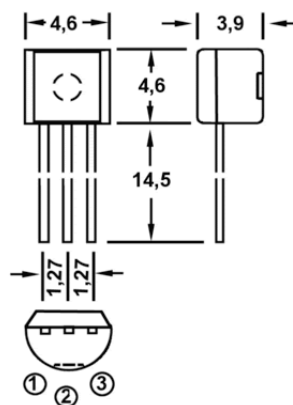


Рисунок 2.11 – Габаритні розміри транзистора 2SD669

Таблиця 2.12 – Транзистор BC550СТА [13]

Позиційне позначення	VT9
Назва компонента	Транзистор BC550СТА
Виробник	"Fairchild"
Критерії вибору	Структура, підсилення, струм
Параметри та характеристики	
Структура	npr
Максимально допустимий струм до (Iк макс.)	0.1
Статичний коефіцієнт передачі струму h21е хв	420 ... 800
Гранична частота коефіцієнта передачі струму fгр.МГц	300
Максимальна потужність, що розсіюється, Вт	0.5
Корпус	to-92
Вага, г	0.3



ТО-92

Рисунок 2.12 – Габаритні розміри транзистора BC550СТА

Таблиця 2.13 – Транзистор BC560CG [14]

Позиційне позначення	VT2,VT3,VT6,VT7	
Назва компонента	Транзистор BC560CG	
Виробник	"ON Semiconductor"	
Критерії вибору	Структура, підсилення, струм	
Параметри та характеристики		
Статичний коефіцієнт передачі струму h_{21e} хв		330
Гранична частота коефіцієнта передачі струму f_{gr} .МГц		250
Максимальна потужність, що розсіюється, Вт		0.625
Корпус		to-92
Вага, г		0.3
структура		pnp
Максимально допустимий струм до (I_k макс.)		0.1

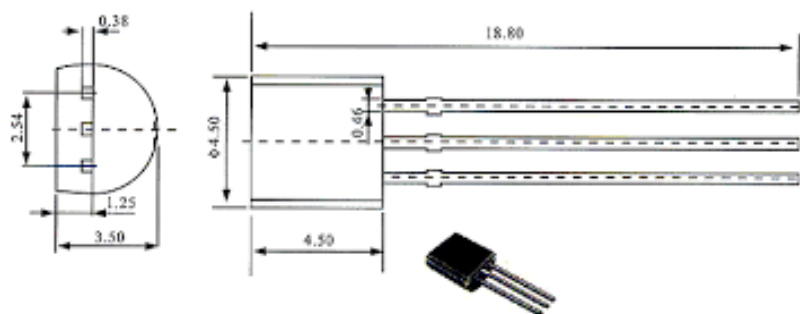


Рисунок 2.13 – Габаритні розміри транзистора BC560CG

Таблиця 2.14 – Транзистор BD135 [15]

Позиційне позначення	VT10
Назва компонента	Транзистор BC560CG
Виробник	"ON Semiconductor"
Критерії вибору	Структура, підсилення, струм
Параметри та характеристики	
структура	npr
Максимально допустимий струм до (I_k макс.) А	1.5
Статичний коефіцієнт передачі струму h_{21e} хв	63 ... 250
Гранична частота коефіцієнта передачі струму f_{gr} МГц	190
Максимальна потужність, що розсіюється, Вт	8
Корпус	to-126
Вага, г	1.5
Макс. напр. к-е при заданому струмі до і розімкнутої ланцюга б. (U_{keo} макс), В	45

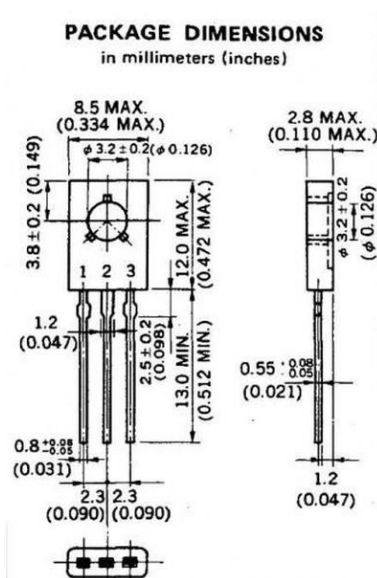


Рисунок 2.14 – Габаритні розміри транзистора BD135

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ

Арк.

Таблиця 2.15 – Транзистор NJW0281G [16]

Позиційне позначення	VT20
Назва компонента	Транзистор NJW0281G
Виробник	"ON Semiconductor"
Критерії вибору	Частота, струм, структура
Параметри та характеристики	
Тип транзистора	Тип транзистора
Максимальна напруга колектор-емітер (VCEO)	250 В
Максимальний струм колектора (IC)	15 А
Максимальна розсіювана потужність (Ptot)	150 Вт
Коефіцієнт підсилення струму (hFE)	≥ 75
Гранична частота (fT)	≈ 30 МГц
Макс. температура переходу	150 °C
Напруга база-емітер (VEB)	до 5 В

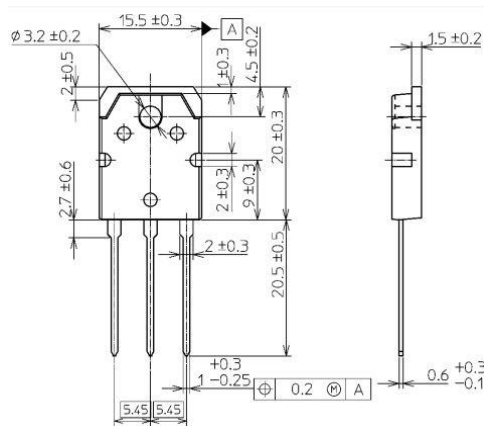


Рисунок 2.15– Габаритні розміри транзистора NJW0281G

Таблиця 2.16 – Транзистор NJW0302G [17]

Позиційне позначення	VT21
Назва компонента	Транзистор NJW0281G
Виробник	"ON Semiconductor"
Критерії вибору	Частота, струм, структура
Параметри та характеристики	
Структура	p-n-p
Напруга колектор-емітер, не більше	2.50 В
Напруга колектор-база, не більше	250 В
Напруга емітер-база, не більше	5 В
Струм колектора, не більше	15 А
Розсіює потужність колектора, не більше	150 Вт;
Коефіцієнт посилення транзистора по току (hfe)	від 75 до 150
Гранична частота коефіцієнта передачі струму	30 МГц
Корпус	ТО-3Р

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ

Арк.

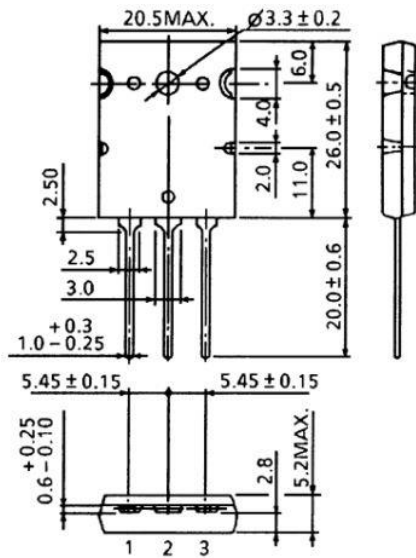


Рисунок 2.16 – Габаритні розміри транзистора NJW0302G

2.1.4 Розрахунок електричних параметрів окремих каскадів

Схема електрична принципова RC-фільтра зображена на рисунку 2.17

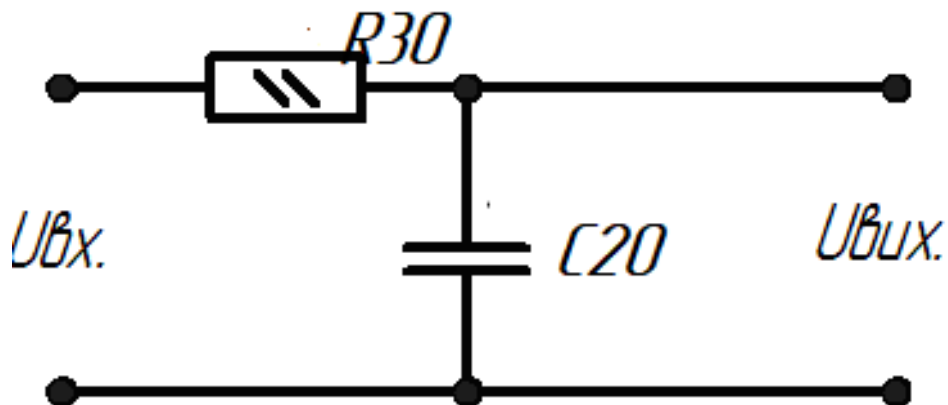


Рисунок 2.17- Схема електрична принципова RC-фільтра

1. Вихідні дані для проведення розрахунку:

$$C = 1 \text{ нФ}$$

$$F_c = 10 \text{ кГц}$$

2. Розрахунок частоти зрізу проводиться за формулою:

$$f_c = \frac{1}{2\pi CR}, \quad (2.1)$$

					26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де C – ємність конденсатора;

R – опір резистора;

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

3. Розрахунок опору резистора:

$$R = \frac{1}{2\pi C f_c}, \quad (2.2)$$

де f_c – частота зрізу, становить 10кГц.

$$R = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 10000 \cdot 10} = 100 \text{ Ом}$$

Вибираємо резистор з опором 100Ом та потужністю розсіювання 0,125Вт.
MFP-0,125-100 Ом 10% "Yageo"

$$R30 = 100 \text{ Ом}$$

Схема електрична принципова транзисторного каскаду зображена на рисунку 2.18

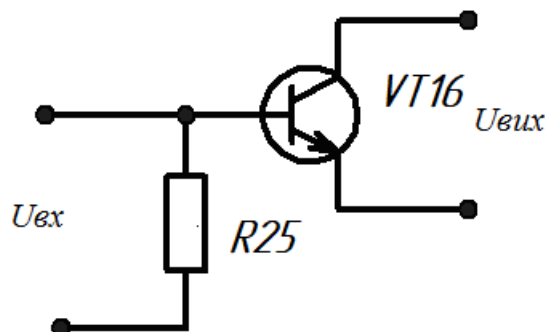


Рисунок 2.18 - Схема електрична принципова транзисторного ключа

Розрахуємо параметри транзисторного ключа при наступних умовах:

$$U_{\text{ж}} = 20 \text{ В};$$

$$R_{\text{н}} = 430 \text{ Ом};$$

$$U_{\text{у}} = \pm 12 \text{ В};$$

Транзистор 2N5551 виробник фірми "Fairchild".

					26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$h_{21e}=50;$$

$$U_{\delta o}=0,6B;$$

$$R_{\text{нас}}=0,1\text{Ом};$$

$$r_{\delta}=1,5\text{кОм};$$

$$I_{\text{ко}}=1A;$$

$$I_{\text{козв}}=25\text{мА};$$

$$R_{\delta e}=10\text{ Ом}.$$

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

$$I_{\text{к.нас.}} = \frac{U_{\text{жс}}}{R_{\text{н}}}, \quad (2.3)$$

де: $R_{\text{н}}$ – опір навантаження;

$U_{\text{п}}$ – напруга живлення;

$$I_{\text{к.нас.}} = \frac{20B}{430\text{Ом}} = 0,04(A)$$

Опір управляючого резистора, який забезпечує включення транзистора:

$$R_y = \frac{U_y - (U_{\delta o} + 0,2 \cdot r_{\delta})}{I_{\text{к.нас.}}} \quad (2.4)$$

де: U_y – напруга управління транзистором;

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

$$R_y = \frac{12 - (0,6 + 0,2 \cdot 1,5)}{0,04A} = 278(\text{Ом})$$

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

$$R_y = \frac{U_y}{I_{\text{ко}}} \quad (2.5)$$

$$R_y = \frac{12}{0,1 \cdot 10^{-3}} = 22(\text{Ом})$$

Вибираємо за стандартизованим рядом E24 резистор виробник фірми MFR- 0,125-22 Ом 10% "Yageo" з опором 22Ом.

					26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 [29].

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

$$b_{\min 1} = \frac{I_{\max}}{i_{\text{доп}} * t} = \frac{1A}{48 \frac{A}{\text{мм}^2} * 0,035\text{м}} = 0,6\text{мм} \quad (2.6)$$

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

Визначається із аналізу принципової схеми, $I_{\max} = 1A$;

$I_{\text{доп}}$ – допустима густина струму, вибирається в залежності від методу виготовлення плати з табл.,

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

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

$$b_{\min 2} = \frac{\rho * I_{\max} * l}{U_{\text{д}} * t} = \frac{0,0175 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}} * 1A * 0,4\text{м}}{0,5B * 0,035\text{м}} = 0,4\text{мм}$$

де: $\rho = 0,0175 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ – питомий об'ємний опір,

$L = 0,4\text{м}$ – довжина провідника,

$U_{\text{доп}} = 0,5B$ – допустиме падіння напруги.

Визначаємо номінальне значення діаметрів монтажних отворів d:

$$d = d_E + |\Delta d_{\text{н.в.}}| + r \quad (2.7)$$

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

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

					26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 конденсаторів, резисторів, діодів, транзисторів.

$d_{E2} = 1,1$ -для підпаювання провідників, транзисторів та конденсаторів.

$$d = d_{E2} + |\Delta d_{н.в.}| + r = 0,9 + |\pm 0,1| + 0,4 = 1,3 \text{ мм}$$

$$d = d_{E3} + |\Delta d_{н.в.}| + r = 1,1 + |\pm 0,1| + 0,4 = 1,5 \text{ мм}$$

Приймаємо такі стандартні діаметри отворів; 1,1; 1,3; 1,5.

Розраховуємо діаметр контактних площадок.

$$D_{\min} = D_{1\min} + 1,5h\phi + 0,03 \quad (2.8)$$

де: $h\phi$ – товщина фольги; $D_{1\min}$ – мінімальний ефективний діаметр площадки;

$$D_{1\min} = 2 \left(b_m + \frac{d_{\max}}{2} + \delta d + \delta p \right) \quad (2.9)$$

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:

$$d_{\max} = d + \Delta d + (0,1 \dots 0,15) \quad (2.10)$$

де: Δd - допуск на отвір.

$$d_{\max 1} = 1,3 + 0,1 + 0,1 = 1,5 \text{ мм}$$

$$d_{\max 2} = 1,5 + 0,1 + 0,1 = 1,7 \text{ мм}$$

$$D_{1\min 1} = 2 \left(0,06 + \frac{1,5}{2} + 0,25 + 0,4 \right) = 2,92 \text{ мм}$$

$$D_{1\min 2} = 2 \left(0,06 + \frac{1,7}{2} + 0,25 + 0,4 \right) = 3,12 \text{ мм}$$

$$D_{\min 1} = 2,92 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 3 \text{ мм}$$

$$D_{\min 2} = 3,12 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 3,2 \text{ мм}$$

					26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Максимальний діаметр контактної площадки:

$$D_{max} = D_{min} + (0,02 \dots 0,06) \quad (2.11)$$

$$D_{max1} = 3 + 0,02 = 3,02 \text{ мм}$$

$$D_{max2} = 3,2 + 0,02 = 3,22 \text{ мм}$$

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

$$b_{min} = b_{1min} + 1.5h\phi + 0,03 \quad (2.12)$$

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

$$b_{min} = 0,15 + 1.5 * 0,035 + 0,03 = 0,23 \text{ мм}$$

Визначаємо мінімальну відстань між елементами провідного матеріалу. Мінімальна відстань між провідником і контактною площадкою:

$$S_{1min} = L_0 - \left[\left(\frac{D_{max}}{2} + \delta p \right) + \left(\frac{d_{max}}{2} + \delta 1 \right) \right] \quad (2.13)$$

$$S_{1min1} = 2,5 - \left[\left(\frac{3,02}{2} + 0,4 \right) + \left(\frac{1,5}{2} + 0,05 \right) \right] = -0,21 \text{ мм}$$

$$S_{1min2} = 2,5 - \left[\left(\frac{3,22}{2} + 0,4 \right) + \left(\frac{1,7}{2} + 0,05 \right) \right] = -0,5 \text{ мм}$$

де: L_0 – відстань між центрами відповідних елементів;

Мінімальна відстань між двома контактними площадками:

$$S_{2min} = L_0 - (D_{max} + 2\delta p) \quad (2.14)$$

$$S_{2min1} = 2,5 - (3,02 + 2 \cdot 0,4) = -1,32 \text{ мм}$$

$$S_{2min2} = 2,5 - (3,22 + 2 \cdot 0,4) = -1,52 \text{ мм}$$

Мінімальна відстань між двома провідниками:

$$S_{3min} = L_0 - (D_{max} + 2\delta 1) \quad (2.15)$$

$$S_{3min1} = 2,5 - (3,02 + 2 \cdot 0,05) = -0,62 \text{ мм}$$

					26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_{3min2} = 2,5 - (3,22 + 2 \cdot 0,05) = -0,82 \text{ мм}$$

У зв'язку із тим, що в розрахунку виходять від'ємні значення, то необхідно контактні площадки робити овальними для резисторів, конденсаторів електролітичних і керамічних, діодів, транзисторів.

2.1.6 Оцінка теплових режимів роботи виробу

Оцінка теплових режимів роботи виробу є важливим етапом проектування підсилювача потужності звукової частоти, оскільки від ефективності відведення тепла безпосередньо залежить стабільність роботи, надійність та термін служби напівпровідникових елементів.

Під час роботи пристрою основне тепловиділення формується у вихідному каскаді підсилення, де транзистори або мікросхема працюють із підвищеними струмами та напругою. Саме ці елементи є найбільш критичними з точки зору температурного режиму, оскільки перевищення допустимої температури може призвести до деградації параметрів або виходу з ладу.

Для забезпечення нормального теплового режиму у конструкції передбачено використання радіатора, який встановлюється на силові напівпровідникові елементи вихідного каскаду VT19-VT21, VT10-VT13, котрі виділяють велику кількість тепла, тому вони закріплюються на радіаторі.

. Радіатор виконує функцію розсіювання тепла в навколишнє середовище за рахунок збільшення площі тепловіддачі. Його конструкція підбирається таким чином, щоб забезпечити ефективне відведення теплової енергії навіть у режимах максимального навантаження. Для покращення теплопередачі між елементами та радіатором застосовується теплопровідна паста, яка зменшує тепловий опір контакту.

Корпус виробу також сприяє тепловідведенню завдяки наявності вентиляційних отворів і перфорації, що забезпечує природну конвекцію повітря. Розміщення силових елементів ближче до зон вентиляції дозволяє додатково покращити тепловий баланс пристрою.

					26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вхідні та попередні каскади підсилювача споживають значно меншу потужність, тому їх тепловий вплив є незначним і не потребує спеціальних заходів охолодження. Основне теплове навантаження сконцентровано у вихідному каскаді, тому саме для нього передбачено жорсткі вимоги до теплового режиму.

У цілому тепловий режим виробу оцінюється як задовільний за умови правильного монтажу радіатора, забезпечення достатньої вентиляції корпусу та дотримання режимів експлуатації. Така конструкція дозволяє підтримувати температуру активних елементів у межах допустимих значень і гарантує стабільну роботу підсилювача протягом тривалого часу.

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 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 [19]:

					26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.17 - 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	Транзистори ВЧ	8	0,35	1,7	4,76
2	Транзистори НЧ	5	0,35	4	7
3	Діоди	2	0,35	0,7	0,49
4	Діодний міст	1	0,35	6	2,1
5	Конденсатори електролітичні	8	0,4	2,4	7,68
6	Конденсатори керамічні	20	0,49	2	19,6
7	Резистори постійні	31	0,42	0,8	10,416
8	Резистори змінні	1	0,1	3,2	0,32
9	Трансформатор	1	0,1	2,1	0,21
10	Друкована плата	1	1	0,1	0,1
11	Пайки	179	1	0,02	3,58
12	Котушки індуктивності	1	0,1	0,5	0,05
13	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: $7.4982e-005$ 1/год

Середня наробка до відмови: 13336.5 год.

Розрахунок ймовірності безвідмовної роботи $P(t)$:

$t = 10$ год. $P(t) = 0.999250$

$t = 100$ год. $P(t) = 0.992530$

$t = 1000$ год. $P(t) = 0.927760$

$t = 10000$ год. $P(t) = 0.472452$

$t = 100000$ год. $P(t) = 0.000554$

					26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

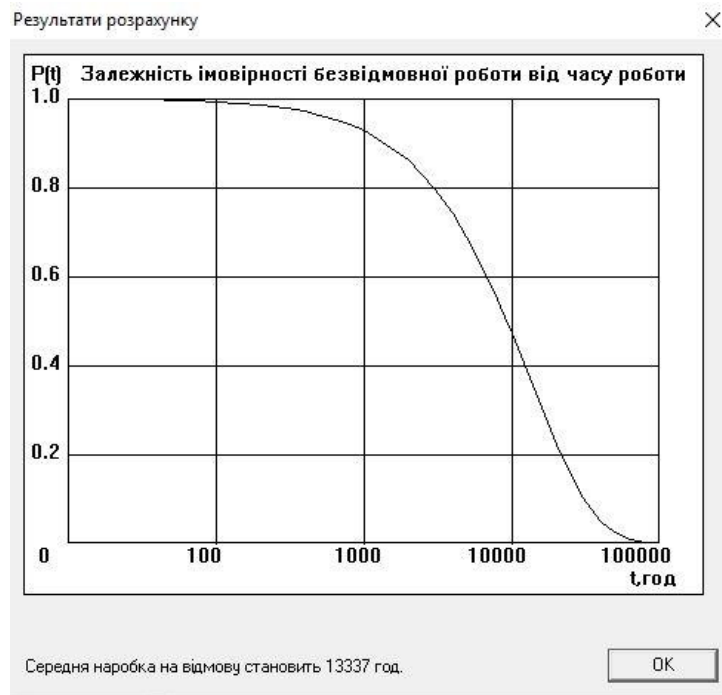


Рисунок 2.19 - Графік залежності імовірності безвідмовної роботи від часу

Напрацювання на відмову становить 13337год 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 розробленого підсилювача потужності звукової частоти показує, що обране схемотехнічне та конструктивне рішення є доцільним з точки зору як технічних характеристик, так і вартості виготовлення. Використання поширеної елементної бази, стандартних друкованих плат та доступних конструкційних матеріалів дозволяє знизити собівартість виробу та спростити технологічний процес складання.

					26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Раціональне компонування вузлів на друкованій платі зменшує витрати на монтаж, знижує кількість з'єднувальних провідників та підвищує надійність виробу. Застосування типових напівпровідникових елементів і стандартних роз'ємів також позитивно впливає на ремонтпридатність та зменшує витрати на сервісне обслуговування.

З економічної точки зору важливим фактором є енергоефективність пристрою, яка безпосередньо визначається споживаною потужністю та ККД вихідного каскаду. Чим вищий коефіцієнт корисної дії, тим менші втрати енергії у вигляді тепла та менші вимоги до системи охолодження (зокрема радіатора), що також знижує загальну вартість конструкції.

Даний пристрій відноситься до вимірювальних приладів. Його напруга живлення становить 48В, а струм споживання 1А. Тому потужність буде рівна:

$$P=I*U=1*48=48 \text{ (Вт)} \quad (2.16)$$

2.2 Технологічна частина

2.2.1 Загальні відомості про складання і монтаж проектного виробу

Виріб конструктивно складається з трьох основних складових частин: корпусу, друкованого вузла (друкованої плати з установленими радіoeлементами) та гнізд для підключення зовнішніх з'єднань. Така компоновка забезпечує компактність конструкції, зручність монтажу та подальшого обслуговування, а також достатній рівень механічного та електричного захисту внутрішніх елементів під час експлуатації.

Корпус виробу має габаритні розміри 183×129×56 мм і виготовлений із пластмаси, що дозволяє зменшити масу конструкції та спростити технологічний процес його виготовлення. Верхня та нижня кришки виконані у корито-подібній формі, що забезпечує достатній внутрішній об'єм для

					26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розміщення друкованої плати, елементів кріплення та забезпечення нормальних умов теплообміну. Для покращення теплового режиму корпус має перфорацію та поздовжні вентиляційні отвори, які сприяють природній циркуляції повітря та відведенню тепла від нагрітих елементів.

На верхній кришці корпусу розташовані гнізда для підключення вхідного сигналу, вихідного сигналу та роз'єм живлення. Розміщення цих елементів забезпечує зручний доступ до зовнішніх підключень і зменшує довжину внутрішніх з'єднувальних провідників. Роз'єм живлення встановлено в зоні стику верхньої та нижньої кришок, що забезпечує раціональне компонування та зручність підключення джерела живлення.

Друкована плата кріпиться всередині нижньої частини корпусу за допомогою гвинтів, гайок та шайб, що гарантує її надійну фіксацію та виключає зміщення або вібраційні навантаження під час роботи чи транспортування. Оскільки всі радіоелементи змонтовані безпосередньо на друкованій платі, додаткові внутрішні монтажні конструкції не використовуються, що спрощує складання виробу.

З'єднання верхньої та нижньої кришок корпусу здійснюється за допомогою чотирьох гвинтів, що забезпечує достатню міцність конструкції та водночас дозволяє легко виконувати розбирання виробу для ремонту, регулювання або технічного обслуговування. Конструкція корпусу також передбачає спеціальні зони для укладання з'єднувальних провідників, шлейфів і джгутів, що підвищує технологічність монтажу та зменшує ймовірність їх механічного пошкодження під час експлуатації.

Таким чином, прийняті рішення щодо складання та монтажу забезпечують високу технологічність виробу, зручність його виробництва, надійність роботи та ремонтпридатність у процесі експлуатації.

					26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Якісна оцінка технологічності конструкції розробленого підсилювача потужності звукової частоти показує, що виріб має високий рівень технологічності та придатний для виготовлення в умовах дрібносерійного або серійного виробництва. Це забезпечується за рахунок застосування друкованого монтажу, використання уніфікованої та широко розповсюдженої елементної бази, а також відсутності складних механічних і електронних вузлів, які потребують трудомісткого виготовлення або налаштування.

Конструкція плати виконана таким чином, щоб забезпечити зручність розміщення елементів, мінімізацію довжини з'єднань і зменшення кількості перехрещень провідників, що позитивно впливає на повторюваність виробу та знижує ймовірність монтажних помилок. Корпус виробу також є технологічно доцільним, оскільки складається з мінімальної кількості деталей, що спрощує процес складання, а застосування стандартних гвинтових з'єднань забезпечує швидкий монтаж і демонтаж без використання спеціальних технологій. Загалом конструкція є простою у виготовленні, зручною в складанні та ремонтпридатною, що свідчить про її високу технологічність.

Вибір інструментів, пристосувань та оснастки для складання і монтажу виробу базується на використанні стандартного обладнання, характерного для радіомонтажного виробництва. Для монтажу радіоелементів на друкованій платі застосовується паяльна станція з регулюванням температури, припій і флюс для якісного формування паяних з'єднань, а також пінцети та монтажні інструменти для точного встановлення елементів.

Для обрізання виводів використовуються бокорізи або кусачки, а контроль якості монтажу може здійснюватися за допомогою лупи або збільшувального обладнання. Під час механічного складання корпусу застосовуються викрутки відповідних типів, гайкові ключі або насадки для гвинтових з'єднань, а також вимірювальні інструменти, такі як штангенциркуль

					26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

і лінійка, для контролю правильності встановлення елементів. Додатково можуть використовуватися антистатичні засоби захисту, зокрема браслети та килимки, для запобігання пошкодженню електронних компонентів електростатичним розрядом. За необхідності застосовуються прості монтажні пристосування, такі як фіксатори друкованих плат та тримачі, що підвищують зручність і точність виконання робіт. Таким чином, використання стандартних і доступних інструментів та оснастки додатково підтверджує високу технологічність конструкції виробу.

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

Друкована плата підсилювача потужності звукової частоти виконується як двостороння, що дозволяє більш раціонально розмістити елементи схеми, зменшити габарити виробу та покращити електричні характеристики за рахунок скорочення довжини з'єднувальних провідників. Для виготовлення плати застосовується комбінований метод, який поєднує елементи субтрактивної технології (травлення мідної фольги) та монтажних операцій з металізацією отворів.

Процес виготовлення починається з підготовки основи друкованої плати. Як базовий матеріал використовується склотекстоліт типу FR-4, який має високі діелектричні властивості, достатню механічну міцність та термостійкість, що є важливим для роботи підсилювача потужності. На основу з двох сторін нанесено мідне покриття, яке надалі формує провідникові доріжки.

Далі виконується нанесення захисного шару (фоторезисту) та формування топології плати методом фотолітографії. Після експонування та проявлення здійснюється травлення міді, в результаті чого видаляються зайві ділянки та формуються провідники відповідно до електричної схеми. Для

					26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

двостороннього варіанту важливим етапом є забезпечення точної суміщеності шарів, що досягається за рахунок базових отворів і технологічних міток.

Після травлення виконується свердління монтажних і перехідних отворів. Перехідні отвори (віа) забезпечують електричне з'єднання між верхнім і нижнім шарами плати. Надалі проводиться металізація отворів, яка забезпечує надійний електричний контакт і механічну міцність з'єднань.

Завершальними етапами є нанесення захисної паяльної маски, яка запобігає окисненню провідників і коротким замиканням, а також друк маркування елементів. Для покращення паяльних властивостей контактних майданчиків може застосовуватися лудіння або покриття типу HASL.

Щодо вибору матеріалів, основним конструкційним матеріалом є склотекстоліт FR-4 з мідною фольгою товщиною 35 мкм, що забезпечує оптимальне співвідношення провідності та механічної міцності. Як допоміжні матеріали використовуються фоторезисти для формування рисунку провідників, травильні розчини (наприклад, хлорид заліза або персульфат амонію), припій та флюси для монтажу елементів, а також паяльна маска та захисні лаки для підвищення надійності та довговічності плати.

Таким чином, застосування двосторонньої друкованої плати з комбінованим методом виготовлення дозволяє забезпечити високу щільність монтажу, надійність електричних з'єднань і стабільні електричні характеристики виробу при відносно невисокій складності технологічного процесу.

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 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт використання мікросхеми Квик.імс визначається за формулою:

$$K_{\text{вик.імс}} = \frac{H_{\text{імс}}}{H_{\text{імс}} + H_{\text{ЕРЕ}}} = \frac{0}{0 + 91} = 0 \quad (2.17)$$

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

$$K_{\text{А.М}} = \frac{H_{\text{А.М}}}{H_{\text{М}}} = \frac{204}{210} = 0,97 \quad (2.18)$$

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:

$$K_{\text{М.П.ЕРЕ}} = \frac{H_{\text{М.П.ЕРЕ}}}{H_{\text{ЕРЕ}}} = \frac{91}{91} = 1 \quad (2.19)$$

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:

$$K_{\text{ПОВТ.ЕРЕ}} = 1 - \frac{H_{\text{Т.ЕРЕ}}}{H_{\text{ЕРЕ}}} = 1 - \frac{46}{91} = 0,5 \quad (2.20)$$

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

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

$$K_{\text{ЗАСТ.ЕРЕ}} = 1 - \frac{H_{\text{Т.ОР.ЕРЕ}}}{H_{\text{Т.ЕРЕ}}} = 1 - \frac{91}{91} = 0 \quad (2.21)$$

					26 КР 172.402.014.000.000 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:

$$K_{BCT.P} = 1 - \frac{H_{BCT.P}}{H_{EPE}} = 1 - \frac{45}{91} = 0,5 \quad (2.22)$$

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

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

$$K_{\phi} = \frac{D_{np}}{D} = \frac{1}{1} = 1 \quad (2.23)$$

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

Комплексний показник технологічності K визначається за формулою

$$K = \frac{K_1\phi_1 + K_2\phi_2 + \dots + K_i\phi_i}{\phi_1 + \phi_2 + \dots + \phi_i} = \frac{0*1 + 0,97*1 + 1*0,75 + 0,5*0,5 + 0*0,310 + 0,5*0,187 + 1*0,110}{1 + 1 + 0,75 + 0,5 + 0,310 + 0,187 + 0,110} = 0,56 \quad (2.24)$$

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:

$$\frac{K}{K_n} \geq 1 \quad (2.25)$$

Перевіряємо умову: $\frac{0,56}{0,5} = 1,12 \geq 1$.

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

					26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 перемикача та гнізд, резисторів, амперметра на верхню кришку та вентилятора;
- кріплення шнура живлення та запобіжника;
- фіксація кришок за допомогою гвинтів;

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 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 –2000грн/м² за місяць). При цьому вартість передавальних пристроїв включається в орендну плату будівель.

Вартість будівель розраховується за формулою:

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

$$V_{\text{буд}} = 2000 \times 75 = 150000 \text{ (грн.)}$$

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

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

$S_{\text{буд}}$ – площа будівлі, м² (приймається 75м²).

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

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

$$V_{\text{буд}\Sigma} = 150000 + 75000 = 225000 \text{ (грн.)}$$

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

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

При цьому вартість обладнання складає:

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

$$V_{\text{обл}} = 150000 \cdot 0,5 = 75000 \text{ (грн.)}$$

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

					26 КР 172.402.014.000.000 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:

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

$$V_{\text{інстр}} = 75000 \times 0,02 \times 1,1 = 1650 \text{ (грн.)}$$

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:

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

$$V_{\text{інв}} = 75000 \times 0,03 \times 1,1 = 2475 \text{ (грн.)}$$

4) Загальний обсяг виробничих інвестицій розраховується за формулою:

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

$$\Pi = 225000 + 1650 + 2475 = 229125 \text{ (грн.)}$$

5) Величина амортизаційних відрахувань розраховується за формулою:

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

$$A = \frac{4125 \times 25}{100} = 1031,25 \text{ (грн.)}$$

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 172.402.014.000.000 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	1650	412,5
	Виробничий та господарський інвентар	2475	618,75
	Всього:	4125	1031,25

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 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$B_m = \sum_{i=1}^m (H_{mi} \times C_{mi}) \times K_{тр} \quad (3.8)$$

$$B_m = 556,87 \times 1,04 = 579,15 \text{ (грн.)}$$

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.;

$K_{тр}$ - коефіцієнт, що враховує транспортні витрати на доставку матеріалів до підприємства (для розрахунку приймається в розмірі 4 % від вартості матеріалів: $K_{тр}=1.04$). 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	60	60
3	Кришка верхня	1	60	60
4	Мікросхема	2	70	140
5	Конденсатори електролітичні	1	10	10
6	Конденсатори постійні	5	1	5
7	Резистори постійні	14	0,49	6,87
8	Дисплей	1	100	100
9	Світлодіод	1	10	10
10	Кнопка	1	10	10
11	Роз'єм	2	20	40
12	Транзистор	3	15	45
				556,87

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 ($B_{о.з.пл.}$):

					26 КР 172.402.014.000.000 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:

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

$$P_{\text{від}} = \frac{32}{60} \times 220 = 117,33 (\text{грн})$$

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	$T_{\text{шт}, \text{хв.}}$	Розряд	Годинна тарифна ставка, $(C_{\text{г}}), \text{грн/год}$
1	Пайка	14	V	220
2	Регулювання	10	V	220
3	Складання	8	V	220
	Всього	32		

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:

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

$$B_{\text{дод.з.пл.}} = 117,33 \times 0,11 = 12,91 (\text{грн})$$

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 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_{\text{в.с.з.}} = \frac{22}{100} \times (117,33 + 12,91) = 28,65 \text{ (грн)}$$

де α - відсоток відррахувань 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 відррахування 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:

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

$$V_{\text{уео}} = \frac{54}{100} \times (117,33 + 12,91) = 70,33 \text{ (грн.)}$$

де $\alpha_{\text{уео}}$ - відсоток витрат на утримання та експлуатацію обладнання (приймається 54%);

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 відррахуванням на соціальні заходи управлінських працівників, спеціалістів, обслуговуючого персоналу, охорону праці, тощо. Вказані витрати розраховують за формулою:

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

$$V_{\text{зв}} = \frac{150}{100} \times (117,33 + 12,91) = 195,36 \text{ (грн.)}$$

де $\alpha_{\text{зв}}$ - відсоток загальновиробничих витрат (приймають 150%).

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

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

$$S_{\text{вир}} = 579,15 + (117,33 + 12,91 + 28,65) + 70,33 + 195,36 = 1076,66 \text{ (грн.)}$$

					26 КР 172.402.014.000.000 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	579,15
2	Основна заробітна плата виробничих робітників	117,33
3	Додаткова заробітна плата виробничих робітників	12,91
4	Відрахування на соціальні заходи	28,65
5	Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	70,33
6	Загальновиробничі витрати	195,36
Разом виробнича собівартість (сума 1-6), в тому числі:		1076,66
7	-змінні (сума 1-4) $B_{зм.од}$	810,97
8	-умовно-постійні (сума 5-6) $B_{уп.од}$	265,69

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

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

$$Ц_{одпр} = 1076,66 \times \frac{100 + 31}{100} = 1410,42 \text{ (грн.)}$$

де $\alpha_{пр}$ —відсоток запланованого прибутку (приймається 31%);

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:

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

$$\Pi_p = (1410,42 - 1076,66) \times 2100 = 700896 \text{ (грн),}$$

					26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де Π_p - 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:

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

$$\text{ЧП} = 700896 - 700896 \times \frac{18}{100} = 574734,72 \text{ (грн.)}$$

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

Π_p - ставка податку на прибуток, % (приймається відповідно до чинного законодавства – 18%).

3) Собівартість всього виробництва розраховується за формулою:

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

$$S_{повq} = 1076,66 \times 2100 = 2260986 \text{ (грн.)}$$

4) Рентабельність продукції визначається за формулою:

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

$$R_{п} = \frac{574734,72}{2260986} \times 100\% = 25,42 \%$$

де $R_{п}$ - 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:

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

$$\Gamma П = 574734,72 + 1031,25 = 575765,97 \text{ (грн.)},$$

де $\Gamma П_t$ - 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

					26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

за формулою:

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

$$\text{ЧТВ} = 523423,6 - 229125 = 294298,6 \text{ (грн.)}$$

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:

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

$$\text{ТВ} = \frac{575765,97}{(1 + 0,1)^1} = 523423,6 \text{ (грн.)}$$

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:

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

$$\text{ІП} = \frac{523423,6}{229125} = 2,28$$

					26 КР 172.402.014.000.000 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($T_{ок_{диск}}$) характеризує кількість років, за які будуть відшкодовані початкові інвестиції та розраховується за формулою:

$$T_{ок_{диск}} = \frac{II}{ГП_{диск}} \quad (3.24)$$

$$T_{ок_{диск}} = \frac{229125}{523423,6} = 0,44р$$

де $ГП_{диск}$ - середньорічна величина дисконтованих грошових потоків:

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

$$ГП_{диск} = \frac{523423,6}{1} = 523423,6 \quad (\text{грн.})$$

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.	2100
2	Собівартість виробу	грн./од.	1076,66
3	Ціна одиниці виробу	грн./од.	1410,42
4	Початкові інвестиції для реалізації інвестиційного проекту	грн.	229125
5	Чистий прибуток	грн.	574734,72
6	Рентабельність виробу	%	25,42
8	Чиста теперішня вартість проекту	грн.	294298,6
9	Індекс прибутковості	-	2,28
10	Дисконтований термін окупності інвестицій	років	0,44

					26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Відповідальність за порушення законодавства про охорону праці.

За порушення нормативно-правових актів з охорони праці, створення перешкод для діяльності посадових осіб і органів державного нагляду, громадського та регіонального контролю передбачена дисциплінарна, адміністративна, кримінальна та матеріальна відповідальність (стаття 43).

Дисциплінарна відповідальність передбачає такі дисциплінарні стягнення: догана та звільнення з роботи (стаття 147 КЗпП України). Дисциплінарну відповідальність накладають вищі посадові керівники, коли з вини посадової особи, адміністративно-технічних працівників допускається порушення вимог охорони праці, що призвели чи можуть призвести до тяжких наслідків.

Дисциплінарне стягнення застосовується безпосередньо за виявленням провини, але не пізніше одного місяця від дня його виявлення, не враховуючи часу звільнення працівника від роботи в зв'язку з тимчасовою непрацездатністю або перебуванням його у відпустці. Дисциплінарне стягнення не може бути накладене пізніше шести місяців від дня здійснення провини. Перед тим, як накласти дисциплінарне стягнення, роботодавець зобов'язаний зажадати від працівника, що провинився письмове пояснення. У випадку, коли працівник не подав пояснення в установлений термін, дисциплінарне стягнення може бути накладене на основі матеріалів, що є у роботодавця.

За кожне порушення може бути застосоване лише одне дисциплінарне стягнення. Стягнення оголошується в наказі та повідомляється працівнику під розпис.

Адміністративна відповідальність настає за будь-які посягання на загальні умови праці.

					26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відповідно до стаття 41 Кодексу України про адміністративні правопорушення порушення вимог законів та нормативно-правових актів з охорони праці тягне за собою адміністративну відповідальність у вигляді накладання штрафу на працівників і, зокрема, службових осіб підприємств, а також громадян – власників підприємств. Штрафи накладають органи державного нагляду за охороною праці згідно з Кодексом України про адміністративні правопорушення. Закон України про охорону праці (стаття 43).

Верховна Рада України ухвалила Закон "Про внесення змін до статей 19 та 43 Закону України "Про охорону праці" (щодо штрафних санкцій)

Законодавчим актом передбачається посилення адміністративної відповідальності за порушення законодавства про охорону праці та приведення цих норм у відповідність до чинного законодавства України.

У статті 43 частини першу та другу викладено в редакції, що передбачає "За порушення законодавства про охорону праці та невиконання приписів (розпоряджень) посадових осіб центрального органу виконавчої влади з нагляду за охороною праці юридичні та фізичні особи, які відповідно до законодавства використовують найману працю, притягаються центральним органом виконавчої влади з нагляду за охороною праці до сплати штрафу в порядку, встановленому законом. Сплата штрафу не звільняє юридичну або фізичну особу, яка відповідно до законодавства використовує найману працю, від усунення виявлених порушень у визначені строки.

Максимальний розмір штрафу не може перевищувати п'яти відсотків середньомісячного фонду заробітної плати за попередній рік юридичної чи фізичної особи, яка відповідно до законодавства використовує найману працю".

Документом також статтю 43 після частини другої доповнено новою частиною такого змісту:

					26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

"За порушення вимог, передбачених частиною третьою і четвертою статті 19 цього Закону, юридична чи фізична особа, яка відповідно до законодавства використовує найману працю, сплачує штраф із розрахунку 25 відсотків від різниці між розрахунковою мінімальною сумою витрат на охорону праці у звітному періоді та фактичною сумою цих витрат за такий період".

Частину четверту статті 43 викладено в редакції, згідно з якою "Несплата або неповна сплата штрафу юридичними чи фізичними особами, які відповідно до законодавства використовують найману працю, тягне за собою нарахування пені на несплачену суму штрафу (його частини) із розрахунку 120 відсотків річних облікової ставки Національного банку України, яка діє в період такої несплати, за кожний день прострочення".

Документом також викладено частину шосту статті 43 у редакції, яка передбачає, що "Рішення про стягнення штрафу може бути оскаржено до вищого у порядку підлеглості органу або посадової особи центрального органу виконавчої влади з нагляду за охороною праці у місячний строк, або у судовому порядку згідно з законодавством України".

Матеріальна відповідальність робітників і службовців регламентується статтями 130 – 138 КЗпП України і статтею 450 Цивільного кодексу України і передбачає відшкодування матеріальних збитків державі, підприємствам, організаціям та потерпілим особам.

Загальними підставами накладення матеріальної відповідальності на працівника є:

- наявність прямої дійсної шкоди;
- провина працівника (у формі наміру чи необережності);
- протиправні дії або бездіяльність працівника;
- наявність причинного зв'язку між винуватим та протиправними діями (бездіяльністю) працівника та заподіяною шкодою.

					26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На працівника може бути накладена відповідальність лише за наявності всіх перелічених умов; відсутність хоча б однієї з них виключає матеріальну відповідальність працівника.

За наявності в діях працівника, яким порушені правила охорони праці, ознак кримінального злочину, на нього може бути покладена повна матеріальна відповідальність, а за відсутності таких ознак на нього покладається відповідальність в межах його середньомісячного заробітку.

Неповнолітні особи є повноправною стороною трудового угоди і повинні нести майнову відповідальність за шкоду, що заподіяна з їх вини, нарівні з усіма робітниками і службовцями, без притягнення до процесу відшкодування шкоди їх батьків (опікунів) чи осіб, що їх замінюють.

Кримінальна відповідальність за порушення правил охорони праці передбачена статтями Кримінального кодексу України, що об'єднані в розділ Х “Злочини проти безпеки праці”. Суб'єктом злочину з питань охорони праці є будь-яка службова особа підприємства, установи, а також громадянин-власник підприємства чи уповноважена ним особа. Кримінальна відповідальність настає не за будь-яке порушення, а за порушення вимог законодавства чи нормативно-правових актів про охорону праці, якщо це порушення створювало небезпеку для життя або здоров'я громадян.

Порушення вимог законодавчих та інших нормативно-правових актів, передбачених вищезазначеними статтями КК України, карається штрафом до п'ятидесяти неоподаткованих мінімумів доходів громадян або виправними роботами на строк до двох років, або обмеженням волі на строк до дванадцяти років, з позбавленням права обіймати певні посади чи займатися певною діяльністю на строк до трьох років або без такого.

4.2 Комплекс заходів по зменшенню шуму в джерелі його виникнення

Допустимі рівні шуму та еквівалентні рівні шуму на робочих місцях, у виробничих приміщеннях і на території підприємства регламентуються ДСН

					26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3.6.077-99. Максимальний рівень шуму, що коливається в часі та переривається, не повинен перевищувати 110 дБ, а максимальний рівень для інтенсивного шуму не повинен перевищувати 125 дБ.

Відповідно до нормативних актів захист працівників від шуму може здійснюватись як колективними засобами, так і індивідуальними. Колективні засоби спрямовані на зниження шуму в джерелах його виникнення та на шляху поширення. Вони поділяються на:

- архітектурно-планувальні, які ґрунтуються на впровадженні акустичних розробок при плануванні будівель, раціональному розміщенні обладнання і робочих місць, а також зон і режимів руху транспортних засобів і вантажопотоків;

- організаційно-технічні – це застосування сучасного технологічного устаткування з низькими рівнями шуму, впровадження дистанційного керування машинами з підвищеними рівнями шуму і дистанційного контролю, заміна ударної взаємодії деталей машин безударними, дотримання режимів праці й відпочинку тощо;

- акустичні: звукоізоляції (ізоляція джерела шуму або приміщення від шуму, котрий проникає ззовні). Звукоізоляція досягається створенням герметичної перешкоди на шляху поширення повітряного шуму у вигляді стін, кабін, кожухів, екранів, глушників, акустичної обробки приміщень з використанням звукопоглинальних пористих матеріалів.

Засоби колективного захисту від шуму:

- архітектурно-планувальні;
- акустичні;
- організаційно-технічні;
- з вукоізоляції;
- звукопоглинання;
- глушники.

					26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Індивідуальний захист працюючих від дії надмірного шуму здійснюється за допомогою зовнішніх і внутрішніх антифонів, протишумних касок, навушників, м'яких шоломів, які знижують рівень звукового тиску на 40-50 дБ. Простими із внутрішніх протишумних засобів є вата, марля і т.п., вставлені у зовнішній слуховий прохід. Вата знижує шум до 3-14 дБ, вата з воском – до 30 дБ при частотах в межах від 100 до 6000 Гц.

Антифони забезпечують зниження шуму до 30 дБ при частоті 50 Гц і до 40 дБ при частоті 2000 Гц. На даний час розроблені антифони з вибірковою здатністю пропускати звуки інших частот, а також навушники протишумні, каска протишумна. вони є дуже ефективними засобами при високочастотних шумах. Слід пам'ятати, що при рівні шуму більше 120 дБ, навушники і вкладиши мало ефективні.

Особи, що приймаються на роботу, яка пов'язана з дією шуму, повинні проходити медичний огляд.

У виробничих умовах нерідко виникає небезпека комбінованого впливу високочастотних та низькочастотних звуків, що призводять до порушення стану здоров'я людини.

Ультразвук має частоту коливань більше 20 000 Гц. Він швидко згасає, а його механічна енергія трансформується в теплову. Ультразвук малої інтенсивності сприяє нагріванню тіла людини і широко використовується медициною. Дещо більша його інтенсивність може призвести до парезів і паралічів, а велика інтенсивність – спричинити смерть.

Дія звуків низькочастотних ультразвукових установок призводить до змін функцій центральної нервової системи, серцево-судинної й ендокринної систем, слухового і вестибулярного аналізаторів. В операторів на ультразвукових установках спостерігається астенія, судинна гіпотонія, знижена електрична активність серця, мозку та скелетних м'язів.

					26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Високочастотний ультразвук, не пошкоджуючи барабанної перетинки і середнього вуха, руйнує кортієв орган, глибокі структури органів і тканин людини, викликає порушення капілярного кровотоку, знижує відчуття болю.

Професійні захворювання зареєстровані лише при контактній передачі ультразвуку на руки – вегетосенсорна і сенсомоторна поліневропатія рук. При цьому небезпечна дія ультразвуку полягає в тому, що на руки і тіло працівника, при дотику до рідких і твердих середовищ діють коливання високої інтенсивності, створені в цих середовищах при роботі ультразвукових машин. Така дія викликає нагрівання тіла і призводить до змін у тканинах організму людини.

Допустимі величини повітряного ультразвуку не повинні перевищувати за звуковим тиском в 1/3 октавних смугах з середньгеометричними частотами від 12500 до 100000 Гц відповідно від 80 до 110 дБ.

Для контактного ультразвуку параметром, що нормується, є віброшвидкість або інтенсивність. Допустимі величинами параметрів ультразвуку в зонах, призначених для контакту рук оператора з органами приладів та устаткування при 8-годинному робочому дні є за віброшвидкістю ($1,6 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}$) – 110 дБ, а за інтенсивністю – 0,1 Вт/см².

Для захисту від ультразвуку, який передається через повітря, використовують захисні екрани, звукоізольовані кабіни, звукоізоляційні кожухи. А для виключення впливу контактного ультразвуку роботи з коливними рідинами середовища необхідно проводити при виключеному джерелі ультразвуку. В іншому випадку використовують спеціальні інструменти, що мають ручки з еластичним покриттям, яке поглинає ультразвук. Для індивідуального захисту від повітряного ультразвуку використовують протишумні навушники, а від контактного двошарові рукавички із зовнішнім еластичним, наприклад, гумовим шаром.

					26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

При виконанні даного проекту було здійснено розробку конструкції «Підсилювач потужності Only music 2.7 "». Проведено вибір елементної бази на основі сучасних і поширених радіоелементів.

Найкращим методом для виготовлення друкованої плати виявився комбінований метод. Елементи розміщені на друкованому вузлі досить компактно. Конструкція друкованого вузла є досить складна, конструкція корпусу виробу є також дуже складною. Корпус має такі розміри 183x129x56, що дає змогу легко розмістити його в будь-якому зручному місці.

При проектуванні друкованого вузла була використана система автоматичного проектування Altium Designer, за допомогою якої було здійснено встановлення елементів і трасування друкованих провідників на друкованій платі приладу. В результаті отримано двосторонню друковану плату мінімальних розмірів 150×90мм з координатною сіткою 2,5мм. Також отримана плата має мінімальні паразитні зв'язки.

Проведено розрахунок друкованого монтажу в результаті якого визначено ширину друкованих провідників, відстань між друкованими провідниками, між провідником і контактною площадкою, діаметри монтажних отворів.

В технологічній частині проекту була проведена кількісна і якісна оцінка технологічності. Розроблена конструкція даного пристрою являється технологічною і з деякими доробками може впроваджуватися у виробництво. Розроблена маршрутно-операційна технологія складання друкованого вузла і виробу.

					26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Підсилювач потужності [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> (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 1N4148 "Diotec" [електронний ресурс] – Режим доступу <http://www.platan./shop/part/PBS-4.html>. (дата звернення 3.02.2026).
6. Індуктивність B82141A1333K000 [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://www.rct./catalog/box-header-connector/pbs-4.html>. (дата звернення 4.02.2026).
7. Запобіжник ZH214 [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://studies.in.ua/bjd-zaporojec/1211-173-osnovn-tehnchn-ta-organzacy-n-zahodi-schodo-proflaktiki-virobnichogo-travmatizmu-ta-profesynoyi-zahvoryuvanost.html> (дата звернення 4.02.2026).
8. Транзистор 2N5551BU [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://www.chipdip./product/asw-09-102-red> (дата звернення 1.02.2026).
9. Діод BZX55 [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/leg-12_62137.html (дата звернення 1.02.2026).
10. Транзистор 2N5401 [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://eandc./catalog/detail.php?ID=3809> (дата звернення 1.02.2026).

					26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Транзистор 2SB649A [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://ipart.com/download/3655a026-13e6-4b56-a0bb-8fd05df9b19d.pdf>
www.radio-portal..www.vprl.. (дата звернення 1.02.2026).
12. Транзистор 2SD669 [електронний ресурс] – Режим доступу <http://www.platan./shop/part/PBS-4.html>. (дата звернення 3.02.2026).
13. Транзистор BC550CTA [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://www.rct./catalog/box-header-connector/pbs-4.html>. (дата звернення 4.02.2026).
14. Транзистор BC560CG [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://studies.in.ua/bjd-zaporojec/1211-173-osnovn-tehnchn-ta-organzacy-n-zahodi-schodo-proflaktiki-virobnichogo-travmatizmu-ta-profesy-noyi-zahvoryuvanost.html>(дата звернення 4.02.2026).
15. Транзистор BD135 [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://www.chipdip./product/asw-09-102-red>(дата звернення 1.02.2026).
16. Транзистор NJW0281G [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/leg-12_62137.html(дата звернення 1.02.2026).
17. Транзистор NJW0302G [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://ipart.com/download/3655a026-13e6-4b56-a0bb-8fd05df9b19d.pdf>
www.radio-portal..www.vprl.. (дата звернення 1.02.2026).
18. Васишин О.З. Конспект лекцій з дисципліни "Конструювання РЕА" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2018
19. 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).
20. Васишин О.З. Методичні вказівки до виконання практичної роботи "Конструктивний розрахунок друкованого монтажу" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2018

					26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

21. Програма для розробки схем “Altium Designer” [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <http://eguru.tk.te.ua/course/view.php?id=819>
22. Штогрин П.І. Навчальний посібник "Altium Designer 10 для початківців" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2017
23. Штогрин П.І. Методичні вказівки "Розробка 3D-моделей радіоелементів" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2017
24. Васишин О.З., Штогрин П.І. Методичні вказівки "Розробка 3D-моделей типових корпусів РЕА" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2017
25. Програма для розробки корпусу “Kompas 3D” [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <http://eguru.tk.te.ua/course/view.php?id=819>
26. Програма для розробки схем “Altium Designer” [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <http://eguru.tk.te.ua/course/view.php?id=819>
27. Васишин О.З. Методичні вказівки до виконання комплексного курсового проекту для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2020
28. Васишин О.З. Методичні вказівки до виконання графічної частини комплексного курсового проекту для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2020
29. Васишин О.З. Конспект лекцій з дисципліни "Основи конструювання та технології виробництва РЕА" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2016
30. Васишин О.З. Конспект лекцій з дисципліни "Технологія виробництва РЕА" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2017

					26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

31. 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.

32. Смелянов 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.

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

34. Сайт спільноти розробників проектів на ARDUINO .URL: https://projecthub.arduino.cc/?_gl=1*4147w4*_ga*OTkyMzgzOTAwLjE3MTYwNTM3MjY.*_ga_NEXN8H46L5*MTcxNjkyMjQ0S4yLjEuMTcxNjkyMjUzOS4wLjAuMTUxNjM0NjA3MQ..*_fplc*OUZZTmxzbGU4MkNZbiUyRkNCTHJmazAwbjdrNWNDZTc5QUV6OFRIb3A2ck5RNzhvOVY3JTJGYXhRcDNlWHAzWWxZWlJTVXkySndINXl4bUpnZCUyQkNiN29jaJqckF2c0tRMGlhdVU3SVhYRTY4ZDdRb016bCUyRjBhZ1QwY0Z1M3hubEElM0QlM0Q(дата звернення 28.05.2026).

35. Магпо В. І., Рябчій 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.

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

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

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

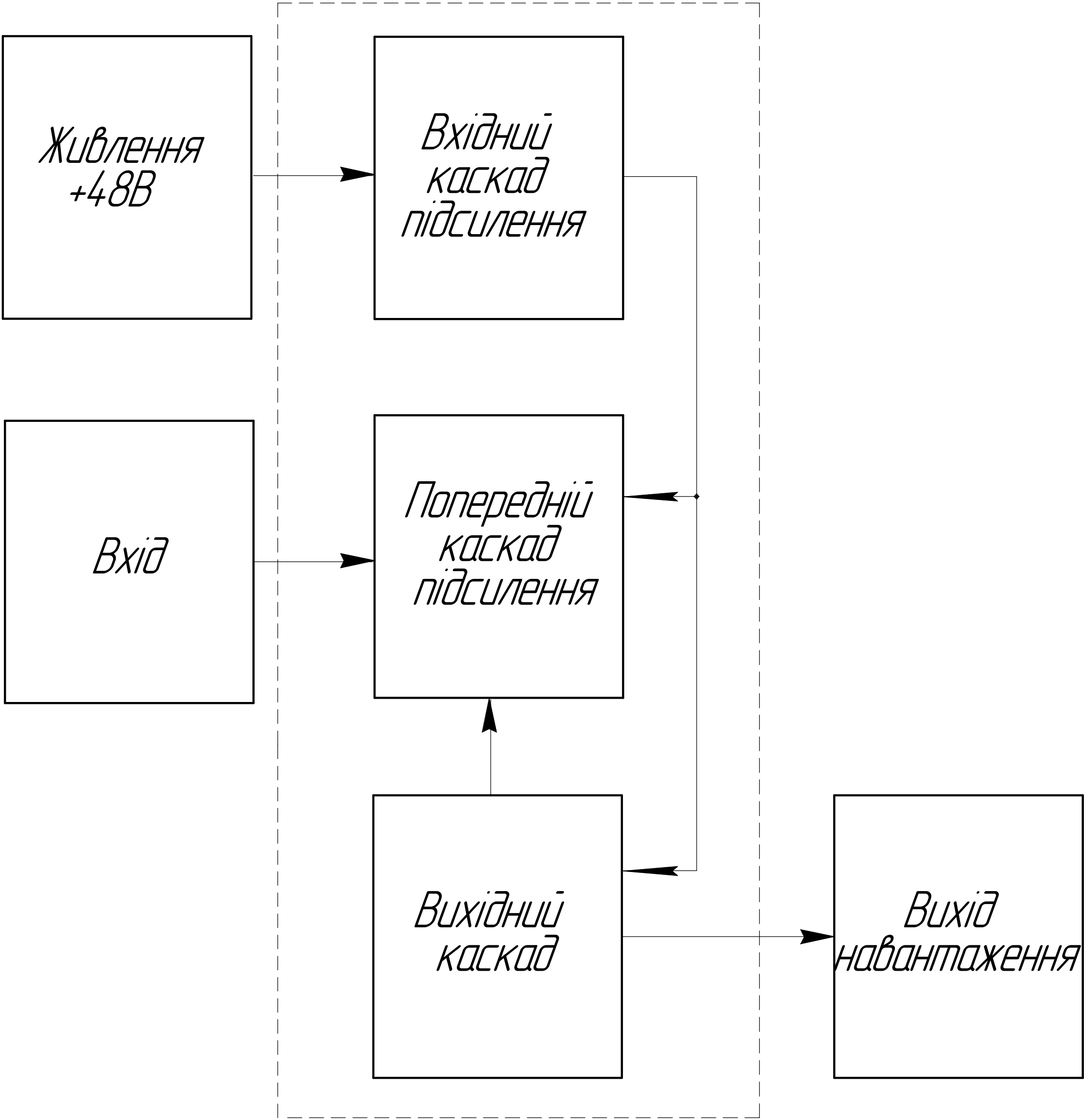
					26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

Перш. викорис.	
Додат. №	

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

26 КР 172.402.014.001.000 Е1



26 КР 172.402.014.001.000 Е1						Підсилювач потужності звукової частоти			Лист	Маса	Масштаб
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		-	Н	-	-	-	-
Розроб.	Дзіндзяк					Електрична структурна схема			Аркциш	Аркциш	1
Перевір.	Іващук					ВСП ТФК ТНТУ ТР-402					
І.контр.						м. Тернопіль					
Рецензент						Формат А2					
Н.контр.	Задорожний					Копіював					
Затверд.											

Перш. викорис.		Поз. познач.	Найменування			Кіл.	Примітка			
			Конденсатори							
		C1	B32529C1102J000-0,1 мкФ ±10% "Epcos"			1				
		C2	B32529C1102J000-1 мкФ ±10% "Epcos"			1				
		C3	B32529C1102J000-0,1 мкФ ±10% "Epcos"			1				
		C4, C5	b4 1828-50 B-4 70 мкФ ±10% "Epcos"			2				
		C6	B32529C1102J000-1 нФ ±10% "Epcos"			1				
		C7	b4 1828-25 B-220 мкФ ±10% "Epcos"			1				
		C8	b4 1828-16 B-100 мкФ ±10% "Epcos"			1				
		C9	B32529C1102J000-0,1 мкФ ±10% "Epcos"			1				
		C10	b4 1828-50 B-100 мкФ ±10% "Epcos"			1				
		C11	b3 7979-4, 7 нФ ±5% "Epcos"			1				
		C12	B32529C1102J000-1 мкФ ±10% "Epcos"			1				
		C13	b3 7979-0,1 мкФ ±5% "Epcos"			1				
		C14	B32529C1102J000-0,1 мкФ ±10% "Epcos"			1				
		C15...C16	b3 7979-4 7 нФ ±5% "Epcos"			2				
		C17...C20	B32529C1102J000-1 нФ ±10% "Epcos"			4				
		C21, C22	b4 1828-50 B-100 мкФ ±10% "Epcos"			2				
		C23...C26	B32529C1102J000-0,1 мкФ ±10% "Epcos"			4				
		L1	Дросель B8214 1A1102K000 - 1 мкГн "Epcos"			1				
			Резистори							
		R1	MFP-0,125-15 кОм ±10% "Yageo"			1				
		R2	MFP-0,125-4 70 Ом ±10% "Yageo"			1				
		R3	MFP-0,125-1 Ом ±10% "Yageo"			1				
		R4	MFP-0,125-15 кОм ±10% "Yageo"			1				
						26 КР 172.402.014.001.000 ПЕЗ				
		Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
		Розроб.	Дзіндзяк				Підсилювач потужності Only music 2.7 Перелік елементів			
		Перевір.	Іващук							
		Н.контр.	Задорожний							
		Затверд.								
		Інв. № ориг.					Літ.	Аркцш	Аркцшів	
							н	1	3	
								ВСП ТФК ТНТУ ТР-402		
								м. Тернопіль		

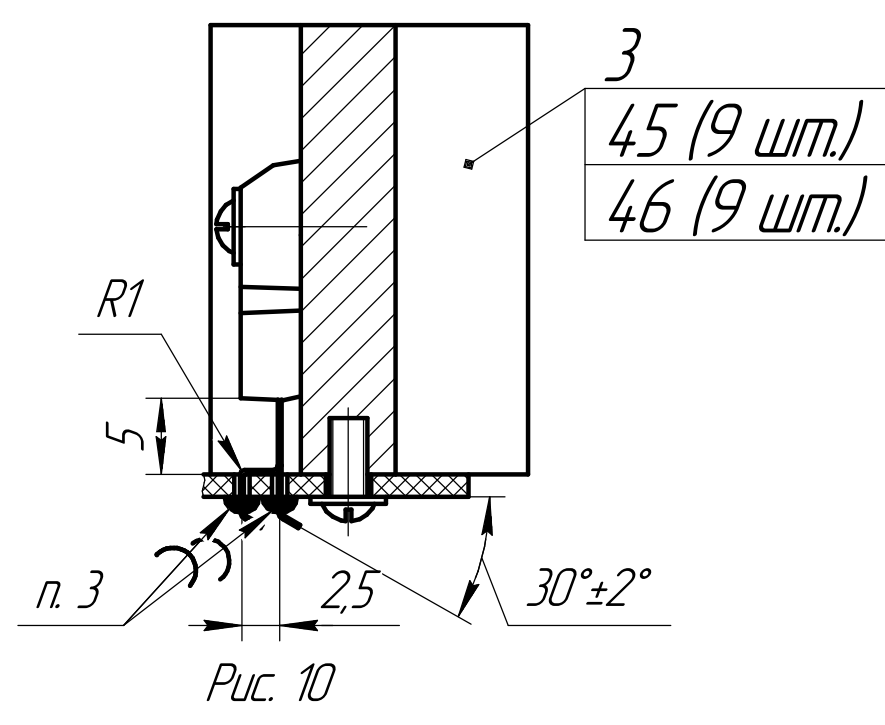
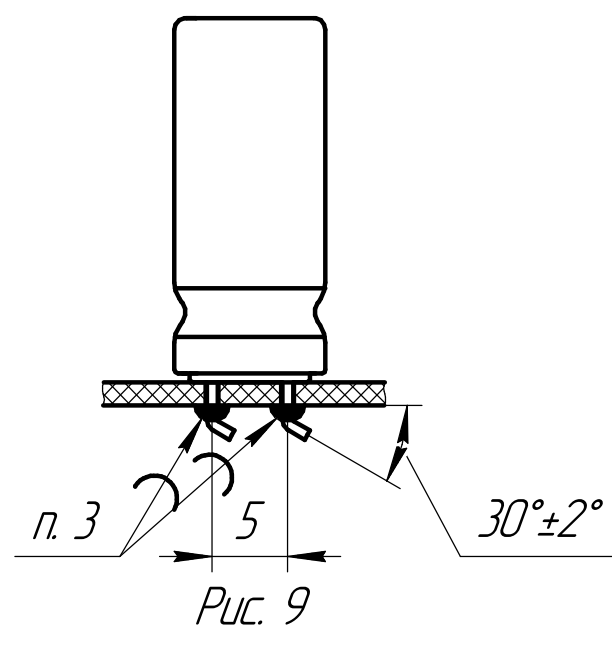
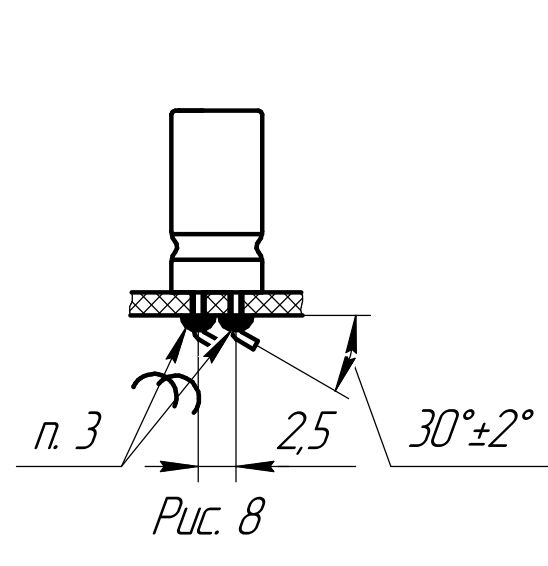
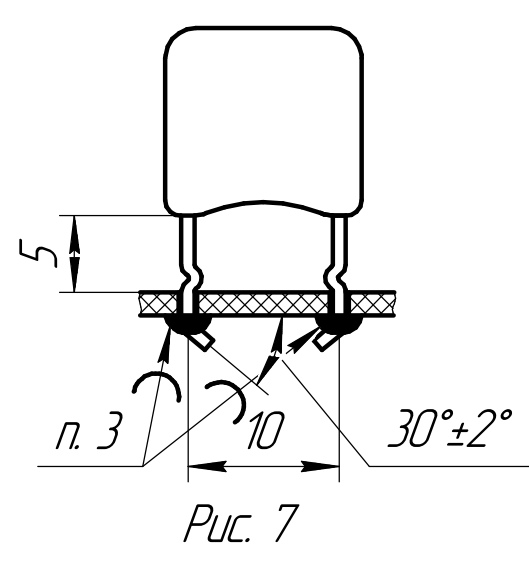
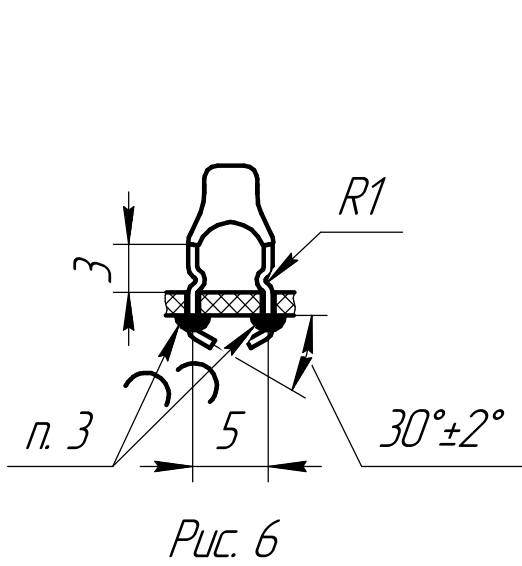
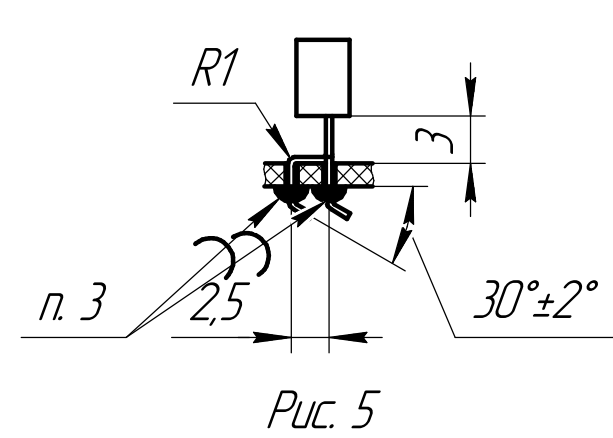
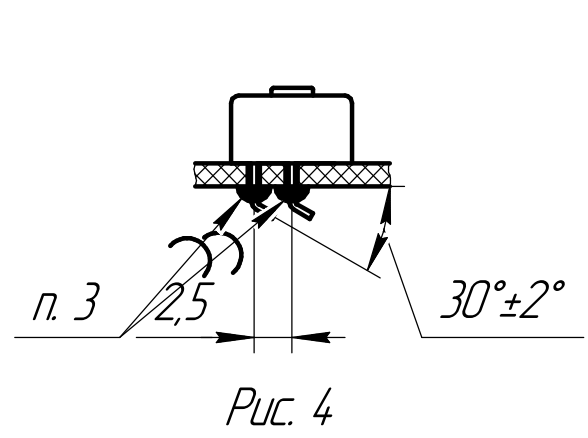
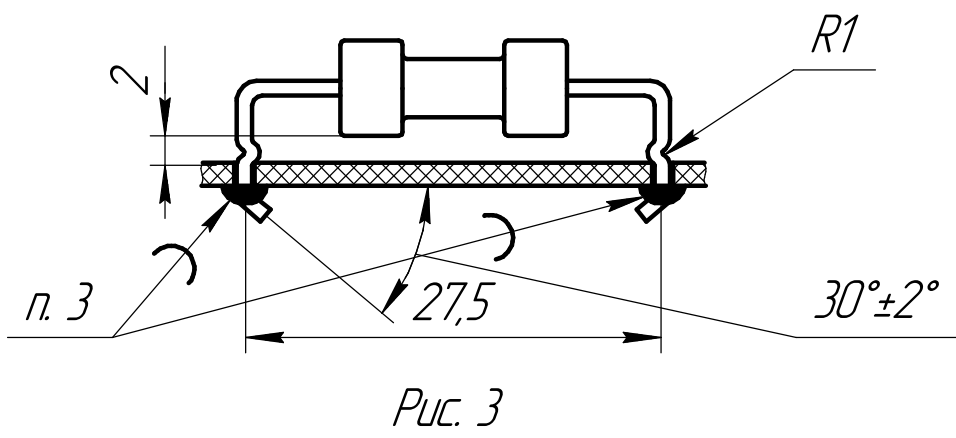
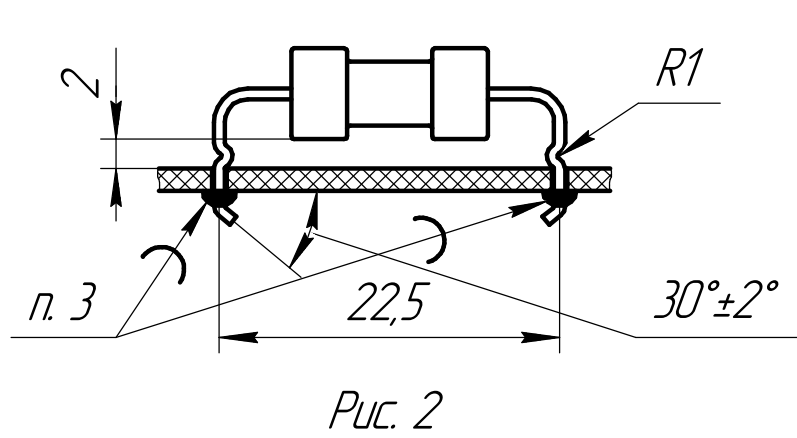
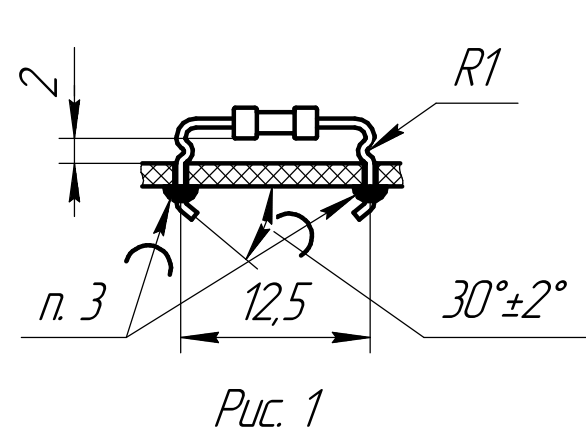
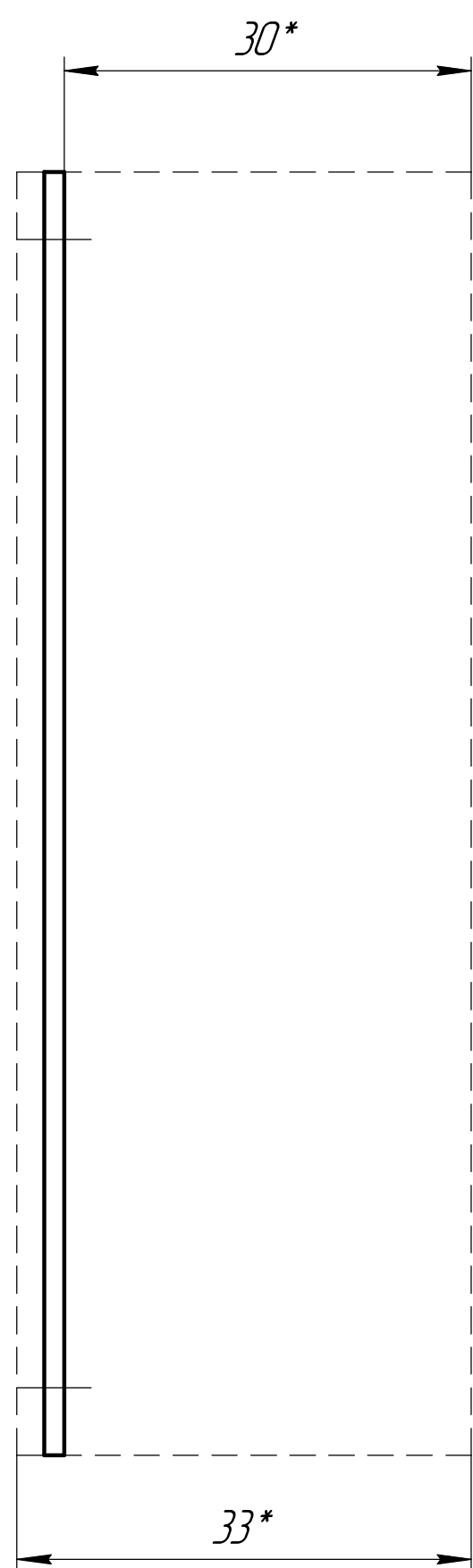
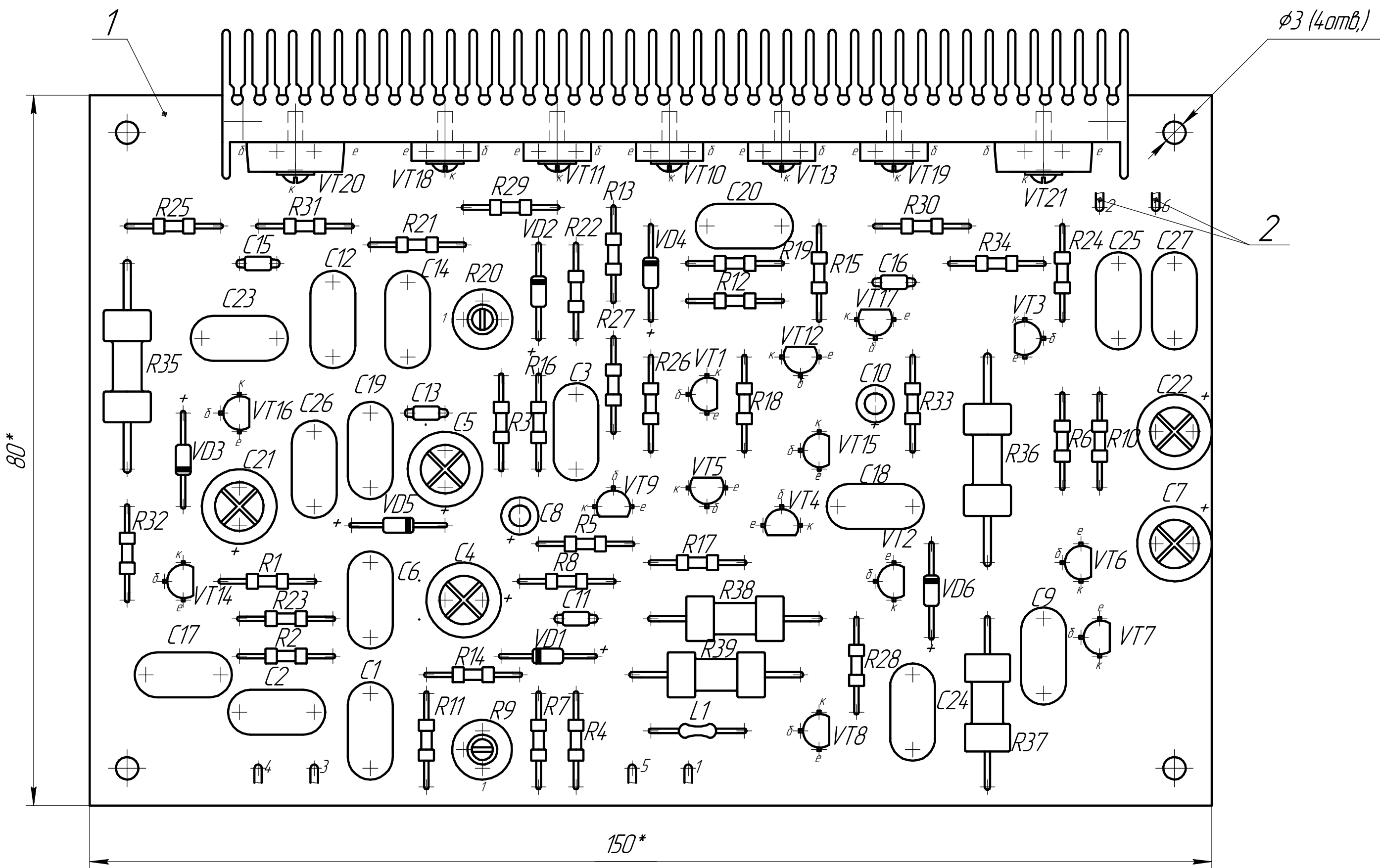
Поз. познач.		Найменування	Кіл.	Примітка
R5		MFP-0,125-200 Ом ±10% "Yageo"	1	
R6, R7		MFP-0,125-100 Ом ±10% "Yageo"	2	
R8		MFP-0,125-470 Ом ±10% "Yageo"	1	
R9		3329H-1-100 Ом "Bourns"	1	
R10, R11		MFP-0,125-100 Ом ±10% "Yageo"	2	
R12		MFP-0,125-15 кОм ±10% "Yageo"	2	
R13		MFP-0,125-2,4 кОм ±10% "Yageo"	1	
R14		MFP-0,125-1 Ом ±10% "Yageo"	1	
R15		MFP-0,125-10 кОм ±10% "Yageo"	1	
R16		MFP-0,125-100 Ом ±10% "Yageo"	1	
R17		MFP-0,125-15 кОм ±10% "Yageo"	1	
R18		MFP-0,125-100 Ом ±10% "Yageo"	1	
R19		MFP-0,125-2,4 кОм ±10% "Yageo"	1	
R20		3329H-1-200 Ом "Bourns"	1	
R21		MFP-0,125-470 Ом ±10% "Yageo"	1	
R22		MFP-0,125-15 кОм ±10% "Yageo"	1	
R23..R26		MFP-0,125-22 Ом ±10% "Yageo"	4	
R27, R28		MFP-0,125-15 кОм ±10% "Yageo"	2	
R29		MFP-0,125-1 кОм ±10% "Yageo"	1	
R30		MFP-0,125-100 Ом ±10% "Yageo"	1	
R31		MFP-0,125-1 Ом ±10% "Yageo"	1	
R32, R33		MFP-0,125-1 кОм ±10% "Yageo"	2	
R34		MFP-0,125-1 Ом ±10% "Yageo"	1	
R35, R36		MFP-2-0,22 кОм ±10% "Yageo"	2	
R37		MFP-1-10 Ом ±10% "Yageo"	1	
R38, R39		MFP-1-3,6 Ом ±10% "Yageo"	2	
		Діоди		
VD1, VD2		BZX55C "Vishay"	2	
VD3..VD6		1N4148 "Diotec"	4	

Перш. викорис.		Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.	
Довід. №						Документація			
		A4			26 КР 172.402.014.000.000 ПЕЗ	Перелік елементів.			
		A1			26 КР 172.402.014.000.000 ЕЗ	Схема електрична принципова			
		A1			26 КР 172.402.014.001.000 СК	Вузол друкований			
							Деталі		
		A1	1	26 КР 172.402.014.001.001	Плата друкована	1			
		БК	2	26 КР 172.402.014.001.002	Перемичка	6			
БК	3	26 КР 172.402.014.001.003	Радіатор	1					
Підпис і дата						Інші вироби			
						Конденсатори			
			4		B32529C1102J000-1 нФ ±10% "Epcos"	5	С6, С17...С20		
			5		B32529C1102J000-0,1 мкФ ±10% "Epcos"	8	С1,С3,С9, С14,С23...С26		
			6		B32529C1102J000-1 мкФ ±10% "Epcos"	2	С2, С12		
			7		b37979-4 7 пФ ±5% "Epcos"	2	С15, С16		
			8		b37979-4, 7 нФ ±5% "Epcos"	1	С11		
			9		b37979-0,1 мкФ ±5% "Epcos"	1	С13		
			10		b4 1828-16 В-100 мкФ ±10% "Epcos"	1	С8		
Зам. інв. №			11		b4 1828-50 В-100 мкФ ±10% "Epcos"	3	С10,С21,С22		
Підпис і дата			12		b4 1828-25 В-220 мкФ ±10% "Epcos"	1	С7		
			13		b4 1828-50 В-470 мкФ ±10% "Epcos"	2	С4, С5		
					26 КР 172.402.014.001.000				
		Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Інв. № ориг.		Розрод.	Дзіндзяк				Літ.	Аркцш	Аркцшів
		Перевір.	Іващук				Н	1	2
		Н.контр.	Задорожний				ВСП ТФК ТНТУ ТР-402		
		Затверд.					м. Тернопіль		

Копіював

Формат А4

[illegible]



- *Размеры для доводки.
- Установку и формирование элементов проводить с шагом координатной сетки 2,5 мм. Элементы формировать (установка и формирование элементов на рисунках показаны в масштабе 2:1): R1..R8, R10..R19, R21..R24, VD1..VD6, L1-на рис. 1; R37..R39-на рис. 2; R35, R36-на рис. 3; R9, R20-на рис. 4; VT1..VT9, VT12, VT14..VT17-на рис. 5; C1, C13, C15, C16-на рис. 6; C1..C3, C6, C9, C12, C14, C17..C20, C23..C26-на рис. 7; C8, C10-на рис. 8; C4, C5, C7, C21, C22-на рис.9; VT10, VT11, VT13, VT18..VT21-на рис. 4.
- Паяты припоем ПОС61 ГОСТ 21931-76.
- Заводський номер, позначення елементів маркувати фарбою ЧМ, чорна БМ, діля ТУ029-02-859-78. Щорфт 2,5 по НО 010. 007.
- Місця розміщення маркування показано умовно.
- Лакувати лаком АКА-113.
- Позначення елементів показано умовно.
- Друківні провідники умовно не показані.
- Інші вимоги по ОСТ4ГО.070.015.

						26 КР 172.402.014.001.000.СК					
						Вузол друкований			Лист	Маса	Масштаб
									Н		0,06
Зм.	Арж.	№ доцум.	Підпис	Дата		Складальне креслення			Аржш	Аржш	1
Розроб.		Діагностик							ВСТ ТФК ТНТУ ТР-402		
Перевір.		Інженер				м. Тернопіль					
І контр.											
Н контр.		Задорожний									
Затверд.											
		</									

[illegible]

[illegible]

Дубл																															
Замість																															
Підпис																															
																Аркуш 4															
																26 КР 172.402.014.03.000				26 КР 172.402.014.03.118											
А		Цех		Діл		РМ.		ОПЕР.		Код, назва операції						Позначення документа															
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				поз.30(R1,R4,R12,R17,R22,R27,R28)		згідно рис.1		діоди поз.32(VD3...VD6)		поз.33(VD1,VD2)		згідно рис.1		згідно карти		ескізів		по ТТП304325													
02				Кусачки РТ 145532																											
03				Пінцет РТ 265641																											
04		1		Плата друкована						26 КР 172.402.014.001001										796		100		100							
05		4		Конденсатори		B32529C1102J000-1 нФ ± 10%		"Epcos"												796		100		500							
06		5		Конденсатори		B32529C1102J000-0,1мкФ ± 10%		"Epcos"												796		100		800							
07		6		Конденсатори		B32529C1102J000-1 мкФ ± 10%		"Epcos"												796		100		200							
08		7		Конденсатори		b37979-47 нФ ± 5%		"Epcos"												796		100		200							
09		8		Конденсатори		b37979-4,7 нФ ± 5%		"Epcos"												796		100		100							
10		9		Конденсатори		b37979-0,1мкФ ± 5%		"Epcos"												796		100		100							
11		10		Конденсатори		b41828-16 В-100 мкФ ± 10%		"Epcos"												796		100		100							
12		11		Конденсатори		b41828-50 В-100 мкФ ± 10%		"Epcos"												796		100		300							
13		12		Конденсатори		b41828-25 В-220 мкФ ± 10%		"Epcos"												796		100		100							
14		13		Конденсатори		b41828-50 В-470 мкФ ± 10%		"Epcos"												796		100		200							
15		15		Дросель		B82141A1102K000 - 1 мкГн		"Epcos"												796		100		100							
16		17		Резистори		3329H-1-1000м "Bourns"		"Yageo"												796		100		100							
17		18		Резистори		3329H-1-2000м "Bourns"		"Yageo"												796		100		100							
18		19		Резистори		MFP-2-0,220м ± 10%		"Yageo"												796		100		200							

Дубл																					
Замість																					
Підпис																					
																Аркуш 5					
												26 КР 172.402.014.03.000				26 КР 172.402.014.03.118					
А	Цех	Діл	РМ.	ОПЕР.	Код, назва операції							Позначення документа									
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	20	Резистори		MFP-0,125-10м ± 10%				"Yageo"						796	100	400					
02	21	Резистори		MFP-1-3,60м ± 10%				"Yageo"						796	100	200					
03	22	Резистори		MFP-1-100м ± 10%				"Yageo"						796	100	100					
04	23	Резистори		MFP-0,125-220м ± 10%				"Yageo"						796	100	400					
05	24	Резистори		MFP-0,125-1000м ± 10%				"Yageo"						796	100	700					
06	25	Резистори		MFP-0,125-2000м ± 10%				"Yageo"						796	100	100					
07	26	Резистори		MFP-0,125-4700м ± 10%				"Yageo"						796	100	300					
08	27	Резистори		MFP-0,125-1к0м ± 10%				"Yageo"						796	100	300					
09	28	Резистори		MFP-0,125-2,4к0м ± 10%				"Yageo"						796	100	200					
10	29	Резистори		MFP-0,125-10к0м ± 10%				"Yageo"						796	100	100					
11	30	Резистори		MFP-0,125-15к0м ± 10%				"Yageo"						796	100	700					
12	32	Діод		1N4148				"Diotec"						796	100	300					
13	33	Діод		BZX55C				"Vishay"						796	100	200					
14	35	Транзистор		2N5401				"Fairchild"						796	100	600					
15	36	Транзистор		2N5551				"Fairchild"						796	100	300					
16	37	Транзистор		2SB649A				"Inchange Semiconductor"						796	100	200					
17	38	Транзистор		2SD669				"Inchange Semiconductor"						796	100	100					
18	39	Транзистор		BC550CTA				"Fairchild"						796	100	100					

[illegible]

[illegible]

Дубл																	
Замість																	
Підпис																	
															Аркуш 7		
												26 КР 172.402.014.03.000			26 КР 172.402.014.03.118		
												26 КР 172.402.014.03.000			26 КР 172.402.014.03.118		
												26 КР 172.402.014.03.000			26 КР 172.402.014.03.118		
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	
А 01	402		014	065	4020140655 Лакування												0,005
02		Установка для лакування РТ 640138															
003		Лакувати плату по ТТП 156324															
М04		Лак		АК-113	ГОСТ 23832-79								120	100	1,2		
05																	
А 06	402		014	070	402014070 Технічний контроль												0,005
Б 07		Установка для регулювання РТ 628413															
008		Перевірку провести по інструкції 26 КР 172.402.014.02 i2															
09																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
18																	

Перш. викорис.		Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
						Документація		
		A4			26 КР 172.402.014.001.000 ПЕЗ	Перелік елементів		
		A1			26 КР 172.402.014.001.000 ЕЗ	Схема електрична принципова	1	
		A1			26 КР 172.402.014.004.000 СК	Складальне креслення	1	
Додат. №								
						Складальні одиниці		
		A1	1	26 КР 172.402.014.003.000 СК	Вузол друкований	1		
						Деталі		
		БК	3	26 КР 172.402.014.004.001	Верхня кришка	1		
		БК	4	26 КР 172.402.014.004.002	Нижня кришка	1		
		БК	5	26 КР 172.402.014.004.003	Заглушка	4		
						Інші вироби		
						Роз'єми		
			7		PSCM3N "Velleman"	1	XS1	
			8		CC-212 "SPEAKON"	2	XS2, XS3	
						Стандартні вироби		
Підпис і дата								
Зам. інв. №								
Підпис і дата								
Інв. № ориг.								
26 КР 172.402.014.004.000								
Зм. Арк. № докум. Підпис Дата								
Розрод. Дзіндзяк					Літ. Аркцш Аркцшів			
Перевір. Іващук					Н 1 2			
					Підсилювач потужності			
					Only music 2.7			
					ВСП ТФК ТНТУ ТР-402			
					м. Тернопіль			
					Формат А4			

Дубл.																																	
Замість																																	
Підпис																																	
											Аркушів 4		Аркуш 1																				
Розробив		Дзіндзяк				ВСП ТФК ТНТУ		26 КР 172.402.014.003.000				26 КР 172.402.014.00.00																					
Перевірів		Іващук																															
Нормував																																	
Затвердив																																	
Н. контр.		Задорожний																															
А		Цех		Діл		РМ		Опер		Код, назва операції		Позначення документа																					
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																																	
03		402				014		005		402014001 Комплектування																				0,02			
04										Комплектування проводити згідно ТТО 644081 (30шт)																							
05																																	
06		402				014		010		402014002 Слюсарно-складальна																				0,026			
07										Пневмоверт РД 532964																							
08										Складання проводити по ТТП 231587																							
09										1. Кріпити друкований вузол до нижньої кришки поз.4 гвинтами поз.10(4шт) через шайбу поз.10(4шт) згідно карти ескізів																							
10										2. Кріпити розєм поз.7(XS1) у місці з'єднання двох кришок згідно карти ескізів																							
11										3. Кріпити розєми поз.8(XS2, XS3) до верхньої кришки поз.3 гвинтом поз.10(4шт) через шайбу поз.12(4шт) згідно карти ескізів																							
12		1								Друкований вузол		26 КР 172.402.014.003.000 СК								796		100		100									
13		3								Верхня кришка		26 КР 172.402.014.004.001								796		100		100									
14		4								Нижня кришка		26 КР 172.402.014.004.002								796		100		100									

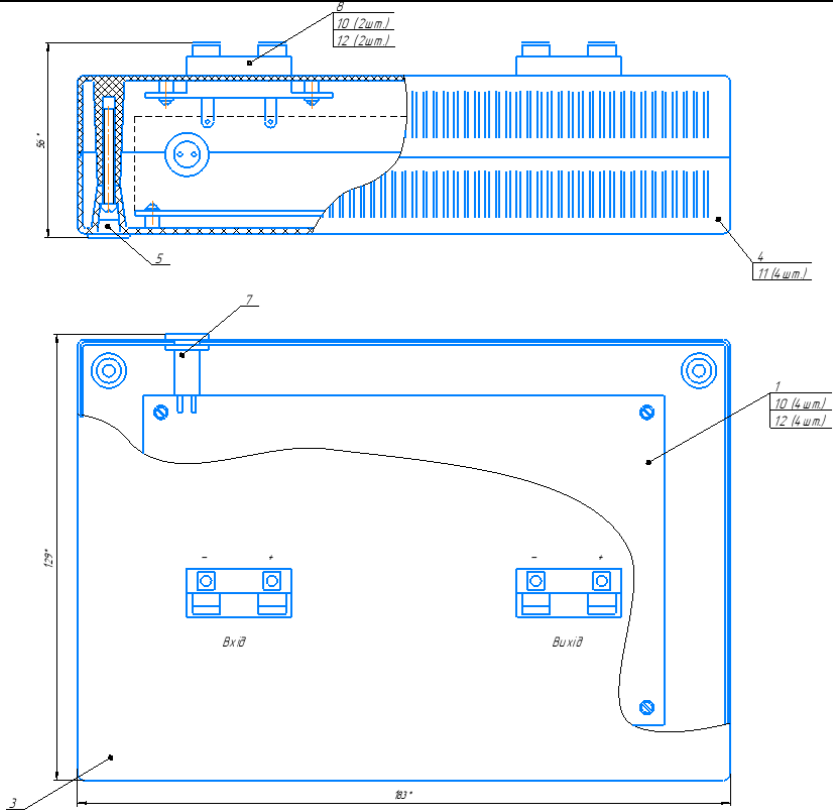
[illegible]

[illegible]

Дубл.								
Замість								
Підпис								

						Аркушів 4	Аркуш 4		
Розробив	Дзіндзяк			ВСП ТФК ТНТУ	26 КР 172.402.014.003.000		26 КР 172.402.014.00.00		
Перевірів	Іващук								
Нормував				Підсилювач потужності Only music 2.7			Н		
Затвердив									
Н. контр.	Задорожний								

A	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	



Техніко – економічні показники підсилювач потужності Only music 2.7

	Технічні показники			Економічні показники	
1	Напруга живлення вхідна	+48В	1	Річний обсяг виробництва	2100шт.
2	Кількість каналів	1	2	Початкові інвестиції для реалізації інвестиційного проекту	229125 грн
3	Габаритні розміри	183*129 *56 мм	3	Чистий прибуток	574 734, 72 грн
4	Маса	0,3кг	4	Повна собівартість на виріб	1076,66 грн
5	Опір навантаження	4/8 Ом	5	Ціна одиниці виробу	14 10,42 грн.
6	Діапазон робочих температур	-10°C ..+30°C	6	Рентабельність виробу	25,42%
7	Номінальна потужність	30 Вт	7	Термін окупності	0,44р
8			8	Індекс придатковості	2,28

Додаток А Друкована плата

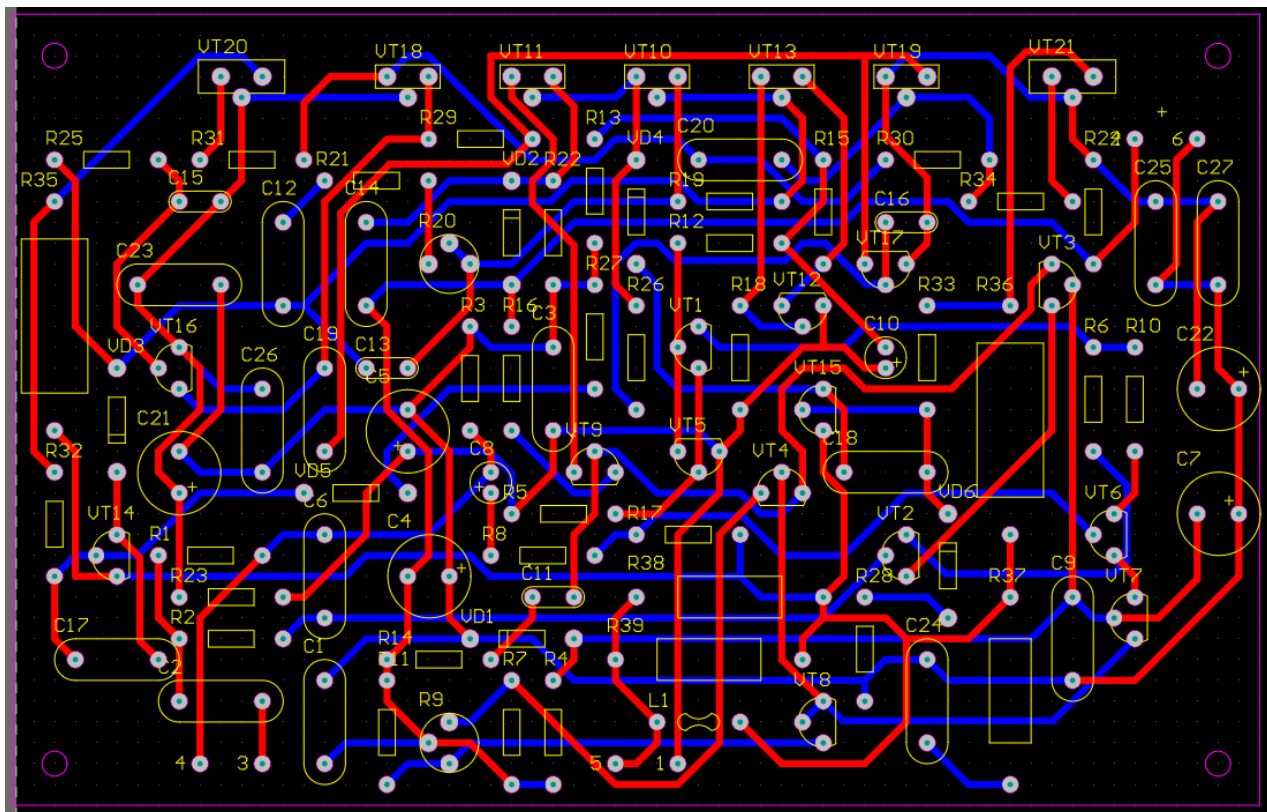


Рисунок А.1 – Друкована плата

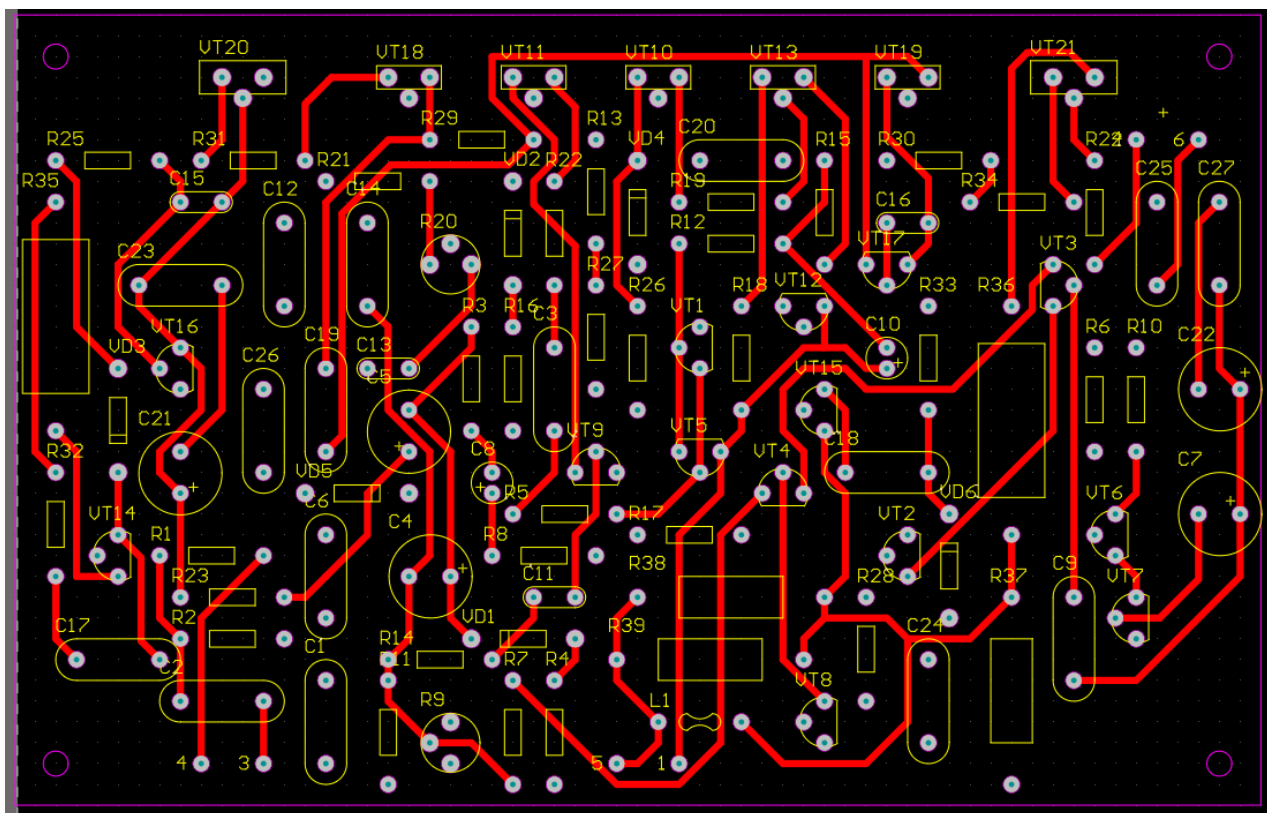


Рисунок А.2 – Друкована плата, шар Тор

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ

Арк.

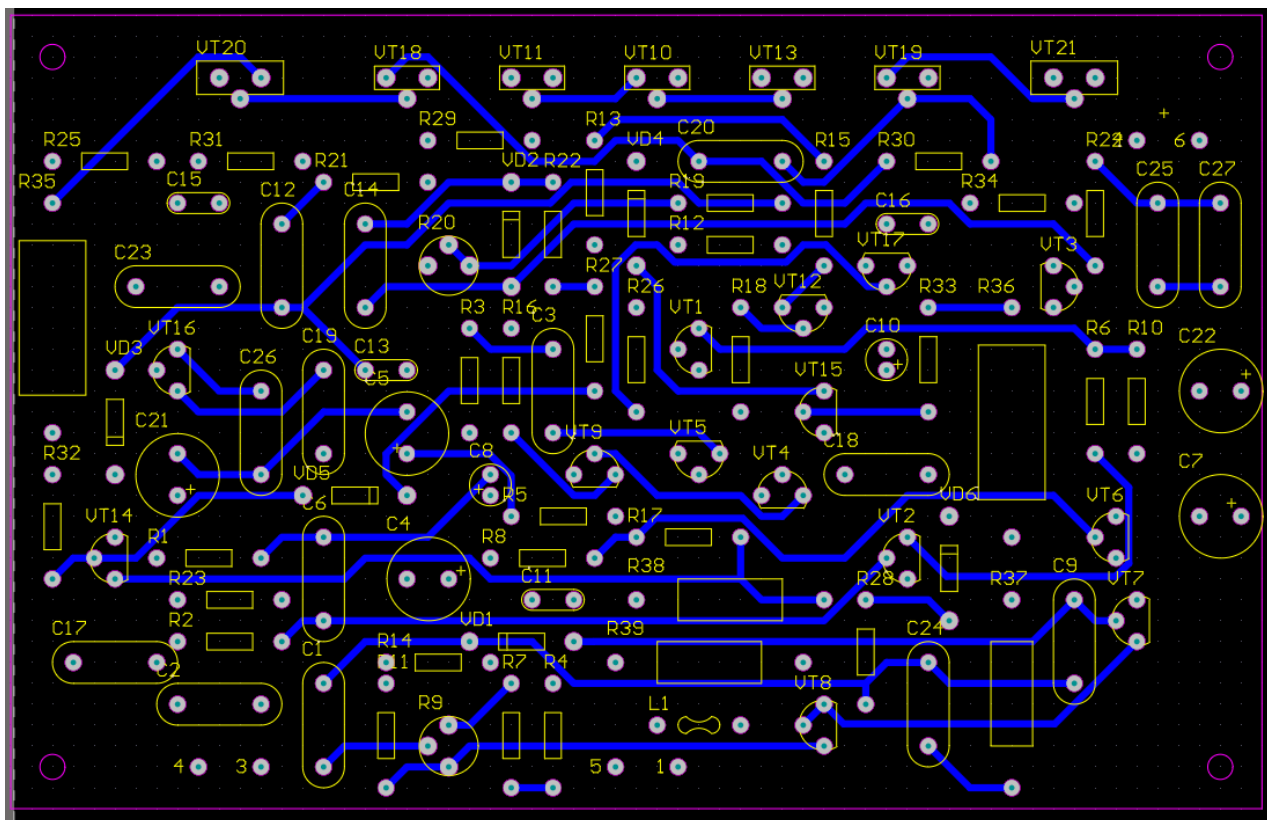


Рисунок А.3 – Друкована плата, шар Botton

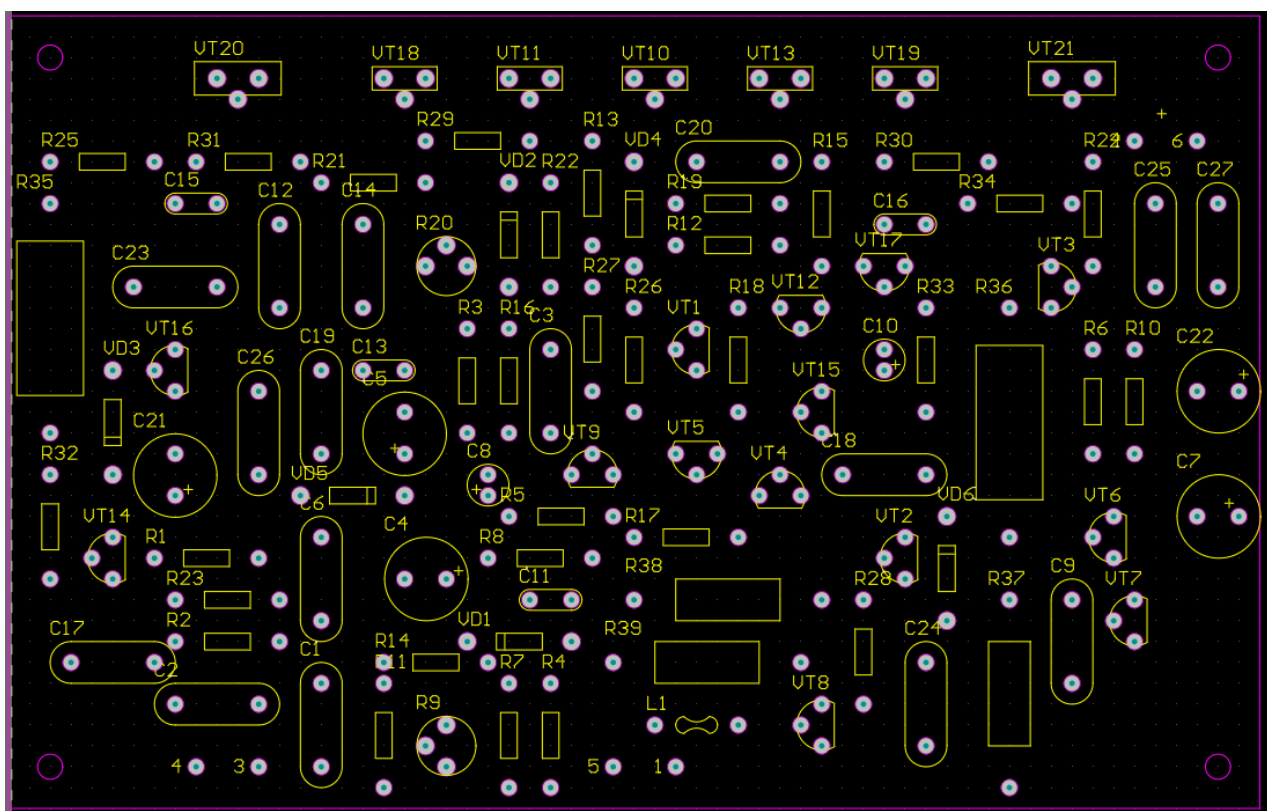


Рисунок А.4 – Друкована плата, шар Overlay

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ

Арк.

Додаток Б 3D модель пристрою

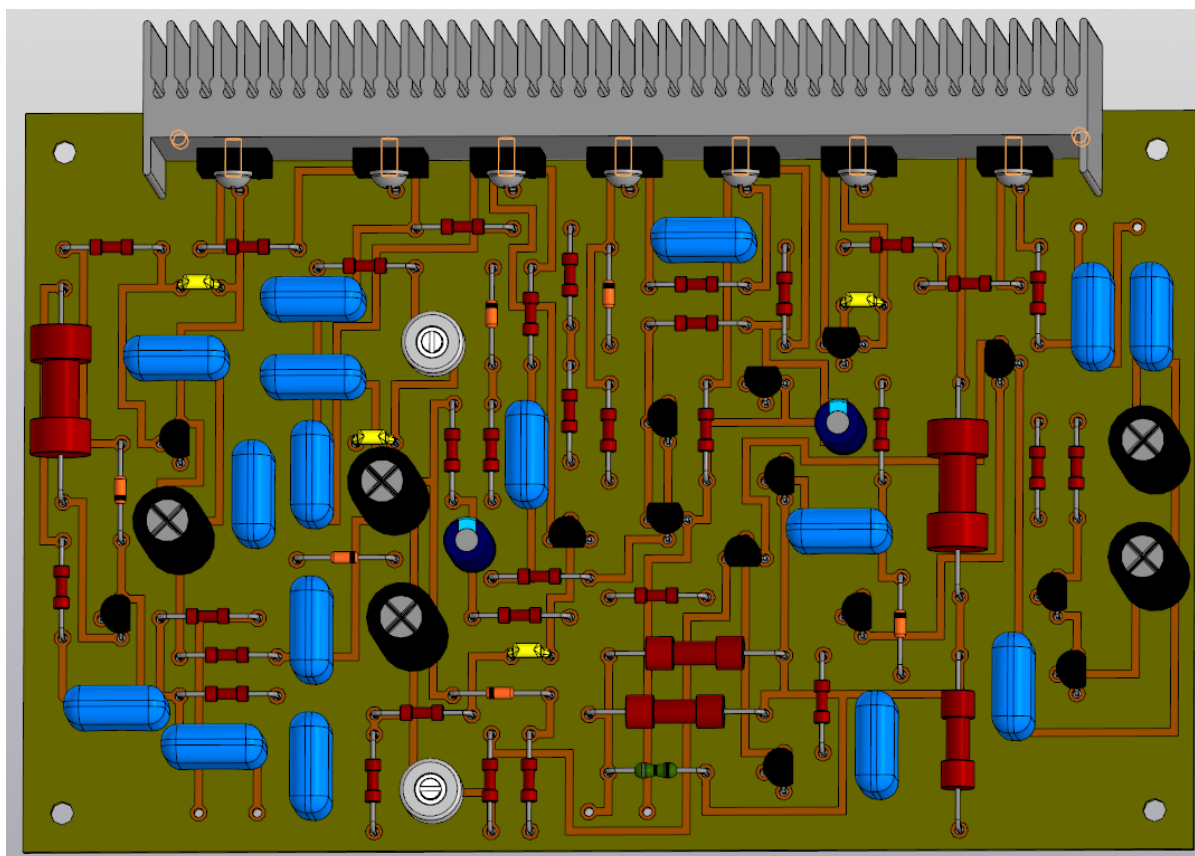


Рисунок Б.1 – 3D модель пристрою, вузол друкуваний

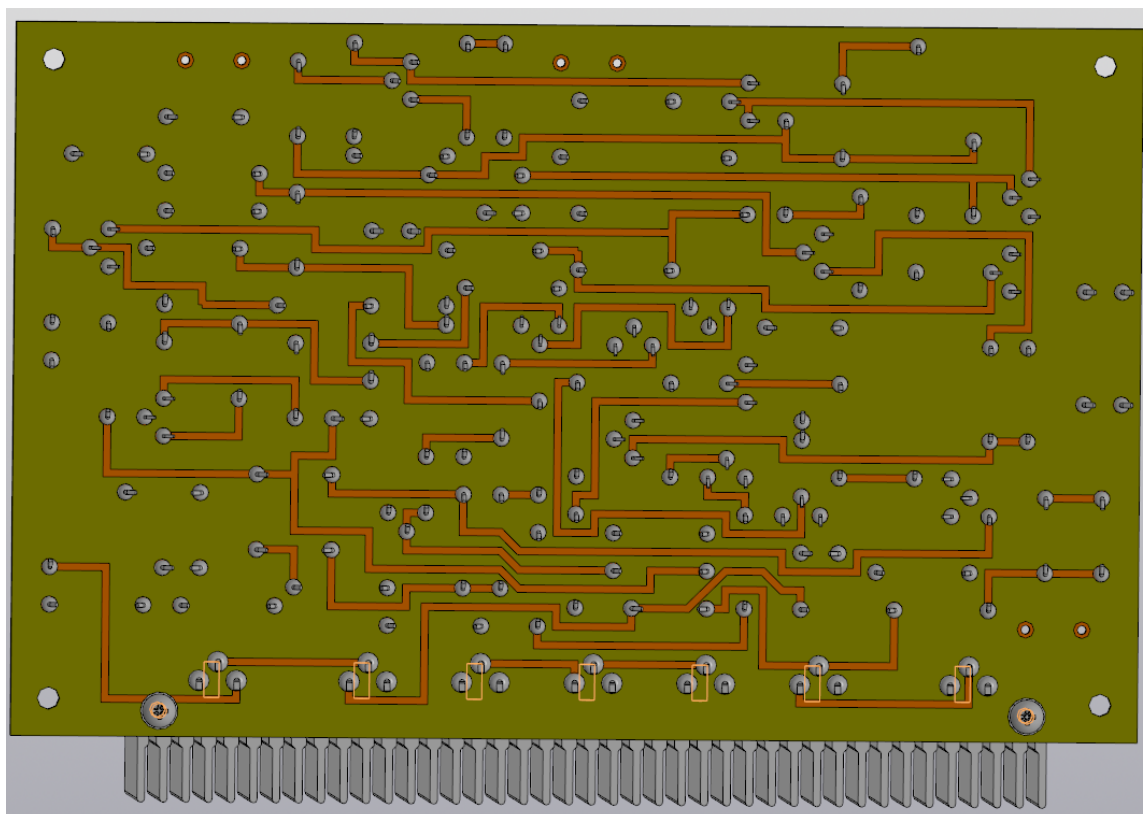


Рисунок Б.2 – 3D модель пристрою, вузол друкуваний знизу

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ

Арк.

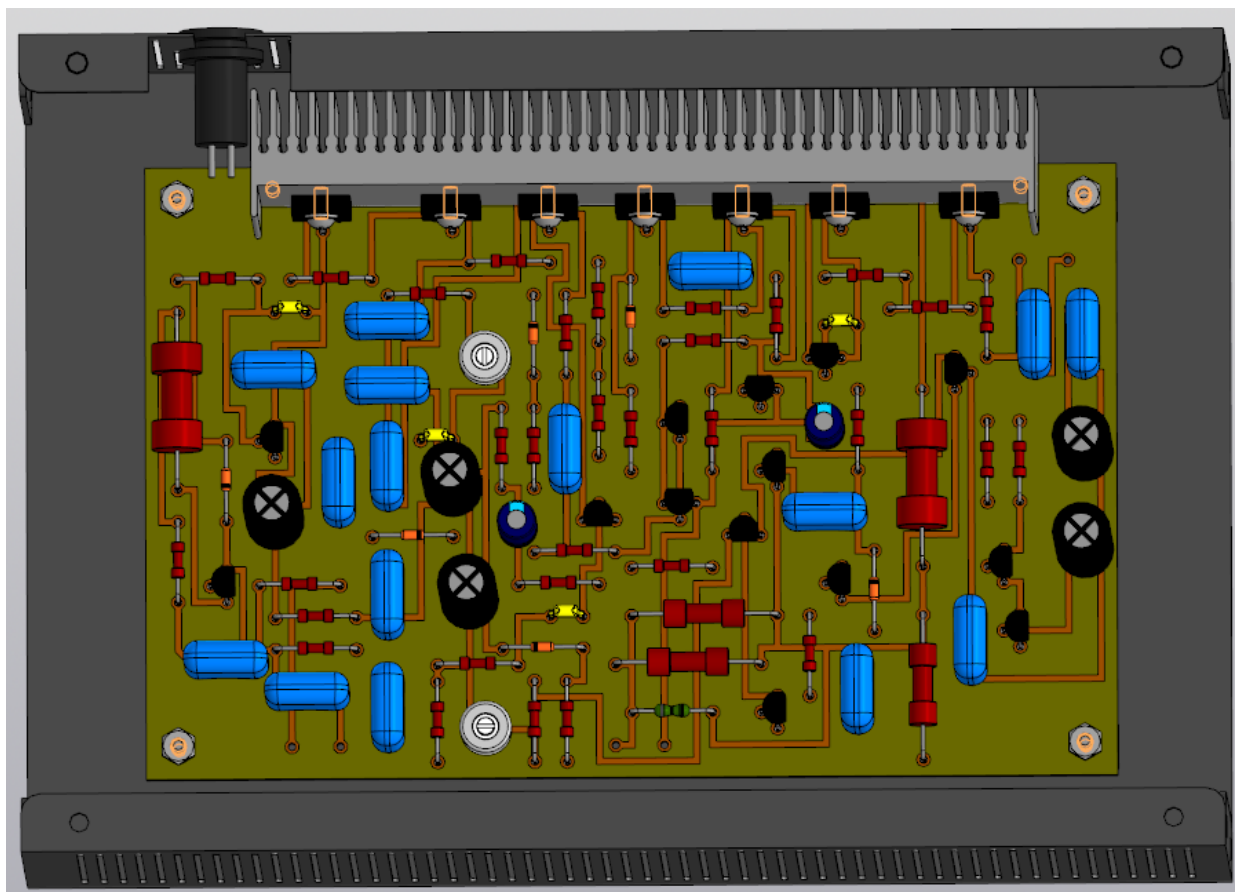


Рисунок Б.3— 3D модель пристрою, нижня кришка

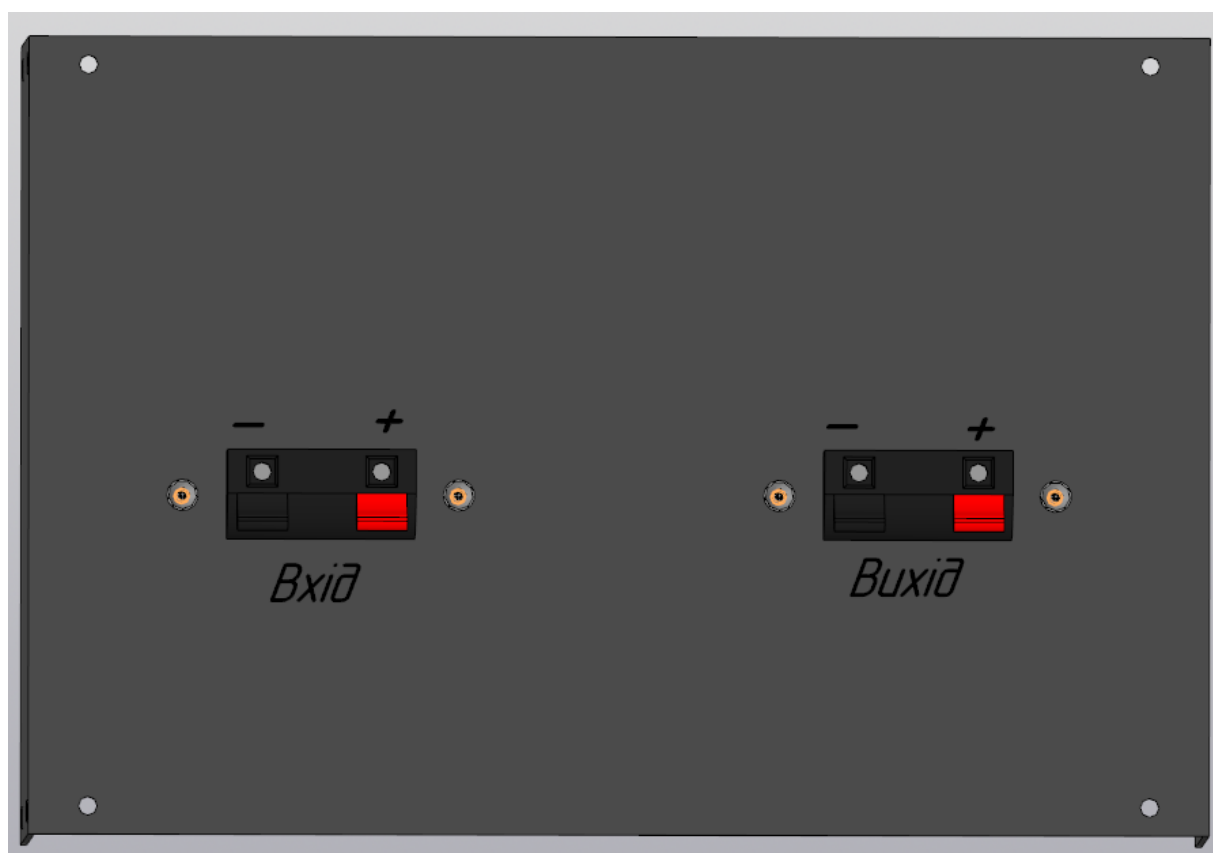


Рисунок Б.4 – 3D модель пристрою, верхня кришка

					26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

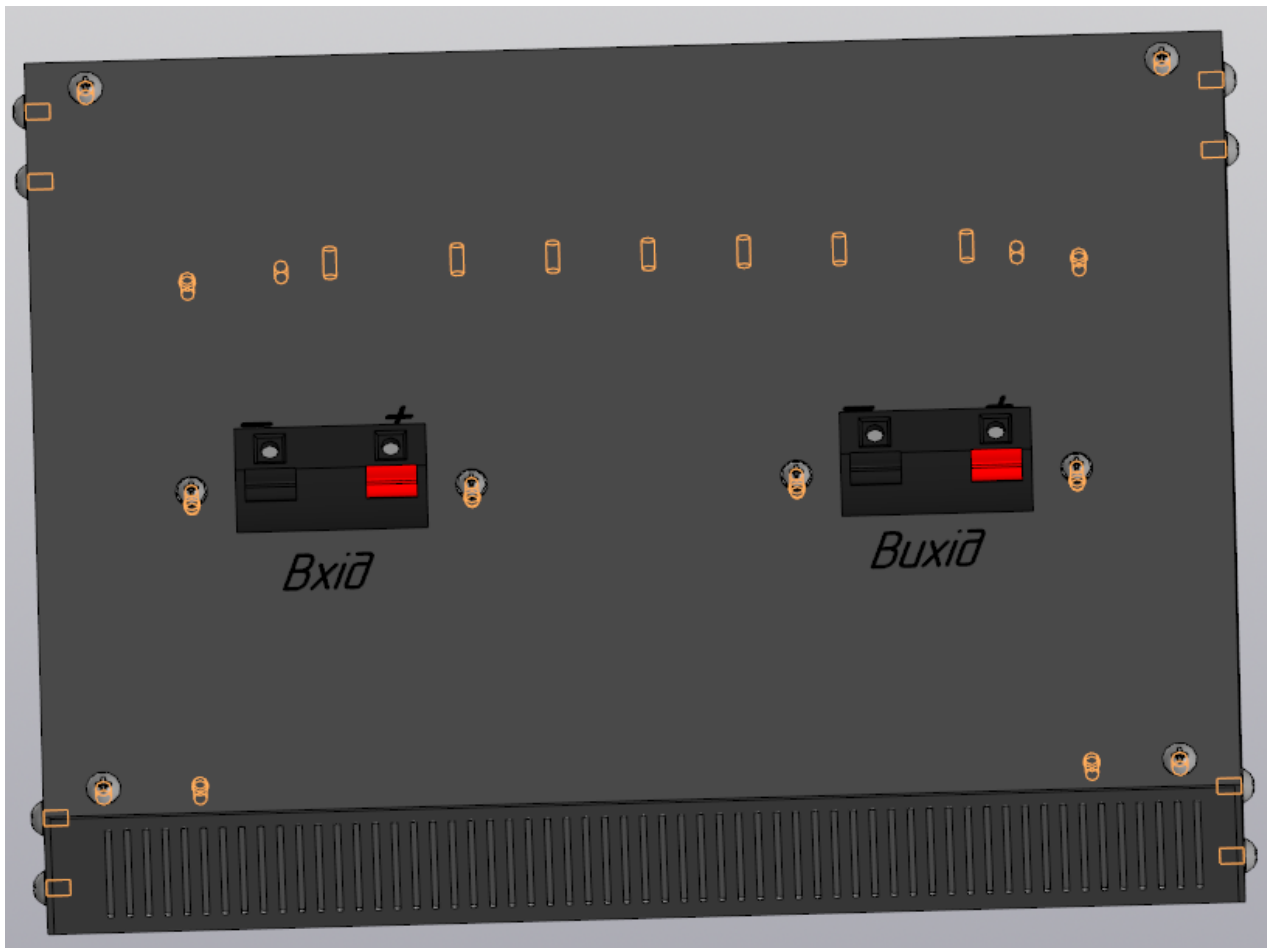


Рисунок Б.5 – 3D модель пристрою, загальний вигляд збоку

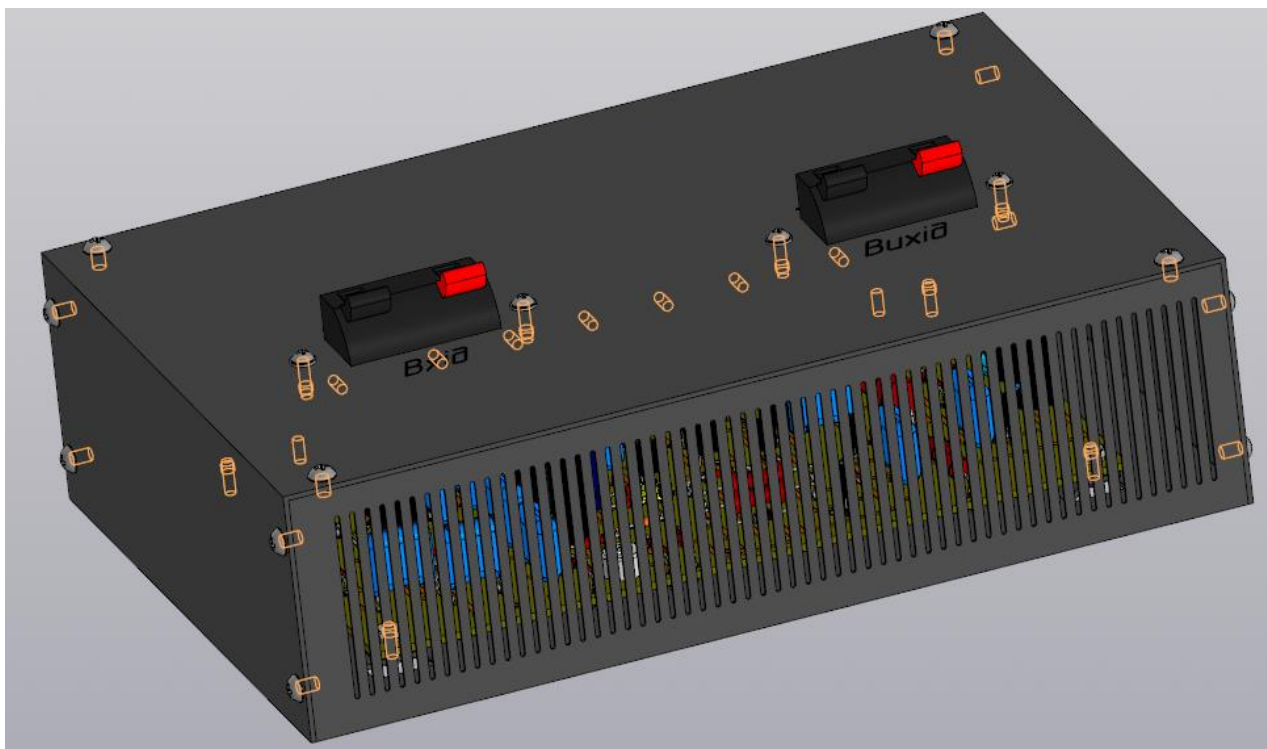
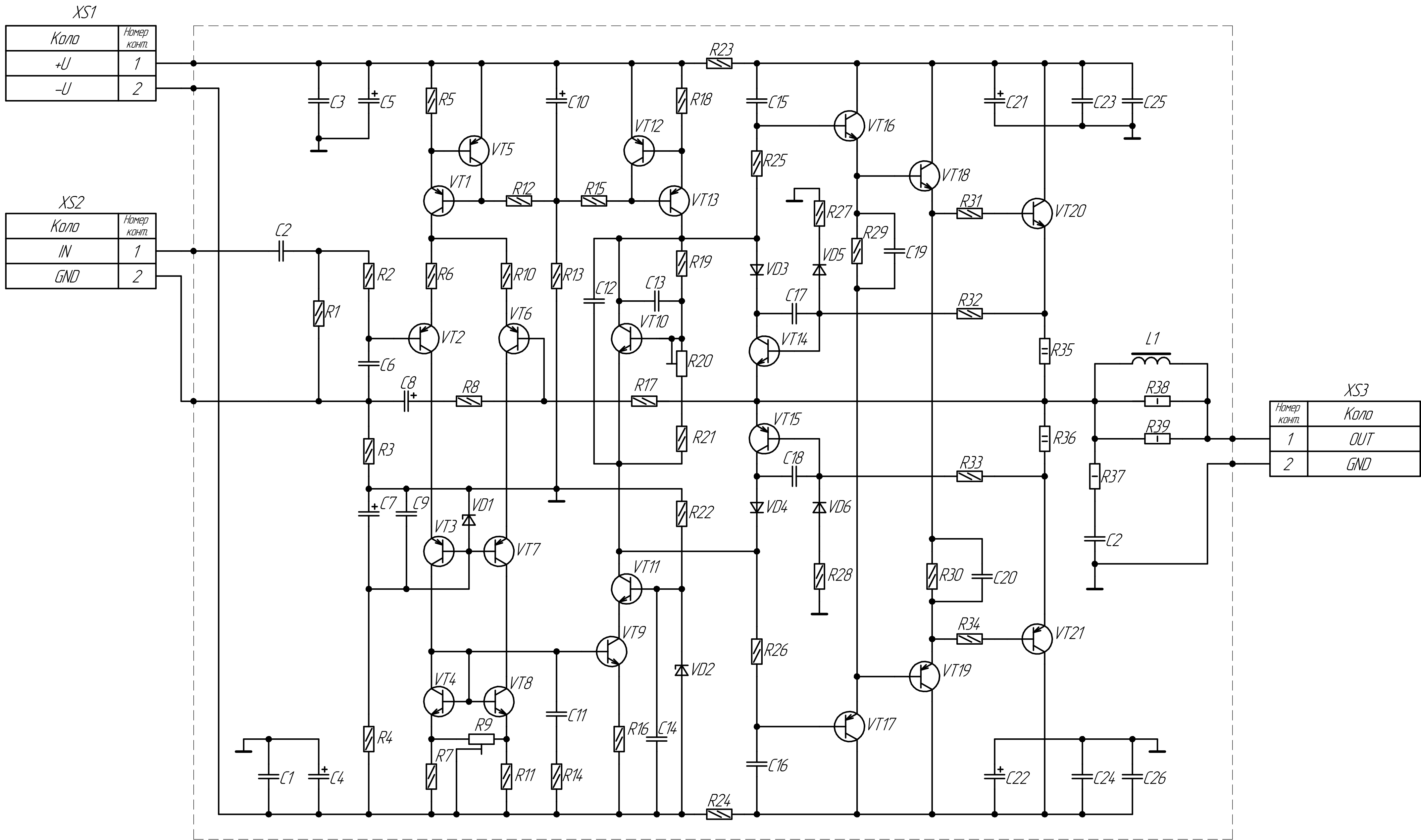


Рисунок Б.6 – 3D модель пристрою, загальний вигляд

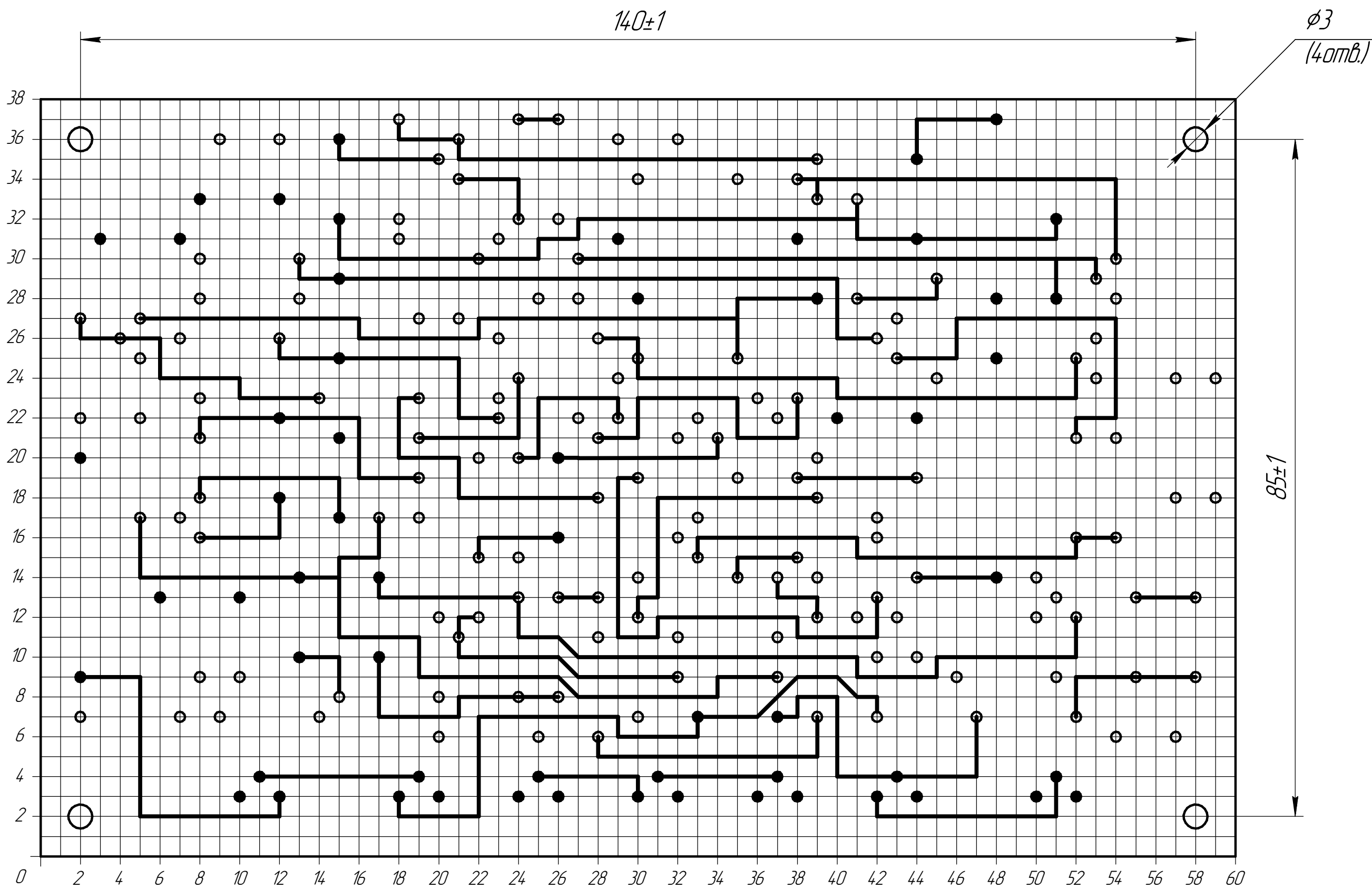
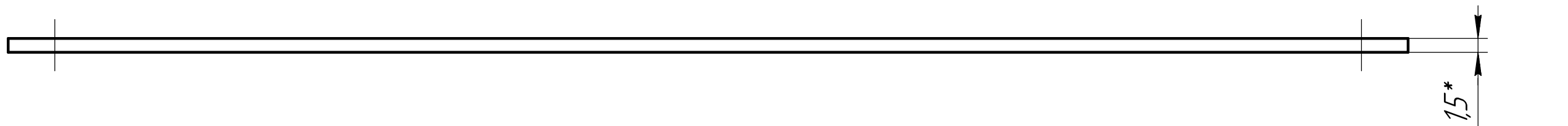
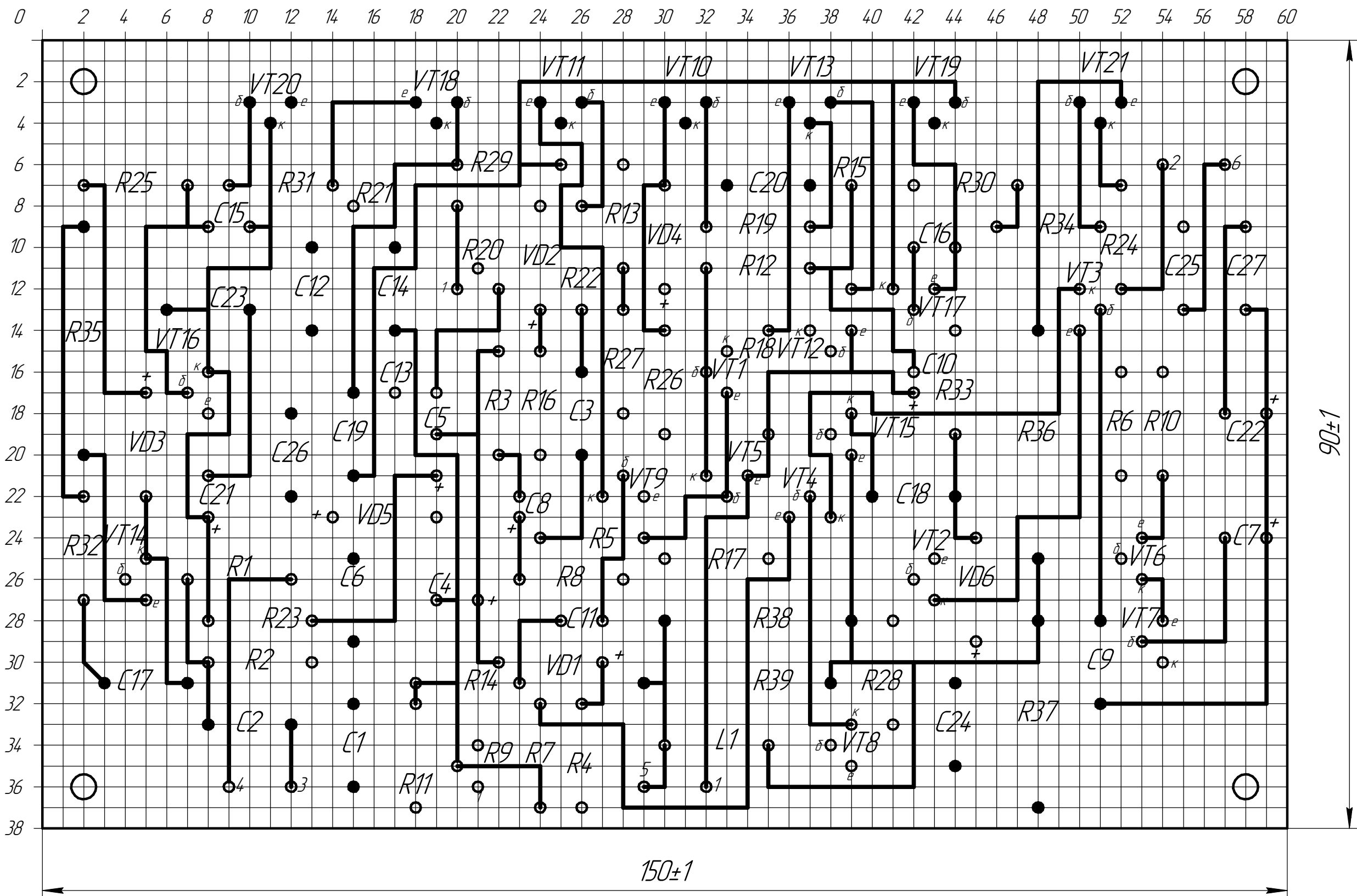
					26 КР 172.402.014.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



						26 KP 172.402.014.001.000 E3					
Зм. Розроб. Перевір. Т.контр.	Арх. Дизайнер Інженер	№ док. Діагност. Інструк.	Підпис	Дата	Підсилювач потужності Only music 2.7						
					Схема електрична принципова						
					ВСТ ТФК ТНТУ ТР-402						
					м. Тернопіль						
Н.контр.	Задорожний				Лист	Маса	Масштаб				
Затверд.					Н	-	-				
					Архив	Архив	1				
					Формат А1						

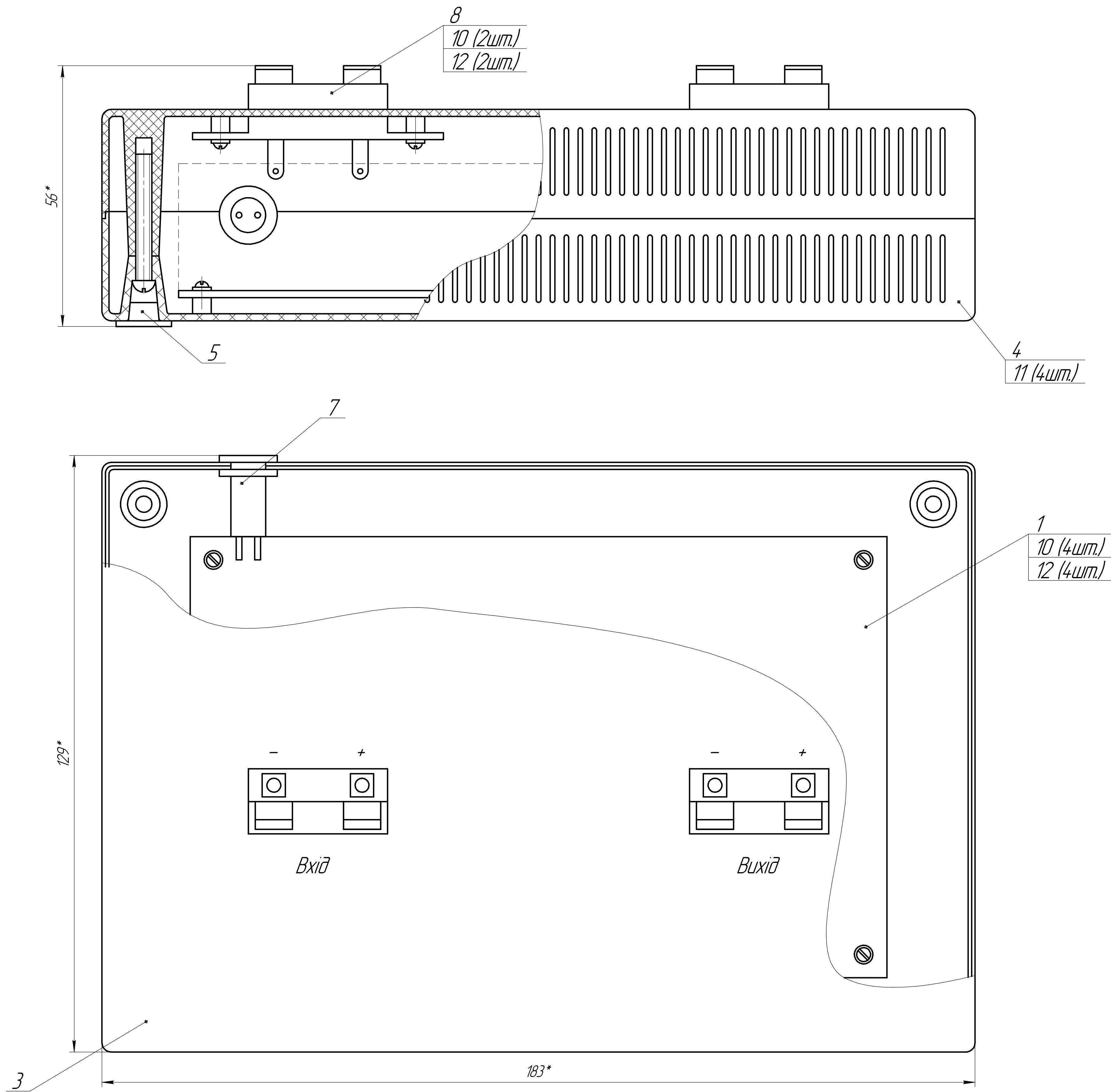
Таблиця отворів

Умовне позначення отворів	Діаметри отворів	Наявність металізації в отворах	Діаметри монтажних площадок	Кількість отворів	Примітка
⊕	0,9	є	1,3	158	
⬤	1,1	є	1,5	59	



- Плата повинна відповідати ГОСТ 23752-79.
- *Розмір для довідок.
- Клас точності 4 по ГОСТ 23751-86.
- Крок координатної сітки 2,5 мм.
- Плату виготовити камінованим методом.
- Параметри отворів дивись в таблиці.
- Мінімальна ширина провідників не менше 1 мм.
- Мінімальна відстань між провідниками не менше 1 мм.
- Контактні площадки покрити сплавом "Розе" ТУ 6-09-4065-75, решту поверхні зі сторони провідного шару покрити компаундом на основі ЕД-22 ГОСТ 19587-76.
- Плату маркувати фарбою ТНПФ-01 діля ТУ 29-02-889-88 шрифтом 2,5 Пр 41 ГОСТ 26.020-80.
- Інші вимоги по ОСТ 4.0005.051.

					26 КР 172.402.014.001.001					
Зм	Арх	№ док-м	Підпис	Дата	Плата друкована			Л/м	Маса	Масштаб
								н	0,03	2:1
Розроб.		Дізн.заяк						Аркшм		
Перевір.		Інж.заяк						ВСП ТФК ТНТУ ТР-402		
Т.контр.					СФ2-35-15КП ГОСТ 10316-78			м. Тернопіль		
Н.контр.		Задорожний								
Затверд.										



1. * Розміри для довідок.
2. Електромонтаж здійснювати згідно з 26 КР 172.402.014.001000 ЕЗ приєм ПОС-40 ГОСТ 21931-76.
3. Інші технічні вимоги по ОСТ.4.ГО.070.015.

26 КР 172.402.014.004.000 СК					Лит			Маса		Масштаб	
Підсилювач потужності Only music 2.7					Н		0,2		2:1		
Складальне креслення					Архив		Архив		1		
ВСТ ТФК ТНТУ ТР-402					Н		М		Т		
м. Тернопіль					Формат		А1				
Копія					Формат		А1				