

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 мікрофоний стерео підсилювач

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 напряму підготовки, спеціальності)

Кошулинський В.Р.

(прізвище та ініціали)

Керівник Недошитко Л.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Паляниця Ю.Б.

(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**

Кошулинський Віталій Романович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи

Розробка конструкції мікрофоний стерео підсилювач

керівник кваліфікаційної роботи Недошитко Людмила Миколаївна,

(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:

Струм споживання- 0,002А; напруга живлення- 6В; чутливість- 5мВ; діапазон частот- 100 Гц ...150000Гц; напруга

Вихідного сигналу- 200мВ; діапазон робочих температур- 20...+55 °С; відносна вологість повітря- 80%; кількість

Мікрофонів підключення- 2шт.

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 конструювання виробу. Обґрунтування вибору конструкційних матеріалів і покриттів

2.1.2 Обґрунтування вибору конструкції.

- 2.1.3 Опис і обґрунтування вибору елементної бази
- 2.1.4 Розрахунок електричних параметрів окремих каскадів
- 2.1.5 Опис конструкції друкованої плати. Розрахунок параметрів друкованого монтажу
- 2.1.6 Оцінка теплових режимів роботи виробу (розрахунок площі радіатора при необхідності)
- 2.1.7 Розрахунок надійності проектного виробу
- 2.1.8 Техніко-економічний аналіз конструкції виробу. Розрахунок споживаної потужності.
- 2.2 Технологічна частина
 - 2.2.1 Загальні відомості про складання і монтаж проектного виробу. Вибір типу технології
 - 2.2.2 Якісна оцінка технологічності конструкції. Вибір інструментів, пристосувань, оснастки
 - 2.2.3 Опис технології виготовлення друкованої плати. Вибір основних та допоміжних матеріалів
 - 2.2.4 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 посадових осіб за порушення законів, норм і правил охорони праці.
 - 4.2 Кондиціонування робочої зони.
- 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	19.04
2	Збір і узагальнення інформації по проекту	13.05	12.05
3	Написання першого розділу	25.05	24.05
4	Розробка технічного та робочого проекту	29.05	28.05
5	Написання спеціального розділу	29.05	28.05
6	Розрахунок економічної частини	25.05	24.05
7	Написання розділу охорони праці	26.05	25.05
8	Виконання графічної частини	19.05	19.05
9	Оформлення проекту	08.06	07.06
10	Погодження нормоконтролю	12.06	11.06
11	Попередній захист проекту	16.06	15.06
12	Захист проекту		

7. Дата видачі завдання 20 квітня 2026 р.

Студент

_____ Віталій Кошулинський
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту

_____ Л.М. Недошитко
(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 172.402.017.000.000 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка конструкції мікрофоний стерео підсилювач Поснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркуші	
Розроб.		Кошулинський							
Перевір.		Недошитко							
Рецензент						ВСП ТФК ТНТУ ТР-402			
Н. Контр.		Задорожний				м. Тернопіль			
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 маршрутної 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 посадових осіб за порушення законів, норм і правил охорони праці

4.2 Кондиціонування робочої зони.....

ВИСНОВКИ.....

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....

ДОДАТКИ.....

					26 КР 172.402.017.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

АНОТАЦІЯ

Кошулинський В.Р. Розробка конструкції мікрофонний стерео підсилювач: 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 115*90 мм. Всі основні елементи розміщені на одній стороні плати, на іншій стороні плати світлодіод HL1, кнопка SA1. У приладі на вузлі відстуні елементи, котрі виділяють велику кількість тепла.

Корпус виготовлений з металу, яка має хороші характеристики, гарний зовнішній вигляд, та хорошу конструкцію, розміри 150×98×42мм. Конструктивно він складається з верхньої та нижньої кришок корито-подібної форми. На корпусі немає елементів, які кріпляться, основні елементи розміщенні на платі друкова.

Підібрана елементна база дозволяє реалізувати закладені в пристрій функції, є недорогою та доступною.

Ключові слова: звук, підсилення, мікрофонний, роз'єм.

					26 КР 172.403.017.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ABSTRACT

Koshulynskii V.R. Design development of a microphone stereo amplifier: qualification work for obtaining the educational and qualification level of a 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 115*90 mm. All the main elements are located on one side of the board, on the other side of the board the HL1 LED, the SA1 button. In the device, the node has elements that emit a large amount of heat.

The case is made of metal, which has good characteristics, a beautiful appearance, and a good design, dimensions 150×98×42mm. Structurally, it consists of upper and lower covers of a trough-shaped shape. There are no elements that are attached to the case, the main elements are located on the printed circuit board.

The selected element base allows you to implement the functions built into the device, is inexpensive and accessible.

Keywords: sound, amplification, microphone, connector.

					26 КР 172.403.017.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Проектований пристрій призначений для підсилення сигналів звукового діапазону до заданого рівня з дотриманням необхідних параметрів. Основне завдання підсилювача звукових частот полягає в забезпеченні на визначеному опорі навантаження, зокрема акустичної системи, сигналу потрібної потужності. Сучасні підсилювачі звукових частот переважно реалізуються на мікросхемах і мікроконтролерах, а також на польових і біполярних транзисторах у дискретному або інтегральному виконанні. При цьому для підсилення сигналу найчастіше застосовуються транзисторні каскади.

Досить часто виникає потреба запису звуку на комп'ютер або створення відеозапису зі звуковим супроводом. Якщо джерело звуку знаходиться безпосередньо біля мікрофона (на відстані до пів метра), проблем зазвичай не виникає. Однак більшість комп'ютерних мікрофонів, у тому числі в гарнітурах і WEB-камерах, мають невисоку чутливість. Через це навіть під час голосового зв'язку, наприклад у Viber, використовуючи вбудований мікрофон WEB-камери, доводиться підвищувати голос, перебуваючи на відстані близько одного метра від камери.

Запропонована схема являє собою простий мікрофонний підсилювач, який забезпечує можливість чіткого та розбірливого запису неголосної розмови з відстані кількох метрів [1].

					26 КР 172.403.017.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Розробка технічного завдання

Технічні характеристики приладу:

- Струм споживання.....0,02А;
- Напруга живлення 6В;
- Чутливість 5мВ;
- Діапазон частот..... 100Гц...15000Гц;
- Напруга вихідного сигналу200мВ;
- Маса..... 0,2 кг;
- Габаритні розміри.....98x150x42 мм;
- Діапазон робочих температур... ..20...+55°С;
- Відносна вологість повітря80%.
- Кількість мікрофонів підключення..... 2шт.

1.2 Вибір і опис структурної схеми виробу

Схема пристрою складається з декількох основних функціональних вузлів: джерела живлення 6 В, мікрофонного входу, вхідного каскаду підсилення, попереднього каскаду підсилення та вихідного каскаду підсилення. Кожен із цих вузлів виконує окрему функцію та забезпечує стабільну роботу всього пристрою.

Джерело живлення 6 В забезпечує необхідну електричну енергію для роботи всіх елементів схеми. Напруга живлення подається на підсилювальні каскади та інші компоненти, забезпечуючи їх стабільний режим роботи. Для зменшення впливу перешкод і пульсацій у схемі можуть використовуватись фільтруючі конденсатори.

Мікрофонний вхід призначений для приймання слабого звукового сигналу від мікрофона. Оскільки сигнал із мікрофона має дуже малу

					26 КР 172.403.017.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

амплітуду, його неможливо безпосередньо подати на вихідний каскад. Тому сигнал потребує подальшого підсилення.

Вхідний каскад підсилення виконує первинне підсилення сигналу, який надходить із мікрофона. Основне призначення цього каскаду — підвищення рівня слабкого вхідного сигналу до значення, достатнього для подальшої обробки. Також цей каскад забезпечує узгодження опорів між мікрофоном і наступними етапами схеми.

Попередній каскад підсилення служить для додаткового підсилення сигналу після вхідного каскаду. У цьому вузлі формується необхідна амплітуда сигналу для ефективної роботи вихідного підсилювача. Попередній каскад дозволяє покращити якість підсилення та зменшити спотворення сигналу.

Вихідний каскад підсилення є завершальним етапом роботи схеми. Його основне завдання — підсилення потужності сигналу до рівня, достатнього для роботи навантаження, наприклад динаміка або гучномовця. Саме вихідний каскад забезпечує передачу максимальної потужності на навантаження при мінімальних спотвореннях.

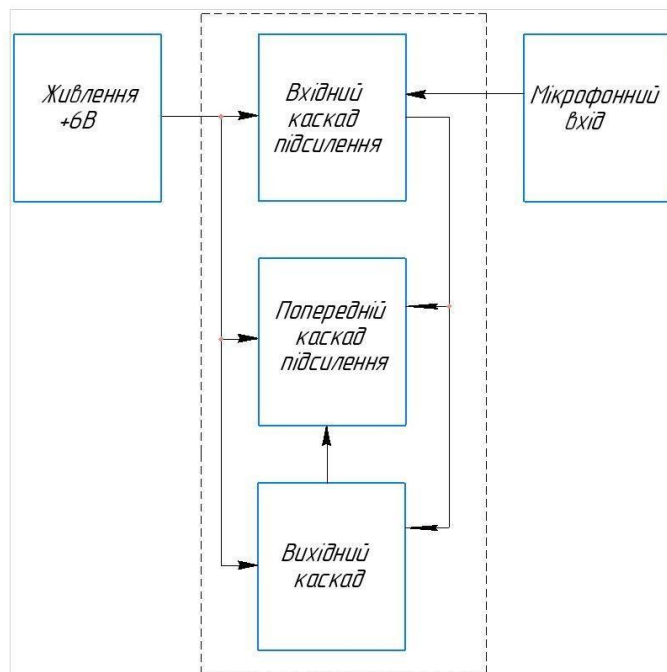


Рисунок 1.1- Схема електрична структурна

1.3 Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз

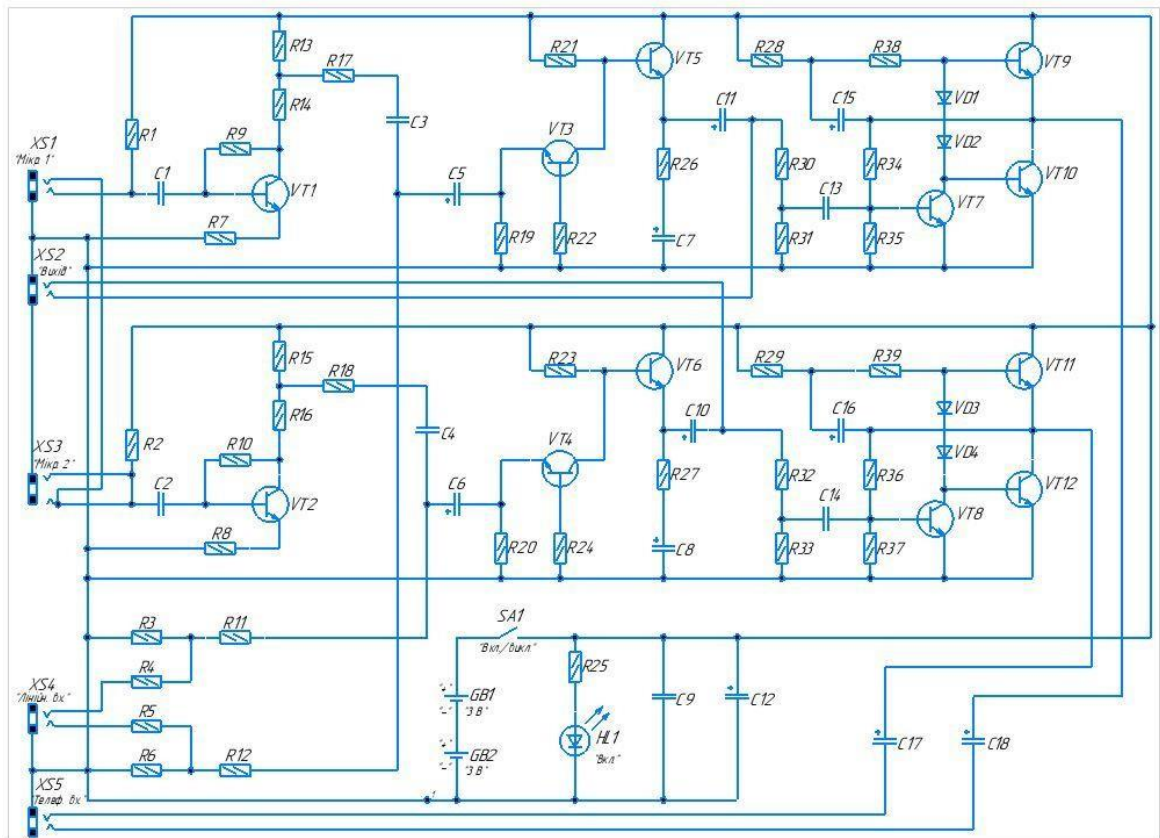


Рисунок 1.2- Схема електрична принципова

До пристрою можна підключити один стереофонічний або два монофонічні мікрофони. Блок XS1, що містить три роз'єми для аудіоштекерів діаметром 3,5 мм, розміщено в частині корпусу, призначений для встановлення головки, для чого в корпусі були просвердлені відповідні отвори.

Крім того, передбачено вхідний роз'єм XS2.1 для підключення додаткового джерела сигналу, наприклад лінійного виходу ноутбука або іншого зовнішнього аудіопристрою, а також підсилювач для контрольного прослуховування через навушники, що підключаються до роз'єму XS2.2.

Живлення підсилювача здійснюється від літієвих елементів CR2032, встановлених у відповідному тримачі.

Налаштування пристрою зводилося до встановлення необхідних рівнів вихідних сигналів. З цією метою замість пар резисторів R3, R4; R5, R6; R13,

R14; R15, R16; R29, R30; R32, R33 тимчасово були встановлені підлаштувальні резистори номіналом 10...100 кОм. Після завершення регулювання було виміряно опір відповідних ділянок у положеннях повзунків, після чого їх замінили постійними резисторами найближчих номіналів. На принциповій схемі наведені значення, отримані під час налаштування. Подальше коригування параметрів здійснюється за допомогою програмного забезпечення для обробки сигналів мікрофонного підсилювача [1].

					26 КР 172.403.017.000.000 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.

Опис компонування виробу виконаний з урахуванням компактності, зручності монтажу та надійності роботи пристрою. Елементи на друкованій платі розташовані дуже компактно, що дозволило мінімізувати її габаритні розміри до 115×90 мм. Таке компонування забезпечує раціональне використання площі плати та зменшує загальні розміри виробу.

Усі основні елементи схеми розміщені на одній стороні друкованої плати, що значно спрощує процес монтажу, пайки та технічного обслуговування пристрою. На іншій стороні плати розташовані світлодіод HL1 та кнопка SA1, які виконують функції індикації та керування. Таке розміщення забезпечує зручність користування приладом і покращує ергономічність конструкції.

Під час компонування враховано теплові режими роботи пристрою. У приладі відсутні елементи, які виділяють значну кількість тепла, тому потреба у використанні додаткових радіаторів або систем охолодження відсутня. Це дозволяє спростити конструкцію виробу та зменшити його масу.

Корпус приладу виготовлений із пластмаси, яка характеризується малою масою, хорошими електроізоляційними властивостями та достатньою механічною міцністю. Пластмасовий корпус забезпечує захист внутрішніх елементів пристрою від механічних пошкоджень і впливу зовнішнього середовища. Крім того, такий корпус має привабливий зовнішній вигляд і є технологічним у виготовленні. Габаритні розміри корпусу становлять 150×98×42 мм.

Конструктивно корпус складається з верхньої та нижньої кришок коритоподібної форми, що забезпечує простоту складання та зручний доступ до внутрішніх елементів під час ремонту або технічного обслуговування. На

					26 КР 172.403.017.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

корпусі відсутні додаткові навісні елементи, оскільки всі основні компоненти розміщені безпосередньо на друкованій платі. Це дозволяє зробити конструкцію більш простою, компактною та надійною.

Для виготовлення друкованої плати використовується фольгований склотекстоліт, який має високі електроізоляційні властивості, достатню механічну міцність і термостійкість. Друковані провідники та контактні площадки мають захисне покриття, яке запобігає окисненню та покращує якість пайки. Поверхня корпусу може мати декоративне та захисне покриття, що підвищує стійкість до подряпин і впливу навколишнього середовища.

2.1.2 Обґрунтування вибору конструкції

Обґрунтування вибору конструкції виробу базується на забезпеченні надійності роботи пристрою, зручності експлуатації, технологічності виготовлення та мінімальних габаритних розмірів. Однією з основних складових конструкції є корпус, який виконує захисну та несучу функції. Корпус призначений для захисту внутрішніх елементів приладу від впливу пилу, вологи, сонячного проміння та інших зовнішніх факторів. Крім цього, він забезпечує електробезпеку користувача під час експлуатації пристрою та виконання різних маніпуляцій із ним.

Корпус пристрою виготовлений із пластмаси, яка має хороші електроізоляційні властивості, невелику масу, достатню механічну міцність та привабливий зовнішній вигляд, габаритні розміри становлять 150×98×42 мм. Використання пластмасового корпусу дозволяє зменшити масу виробу, спростити його виготовлення та покращити ергономічні характеристики. Конструктивно корпус складається з верхньої та нижньої кришок коритоподібної форми. Така конструкція забезпечує зручність складання, монтажу та доступ до внутрішніх вузлів під час ремонту або технічного обслуговування.

					26 КР 172.403.017.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До верхньої кришки корпусу кріпиться друкована плата індикації за допомогою гвинтів і шайб, а також накладка під кнопку керування. Нижня кришка з'єднується з верхньою за допомогою гвинтів та заглушок. Подібна конструкція є достатньо простою, технологічною та забезпечує надійне кріплення всіх елементів виробу.

Важливе значення при проектуванні пристрою має його компоновання. Від правильного взаємного розташування вузлів та елементів значною мірою залежать надійність роботи, зовнішній вигляд, зручність експлуатації та ремонтпридатність виробу. Під час компоновання друкованого вузла забезпечено оптимальну щільність розміщення компонентів, мінімізовано довжину друкованих провідників та виключено небажані паразитні електричні взаємозв'язки, які можуть негативно впливати на роботу пристрою.

Розміри друкованої плати вибрано економічно доцільними та такими, що відповідають вимогам стандартизації. Плата має прямокутну форму, оскільки складні контури та пази збільшують витрати матеріалу та ускладнюють процес виготовлення. Для виготовлення плати використовується фольгований склотекстоліт, який характеризується високою механічною міцністю, хорошими електроізоляційними властивостями та термостійкістю.

Монтаж електрорадіоелементів зі штировими виводами здійснюється у наскрізні отвори друкованої плати з подальшим загинанням виводів, обрізанням та пайкою. Такий спосіб монтажу забезпечує високу механічну міцність з'єднань та надійність роботи пристрою. Під час розміщення елементів на платі враховано необхідність забезпечення вільного доступу до регульованих компонентів і місць кріплення.

При компонованні також враховано теплові режими роботи пристрою. Елементи, які можуть нагріватися під час роботи, розташовуються таким чином, щоб забезпечити природну конвекцію повітря та уникнути перегріву сусідніх компонентів. Напівпровідникові прилади та інтегральні мікросхеми

					26 КР 172.403.017.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

не розміщуються поблизу елементів із підвищеним тепловиділенням або джерел сильних магнітних полів.

Для забезпечення електричної безпеки передбачено ізоляцію електропровідних частин елементів у місцях можливого контакту з друкованими провідниками. Ізоляція може виконуватись за допомогою ізоляційних трубок, прокладок або нанесенням захисного шару епоксидної маски.

Під час проектування особлива увага приділялась забезпеченню технологічності складання, зручності монтажу та обслуговування виробу. Взаємне розміщення елементів конструкції дозволяє виконувати монтаж із застосуванням сучасних технологій пайки та забезпечує легкий доступ до вузлів під час контролю, ремонту та налаштування.

2.1.3 Опис і обґрунтування вибору елементної бази

Таблиця 2.1 Конденсатор типу b41828 [2]

Позиційне позначення	C5-C8, C10-C12, C15-C18
Назва компонента	b41828
Виробник	Ерсos
Критерії вибору	Використовуються в якості фільтруючих елементів.
Параметри та характеристики	
Номінальна напруга	10 В
Номінальна ємність	4,7...2200 мкФ мкФ
Допуск ємності	$\pm 20\%$
Термін служби	2000 г
Робоча температура	-55 ... 105 ° C
Тангенс кута втрат	0,14%

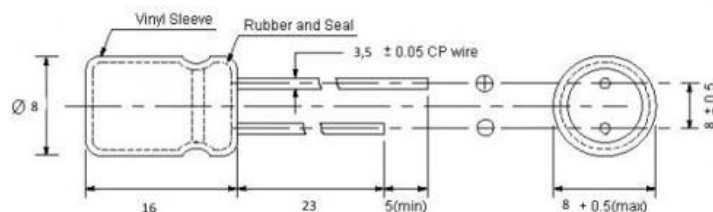


Рисунок 2.1- Зовнішній вигляд конденсатора типу b41828

					26 КР 172.403.017.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 Конденсатор типу b37979 [3]

Позиційне позначення	C1-C4,C9,C13-C14
Назва компонента	Конденсатор b37979
Виробник	"Epcos"
Критерії вибору	Робоча напруга, розміри, технічні параметри.
Параметри та характеристики	
робоча напруга	50 В
відхилення ємності від номінального значення	$\pm 10\%$
інтервал робочих температур	$-40^{\circ}\text{C} \dots +100^{\circ}\text{C}$
температурний коефіцієнт ємності	$+3,3\%$
відносна вологість	до 98%
діапазон тиску	6,6-2942гПа
діапазони ємностей	5нФ – 0,1мкФ

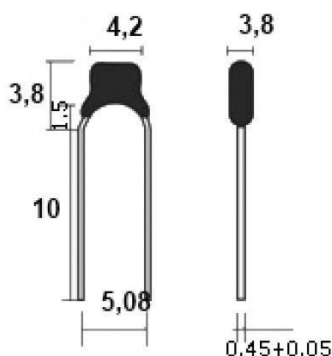
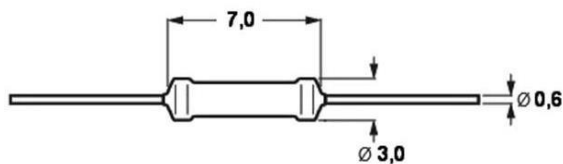


Рисунок 2.2 - Габаритні розміри керамічного конденсатора b37979

Таблиця 2.3 Резистор MFP [4]

Позиційне позначення	R1-R37
Назва компонента	MFP
Виробник	Yageo
Критерії вибору	висок стабільність параметрів, мала залежність опору від температури, частоти, напруги,
Параметри та характеристики	
діапазон номінальних опорів	$1 \dots 10 \cdot 10^6 \text{ Ом}$
допустиме відхилення опору	$\pm 10\%$
максимальна робоча напруга	200В
діапазон робочих температур	$-60 \dots +70^{\circ}\text{C}$



Рисинок 2.3 - Габаритні розміри резисторів MFP- "Yageo

					26 КР 172.403.017.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.4 Світлодіод типу L-1503GT [5]

Позиційне позначення	HL1
Назва компонента	L-1503GT
Виробник	Kingbright
Критерії вибору	Розмір, колір свічення, струм та напруга живлення
Параметри та характеристики	
Колір свічення	червоний
Довжина хвилі	663нм
Колір лінзи	червоний
Максимальна пряма напруга	1,9 В
Максимальний імпульсний прямий струм	-30мА
Робоча температура	-60...+70 ⁰ С
Максимальна зворотня напруга	2В

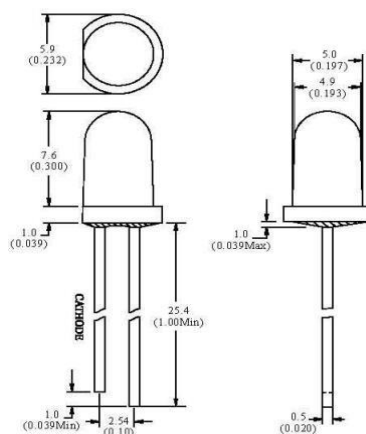


Рисунок 2.4 - Зовнішній вигляд світлодіода типу L-1503GT "Kingbright"

Таблиця 2.5 - Діод 1N5819 [6]

Позиційне позначення	VD1-VD4
Назва компонента	Діод 1N5819
Виробник	"ST Microelectronics"
Критерії вибору	Струм, корпус, напруга, струм
Параметри та характеристики	
матеріал	кремній
Максимальна постійна зворотна напруга, В	40
Максимальний прямий (випрямлений за напівперіод) струм, А	1
Максимально допустимий прямий імпульсний струм, А	25
Максимальний зворотний струм, мкА 25гр	1000
Максимальна пряма напругу, В	0.6
Загальна ємність Сд, пФ	110
Робоча температура, С	-65 ...125
корпус	do41

					26 КР 172.403.017.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

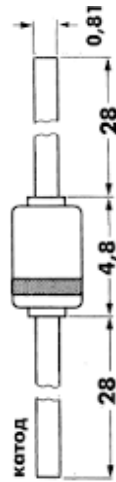


Рисунок 2.5 – Габаритні розміри діода 1N5819

Таблиця 2.6 - Перемикач PSM7-1-0 [7]

Позиційне позначення	SA1
Назва компонента	кнопка PSM7-1-0
Виробник	"Wealth Metal Factory"
Критерії вибору	Розмір, принцип роботи, струм, напруга
Параметри та характеристики	
Робоча напруга, В	12
Робочий струм, А	0.05
Розмір, мм	6x6
Висота / довжина кнопки з штовхачем (до контактів), мм	9.5
Висота / довжина штовхальника, мм	6

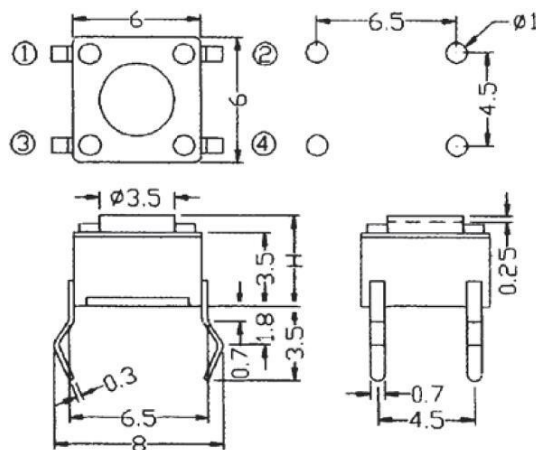


Рисунок 2.6 – Габаритні розміри перемикача PSM7-1-0

Таблиця 2.7 - Батарея CR2025 "Varta" [8]

Позиційне позначення	GB1-GB2
Назва компонента	Батарея CR2025
Виробник	"Varta"
Критерії вибору	Розмір, принцип роботи, напруга
Параметри та характеристики	
Тип батарейка	літієва
Напруга	3 В
Напруга без навантаження	3.072 В
Струм короткого замикання	0.4 А
Ємність при низьких температурах (-15 ° С, 1А)	2 мВт * год
Внутрішній опір	5.65 мОм
Температура при максимальному навантаженні	23 °
Ємність на струмі 10 mA до напруги 1.75 V (мВт * год)	57 мВт * год
Ємність на струмі	10 mA

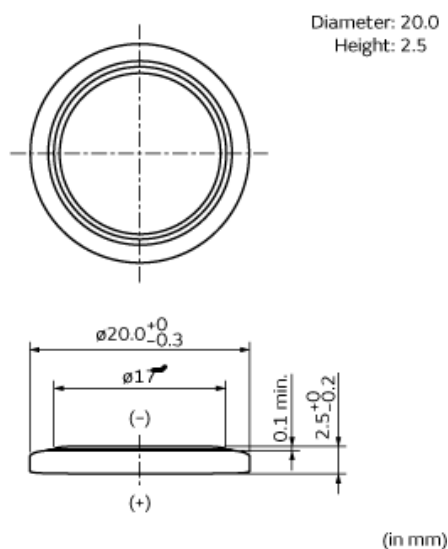


Рисунок 2.7 – Габаритні розміри батарейки CR2025 "Varta"

					26 КР 172.403.017.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.8 - Транзистор 2N5210BU [9]

Позиційне позначення	VT1-VT2, VT7-VT9, VT1
Назва компонента	Транзистор 2N5210BU
Виробник	"Fairchild"
Критерії вибору	Тип, структура, струм, напруга, підсилення
Параметри та характеристики	
Структура	npn
Макс. напр. к-е при заданому струмі до і розімкнутої ланцюга б. (Uкео макс), В	50
Максимально допустимий струм до (Ік макс.)	0.1
Статичний коефіцієнт передачі струму h_{21e} хв	200
Гранична частота коефіцієнта передачі струму $f_{гр}$.МГц	30
Максимальна потужність, що розсіюється, Вт	0.625
Корпус	to-92

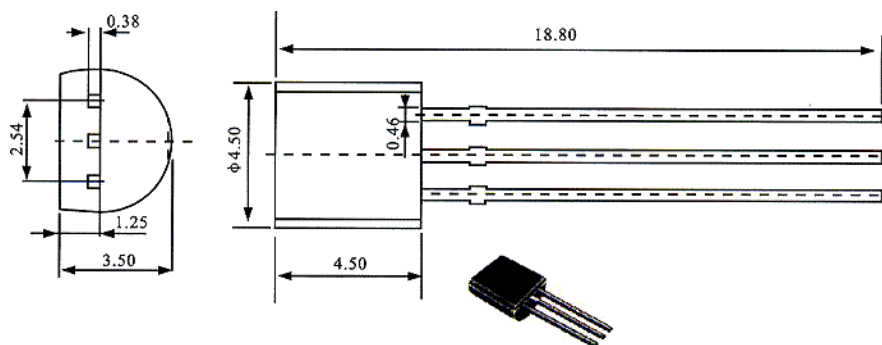


Рисунок 2.8 – Габаритні розміри транзистора 2N5210BU

Таблиця 2.9 - Транзистор BC557BTA [10]

Позиційне позначення	VT10, VT12
Назва компонента	Транзистор BC557BTA
Виробник	"Fairchild"
Критерії вибору	Тип, структура, струм, напруга, підсилення
Параметри та характеристики	
Структура	npn
Макс. напр. к-е при заданому струмі до і розімкнутої ланцюга б. (Uкео макс), В	45
Максимально допустимий струм до (Ік макс.)	0.1
Статичний коефіцієнт передачі струму h_{21e} хв	200 ... 450
Гранична частота коефіцієнта передачі струму $f_{гр}$.МГц	150
Максимальна потужність, що розсіюється, Вт	0.5
Корпус	to-92
Вага, г	0.3

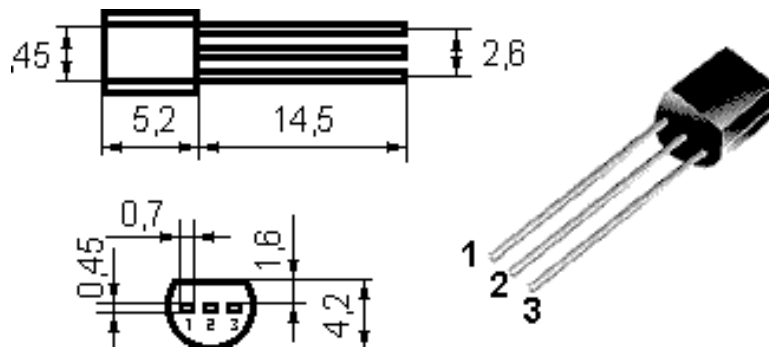


Рисунок 2.9 – Габаритні розміри транзистора BC557BTA

Таблиця 2.10 - Транзистор 2N2712 "Fairchild" [11]

Позиційне позначення	VT3-VT6	
Назва компонента	Транзистор 2N2712	
Виробник	"Fairchild"	
Критерії вибору	Напруга, струм, підсилення, тип	
Параметри та характеристики		
Максимальна напруга колектор-емітер	30 В	
Максимальна напруга колектор-база	50 В	
Максимальна напруга емітер-база	5 В	
Максимальний струм колектора	500 мА	
Розсіювана потужність	800 мВт (при 25°C)	
Коефіцієнт підсилення струму, hFE	40 – 150	
Гранична частота, fT	~200 МГц	

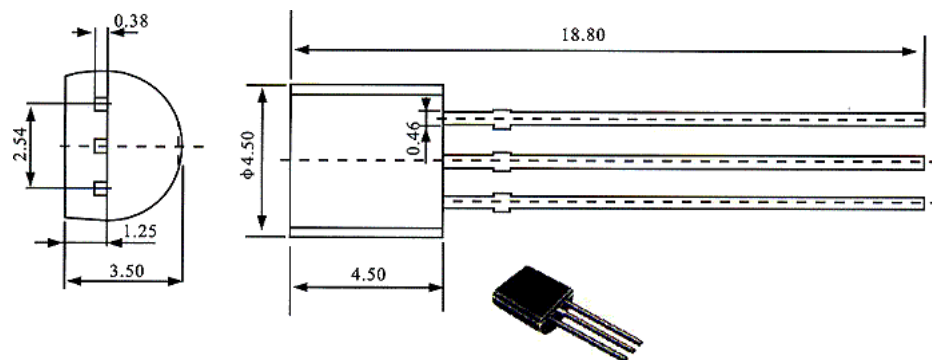


Рисунок 2.10 – Габаритні розміри транзистора 2N2712 "Fairchild"

У розроблюваному виробі застосовано сучасну елементну базу, що відповідає актуальним технічним вимогам і стандартам якості. Під час вибору радіоелементів основна увага приділялася оптимальному співвідношенню

вартості та технічних характеристик, щоб забезпечити економічну доцільність виробу без зниження його функціональних можливостей.

Окрім цього, враховувалися ключові електричні параметри компонентів — робоча напруга, струм, потужність, стабільність характеристик та допустимі відхилення. Особлива увага приділялася забезпеченню надійної роботи пристрою в заданих умовах експлуатації, зокрема в широкому діапазоні температур, підвищеній або зниженій вологості повітря, а також при можливих механічних впливах (вібраціях, ударах, транспортуванні).

Таким чином, підбір елементної бази здійснювався з урахуванням технічної, економічної та експлуатаційної доцільності, що гарантує стабільність роботи виробу та його довговічність.

2.1.4 Розрахунок електричних параметрів окремих каскадів

Схема електрична принципова RC-фільтра зображена на рисунку 2.11.

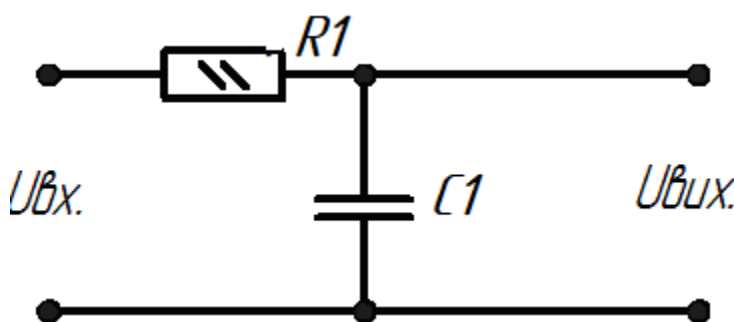


Рисунок 2.11- Схема електрична принципова RC-фільтра

1. Вихідні дані для проведення розрахунку:

$$C = 1 \text{ мкФ}$$

$$F_c = 10 \text{ кГц}$$

2. Розрахунок частоти зрізу проводиться за формулою:

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

					26 КР 172.403.017.000.000 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.

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

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

$$R1 = 10 \text{кОм}$$

Схема електрична принципова транзисторного каскаду зображена на рисунку 2.12

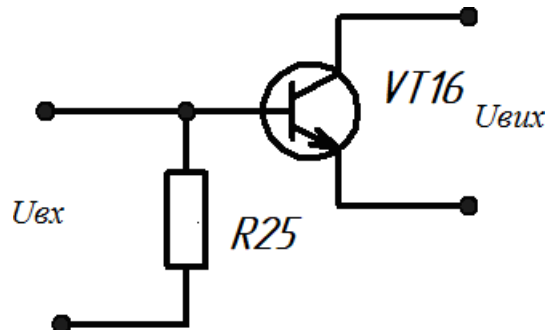


Рисунок 2.12 - Схема електрична принципова транзисторного ключа

Розрахуємо параметри транзисторного ключа при наступних умовах:

$$U_{ж}=20\text{В};$$

$$R_{н}=430 \text{ Ом};$$

$$U_{у}=\pm 12\text{В};$$

Транзистор 2N5210BU виробник фірми "Fairchild"

					26 КР 172.403.017.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$U_{\sigma 0}=0,6B;$$

$$R_{\text{нас}}=0,1\text{Ом};$$

$$r_{\sigma}=1,5\text{кОм};$$

$$I_{\text{к0}}=1\text{А};$$

$$I_{\text{к0зв}}=25\text{мА};$$

$$R_{\sigma e}=10\text{ Ом}.$$

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:

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

де: U_y – напруга управління транзистором;

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

$$R_y = \frac{12 - (0,6 + 0,2 \cdot 1,5)}{0,044} = 278(\text{Ом})$$

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

					26 КР 172.403.017.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

Вибираємо за стандартизованим рядом E24 резистор виробник фірми MFP-0,125-10кОм 10% "Yageo" з опором 10кОм.

2.1.5 Опис конструкції друкованої плати. Розрахунок параметрів друкованого монтажу

Вибрано комбінований метод виготовлення, 4 клас точності друкованої плати ОСТ 4.010.022-85 [18].

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

$$b_{min1} = \frac{I_{max}}{i_{доп} * t} = \frac{0,1A}{48 \frac{A}{мм^2} * 0,035м} = 0,1мм \quad (2.6)$$

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

Визначається із аналізу принципової схеми, $I_{max} = 0,1A$;

$i_{доп}$ – допустима густина струму, вибирається в залежності від методу виготовлення плати з табл.1, $j_{доп} = 48A/мм^2$, t – товщина провідника, $35мкм = 0,035м$

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

$$b_{min2} = \frac{\rho * I_{max} * l}{U_{д} * t} = \frac{0,0175 \frac{Ом \cdot мм^2}{м} * 0,1A * 0,4м}{0,5В * 0,035м} = 0,1мм \quad (2.7)$$

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

$L = 0,4м$ – довжина провідника,

$U_{доп} = 0,5В$ – допустиме падіння напруги.

Визначаємо номінальне значення діаметрів монтажних отворів d :

					26 КР 172.403.017.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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

$d_{E1}=0,9$ - для конденсаторів, резисторів, діодів, транзисторів

$d_{E2}=1,1$ -для підпаювання батарейок, та роз'ємів.

$$d = d_{E1} + |\Delta d_{н.в.}| + r = 0,9 + |\pm 0,1| + 0,4 = 1,3 \text{ мм}$$

$$d = d_{E2} + |\Delta d_{н.в.}| + r = 1,1 + |\pm 0,1| + 0,4 = 1,5 \text{ мм}$$

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

Розраховуємо діаметр контактних площадок.

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

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

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

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

$$b_m = 0,06 \text{ мм.}$$

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

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

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

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

де: Δd - допуск на отвір.

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

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

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

					26 КР 172.403.017.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D_{1min2} = 2 \left(0,06 + \frac{1,7}{2} + 0,25 + 0,4 \right) = 3,12 \text{ мм}$$

$$D_{min1} = 2,92 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 3 \text{ мм}$$

$$D_{min2} = 3,12 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 3,2 \text{ мм}$$

Максимальний діаметр контактної площадки:

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

$$D_{max1} = 2,82 + 0,02 = 2,82 \text{ мм}$$

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

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

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

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

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

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

Визначаємо мінімальну відстань між елементами провідного матеріалу.

Мінімальна відстань між провідником і контактною площадкою:

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

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

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

де: L_0 – відстань між центрами відповідних елементів;

Мінімальна відстань між двома контактними площадками:

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

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

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

Мінімальна відстань між двома провідниками:

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

					26 КР 172.403.017.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

2.1.6 Оцінка теплових режимів роботи виробу

Під час аналізу теплових режимів встановлено, що у складі пристрою відсутні елементи, які виділяють значну кількість тепла. Основні напівпровідникові компоненти працюють у режимах малих струмів, що суттєво зменшує тепловиділення. Це дозволяє відмовитися від використання додаткових систем охолодження, таких як радіатори або примусова вентиляція.

Відведення тепла здійснюється природним шляхом — за рахунок теплопровідності друкованої плати та конвекції повітря всередині корпусу. Пластмасовий корпус має певні теплоізоляційні властивості, однак через невелике тепловиділення елементів це не призводить до перегріву внутрішнього простору пристрою.

Важливим фактором є правильне розміщення елементів на платі. Потужніші компоненти розташовані на відстані один від одного, що запобігає локальному накопиченню тепла. Напівпровідникові прилади та інтегральні мікросхеми розміщені з урахуванням можливості вільної циркуляції повітря та мінімізації теплового впливу від сусідніх елементів.

Також враховано, що температура навколишнього середовища при експлуатації пристрою знаходиться в межах, допустимих для роботи застосованої елементної бази. Всі використані компоненти мають робочий температурний діапазон, який перекриває можливі умови експлуатації.

Таким чином, проведена оцінка теплових режимів показує, що конструкція виробу є теплово стабільною. Відсутність потужних тепловиділяючих елементів, раціональне компоновання друкованої плати та

					26 КР 172.403.017.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

природне охолодження забезпечують нормальний тепловий режим роботи пристрою без перевищення допустимих температур елементів.

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 [12]:

Таблиця 2.11 - 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	Діоди	4	0,35	0,7	0,98
2	Конденсатори електролітичні	11	0,4	2,4	10,56
3	Конденсатори керамічні	7	0,1	1,4	0,98
4	Резистори постійні	37	0,42	0,8	12,43
5	Друківана плата	1	1	0,1	0,1
6	Пайки	181	1	0,02	3,62
7	Перемикач	1	1	0,5	0,5
8	Роз'єм	5	1	0,05	0,25
9	Транзистори	12	0,35	4	16,8
10	Світлодіоди	1	1	4	4
11	Батарей	2	1	30	60

Коефіцієнти впливу:

Коефіцієнт механічних впливів: 1;

Коефіцієнт впливу вологості і температури: 1;

Коефіцієнт атомосферних впливів: 1;

Результати розрахунку:

Інтенсивність відмов: 0.000110222 1/год

Середня наробка до відмови: 9072.6 год.

Розрахунок ймовірності безвідмовної роботи $P(t)$:

$t = 10$ год. $P(t) = 0.998898$

$t = 100$ год. $P(t) = 0.989038$

$t = 1000$ год. $P(t) = 0.895635$

$t = 10000$ год. $P(t) = 0.332133$

$t = 100000$ год. $P(t) = 0.000016$

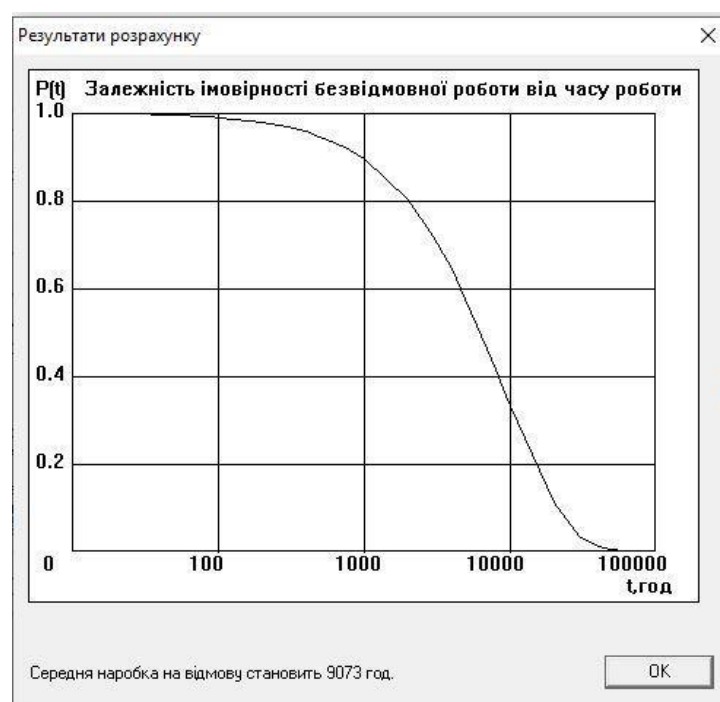


Рисунок 2.13 - Графік залежності ймовірності безвідмовної роботи від часу

Напрацювання на відмову становить 9073 год. Надійність виробу є досить високою, що супроводжується якісною роботою приладу довго та надійно.

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

Техніко-економічний аналіз конструкції виробу виконується з метою оцінки доцільності прийнятих технічних рішень, визначення собівартості виробу, а також аналізу енергоспоживання та ефективності використання елементної бази. Розроблена конструкція пристрою характеризується простотою, використанням доступних компонентів та мінімальною кількістю складних вузлів, що позитивно впливає на зниження вартості виготовлення.

Застосована елементна база є широко доступною на ринку, має невисоку вартість і не потребує спеціального обладнання для монтажу. Використання стандартної друкованої плати розміром 115×90 мм та простого пластикового корпусу також знижує виробничі витрати. Конструкція пристрою не містить дорогих або дефіцитних компонентів, що забезпечує економічну доцільність його виготовлення як у дрібносерійному, так і в одиничному виробництві.

Енергоспоживання пристрою є одним із ключових техніко-економічних показників, оскільки воно визначає вимоги до джерела живлення та впливає на теплові режими роботи.

Пристрій живиться від джерела напруги 6 В. Основними споживачами електроенергії є підсилювальні каскади, мікрофонний вхід та світлодіод індикації HL1. Оскільки схема побудована на малопотужних елементах, струм споживання є відносно невеликим.

Даний пристрій відноситься до вимірювальних приладів. Його напруга живлення становить +6В, а струм споживання 0,02А. Тому потужність буде рівна:

$$P=I*U=0,02*6=0,12 \text{ (Вт)} \quad (2.17)$$

Отже, споживана потужність пристрою становить приблизно 0,12 Вт, що свідчить про його енергоефективність.

					26 КР 172.403.017.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Низьке енергоспоживання дозволяє використовувати малопотужне джерело живлення, зменшує вимоги до тепловідведення та підвищує загальну економічну ефективність виробу. Завдяки цьому пристрій може тривалий час працювати без значного нагрівання та з мінімальними витратами електроенергії.

2.2 Технологічна частина

2.2.1 Загальні відомості про складання і монтаж проектованого виробу

Складання та монтаж проектованого виробу виконуються з урахуванням вимог технологічності, надійності, ремонтпридатності та мінімізації трудомісткості виготовлення. Основою конструкції є друкована плата розміром 115×90 мм, на якій розміщені всі електрорадіоелементи схеми. Використання друкованого монтажу дозволяє значно спростити процес складання, підвищити щільність компонування та зменшити кількість з'єднувальних проводів.

Монтаж елементів виконується переважно навісним способом із застосуванням наскрізних отворів у друкованій платі. Елементи зі штировими виводами встановлюються в монтажні отвори, після чого їх виводи фіксуються шляхом загинання та подальшого паяння. Такий спосіб монтажу забезпечує високу механічну міцність з'єднань і надійний електричний контакт.

Пайка елементів виконується стандартними методами (ручна пайка або пайка хвилею припою при серійному виробництві). Для забезпечення якісних з'єднань використовуються флюси, що не викликають корозії провідників. Після завершення пайки рекомендується очищення плати від залишків флюсу для підвищення надійності та довговічності виробу.

					26 КР 172.403.017.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Світлодіод HL1 та кнопка SA1 розміщені на зворотній стороні плати, що забезпечує зручність експлуатації та індикації стану пристрою. Їх монтаж виконується з урахуванням правильного позиціонування відносно корпусу виробу.

Друкована плата кріпиться всередині пластикового корпусу за допомогою гвинтів і дистанційних елементів (шайб або стійок), що забезпечує її надійну фіксацію та виключає механічні пошкодження під час експлуатації. Корпус складається з верхньої та нижньої кришок, що полегшує доступ до внутрішніх вузлів під час ремонту або обслуговування.

Під час складання виробу особлива увага приділяється правильному підключенню елементів, дотриманню полярності напівпровідникових приладів та відповідності монтажу принциповій електричній схемі. Перед остаточним складанням проводиться контроль якості монтажу, перевірка відсутності коротких замикань та правильності з'єднань.

Загалом процес складання та монтажу проектного виробу є технологічно простим, не потребує складного обладнання та може бути виконаний як в умовах одиничного, так і дрібносерійного виробництва. Це забезпечує високу ремонтпридатність, надійність та економічну доцільність виготовлення пристрою.

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

Технологічність конструкції виробу являє собою сукупність властивостей конструкції, які визначають можливість її виготовлення, складання, експлуатації та ремонту з мінімальними витратами праці, матеріалів, часу та виробничих ресурсів. При цьому порівняно з аналогічними виробами забезпечується необхідний рівень якості, надійності та функціональності.

					26 КР 172.403.017.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оцінка технологічності виробу проводиться з метою аналізу конструкції та визначення шляхів зменшення трудомісткості виготовлення, скорочення часу технологічної підготовки виробництва, а також зниження матеріальних витрат. У процесі якісної оцінки виконується конструктивно-технологічний аналіз виробу з точки зору його пристосованості до умов серійного або одиничного виробництва.

Якісна оцінка технологічності включає аналіз конструктивних рішень, вибір матеріалів корпусу та друкованої плати, а також визначення способів виготовлення, складання та контролю виробу. При цьому враховуються використовувані технологічні процеси, інструменти та обладнання.

У межах аналізу технологічності визначено основні етапи виробничого процесу виготовлення друкованого вузла:

Заготівельні роботи — підготовка та комплектація електрорадіоелементів для подальшого монтажу. Цей етап виконується працівниками, відповідальними за комплектування виробу.

Установка та кріплення елементів — монтаж радіоелементів на друковану плату здійснюється переважно вручну. За умов серійного виробництва можливе використання напівавтоматизованого обладнання для підвищення продуктивності.

Монтаж з'єднань — у даному виробі відсутні гнучкі монтажні перемички, тому операції з їх встановлення не виконуються, що спрощує технологічний процес.

Пайка монтажних з'єднань — виконується методом ручної пайки або пайки хвилею припою у разі серійного виробництва. Для пайки застосовуються стандартні матеріали, зокрема припій ПОС-61 та флюс відповідного типу. Відсутність додаткових проводів також скорочує обсяг паяльних робіт.

Контроль механічної міцності з'єднань — здійснюється шляхом випробувань на вібрацію та механічні навантаження із використанням спеціальних стендів, що імітують реальні умови експлуатації.

					26 КР 172.403.017.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Візуальний контроль монтажу — перевірка правильності встановлення елементів і якості пайки виконується працівниками середньої кваліфікації.

Електричний контроль з'єднань — проводиться за допомогою вимірювальних стендів для перевірки правильності електричних параметрів і відсутності коротких замикань.

Після виконання зазначених операцій отримується повністю готовий друкований вузол виробу.

Корпус пристрою виготовляється з термопластичної пластмаси, зокрема поліетилентерефталату (ПЕТФ), який має наступні характеристики:

- густина: 1300–1330 кг/м³;
- робочий температурний діапазон: від –50 °С до +90 °С;
- усадка при формуванні: 1,2–1,5 %.

Вибір даного матеріалу обґрунтований його достатньою механічною міцністю, термостійкістю, стабільністю розмірів та можливістю масового виробництва методом лиття під тиском.

Виготовлення корпусу здійснюється методом лиття під тиском у холодну прес-форму. Суть процесу полягає в тому, що розплавлена пластмаса під тиском подається у форму, де рівномірно заповнює всі порожнини та швидко твердне без додаткового підігріву форми. Це дозволяє підвищити продуктивність та знизити тривалість виробничого циклу.

Конструктивно корпус складається з двох основних частин — верхньої та нижньої кришок. Технологічний процес їх виготовлення включає такі етапи:

- виготовлення прес-форми із застосуванням обладнання з ЧПК;
- вибір і підготовка матеріалу для лиття, що виконується спеціалістами відповідної кваліфікації;
- процес лиття під тиском для формування деталей корпусу;
- охолодження виробів до повного затвердіння;
- механічна обробка, яка включає видалення літникових каналів, свердління отворів, фрезерування та нарізання різьби.

					26 КР 172.403.017.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загалом запропонована конструкція виробу є технологічною, оскільки не потребує складного монтажу, містить мінімальну кількість складальних операцій, використовує доступні матеріали та стандартні технологічні процеси. Це забезпечує низьку собівартість виробу, високу повторюваність якості та зручність серійного виготовлення.

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

Для виготовлення друкованої плати проектного виробу використовується двостороння друкована плата, виконана комбінованим методом. Даний метод дозволяє поєднати переваги субтрактивної та напівадитивної технологій, що забезпечує високу щільність монтажу, надійність електричних з'єднань, а також зменшення габаритних розмірів пристрою.

Основою друкованої плати є фольгований склотекстоліт типу FR-4 або аналогічний матеріал. Він характеризується високою механічною міцністю, добрими діелектричними властивостями, термостійкістю та стабільністю геометричних розмірів під час експлуатації. Як провідний шар використовується мідна фольга з обох сторін плати, стандартної товщини близько 35 мкм, що є оптимальним для малопотужних електронних пристроїв.

У технологічному процесі також використовуються допоміжні матеріали, зокрема світлочутливий фоторезист для формування провідного рисунка, розчини для травлення міді (хлорид заліза або персульфат амонію), матеріали для металізації отворів, паяльна маска для захисту провідників від окиснення та коротких замикань, а також флюси та очищувальні розчини для забезпечення якісного монтажу та підготовки поверхні.

Технологічний процес виготовлення плати починається з підготовки заготовки необхідного розміру з урахуванням технологічних полів. Далі проводиться очищення та знежирення поверхні міді для забезпечення доброї

					26 КР 172.403.017.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

адгезії фоторезисту. Після цього на обидві сторони плати наноситься фоторезист, який експонується через фотошаблон із подальшим проявленням рисунка провідників.

Наступним етапом є травлення міді, в результаті якого видаляються непотрібні ділянки провідного шару і формується топологія друкованих провідників. Після травлення виконується свердління монтажних і перехідних отворів відповідно до конструктивної документації. Для забезпечення електричного зв'язку між шарами плати застосовується операція металізації отворів, що є характерною особливістю комбінованого методу виготовлення.

Після цього наноситься паяльна маска, яка захищає провідники від окиснення, механічних пошкоджень та випадкових коротких замикань. За необхідності виконується лудіння контактних площадок, що покращує якість подальшої пайки електрорадіоелементів. Завершальним етапом є механічна обробка плати до остаточних розмірів, а також контроль якості виготовлення та перевірка електричних параметрів.

Таким чином, застосування двосторонньої друкованої плати, виготовленої комбінованим методом, забезпечує високу надійність, компактність конструкції, покращені електричні характеристики та технологічність виробу в цілому. Обрані основні та допоміжні матеріали відповідають сучасним вимогам електронного виробництва і забезпечують довговічність та стабільність роботи пристрою.

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.

Коефіцієнт використання мікросхеми $K_{вик.імс}$ визначається за формулою:

					26 КР 172.403.017.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{\text{вик.імс}} = \frac{H_{\text{імс}}}{H_{\text{імс}} + H_{\text{ЕРЕ}}} = \frac{0}{0 + 80} = 0 \quad (2.18)$$

Коефіцієнт автоматизації і механізації монтажу $K_{\text{А.М}}$ виробу визначається за формулою:

$$K_{\text{А.М}} = \frac{H_{\text{А.М}}}{H_{\text{М}}} = \frac{160}{179} = 0,9 \quad (2.19)$$

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

$H_{\text{М}}$ – загальна кількість монтажних з'єднань.

Коефіцієнт амортизації і механізації підготовки ЕРЕ до монтажу $K_{\text{М.П.ЕРЕ}}$ визначається за формулою:

$$K_{\text{М.П.ЕРЕ}} = \frac{H_{\text{М.П.ЕРЕ}}}{H_{\text{ЕРЕ}}} = \frac{73}{80} = 0,91 \quad (2.20)$$

де $H_{\text{М.П.ЕРЕ}}$ 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 $K_{\text{ПОВТ.ЕРЕ}}$ визначається за формулою:

$$K_{\text{ПОВТ.ЕРЕ}} = 1 - \frac{H_{\text{Т.ЕРЕ}}}{H_{\text{ЕРЕ}}} = 1 - \frac{36}{80} = 0,55 \quad (2.21)$$

де $H_{\text{ЕРЕ}}$ – загальна кількість ЕРЕ у виробі.

Коефіцієнт застосовності електрорадіоелементів $K_{\text{ЗАСТ.ЕРЕ}}$ визначається за формулою:

$$K_{\text{ЗАСТ.ЕРЕ}} = 1 - \frac{H_{\text{Т.ОР.ЕРЕ}}}{H_{\text{Т.ЕРЕ}}} = 1 - \frac{40}{80} = 0,5 \quad (2.22)$$

де $H_{\text{Т.ОР.ЕРЕ}}$ кількість типорозмірів оригінальних ЕРЕ у виробі

					26 КР 172.403.017.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

визначається за формулою:

$$K_{BCT.P} = 1 - \frac{H_{BCT.P}}{H_{EPE}} = 1 - \frac{80}{80} = 0 \quad (2.23)$$

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

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

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

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

Комплексний показник технологічності K визначається за формулою

$$K = \frac{K_1\phi_1 + K_2\phi_2 + \dots + K_i\phi_i}{\phi_1 + \phi_2 + \dots + \phi_i} = \frac{0*1 + 0,9*1 + 0,91*0,75 + 0,55*0,5 + 0,5*0,310 + 0*0,187 + 1*0,110}{1 + 1 + 0,75 + 0,5 + 0,310 + 0,187 + 0,110} = 0,55 \quad (2.25)$$

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

Відношення K/K_n повинно задовольняти умову:

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

Перевіряємо умову: $\frac{0,55}{0,5} = 1,1 \geq 1.$

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

					26 КР 172.403.017.000.000 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 верхню частину корпусу;
- кріплення друкованого вузла до верхньої частини корпусу за допомогою чотирьох гвинтів;
- кріплення накладки під кнопку на верхню кришку;
- фіксація кришок за допомогою гвинтів та шайб;
- кріплення заглушок.

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

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

					26 КР 172.403.017.000.000 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 –1000грн/м² за місяць). При цьому вартість передавальних пристроїв включається в орендну плату будівель.

Вартість будівель розраховується за формулою:

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

$$V_{\text{буд}} = 2000 \times 100 = 200000 \text{ (грн.)}$$

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

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

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

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

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

$$V_{\text{буд}\Sigma} = 200000 + 100000 = 300000 \text{ (грн.)}$$

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

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

При цьому вартість обладнання складає:

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

$$V_{\text{обл}} = 200000 \cdot 0,5 = 100000 \text{ (грн.)}$$

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

					26 КР 172.402.017.000.000 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:

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

$$V_{\text{інстр}} = 100000 \times 0,02 \times 1,1 = 2200 \text{ (грн.)}$$

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:

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

$$V_{\text{інв}} = 100000 \times 0,03 \times 1,1 = 3300 \text{ (грн.)}$$

4) Загальний обсяг виробничих інвестицій розраховується за формулою:

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

$$\Pi = 3000000 + 2200 + 3300 = 3055500 \text{ (грн.)}$$

5) Величина амортизаційних відрахувань розраховується за формулою:

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

$$A = \frac{5500 \times 25}{100} = 1375 \text{ (грн.)}$$

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 172.402.017.000.000 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	2200	550
	Виробничий та господарський інвентар	3300	825
	Всього:	5500	1375

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

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

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

$$B_M = 588 \times 1,04 = 611,52 \text{ (грн.)}$$

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

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

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

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

Таблиця 3.2- Розрахунки

№ з/п	Назва матеріалу (покупного виробу)	Кількість	Ціна за одиницю	Загальна вартість
1	Плата друкована	1	75	75
2	Кришка нижня	1	75	75
3	Кришка верхня	1	75	75
4	Батарея	2	10	20
5	Конденсатори електролітичні	11	5	55
6	Конденсатори постійні	7	1	7
7	Резистори постійні	36	0,5	18
8	Перемикач	1	25	25
9	Світлодіод	1	10	10
10	Діоди	4	2	8
11	Роз'єм	5	20	100
12	Транзистор	12	10	120
				588

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 ($B_{o.z.пл.}$):

					26 КР 172.402.017.000.000 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:

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

$$P_{\text{від}} = \frac{30}{60} \times 220 = 110 (\text{грн})$$

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

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

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

Таблиця 3.3- Розрахунок основної заробітної плати

№ з/п	Назва операції	$T_{\text{шт}}$, хв.	Розряд	Годинна тарифна ставка, ($C_{\text{г}}$), грн/год
1	Пайка	12	V	220
2	Регулювання	10	V	220
3	Складання	8	V	220
	Всього	30		

4) Витрати на додаткову заробітну плату працівників ($V_{\text{дод.з.пл.}}$):
приймаються в розмірі 11% від основної заробітної плати виробничих працівників і розраховують за формулою:

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

$$V_{\text{дод.з.пл.}} = 110 \times 0.11 = 12,1 (\text{грн})$$

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:

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

					26 КР 172.402.017.000.000 ПЗ	Арк.
ЗМН.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_{\text{в.с.з.}} = \frac{22}{100} \times (110 + 12,1) = 26,86 \text{ (грн)}$$

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

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

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

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

$$B_{\text{уео}} = \frac{76}{100} \times (110 + 12,1) = 92,8 \text{ (грн.)}$$

де $\alpha_{\text{уео}}$ - відсоток витрат на утримання та експлуатацію обладнання (приймається 76%);

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

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

$$B_{\text{зв}} = \frac{210}{100} \times (110 + 12,1) = 256,41 \text{ (грн.)}$$

де $\alpha_{\text{зв}}$ - відсоток загальновиробничих витрат (приймають 210%).

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

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

$$S_{\text{вир}} = 611,52 + (110 + 12,1 + 26,86) + 92,8 + 256,41 = 1109,69 \text{ (грн.)}$$

					26 КР 172.402.017.000.000 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	611,52
2	Основна заробітна плата виробничих робітників	110,00
3	Додаткова заробітна плата виробничих робітників	12,1
4	Відрахування на соціальні заходи	26,86
5	Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	92,8
6	Загальновиробничі витрати	256,41
Разом виробнича собівартість (сума 1-6), в тому числі:		1109,69
7	-змінні (сума 1-4) $B_{зм.од}$	760,48
8	-умовно-постійні (сума 5-6) $B_{уп.од}$	349,21

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

$$C_{од}_{пр} = S_{пов} \times \frac{100 + \alpha_{пр}}{100} \quad (3.15)$$

$$C_{од}_{пр} = 1109,69 \times \frac{100 + 24}{100} = 1376,02 \text{ (грн.)}$$

де $\alpha_{пр}$ —відсоток запланованого прибутку (приймається 24%);

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:

$$P_p = (C_{од}_{пр} - S_{пов.}) \times N_p, \quad (3.16)$$

$$P_p = (1376,02 - 1109,69) \times 1450 = 386178,5 \text{ (грн),}$$

					26 КР 172.402.017.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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

2) Чистий прибуток від реалізації проекту розраховується за формулою:

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

$$\text{ЧП} = 386178,5 - 386178,5 \times \frac{18}{100} = 316666,37 \text{ (грн.)}$$

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

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

3) Собівартість всього виробництва розраховується за формулою:

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

$$S_{повq} = 1109,69 \times 1450 = 1609050,5 \text{ (грн.)}$$

4) Рентабельність продукції визначається за формулою:

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

$$P_{п} = \frac{316666,37}{1609050,5} \times 100\% = 19,68 \%$$

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

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

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

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

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

$$\Gamma\Pi = 316666,37 + 1375 = 318041,37 \text{ (грн.)},$$

де ЧП_t - сума чистих грошових надходжень у t-му році, грн.;

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

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

					26 КР 172.402.017.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$\text{ЧТВ} = 551972,64 - 305500 = 246472,64 \text{ (грн.)}$$

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:

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

$$\text{ТВ} = \frac{318041,37}{(1+0,1)^1} + \frac{318041,37}{(1+0,1)^2} = 551972,64 \text{ (грн.)}$$

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:

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

$$\text{ІП} = \frac{551972,64}{305500} = 1,81$$

					26 КР 172.402.017.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де ІІІ- 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($T_{\text{диск}}$) характеризує кількість років, за які будуть відшкодовані початкові інвестиції та розраховується за формулою:

$$T_{\text{диск}} = \frac{PI}{GP_{\text{диск}}} \quad (3.24)$$
$$T_{\text{диск}} = \frac{305500}{275986,32} = 1,12р$$

де $GP_{\text{диск}}$ - середньорічна величина дисконтованих грошових потоків:

$$GP_{\text{диск}} = \frac{TV}{t}, \quad (3.25)$$
$$GP_{\text{диск}} = \frac{551972,64}{2} = 275986,32 \text{ (грн.)}$$

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.	1450
2	Собівартість виробу	грн./од.	1109,69
3	Ціна одиниці виробу	грн./од.	1376,02
4	Початкові інвестиції для реалізації інвестиційного проекту	грн.	305500
5	Чистий прибуток	грн.	316666,37
6	Рентабельність виробу	%	19,68
8	Чиста теперішня вартість проекту	грн.	246472,64
9	Індекс прибутковості	-	1,81
10	Дисконтований термін окупності інвестицій	років	1,12

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Відповідальність посадових осіб за порушення законів, норм і правил охорони праці.

За порушення нормативних актів про охорону праці, невиконання розпоряджень посадових осіб органів державного нагляду з питань безпеки, гігієни праці і виробничого середовища підприємства (установи, організації) можуть притягуватися органами державного нагляду до сплати штрафу. На основі постанови про підсумки комплексної перевірки стану охорони праці на підприємстві у відсотках від місячного фонду заробітної платні накладають:

- до 2 % – голова Держгірпромнагляд;
- до 1,5 % – його замісник;
- до 1 % – начальники територіальних управлінь;
- до 0,5 % – начальники інспекцій.

Підприємства сплачують штраф за кожний пов'язаний з підприємством нещасний випадок і випадок професійного захворювання.

Розмір штрафу за нещасний випадок і (або) професійне захворювання з тимчасовою втратою працездатності визначається з розрахунку середньомісячної заробітної платні потерпілого в період його тимчасової втрати працездатності.

У разі стійкої втрати професійної працездатності розмір штрафу визначається з розрахунку половини середньомісячної заробітної платні потерпілого за кожний відсоток втрати ним професійної працездатності.

Штраф за нещасний випадок (професійне захворювання) зі смертельним наслідком сплачується в розмірі дворічної заробітної платні потерпілого. У разі замовчування нещасного випадку власник сплачує штраф у десятикратному розмірі. Невиплата штрафу упродовж місяця після остаточного вирішення можливого спору веде до начислення на його суму пені в розмірі двох відсотків за кожний прострочений день.

					26 КР 172.402.017.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виплата штрафу за порушення нормативних актів про охорону праці, за нещасні випадки і професійні захворювання здійснюється за рахунок доходу, який залишається в розпорядженні підприємства. Бюджетні установи, організації виплачують штраф за рахунок коштів, які направляються на преміювання.

Сума штрафу за порушення нормативних актів про охорону праці розподіляється таким чином :

- 30 % – на розрахунковий рахунок галузевого фонду охорони праці;
- 20 % – на розрахунковий рахунок регіонального фонду;
- 50 % – залишається у розпорядженні підприємства для забезпечення потрібного рівня безпеки і гігієни праці.

Кошти від виплати штрафу за нещасний випадок чи професійне захворювання перераховуються власником на розрахункові рахунки галузевого і регіонального фондів: у кожний фонд в розмірі 50 % загальної суми. З галузевого фонду половина суми штрафу перераховується в державний фонд охорони праці.

Штрафні санкції до підприємств (установ, організацій), підприємців застосовуються за порушення санітарного законодавства.

За передачу замовнику або у виробництво і застосування конструкторської, технологічної і проектної документації, яка не відповідає вимогам санітарних норм, розробник цієї документації виплачує штраф у розмірі 25 % вартості розробки. За випуск, реалізацію продукції, яка не відповідає чинним на Україні санітарним нормам або є небезпечною для життя і здоров'я людей, виплачується штраф у розмірі 100 % вартості випущеної або реалізованої продукції.

За фактом порушення санітарного законодавства складається протокол, на підставі якого виноситься постанова про накладання штрафу. Один примірник постанови подається державній податковій інспекції за місцезнаходженням підприємства. У випадку невиконання порушником

					26 КР 172.402.017.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

постанови упродовж 15 днів з дня її видання сума штрафу стягується державною податковою інспекцією без оскарження.

За порушення законодавства та інших нормативних актів про охорону праці, створення перешкод для дій посадових осіб органів державного нагляду і представників професійних спілок винні особи притягуються до дисциплінарної, адміністративної матеріальної, кримінальної відповідальності згідно з законодавством.

За порушення санітарного законодавства передбачається відповідальність дисциплінарна, адміністративна, цивільно-правова і кримінальна.

Дисциплінарна відповідальність – це одна з мір покарання: догана, звільнення.

Адміністративна відповідальність – це відповідальність посадових осіб і працівників перед органами державного нагляду, яка полягає у застосуванні до них штрафних санкцій.

Невиконання законних вимог Державного комітету України з нагляду за охороною праці (Держгірпромнагляду) або органів міністерства охорони навколишнього природного середовища і ядерної безпеки України призводить до накладання штрафів:

- на працівників – до п'яти мінімальних розмірів заробітної платні;
- на посадових осіб – до п'ятнадцяти мінімальних розмірів заробітної платні;

Порушення вимог законодавства про працю і охорону праці, законодавства та інших нормативних актів про безпечне ведення робіт в галузях промисловості – накладання штрафів:

- на працівників – до п'яти мінімальних розмірів заробітної платні;
- на посадових осіб підприємства (установи, організацій) – до десяти мінімальних розмірів заробітної платні.

					26 КР 172.402.017.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Порушення чи невиконання колективного договору (угоди) особами, які представляють власника, іншими уповноваженими або особами, які представляють трудовий колектив, тягне за собою накладання штрафу до 100 мінімальних розмірів заробітної платні.

За порушення санітарного законодавства або невиконання постанов, розпоряджень, приписів, висновків посадових осіб органів, установ і закладів державної санітарно-епідеміологічної служби накладається штраф:

- на посадових осіб у розмірі від шести до двадцяти п'яти мінімальних розмірів заробітної платні,
- на громадян – від одного до дванадцяти мінімальних розмірів заробітної платні.

Матеріальна відповідальність передбачає відшкодування підприємству конкретними посадовими особами чи працівниками частини нанесеної шкоди внаслідок аварії, нещасного випадку чи професійного захворювання, які сталися з їхньої вини.

Цивільно-правова відповідальність за порушення санітарного законодавства передбачає відшкодування винними (підприємствами, підприємцями і громадянами) шкоди потерпілим особам (сталися захворювання, отруєння, радіаційне ураження, втрата працездатності, наступили інвалідність або смерть), а також компенсацію ними витрат санітарно-епідеміологічної служби і лікувально-профілактичних закладів.

Кримінальна відповідальність застосовується згідно з Кримінальним Кодексом України. Відповідно до статті 135, порушення вимог законодавства та інших нормативних актів про охорону праці посадовою особою, громадянином-власником підприємства чи уповноваженою ним особою, якщо воно створювало небезпеку для життя і здоров'я громадян, карається виправними роботами на термін до одного року або штрафом до п'ятнадцяти мінімальних розмірів заробітної платні.

					26 КР 172.402.017.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2 Кондиціювання робочої зони.

Одним із важливих засобів профілактики у закритих виробничих приміщеннях є своєчасне та постійне провітрювання приміщень та забезпечення допустимих рівнів мікроклімату.

До основних показників мікроклімату повітря робочої зони відносяться температура, відносна вологість, швидкість руху повітря.

На параметри мікроклімату та стан людського організму також впливає інтенсивність теплового випромінювання різних нагрітих поверхонь, температура яких перевищує температуру у виробничому приміщенні.

Тривала дія на організм людини несприятливих метеорологічних умов погіршує самопочуття, знижує продуктивність праці і часто призводить до різних захворювань і порушень стану здоров'я

Завдання роботодавця для збереження здоров'я працюючих, створити на робочому місці оптимальні, або допустимі мікрокліматичні умови. Комфортне самопочуття працюючого забезпечується відповідним співвідношенням температури, відносної вологості і швидкості руху повітря.

Повітря у робочій зоні виробничих приміщень у цехах підприємств повинно відповідати вимогам Санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень, затверджених постановою головного державного санітарного лікаря України.

Відповідно до пункту 3.1 Санітарних норм вимірювання параметрів мікроклімату проводяться на робочих місцях і в робочій зоні на початку, в середині та в кінці робочої зміни. При коливаннях мікрокліматичних умов, пов'язаних з технологічним процесом та іншими причинами, вимірювання проводяться з урахуванням найбільших і найменших величин термічних навантажень протягом робочої зміни.

При проведенні вимірювання в холодний період року температура зовнішнього повітря не повинна бути вищою за середню розрахункову

					26 КР 172.402.017.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

температуру, в теплий період — не нижчою за середню розрахункову температуру, що приймається для опалення та кондиціонування за оптимальними та допустимими параметрами.

Нормалізація несприятливих мікрокліматичних умов здійснюється за допомогою комплексу заходів та способів, які включають: будівельно-планувальні, організаційно-технологічні, санітарно-технічні та інші заходи колективного захисту. Для профілактики перегрівань та переохолоджень робітників використовуються засоби індивідуального захисту, медико-біологічні тощо.

Формовані параметри мікроклімату на робочих місцях повинні бути досягнені, в першу чергу, за рахунок раціонального планування виробничих приміщень і оптимального розміщення в них устаткування з тепло-, холодо- та вологовиділеннями. Для зменшення термічних навантажень на працюючих передбачається максимальна механізація, автоматизація та дистанційне управління технологічними процесами і устаткуванням.

У виробничих приміщеннях з надлишком (явного) тепла використовують природну вентиляцію (аерацію). Аераційні ліхтарі та шахти розташовують безпосередньо над основними джерелами тепла на одній осі. У разі неможливості або неефективності аерації встановлюють механічну загальнообмінну вентиляцію.

При наявності одиничних джерел тепловиділень оснащують обладнання місцевою витяжною вентиляцією у вигляді локальних відсмоктувачів, витяжних зонтів тощо.

У замкнених і невеликих за об'ємом приміщеннях (кабіни кранів, пости та пульти керування, ізольовані бокси, кімнати відпочинку тощо) при виконанні операторських робіт використовують системи кондиціонування повітря з індивідуальним регулюванням температури та об'єму повітря, що подається.

					26 КР 172.402.017.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пуск, налагодження та експлуатація вентиляційних систем повинні проводитися відповідно до вимог ДСТУ Б А.3.2-12:2009 „Системи вентиляційні. Загальні вимоги”.

Профілактичні огляди приміщень для вентиляційного устаткування, очисних пристроїв і інших елементів вентиляційних систем, що обслуговують приміщення категорій А, Б і В, повинні проводитися не рідше одного разу в зміну із занесенням результатів огляду в журнал ремонту та експлуатації. Виявлені при цьому несправності підлягають негайному усуненню.

Чищення вентиляційних систем має виконуватись в строки, що установлені інструкціями з експлуатації. Відмітка про чищення заноситься в журнал ремонту та експлуатації системи.

Інструментальну перевірку ефективності роботи вентиляційних систем необхідно проводити не менше ніж один раз на рік, а також після кожного їх капітального ремонту та реконструкції. Акти перевірки повинні затверджуватися роботодавцем відповідно до вимог ДСТУ Б А.3.2-12:2009.

На кожному підприємстві повинна бути служба, що забезпечує нормальну та безперебійну роботу вентиляційних систем та їх ремонт.

					26 КР 172.402.017.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

При виконанні даного проекту було здійснено розробку конструкції «Мікрофонний стерео підсилювач». Проведено вибір елементної бази на основі сучасних і поширених радіоелементів.

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 105×80мм з координатною сіткою 2,5мм. Також отримана плата має мінімальні паразитні зв'язки.

Найкращим методом для виготовлення друкованої плати виявився комбінований метод. Елементи розміщені на друкованому вузлі досить компактно. Конструкція друкованого вузла є досить нескладна, конструкція корпусу виробу є також не складною. Корпус має такі розміри 98x150x42, що дає змогу легко розмістити його в будь-якому зручному місці.

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.

Було виготовлено п'ять креслення для розробки пристрою: електрична структурна, електрична принципова схема, друкована плата, друкований вузол, складальне креслення виробу.. Для оформлення креслень була використана програма графічного моделювання КОМПАС-3D.

					26 КР 172.402.017.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Мікрофонний стереопідсилювач [електронний ресурс] – Режим доступу http://pic.rkniga./forum/topic_30 (дата звернення 10.02.2026).
2. Конденсатор типу b41828 [електронний ресурс] – Режим доступу :<http://vicgain.sdot.spmikro/smikr11> (дата звернення 10.02.2026).
3. Конденсатор типу b37979 [електронний ресурс] – Режим доступу :http://www.mircond.com/cc/k10_17brlmcc; (дата звернення 18.02.2026).
4. Резистор MFP [електронний ресурс] – Режим доступу :<http://www.5v./ds/trnz/kt361>; (дата звернення 10.02.2026).
5. Світлодіод типу L-1503GT [електронний ресурс] – Режим доступу :<http://www.chipinf/dsheets/transistors/1361>; (дата звернення 10.02.2026).
6. Діод 1N5819 [електронний ресурс] – Режим доступу :http://www.betatvcom.dn.ua/komplekt/pdf/active_comp/tranzistorSVH; (дата звернення 10.02.2026).
7. Перемикач PSM7-1-0 [електронний ресурс] – Режим доступу :http://cxemu.te.ua/cxemu/160-naikraswiu_akusti4miy_vimuka4; (дата звернення 10.02.2026).
8. Батарея CR2025 "Varta" [електронний ресурс] – Режим доступу :www.qrz./reference/kozak/cd4000/cdh70; (дата звернення 18.02.2026).
9. Транзистор 2N5210BU [електронний ресурс] – Режим доступу :<https://www.chipdip./product/elc10d101e> www.cityradio.narod.. (дата звернення 1.02.2026).
10. Транзистор BC557BTA [електронний ресурс] – Режим доступу :<http://ippart.com/download/3655a026-13e6-4b56-a0bb-8fd05df9b19d.pdf> www.radio-portal.. www.vprl.. (дата звернення 18.02.2026).
11. Транзистор 2N2712 "Fairchild" [електронний ресурс] – Режим доступу :<http://www.platan./shop/part/PBS-4.html>. (дата звернення 1.02.2026).
12. Програма для розрахунку надійності РЕА [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <http://eguru.tk.te.ua/mod/resource/view.php?id=60057>

					26 КР 172.402.017.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13. Васишин О.З. Методичні вказівки до виконання комплексного курсового проекту для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2020

14. Васишин О.З. Методичні вказівки до виконання графічної частини комплексного курсового проекту для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2020

15. Васишин О.З. Конспект лекцій з дисципліни "Основи конструювання та технології виробництва РЕА" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2016

16. Васишин О.З. Конспект лекцій з дисципліни "Технологія виробництва РЕА" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2017

17. Васишин О.З. Методичні вказівки для розробки маршрутно-операційної технології складання та монтажу вузлів РЕА для спеціальності 5.05090101 "Конструювання, виробництво та технічне обслуговування радіотехнічних пристроїв". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2016

18. Васишин О.З. Конспект лекцій "Поверхневий монтаж" для спеціальності 172 "Конструювання, виробництво та технічне обслуговування радіотехнічних пристроїв". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2016

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

20. Методичні вказівки по виконанню комплексного курсового проекту для студентів спеціальності: 172 «Телекомунікації та радіотехніка» - ТК ТНТУ, 2020р.

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

					26 КР 172.402.017.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

22. Штогрин П.І. Методичні вказівки "Розробка 3D-моделей радіоелементів" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2017

23. Василюшин О.З., Штогрин П.І. Методичні вказівки "Розробка 3D-моделей типових корпусів РЕА" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2017

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

25. Гуржій А. М. Основи автоматики та робототехніки: Навчальний посібник / А. М. Гуржій, А. Т. Нельга, В. М. Співак, О. С. Ітякін:–Дніпро: «Гарант СВ», 2021.- 243с.

26. Ємельянов 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.

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

28. Сайт спільноти розробників проектів на ARDUINO .URL: https://projecthub.arduino.cc/?_gl=1*4147w4*_ga*OTkyMzkzOTAwLjE3MTYwNTM3MjY.*_ga_NEXN8H46L5*MTcxNjkyMjQ4OS4yLjEuMTcxNjkyMjUzOS4wLjAuMTUxNjM0NjA3MQ.*_fplc*OUZZTmxzbGU4MkNZbiUyRkNCTHJmazAwbjdrNWNDZTc5QUV6OFRIb3A2ck5RNzhvOVY3JTJGYXhRcDNIWHAzWWxZWlJTVXkySndINXl4bUpNZCUyQkNiN29jajJqckF2c0tRMGlhdVU3SVhYRRTY4ZDdRb016bCUyRjBhZ1QwY0ZlM3hubEElM0QlM0Q(дата звернення 28.05.2024).

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

					26 КР 172.402.017.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

					26 КР 172.402.017.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

Додаток А Друкована плата

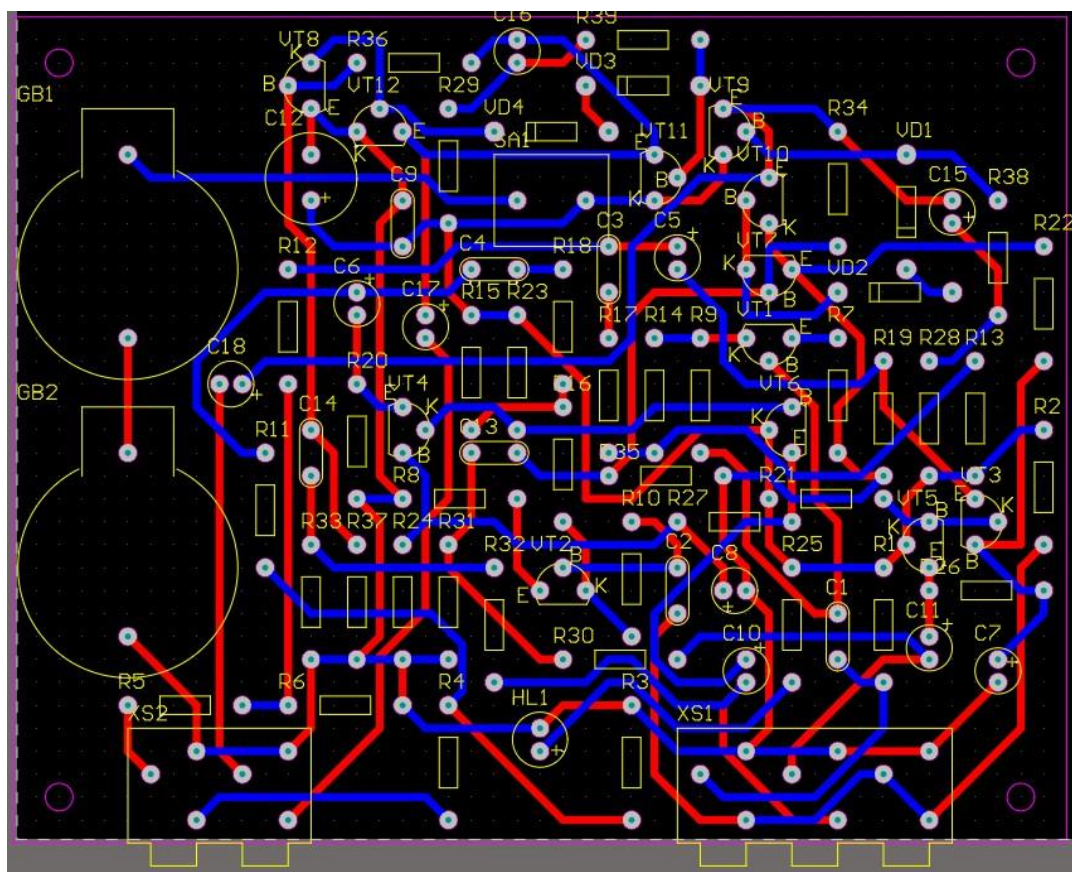


Рисунок А.1 – Друкована плата

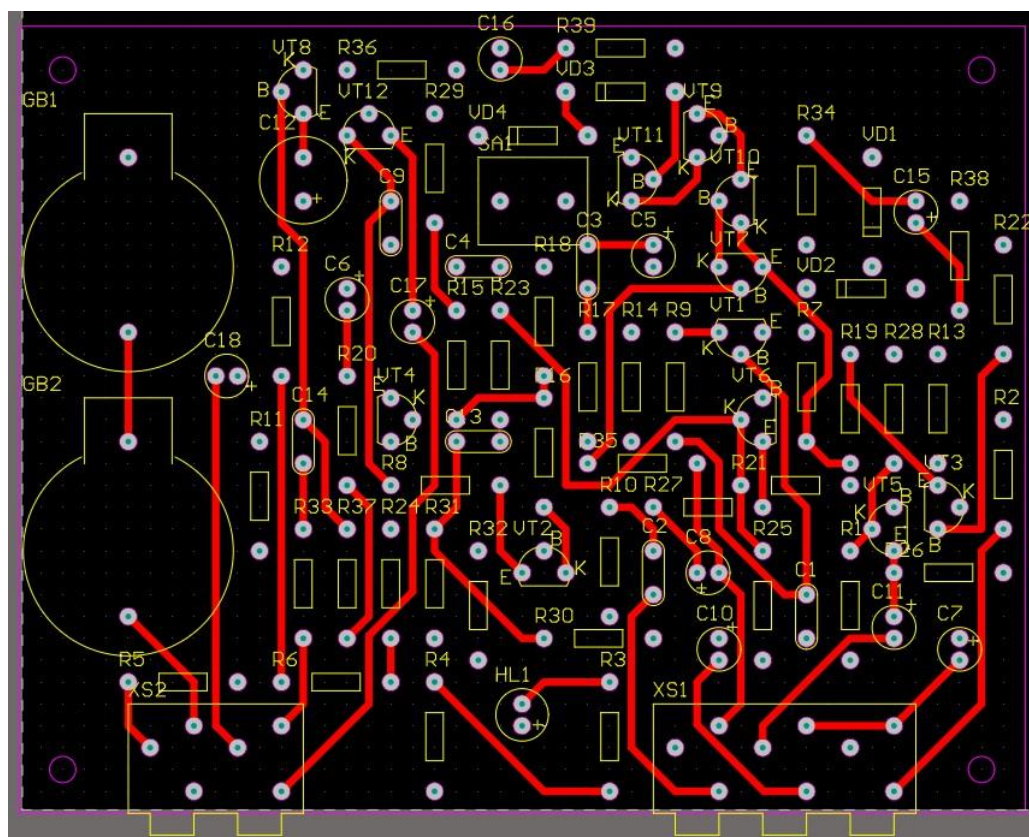
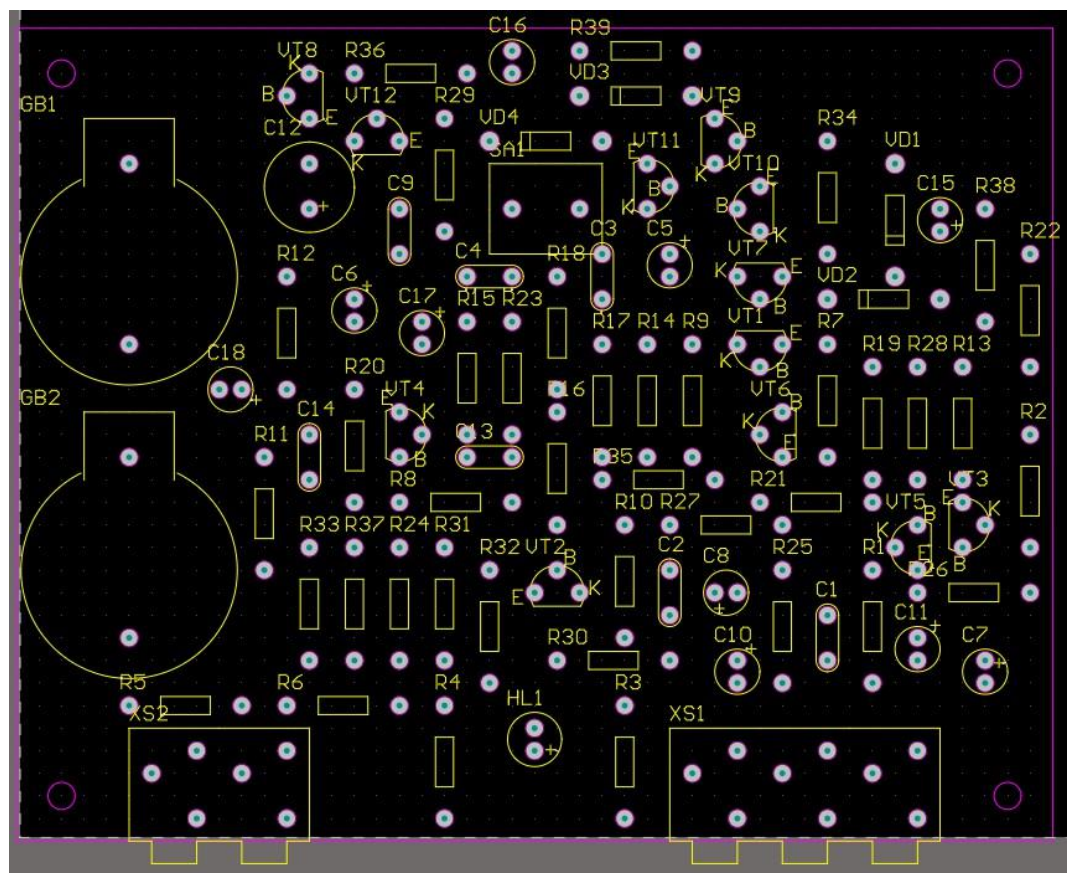
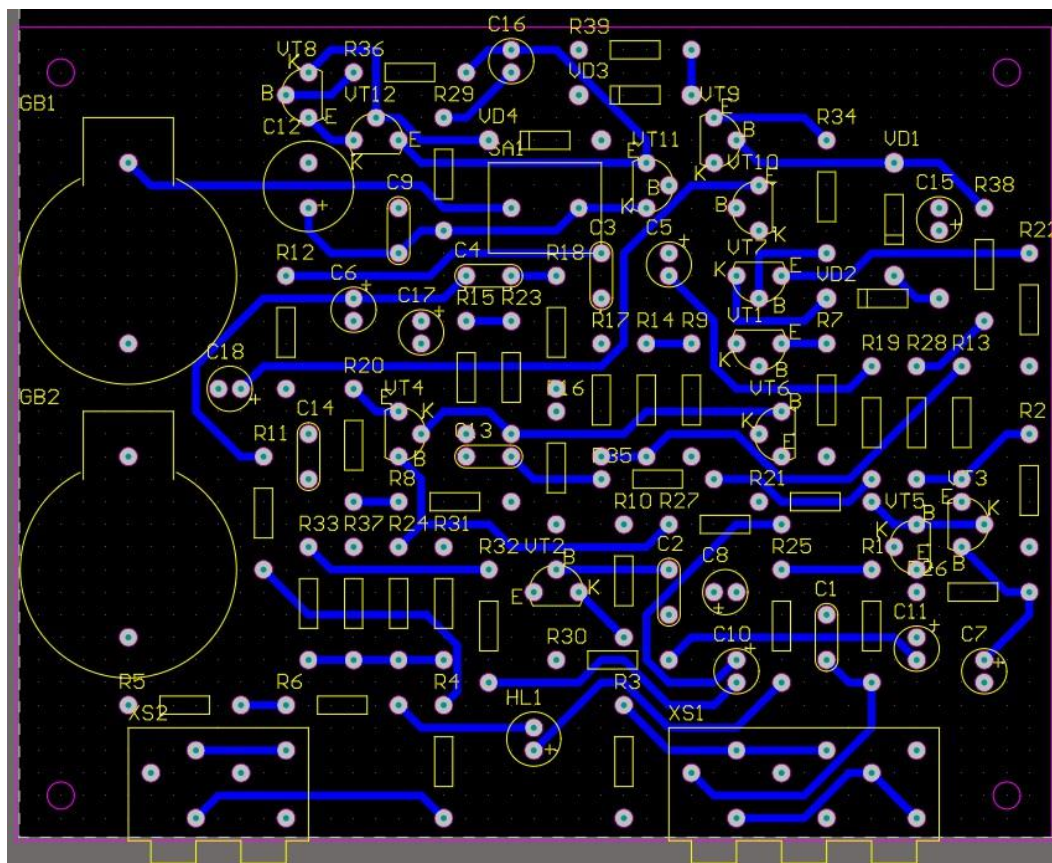


Рисунок А.2 – Друкована плата, шар Тор

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

26 КР 172.402.017.000.000 ПЗ

Арк.



ЗМН.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

26 КР 172.402.017.000.000 ПЗ

Арк.

Додаток Б 3D модель пристрою

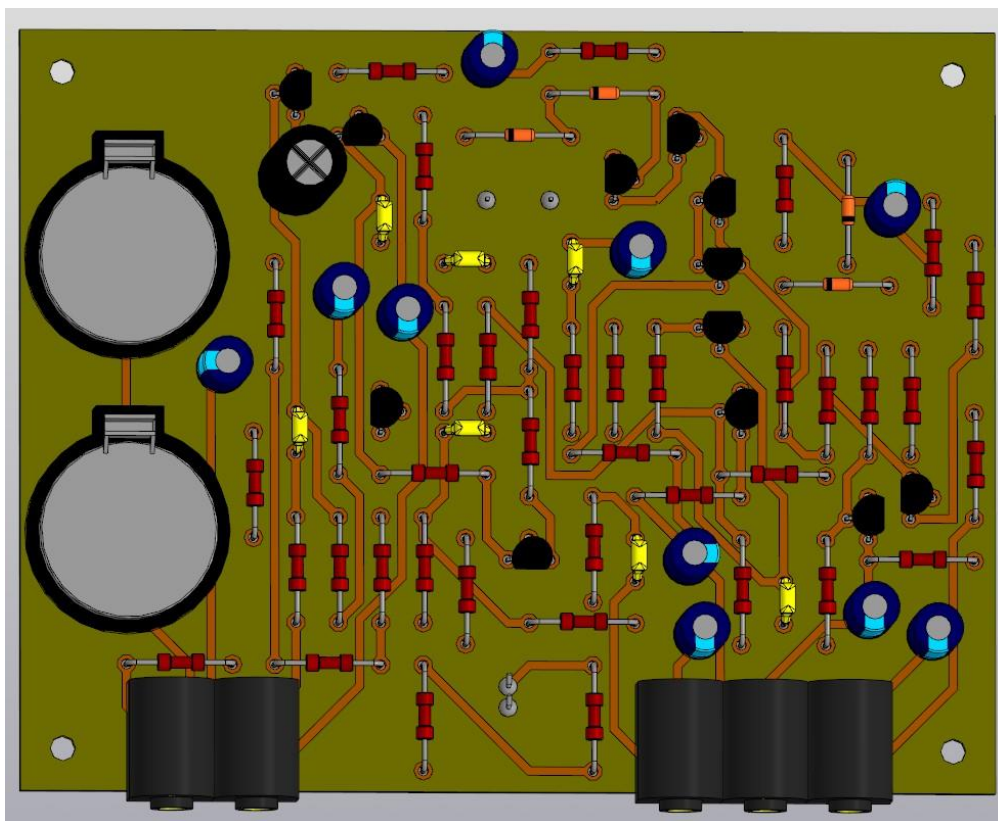


Рисунок Б.1 – 3D модель пристрою, вузол друкуваний

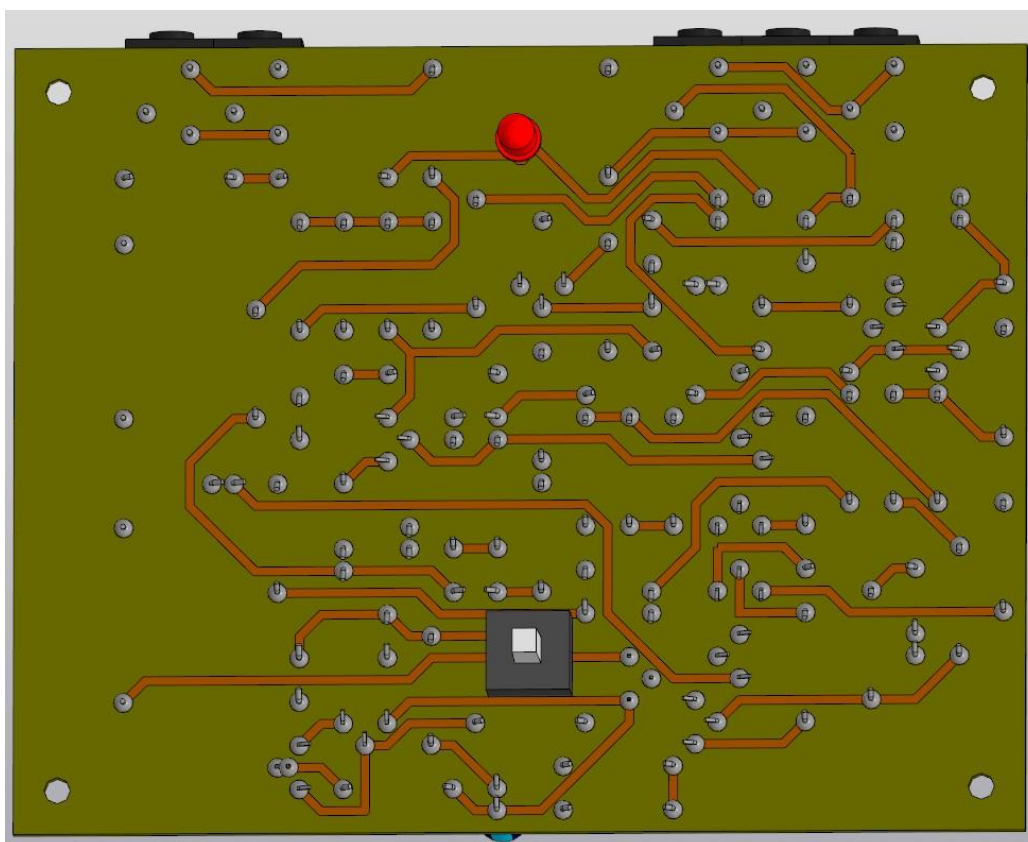


Рисунок Б.2 – 3D модель пристрою, вузол друкуваний знизу

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

26 КР 172.402.017.000.000 ПЗ

Арк.

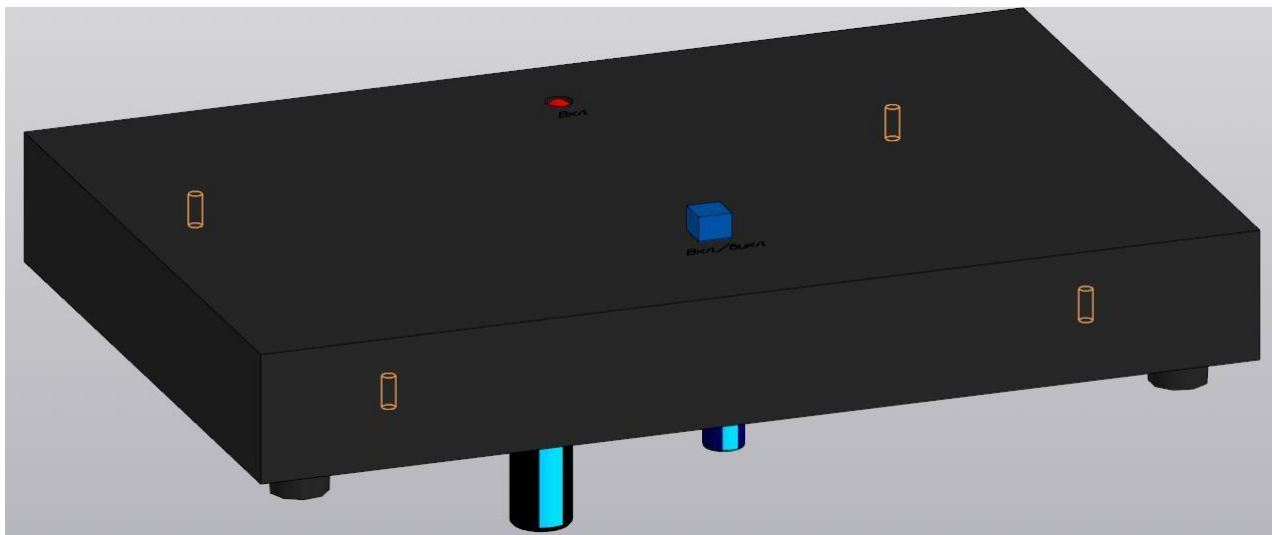


Рисунок Б.3– 3D модель пристрою, верня кришка

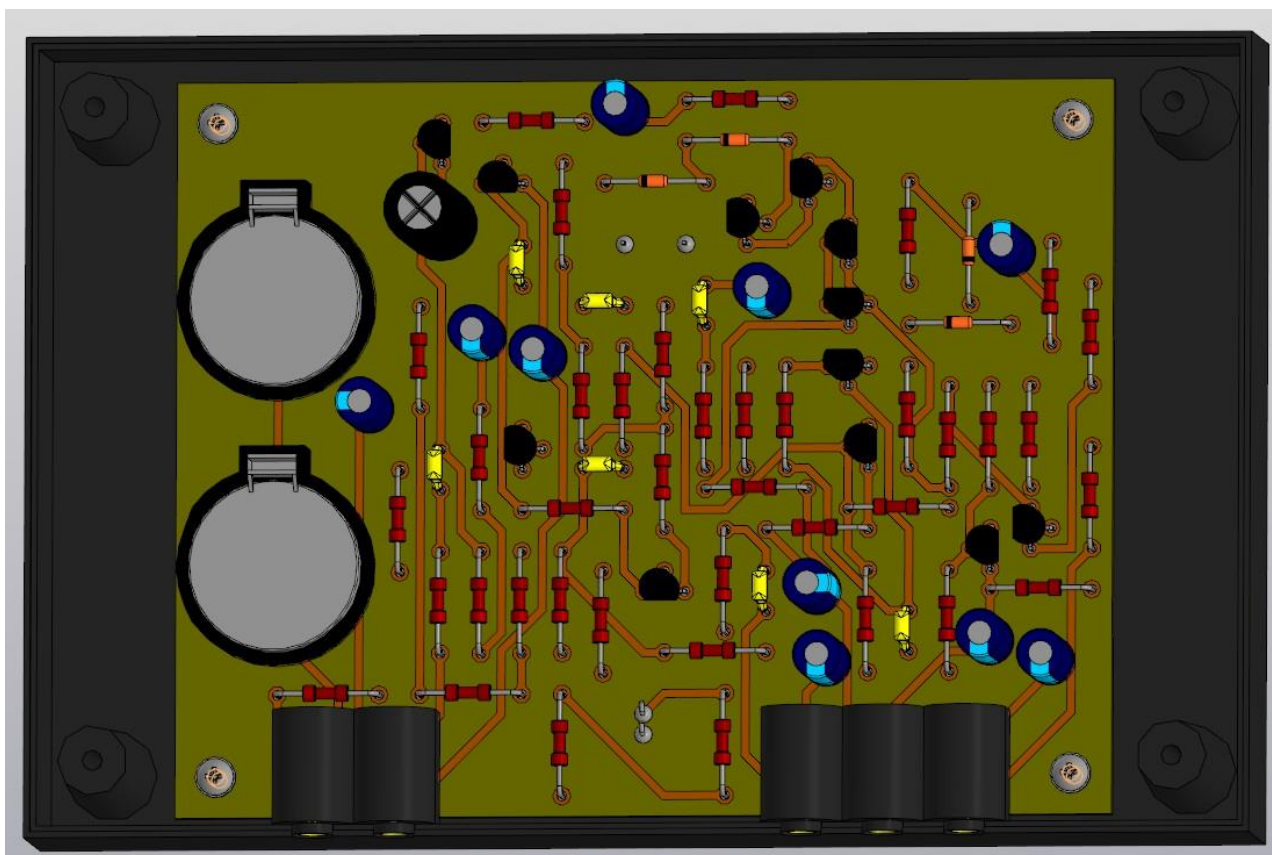


Рисунок Б.4 – 3D модель пристрою, верхня кришка вигляд знизу

					26 КР 172.402.017.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

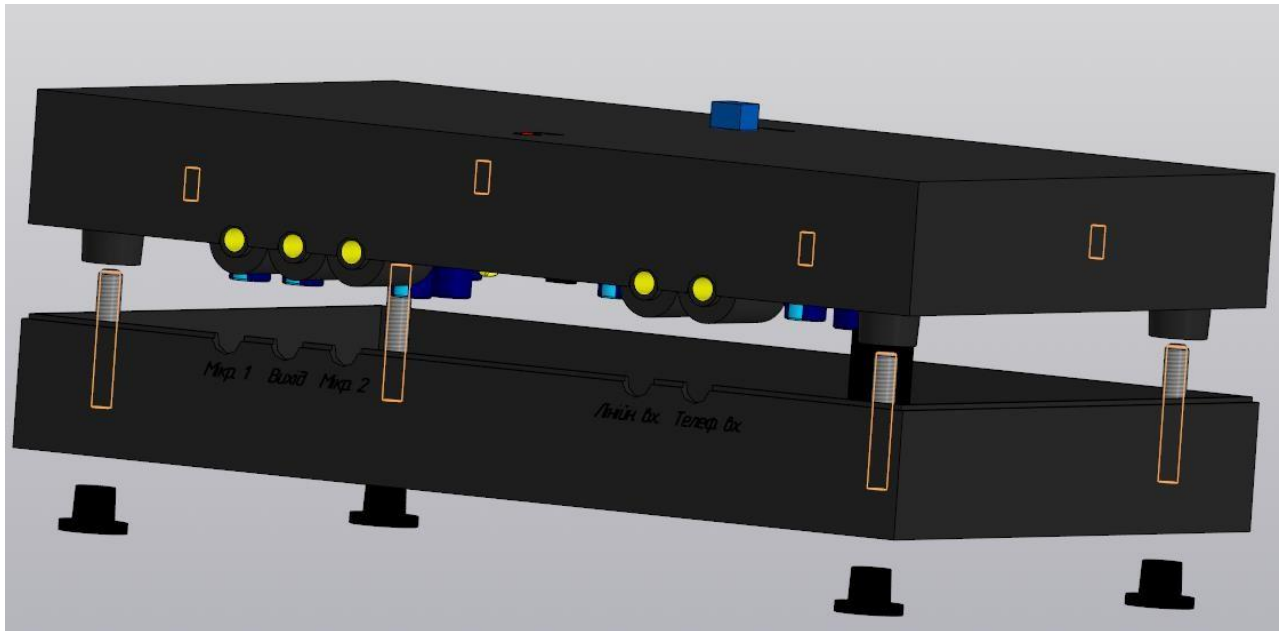


Рисунок Б.5 – 3D модель пристрою, загальний вигляд збоку

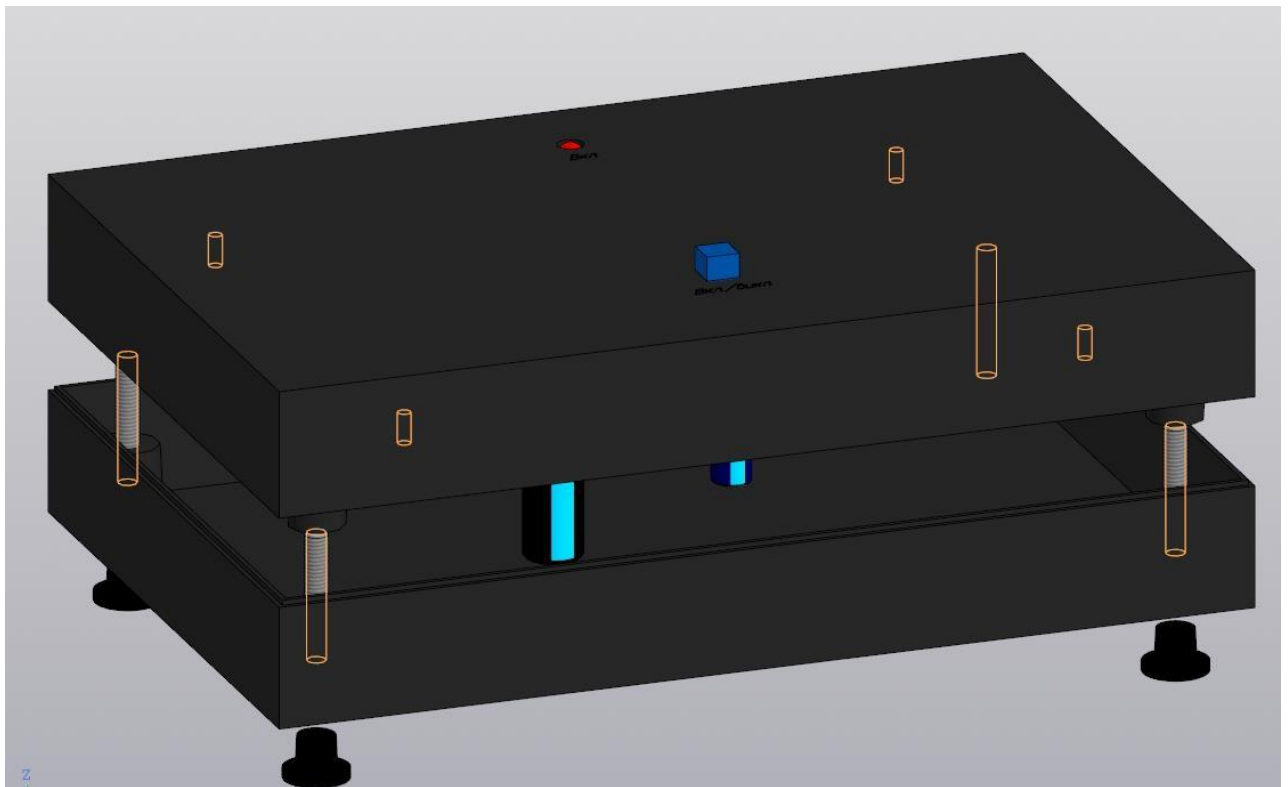


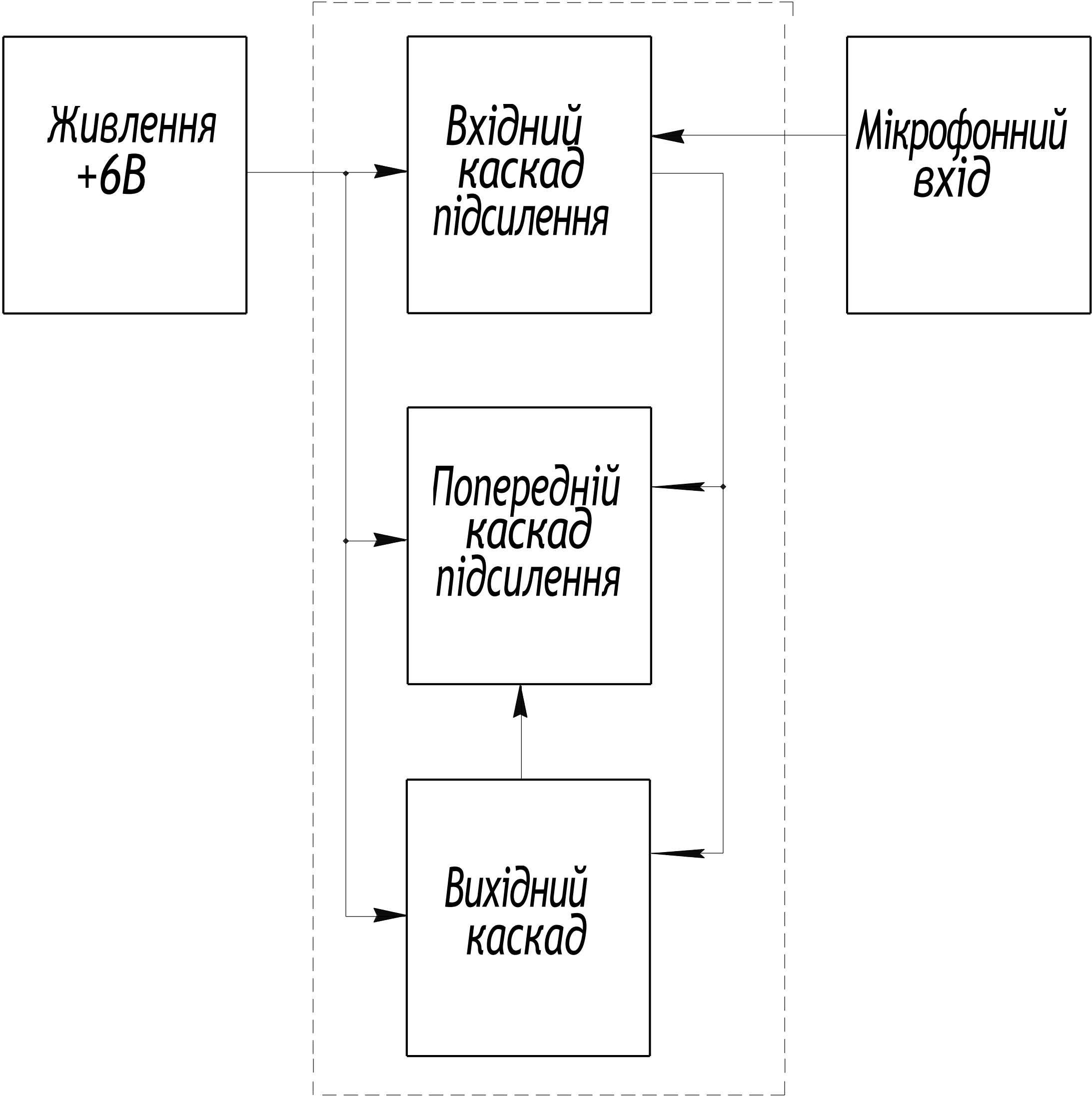
Рисунок Б.6 – 3D модель пристрою, загальний вигляд

					26 КР 172.402.017.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додат. №	Перш. викорис.

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

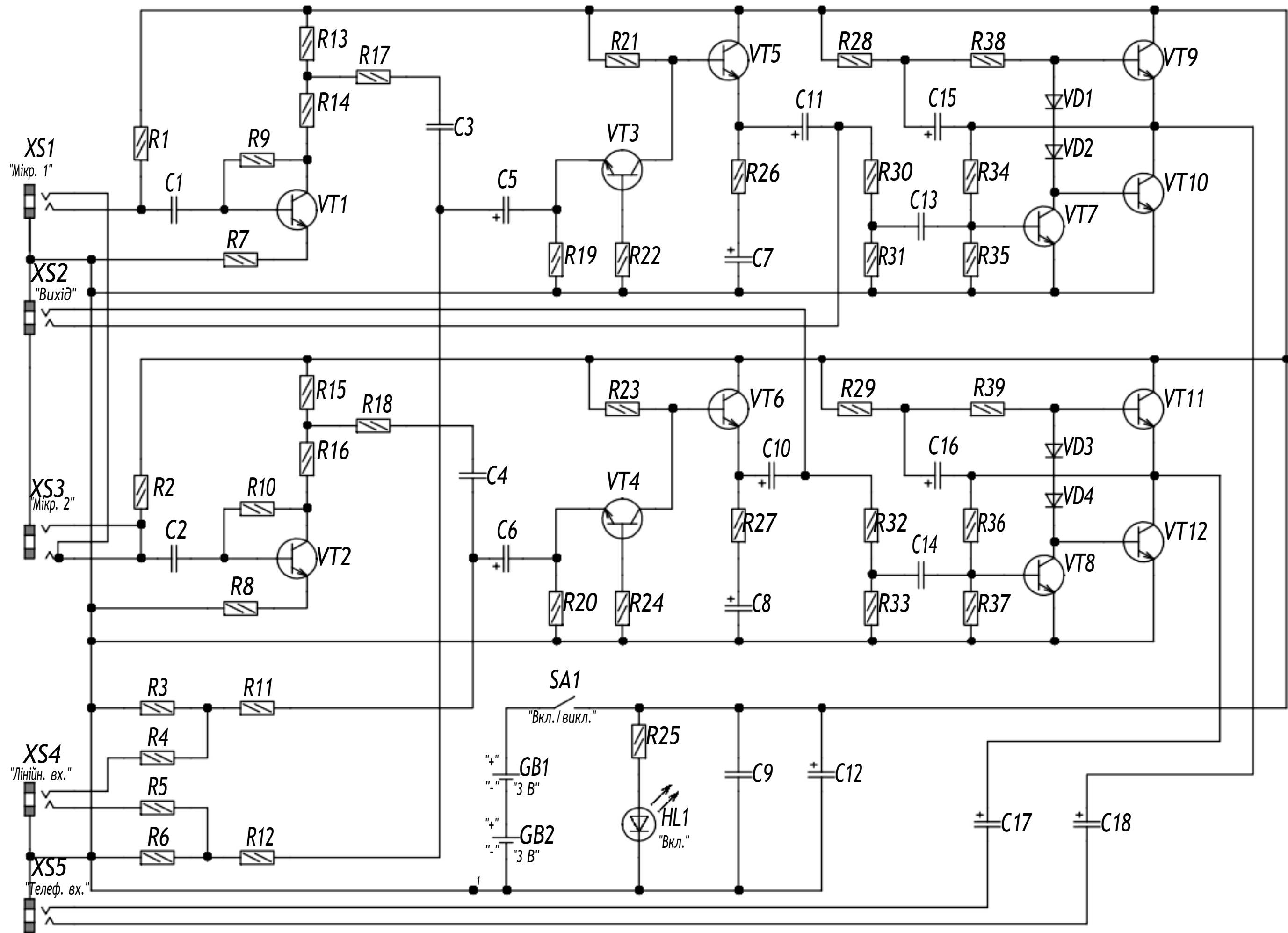
26 КР 172.402.017.001.000 Е1



						26 КР 172.402.017.001.000 Е1			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Мініатюрний мікрофонний стереопідсилювач Електрична структурна схема		Літ.	Маса	Масштаб
Розроб.		Кошукінський					- Н -	-	-
Перевір.		Недошитко					Аркуш	Аркушів	1
Т.контр.							ВСП ТФК ТНТУ ТР-402		
Рецензент							м. Тернопіль		
Н.контр.		Задорожний			Копіював		Формат А2		
Затверд.									

Перш. викорис.		Поз. познач.	Найменування		Кіл.	Примітка		
			Конденсатори					
		C1...C4	b37979-1 мкФ ±5% "Epcos"		4			
		C5...C8	b41828-10 В-10 мкФ ±10% "Epcos"		4			
		C9	b37979-1 мкФ ±5% "Epcos"		1			
		C10, C11	b41828-10 В-10 мкФ ±10% "Epcos"		2			
		C12	b41828-16 В-3300 мкФ ±10% "Epcos"		1			
		C13, C14	b37979-100 нФ ±5% "Epcos"		2			
		C15, C16	b41828-10 В-220 мкФ ±10% "Epcos"		2			
		C17, C18	b41828-16 В-470 мкФ ±10% "Epcos"		2			
		GB1...GB2	Батарея CR2025 "Varta"		2			
		HL1	Світлодіод L-1503GT "Kingbright"		1			
			Резистори					
		R1, R2	MFP-0,125-10 кОм ±10% "Yageo"		2			
		R3	MFP-0,125-1,2 кОм ±10% "Yageo"		1			
		R4, R5	MFP-0,125-10 кОм ±10% "Yageo"		2			
		R6	MFP-0,125-1,2 кОм ±10% "Yageo"		1			
		R7, R8	MFP-0,125-10 кОм ±10% "Yageo"		2			
		R9, R10	MFP-0,125-1,2 мОм ±10% "Yageo"		2			
		R11, R12	MFP-0,125-2,2 кОм ±10% "Yageo"		2			
		R13...R16	MFP-0,125-10 кОм ±10% "Yageo"		4			
		R17, R18	MFP-0,125-2,2 кОм ±10% "Yageo"		2			
		R19, R20	MFP-0,125-3 кОм ±10% "Yageo"		2			
		R21	MFP-0,125-7,5 кОм ±10% "Yageo"		1			
		Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
		Розроб.	Кошулинський					
		Перевір.	Недошитко					
		Н.контр.	Задорожний					
		Затверд.						
		26 КР 172.402.017.001.000 ПЕЗ						
		Мініатюрний мікрофоний стереопідсилювач					Літ.	
		Перелік елементів					Аркуш	
							Аркушів	
							н	
							1	
							2	
							ВСП ТФК ТНТУ ТР-402	
							м. Тернопіль	

Поз. познач.		Найменування			Кіл.	Примітка
R22		MFP-0,125-2,7 кОм ±10% "Yageo"			1	
R23		MFP-0,125-7,5 кОм ±10% "Yageo"			1	
R24		MFP-0,125-2,7 кОм ±10% "Yageo"			1	
R25		MFP-0,125-620 Ом ±10% "Yageo"			1	
R26, R27		MFP-0,125-1 кОм ±10% "Yageo"			1	
R28...R29		MFP-0,125-330 Ом ±10% "Yageo"			2	
R30		MFP-0,125-33 кОм ±10% "Yageo"			1	
R31		MFP-0,125-68 кОм ±10% "Yageo"			1	
R32		MFP-0,125-33 кОм ±10% "Yageo"			1	
R33		MFP-0,125-68 кОм ±10% "Yageo"			1	
R34		MFP-0,125-10 кОм ±10% "Yageo"			1	
R35		MFP-0,125-3,3 кОм ±10% "Yageo"			1	
R36		MFP-0,125-10 кОм ±10% "Yageo"			1	
R37		MFP-0,125-3,3 кОм ±10% "Yageo"			1	
SA1		Перемикач PSM7-1-0 "Wealth Metal Factory"			1	
VD1...VD4		Діод 1N5819 "ST Microelectronics"			4	
		Транзистори				
VT1...VT2		2N5210BU "Fairchild"			2	
VT3...VT6		2N2712 "Fairchild"			4	
VT7...VT9		2N5210BU "Fairchild"			3	
VT10		BC557BTA "ON Semiconductor"			1	
VT11		2N5210BU "Fairchild"			1	
VT12		BC557BTA "ON Semiconductor"			1	
XS1...XS5		Роз'єми ST-314N "Dragon City Industries"			5	
					</	



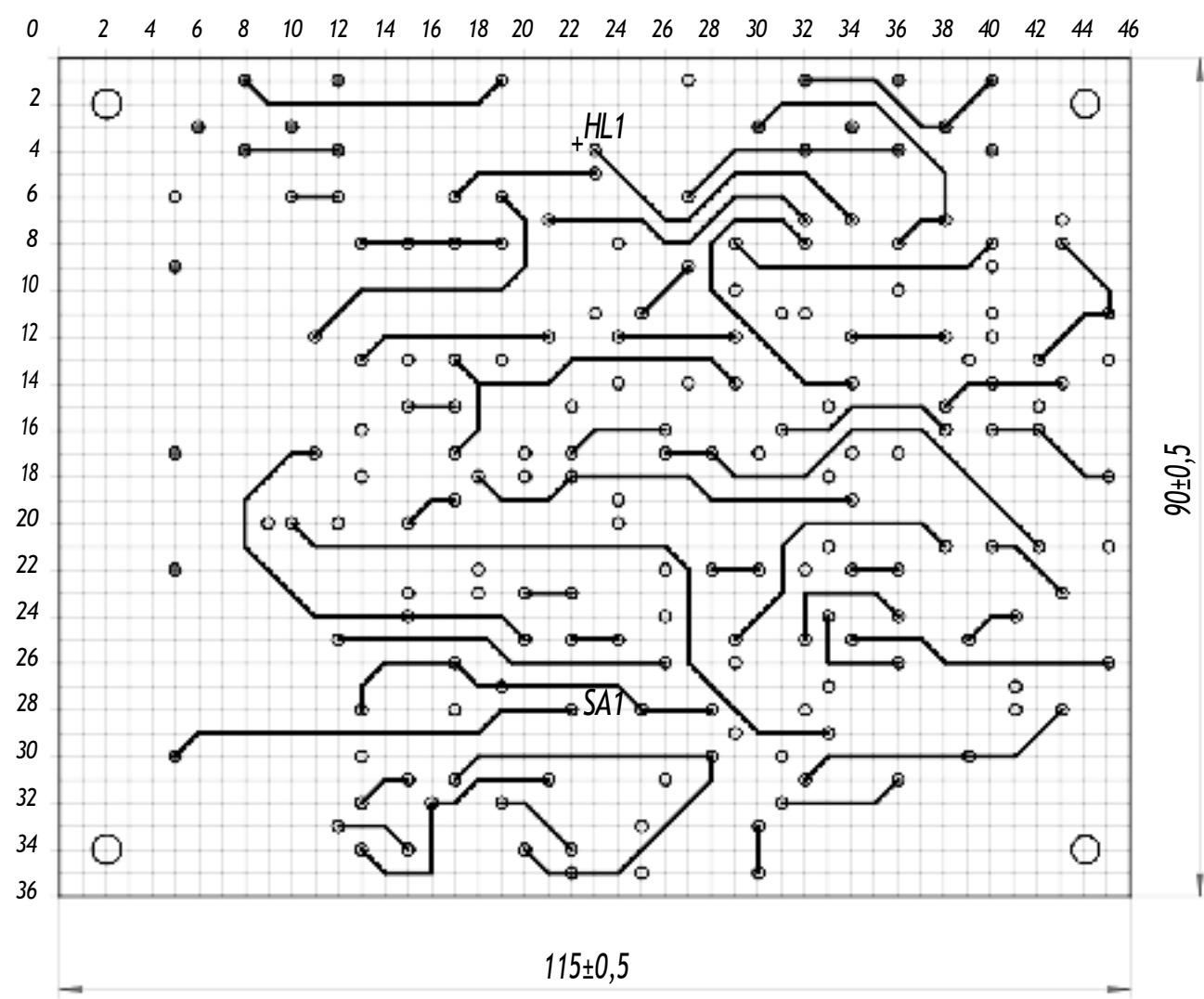
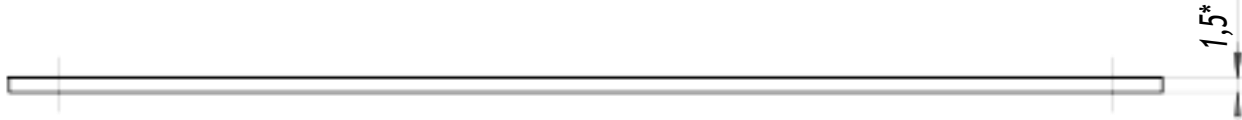
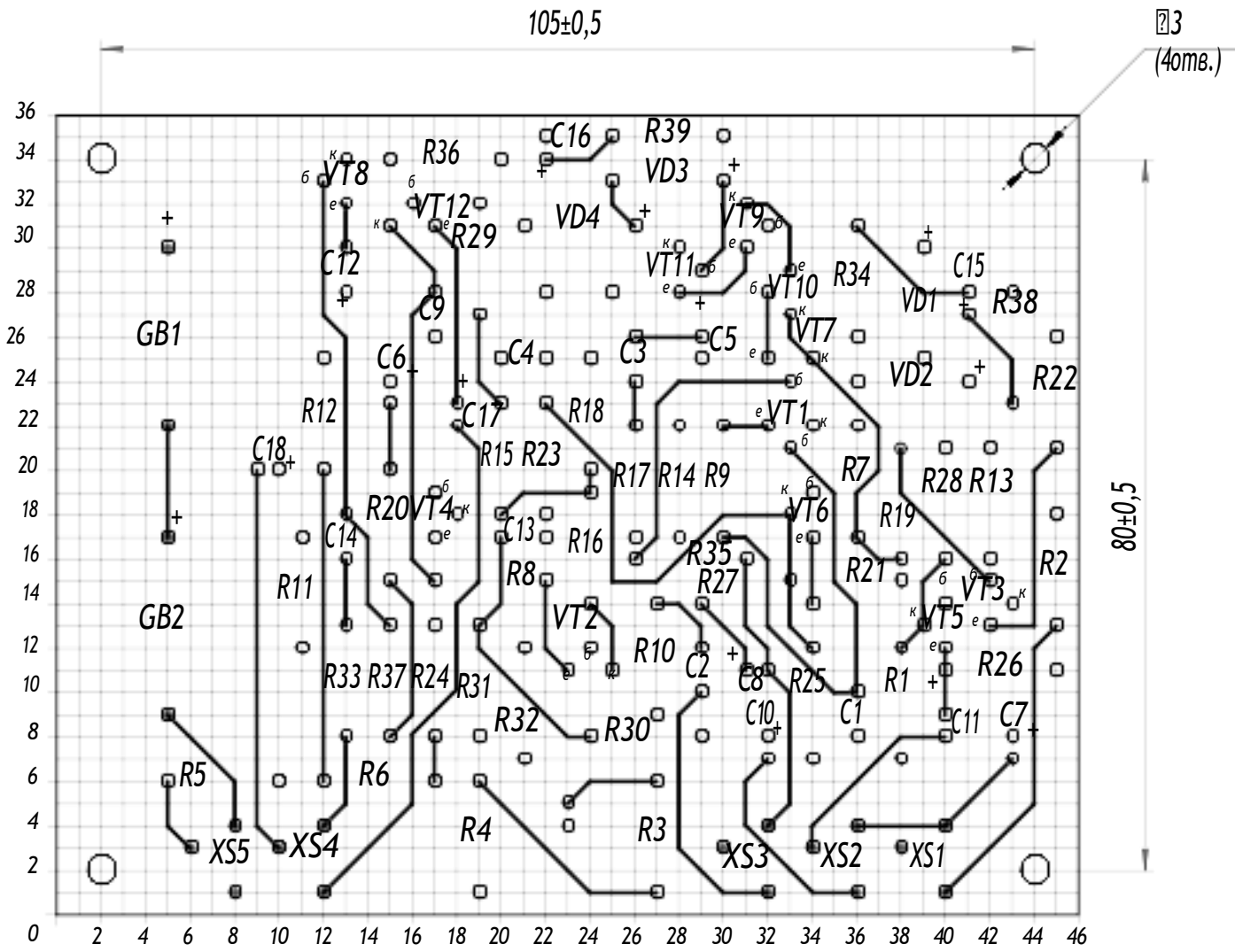
Перш. викорис.
Додат. №

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

26 КР 172.402.017.001.000 ЕЗ						Мініатюрний мікрофонний стерео підсилювач			Літ.	Маса	Масштаб
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		Н					
Розроб.		Кошунинський				Аркуш	Аркушів	1			
Перевір.		Недошитко				ВСП ТФК ТНТУ ТР-402					
Т.контр.						м. Тернопіль					
Н.контр.		Задорожний				Формат А2					
Затверд.						Копіював					

Таблиця отворів

Умовне позначення отворів	Діаметри отворів	Наявність металізації в отворах	Діаметри монтажних площадок	Кількість отворів	Примітка
○	0,9	є	1,3	162	
●	1,1	є	1,5	19	

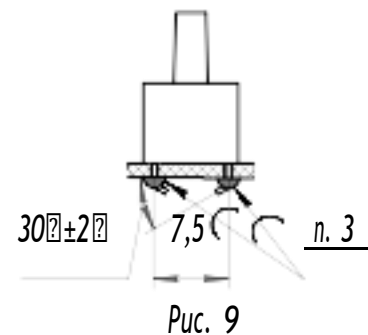
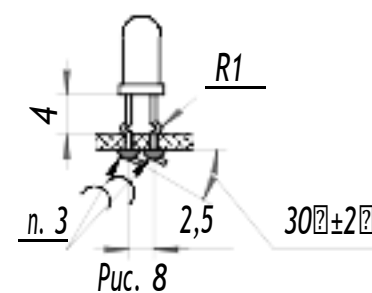
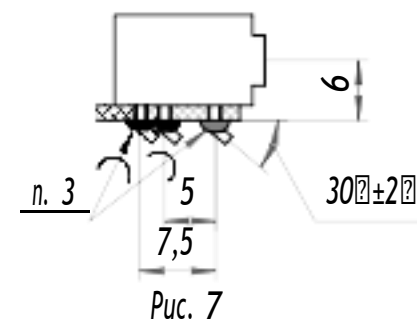
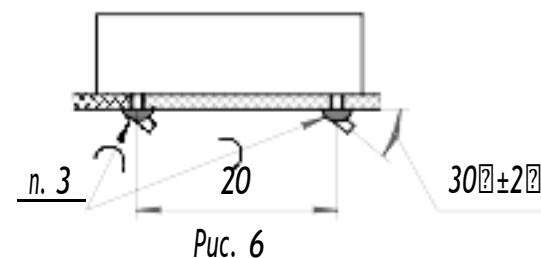
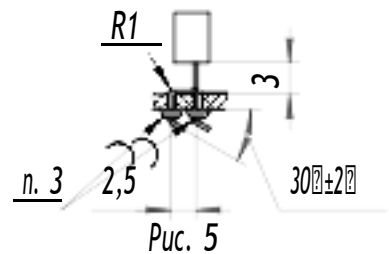
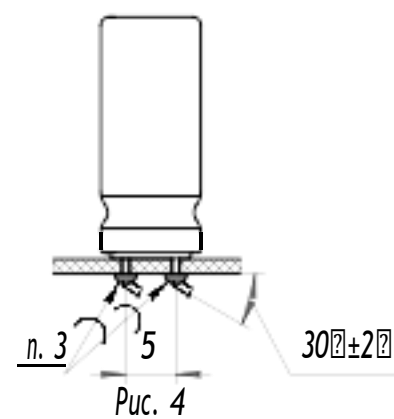
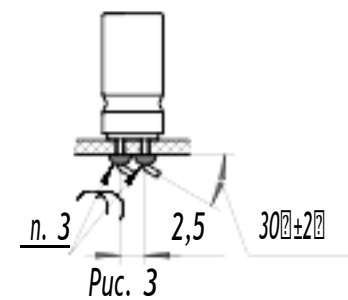
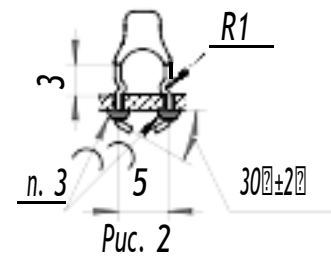
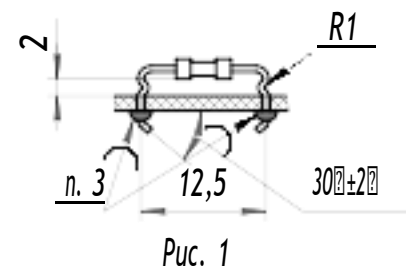
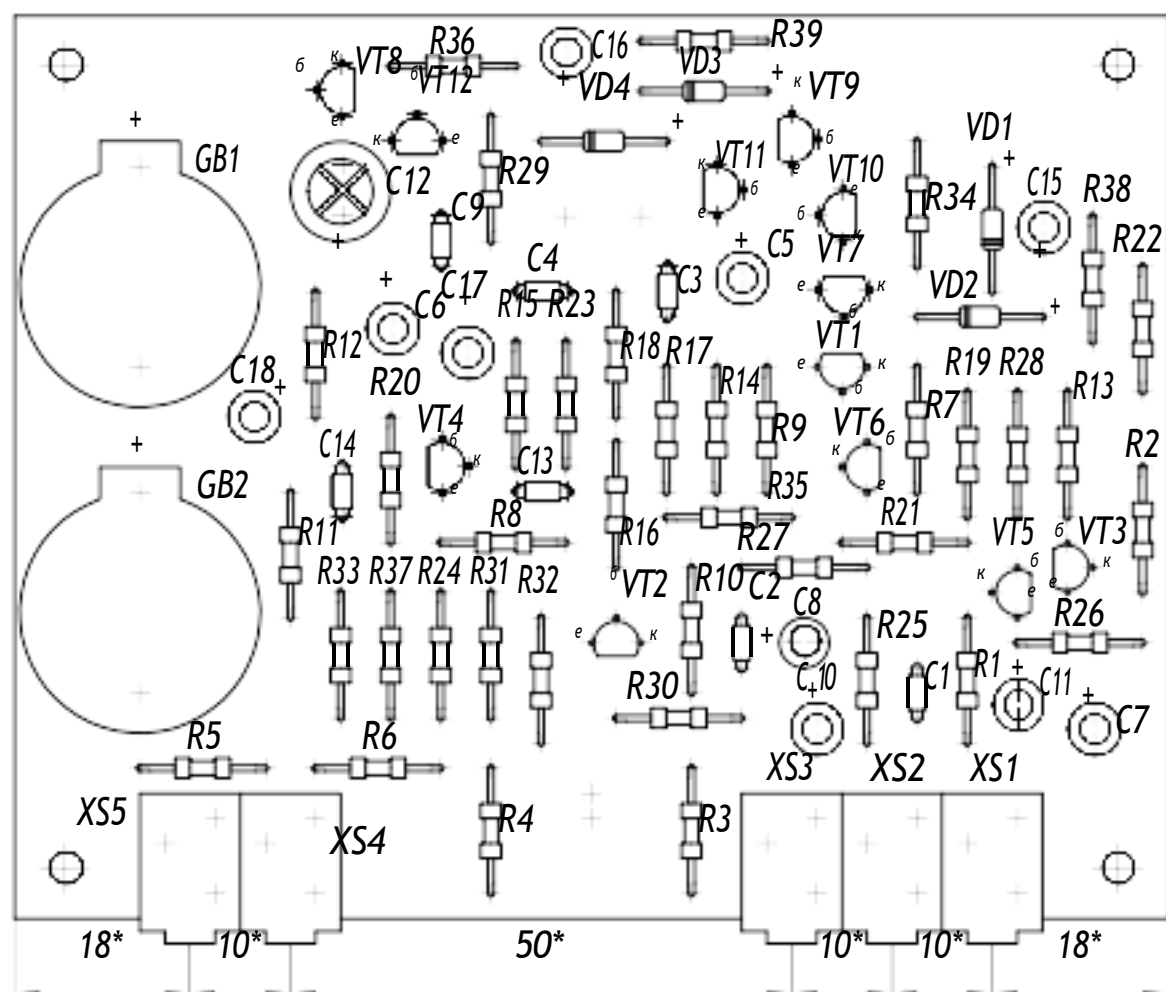
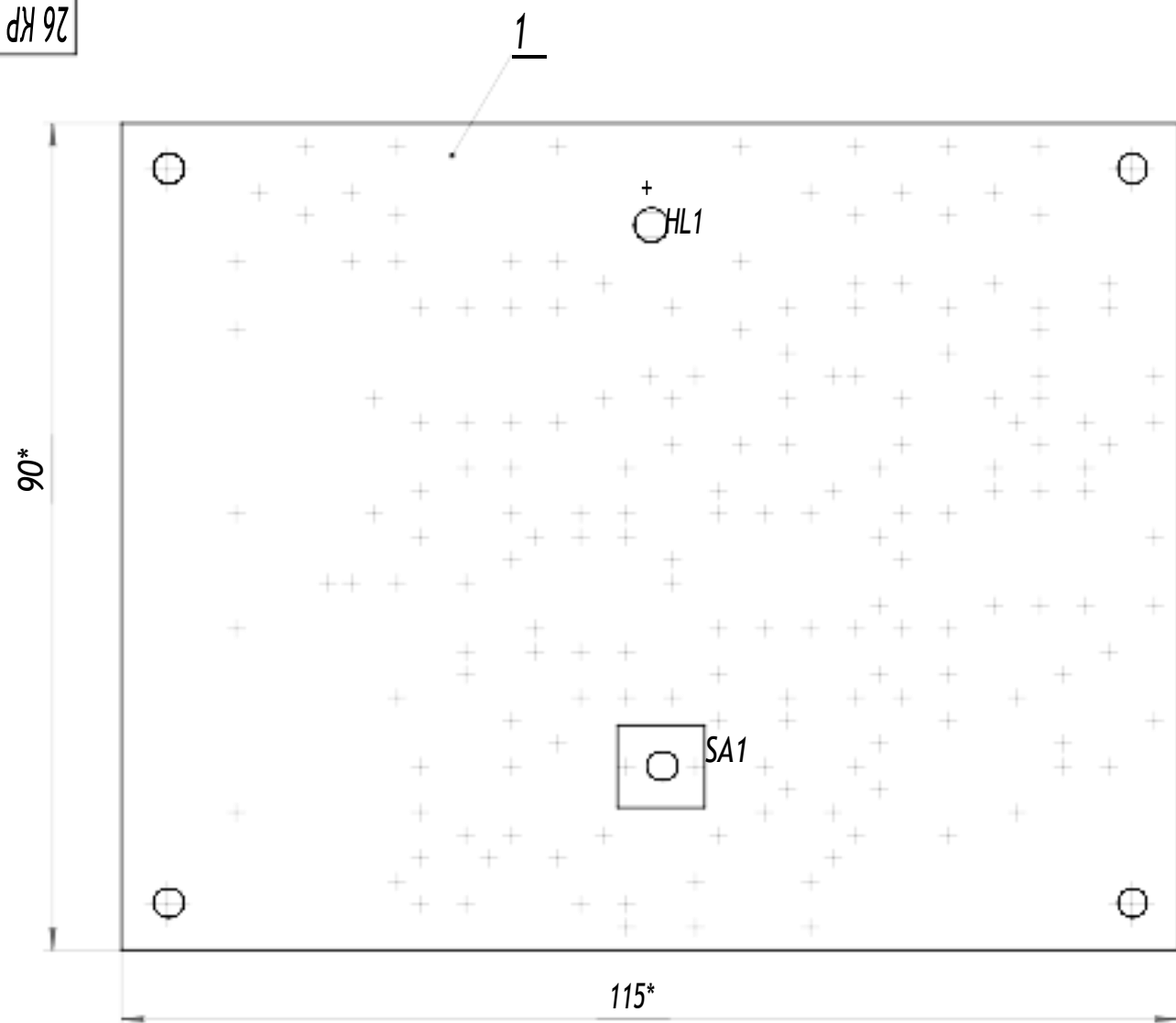


1. Плата повинна відповідати ГОСТ 23752-79.
2. *Розмір для довідок.
3. Клас точності 4 по ГОСТ 23751-86.
4. Крок координатної сітки 2,5 мм.
5. Плату виготовити комбінованим методом.
6. Параметри отворів дивись в таблиці.
7. Мінімальна ширина провідників не менше 0,4 мм.
8. Мінімальна відстань між провідниками не менше 1,1 мм.
9. 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.
10. Плату маркувати фарбою ТНПФ-01 біла ТУ 29-02-889-88 шрифтом 2,5 Пр 41 ГОСТ 26.020-80.
11. Інші вимоги по ОСТ 4.ГО.005.051.

Перш. викорис.	
Додат. №	
Ліценз. і дата	
Зам. №	№
Ліценз. і дата	
№	№

26 КР 172.402.017.001.001			Літ.	Маса	Масштаб
Плата друкована			н	0,02	2:1
СФ2-35-1,5КП ГОСТ 10316-78			Аркуш	Аркушів	Т
м. Тернопіль			ВСП ТФК ТНТУ ТР-402		
Копіював			Формат А1		

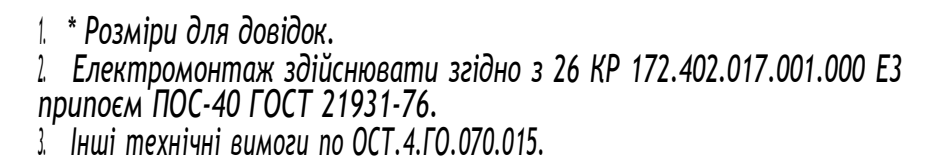
Перш. викорис.	Довід. №	Форма	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.		
Підпис і дата	Інв. № аркуш.	Зам. інв. №	Підпис і дата	Інв. №		1оёументАціў				
					A4		26 КР 172.402.017.000.000 ПЕЗ	Перелік елементів		
					A2		26 КР 172.402.017.000.000 ЕЗ	Схема електрична принципова		
					A1		26 КР 172.402.017.001.000 СК	Вузол друкований		
								Деталі		
					A1	1	26 КР 172.402.017.001.001	Плата друкована	1	
								Інші вироби		
								Конденсатори		
						3		b37979-100 нФ ±5% "Epcos"	2	C13, C14
						4		b37979-1 мкФ ±5% "Epcos"	5	C1...C4,C9
	5		b41828-10 В-10 мкФ ±10% "Epcos"	6	C5...C8,C10,M11					
	6		b41828-10 В-220 мкФ ±10% "Epcos"	2	C15, C16					
	7		b41828-16 В-470 мкФ ±10% "Epcos"	2	C17, C18					
	8		b41828-16 В-3300 мкФ ±10% "Epcos"	1	C12					
	10		Батарея CR2025 "Varta"	2	GB1, GB2					
	12		Світлодіод L-1503GT "Kingbright"	1	HL1					
			Резистори							
	14		MFP-0,125-330 Ом ±10% "Yageo"	2	R28, R29					
	15		MFP-0,125-620 Ом ±10% "Yageo"	1	R25					
Інв. № ориг.	Підпис і дата	Зам. інв. №	Інв. № аркуш.	Підпис і дата	26 КР 172.402.014.001.000					
					Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
					Розроб.	Кошулинський				
					Перевір.	Недошитко				
					Н.контр.	Задорожний				
Затверд.										
Вузол друкований					Літ.	Аркуш	Аркушів			
					Н	1	2			
					ВСП ТФК ТНТУ ТР-402					
					м. Тернопіль					



1. *Розміри для довідок.
2. Установку і формування елементів проводити з кроком координатної сітки 2,5 мм. Елементи формування (установки і формування елементів на рисунках показані в масштабі 2:1): К1...К37, VD1...VD4-на рис. 1; C1...C4, C9, C13, C14-на рис. 2; C5, C8, C10, C11, C15...C18-на рис. 3; C12-на рис. 4; V11...V12-на рис. 5; GB1, GB2-на рис. 6; XS1, XS2-на рис. 7; HL1-на рис. 8, DA3, SA1-на рис. 9.
3. Паяти припоєм ПОС61 ГОСТ 19131-76.
4. Заводський номер, позначення елементів маркувати фарбою ЧМ, чорна, БМ, біла, ТУ029-02-859-78.
5. ~~Шрифт 2,5 по ГОСТ 010-007~~
Місця розміщення маркування показані умовно.
6. Лакувати лаком АКА-113.
7. Позначення елементів показано умовно.
8. Друковані провідники умовно не показані.
9. Інші вимоги по ОСТ4ГО.070.015.

					26 КР 172.402.017.001.000.СК		
					Вузол друкований		
Зм. Др.	№ докум.	Підпис	Дата		Літ.	Маса	Масштаб
Розроб.	Кошулинський				н	0,15	2:1
Перевір.	Недошито			Складальне креслення			
Т. контр.					Аркуш	Аркушів	1
					ВСП ФК ТНТУ ТР-402		
					м. Тернопіль		
Н.контр.	Задорожний						
Затверд.							

Перш. викорис.	Довід. №	Форма	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.						
						1оёументАціў								
		A4			26 КР 172.402.017.001.000 ПЕЗ	Перелік елементів								
		A2			26 КР 172.402.017.001.000 ЕЗ	Схема електрична принципова	1							
		A1			26 КР 172.402.017.004.000 СК	Складальне креслення	1							
						Складальні одиниці								
		A1	1	26 КР 172.402.017.003.000 СК	Вузол друкований	1								
						Деталі								
		БК	3	26 КР 172.402.017.004.001	Верхня кришка	1								
		БК	4	26 КР 172.402.017.004.002	Нижня кришка	1								
		БК	5	26 КР 172.402.017.004.003	Накладка під кнопку	1								
		БК	6	26 КР 172.402.017.004.004	Заглушка	4								
						Стандартні вироби								
			8		Гвинт самонарізаючий М2,5-1-6									
					ГОСТ 10619-80	4								
			9		Гвинт самонарізаючий М3,5-1-6	4								
					ГОСТ 10619-80									
			10		Шайба 2 ГОСТ 10450-78	4								
Інв. № ориг.	Підпис і дата	Зам. інв. №	Інв. № дубл.	Підпис і дата	Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	26 КР 172.402.017.004.000	Мініатюрний мікрофоний стереопідсилювач	Літ.	Аркуш	Аркушів
												Н		1
												ВСП ТФК ТНТУ ТР-402		
												м. Тернопіль		



26 КР 172.402.017.004.000 СК			
Мініатюрний мікрофонний стереопідсилювач			
Складальне креслення			
Літ.	Маса	Масштаб	
Н	0,2	2:1	
Аркуш	Аркушів	Т	
ВСП ТФК ТНТУ ТР-402			
м. Тернопіль			

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Дубл																			
Замість																			
Підпис																			
																Аркуш 4			
												26 КР 172.402.017.03.118				26 КР 172.402.017.03.118			

[illegible]

[illegible]

Дубл																
Замість																
Підпис																
															Аркуш 7	
											26 КР 172.402.017.03.000			26 КР 172.402.017.03.118		
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		017	060	402017060 Лакування											0,005
Б 02		Установка для лакування РТ 640138														
В 03		Лакування плати ТТП 156324														
М 04		Лак		АК-113	ГОСТ 23832-79							120	100	1,04		
05																
А 06	402		017	065	402017065 Технічний контроль											0,005
Б 07		Установка для регулювання РТ 628413														
В 08		Перевірку провести по інструкції 26 КР 172.402.017.02				і2										
09																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																

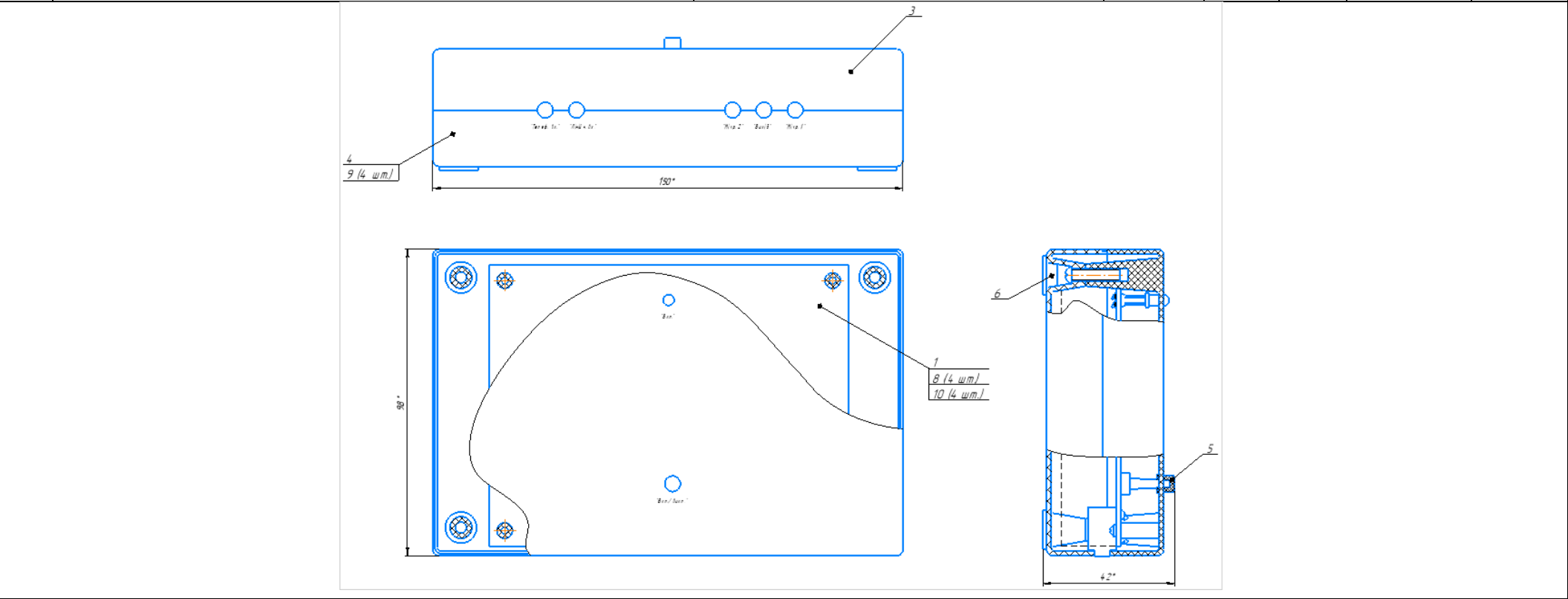
[illegible]

[illegible]

Дубл.								
Замість								
Підпис								

						Аркушів 3	Аркуш 3	
Розробив	Кошулинський			ВСП ТФК ТНТУ	26 КР 172.402.017.04.000.СК		26 КР 172.402.017.04.00.00	
Перевірів	Недошитко							
Нормував								
Затвердив								
Н. контр.	Задорожний			Мікрофоний стерео підсилювач				Н

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



Техніко - економічні показники мікрофоний стерео підсилювач

	Технічні показники			Економічні показники	
1	Напруга живлення вхідна	+6В	1	Річний обсяг виробництва	1450шт.
2	Струм споживання	20мА	2	Початкові інвестиції для реалізації інвестиційного проекту	305500 грн
3	Габаритні розміри Маса	150*198 *42мм	3	Чистий прибуток	31666,37 грн
4		0,2кг	4	Повна собівартість на виріб	1109,69 грн
5	Допустима вологість повітря	80%	5	Ціна одиниці виробу	1376,02 грн.
6	Діапазон частот		6	Рентабельність виробу	19,68%
7	Напруга вихідного сигналу	100Гц... 15000Гц	7	Термін окупності	
8		200мВ	8	Індекс прибудковості	1,12р
					1,81