

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 вимірювача мультиметра на 4 режими**

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

Спеціальність: 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

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

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Фуч Григорій Володимирович

(прізвище та ініціали)

Керівник Недошитко Людмила Миколаївна

(прізвище та ініціали)

Рецензент Паляниця Юрій Богданович

(прізвище та ініціали)

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова циклової комісії
телекомунікацій та радіотехніки
_____ Ольга ВАСИЛИШИН
“12 ” травня 2026 року

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
Фуч Григорій Володимирович _____**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Розробка конструкції вимірювача мультиметра на 4 режими

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: Напруга живлення приладу +5В;
Діапазон вимірювання частоти 1Гц – 1МГц ; Діапазон вимірювання індуктивності 1мКГн – 10Гн; Діапазон вимірювання полярної ємності 1мкФ – 10000мкФ
Діапазон вимірювання не полярної ємності 1пФ – 10мкФ

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Анотація
Вступ. Призначення і область застосування електронного пристрою

Розділ 1 Загальна частина

1.1. Розробка технічного завдання.

1.2. Вибір і опис структурної схеми виробу.

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

Розділ 2 Спеціальна частина

2.1. Розрахунково-конструкторська частина.

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

2.1.2. Обґрунтування вибору конструкції.

2.1.3. Опис і обґрунтування вибору елементної бази.

2.1.4. Розрахунок електричних параметрів окремих каскадів.

2.1.5. Опис конструкції друкованої плати. Розрахунок параметрів друкованого монтажу.

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

2.1.7. Розрахунок надійності проектного виробу.

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

2.2. Технологічна частина

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

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

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

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

Розділ 3 Економічна частина

3.1. Розрахунок обсягу інвестицій, необхідних для реалізації проектних рішень

3.2 Розрахунок собівартості продукції.

3.3. Оцінка економічної ефективності та доцільності впровадження проектних рішень.

Розділ 4 Охорона праці

4.1 Створення на підприємстві служби з охорони праці.

4.2 Системи засобів і заходів забезпечення електробезпеки.

Висновки

Перелік посилань

Додатки

Додаткові вказівки:

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

3 виготовленням макета

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Аркуш №1 Схема електрична принципова

Аркуш №2 Схема електрична структурна або функціональна (при необхідності)

Аркуш №3 Креслення плати друкованої

Аркуш №4 Складальне креслення друкованого вузла

Аркуш №5 Складальне креслення виробу

Аркуш №6 Креслення деталі (елемент корпусу, радіатор, тримач, планка і т.д.) при необхідності

Аркуш №7 Таблиця ТЕП

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Отримання і аналіз технічного завдання	27.04	27.04
2	Збір і узагальнення інформації для кваліфікаційної роботи	13.05	11.05
3	Написання першого розділу кваліфікаційної роботи	25.05	22.05
4	Розробка технічного та робочого проекту кваліфікаційної роботи	29.05	28.05
5	Написання спеціального розділу	29.05	28.05
6	Розрахунок економічної частини	25.05	22.05
7	Написання розділу охорони праці	26.05	25.05
8	Виконання графічної частини кваліфікаційної роботи	19.05	18.05
9	Оформлення кваліфікаційної роботи	08.06	08.06
10	Погодження нормоконтролю	12.06	12.06
11	Попередній захист кваліфікаційної роботи	16.06	16.06
12	Захист кваліфікаційної роботи	23.06	23.06

7. Дата видачі завдання 27 квітня 2026 р.

Студент

(підпис)

Фуч Г. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис)

Недошитко Л. М.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....

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

РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....

1.1 Розробка технічного завдання

1.2 Вибір і опис структурної схеми виробу

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

РОЗДІЛ 2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....

2.1 Розрахунково-конструкторська частина.....

2.1.1 Опис компонування виробу. Обґрунтування вибору конструкційних матеріалів і покриттів

2.1.2 Обґрунтування вибору конструкції.

2.1.3 Опис і обґрунтування вибору елементної бази

2.1.4 Розрахунок електричних параметрів окремих каскадів

2.1.5 Опис конструкції друкованої плати. Розрахунок параметрів друкованого монтажу

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

2.1.7 Розрахунок надійності проектного пристрою.....

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

2.2 Технологічна частина.....

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

2.2.2 Якісна оцінка технологічності конструкції.

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.	Фцч				Розробка конструкції вимірювача мультиметра на 4 режими Пояснювальна записка	Лім.	Арк.	Аркуші	
Перевір.	Недошитка								
Рецензент						ВСП ТФК ТНТУ ТР-403 м. Тернопіль			
Н. Контр.	Задорожний								
Затверд.									

2.2.3	Опис технології виготовлення друкованої плати. Вибір основних та допоміжних матеріалів
2.2.4	Кількісна оцінка технологічності друкованого вузла.....
2.2.5	Розробка і оформлення маршрутно-операційної технології складання і монтажу виробу.....
РОЗДІЛ 3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	
3.1	Розрахунок обсягу інвестицій, необхідних для реалізації проектних рішень
3.2	Розрахунок собівартості продукції.....
3.3	Оцінка економічної ефективності та доцільності впровадження проектних рішень.....
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	
4.1	Основні кваліфікації виробничих травм.....
4.2	Види виробничого освітлення.....
ВИСНОВКИ.....	
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	
ДОДАТКИ.....	

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

АНОТАЦІЯ

Фуч Г.В. Розробка конструкції вимірювача мультиметра на 4 режими: 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 95*105мм. Всі основні елементи розміщені на одній стороні плати, на іншій стороні плати перемикачі SW1-SW2, роз'єми XS1, XS2 та індикатор HG1, а також світлодіод HL1. У приладі немає елементів, котрі виділяють велику кількість тепла.

Корпус даного пристрою виготовлений із пластмаси. Верхня та нижня кришки мають форму типу “корито”. До верхньої кришки кріпиться друкована плата на котрій розміщенні основні елементи схеми, за допомогою чотирьох гвинтів та шайб. У місці з'єднань двох кришок кріпиться гніздо живлення. Верхня кришка має отвори під світлодіод та під кнопки і також накладки під кнопки, а також місце для скла під індикатор. Також на верхню кришку кріпиться ручка для перемикача SW2.

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

Ключові слова: конденсатор, вимірювання, мультиметр, робоча напруга.

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ABSTRACT

Fuch G.V. Development of the design of a multimeter for 4 modes: 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 95*105mm. All the main elements are located on one side of the board, on the other side of the board are the switches SW1-SW2, connectors XS1, XS2 and the HG1 indicator, as well as the HL1 LED. The device does not have elements that emit a large amount of heat.

The case of this device is made of plastic. The upper and lower covers have a “trough” shape. A printed circuit board is attached to the upper cover, on which the main elements of the circuit are located, using four screws and washers. A power socket is attached at the junction of the two covers. The top cover has holes for the LED and buttons and also pads for the buttons, as well as a place for glass for the indicator. Also, a handle for the SW2 switch is attached to the top cover.

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

Keywords: capacitor, measurement, multimeter, operating voltage.

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Призначення проектованого мультиметра на 4 режими полягає у вимірюванні основних електричних величин: постійної та змінної напруги, електричного струму, опору та перевірки справності електричних ланцюгів. Прилад дозволяє контролювати електричні параметри у різних електронних і електротехнічних пристроях, забезпечуючи точне та надійне визначення величин завдяки цифровій обробці сигналів мікроконтролером і стабільності вимірювань за допомогою кварцового резонатора та точних резисторів і конденсаторів.

Область застосування мультиметра охоплює:

Електротехнічні лабораторії та навчальні заклади – для експериментів, лабораторних робіт і навчання основам електрики та електроніки.

Сервісне та ремонтне обслуговування електронної техніки – перевірка працездатності побутових та промислових електроприладів.

Аматорська електроніка та DIY-проекти – контроль параметрів у саморобних пристроях, схемах та робототехніці.

Промислові та побутові електромережі – контроль напруги, струму та опору в мережах невисокої потужності, в тому числі для діагностики несправностей.

ПроеКТований мультиметр є універсальним компактним цифровим приладом, який поєднує надійність, точність та зручність у використанні завдяки інтеграції мікроконтролера, дисплея, індикації світлодіодами та електронної обробки сигналу [1].

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Розробка технічного завдання

Технічні характеристики приладу:

1. Напруга живлення приладу.....+5В;
2. Робоча температура:+5...+40°C;
3. Вологість:до 80%;
4. Точність вимірювань $\pm 0,5-5\%$ в залежності від режиму і діапазону;
5. Висока стабільність завдяки кварцовому резонатору 12 МГц;
6. 4 режими вимірювання.....частота, індуктивність, ємність (полярні, керамічні).
7. Діапазон вимірювання частоти 1 Гц – 1 МГц;
8. Діапазон вимірювання індуктивності 1 мкГн – 10 Гн;
9. Діапазон вимірювання ємності полярних конденсаторів .. 1 мкФ – 10000 мкФ;
10. Діапазон вимірювання ємності неполярних (керамічних) конденсаторів 1 пФ – 10 мкФ;
11. Маса приладу не більше 0,3 кг;
12. Габаритні розміри 158 × 124 × 64 мм.

1.2 Вибір і опис структурної схеми виробу

Структурна схема вимірювача-мультиметра на чотири режими описується так: живлення забезпечує стабільну роботу всіх вузлів, зазвичай використовується батарея або стабілізоване джерело +5 В. Вхідний комутатор режимів дозволяє вибрати один із чотирьох трактів: вимірювання напруги, струму, опору або перевірка діодів/прозвонка.

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

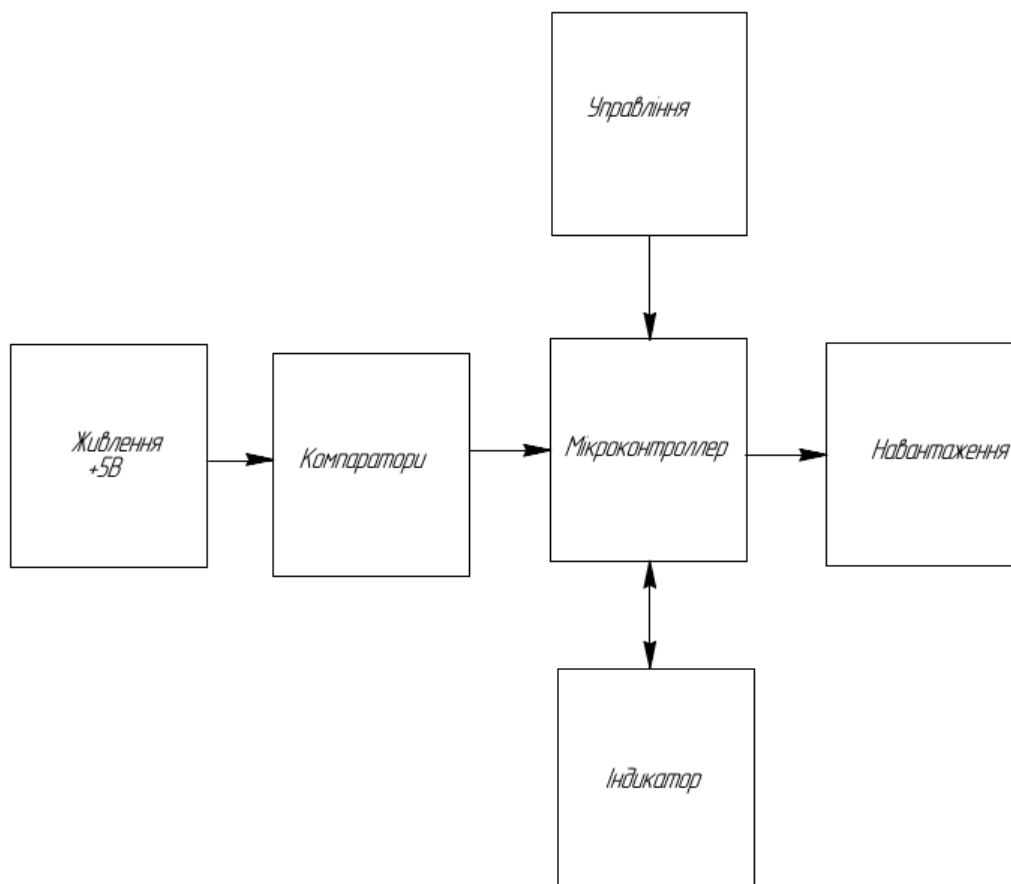


Рисунок 1.1- Схема електрична структурна

Для режиму напруги сигнал проходить через подільник, що знижує рівень до допустимого для аналого-цифрового перетворювача; для режиму струму використовується шунт, який перетворює струм у пропорційну напругу; для режиму опору мікроконтролер або допоміжний генератор формує тестовий струм, а падіння напруги на невідомому резисторі дозволяє визначити його значення; для перевірки діодів чи прозвонки формується контрольний струм і аналізується падіння напруги та наявність провідності.

Усі ці сигнали надходять на компаратори або безпосередньо на вбудований АЦП мікроконтролера, де відбувається цифрова обробка, калібрування та визначення режиму. Мікроконтролер керує індикацією та управлінням: на дисплей (LCD або LED) виводяться результати вимірювань.

1.3 Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз

Мультиметр складається з ряду електронних компонентів, які працюють узгоджено для вимірювання напруги, струму, опору та інших величин. Вхідний сигнал від досліджуваного кола спочатку потрапляє на резистивні дільники та фільтрувальні конденсатори: великі електролітичні конденсатори ЕСАР "Jamicon" згладжують пульсації живлення, а керамічні конденсатори NPO-1 "Murata" стабілізують сигнали та відсікають високочастотні шуми. Після цього сигнал надходить на компаратори LM393AP "Texas Instruments", які порівнюють його з опорними величинами і формують цифрові сигнали для мікроконтролера.

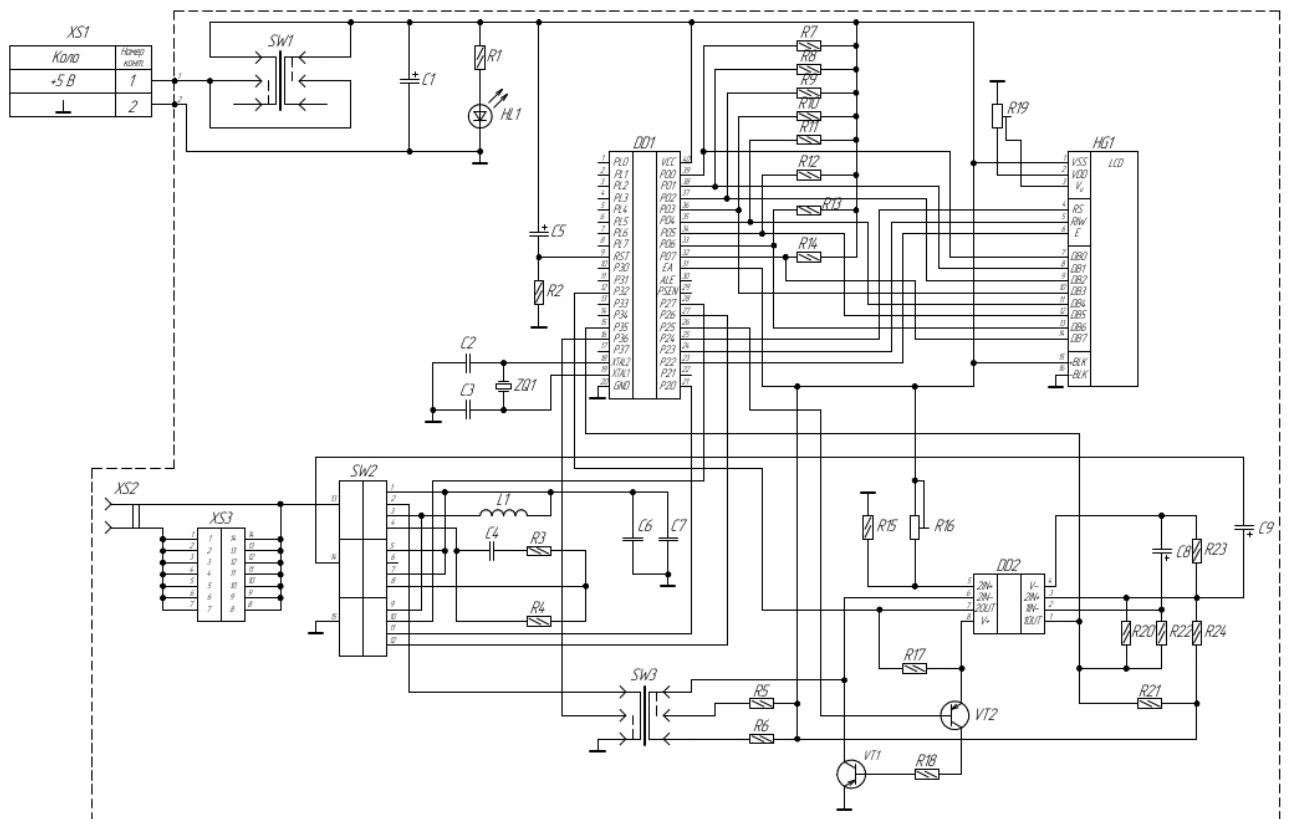


Рисунок 1.2- Схема електрична принципова

Основний керуючий елемент мультиметра — мікроконтролер STC89C52RC "STC micro", який обробляє отримані сигнали, проводить необхідні розрахунки для визначення напруги, струму або опору і передає

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

результат на рідкокристалічний дисплей SDCB2004BWE-R07 "Sinda". Мікроконтролер також керує індикацією світлодіодів L-1503GT "Kingbright", які сигналізують про активний режим або стан живлення.

Для точності вимірювань мікроконтролер синхронізується з кварцовим резонатором HC-49S 12 МГц "KDS", який задає стабільну тактову частоту. Резистори MFP-0,125- "Yageo" та потенціометр 3329H-1-5 кОм "Bourns" забезпечують правильне падіння напруги у колі та дозволяють калібрувати прилад. Транзистори S9014-C і S9015-C "LGE" використовуються для підсилення сигналів або електронного комутування, наприклад, для включення світлодіодів. Керування режимами мультиметра здійснюється механічними перемикачами: роторний перемикач RS25 3P4T "Well Buying" перемикає основні режими вимірювання, а кнопки PB22E09 "RUICHI" відповідають за додаткові функції та підрежими.

У цілому, прилад працює наступним чином: користувач обирає режим перемикачем, мікроконтролер налаштовує внутрішні схеми під цей режим, вхідний сигнал обробляється резистивними дільниками та фільтруючими конденсаторами, компаратори формують цифрові сигнали, мікроконтролер обчислює величину, і результат відображається на дисплеї. Світлодіоди та потенціометри забезпечують індикацію стану та точне калібрування, а транзистори та конденсатори підтримують стабільну роботу всіх ланцюгів. Таким чином мультиметр забезпечує точні вимірювання у всіх чотирьох режимах. [1].

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунково-конструкторська частина

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

Компонування проектованого виробу виконано за принципом функціонального та конструктивного поділу вузлів, що забезпечує зручність монтажу, обслуговування та експлуатації пристрою. Основним конструктивним елементом є друкована плата, на якій розміщені всі електронні компоненти схеми. Такий підхід дозволяє мінімізувати довжину з'єднувальних провідників, зменшити рівень паразитних наводок і підвищити надійність роботи пристрою.

Елементи на платі розташовані з урахуванням їх електричного зв'язку та зручності монтажу. Основна частина компонентів встановлена з одного боку плати, що спрощує процес пайки та зменшує ймовірність монтажних помилок. Органи керування, індикації та зовнішні роз'єми винесені на іншу сторону або крайові ділянки плати для забезпечення зручного доступу користувача після складання виробу.

Конструкція корпусу забезпечує надійне розміщення друкованої плати та органів керування. Внутрішній простір корпусу організовано таким чином, щоб виключити механічні напруження на плату та забезпечити достатні зазори між елементами та стінками корпусу. Кріплення плати здійснюється жорстко, що запобігає її зміщенню під час експлуатації.

Для виготовлення корпусу обрано пластмасу, що зумовлено низкою її переваг:

- низька маса виробу;
- достатня механічна міцність для побутових і приладових застосувань;
- добрі діелектричні властивості, що підвищує електробезпеку;
- технологічність у виробництві (лиття під тиском або формування);
- стійкість до корозії та впливу вологи.

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Друкована плата виготовляється з фольгованого склотекстоліту, який забезпечує:

- високу механічну міцність;
- стабільність геометричних розмірів;
- добрі електроізоляційні властивості;
- стійкість до температурних впливів під час пайки.

Електронні компоненти обираються з урахуванням їх надійності, стандартних типорозмірів та доступності, що спрощує ремонт і заміну.

Для захисту провідників друкованої плати застосовується стандартне захисне покриття у вигляді паяльної маски, яке виконує такі функції:

- запобігає окисненню провідників;
- зменшує ризик коротких замикань;
- підвищує надійність пайки;
- покращує зовнішній вигляд плати.

Додатково може використовуватися лудіння контактних майданчиків (олово-свинцеве або безсвинцеве), що забезпечує:

- підвищення паяльності;
- захист мідних провідників від корозії;
- збільшення терміну служби виробу.

Для корпусних елементів можливе використання декоративного або захисного покриття пластмаси (фарбування або текстурування), що підвищує естетичні властивості виробу та стійкість до подряпин.

2.1.2 Обґрунтування вибору конструкції

Корпус даного пристрою виготовлений із пластмаси. Верхня та нижня кришки мають форму типу “корито”. До верхньої кришки кріпиться друкована плата на котрій розміщенні основні елементи схеми, за допомогою чотирьох гвинтів та шайб. У місці з’єднань двох кришок кріпиться гніздо живлення. Верхня кришка має отвори під світлодіод та під кнопки і також накладки під

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кнопки, а також місце для скла під індикатор. Також на верхню кришку кріпиться ручка для перемикача SW2.

Дуже важливе значення при проектуванні виробу має його компоновка. Адже такі показники як дизайн, конструктивне оформлення, зручність при експлуатації і ремонті відносяться до основних факторів, що враховується при проектуванні виробу [14].

Корпус являється дуже важливою складовою частиною виробу і він визначає його експлуатаційні і техніко–економічні характеристики. Конструкція корпусу забезпечує мінімальні паразитні зв'язки між елементами схеми. Таке зменшення рівня паразитних зв'язків досягається раціональним взаємним розміщенням радіокомпонентів.

Корпус має жорстку міцну конструкцію і захищає усі розміщені в ньому елементи від механічних впливів, як в процесі експлуатації так і в процесі транспортування виробу. Корпус забезпечує легкий доступ до розміщених в ньому складових для заміни, огляду і ремонту.

Конструкція забезпечує мінімальні розміри і масу. Це забезпечується і передбачається при виготовленні друкованого вузла. Корпус захищає виріб від проникнення пилу і вологи в середину.

Конструкція корпусу даного пристрою забезпечує доступ до елементів, регулювання параметрів пристрою, а також здійснення контрольно–вимірювальних робіт. Апарат є зручним в користуванні.

У розробленому виробі під час розміщення електрорадіоелементів на друкованій платі враховано основні вимоги до раціонального компонування. Зокрема, забезпечено мінімальну довжину друкованих провідників, що дозволило зменшити втрати сигналів та вплив паразитних параметрів. Елементи, які виділяють значну кількість тепла, розміщено на достатній відстані від інтегральних мікросхем, що запобігає їх перегріву та забезпечує стабільність роботи [25].

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Важливі функціональні компоненти не розташовано в центральній частині плати, що сприяє покращенню тепловідведення та підвищує зручність обслуговування. Для елементів, що нагріваються, забезпечено належні умови для природної циркуляції повітря. Також у конструкції передбачено вільний доступ до регульованих елементів і місць кріплення друкованого вузла, що спрощує процес налагодження та ремонту.

Інтегральні мікросхеми у виробі орієнтовано таким чином, щоб їх довша сторона була розташована вздовж напрямку повітряних потоків, що сприяє ефективнішому охолодженню. Усі зазначені вимоги реалізовано в процесі проєктування друкованої плати.

Компонування друкованого вузла виконано з урахуванням оптимальної щільності розміщення компонентів. При цьому мінімізовано паразитні електричні взаємозв'язки між елементами, що позитивно впливає на технічні характеристики пристрою. Взаємне розташування елементів забезпечує технологічність складання, налагодження та експлуатації конструкції.

Габаритні розміри друкованої плати у виробі визначено з урахуванням технології виготовлення та економічної доцільності. Плата виконана прямокутної форми без складних вирізів і пазів, що дозволило знизити виробничі витрати та забезпечити ефективне використання матеріалів. Її параметри відповідають вимогам стандарту щодо співвідношення сторін і товщини, що сприяє уніфікації та спрощенню технологічного процесу виготовлення [14].

Монтаж електрорадіоелементів зі штировими виводами у даному виробі реалізовано шляхом їх встановлення у наскрізні отвори друкованої плати з подальшим загинанням виводів під відповідним кутом, обрізанням у межах контактних площадок та паянням методом «хвилі припою». Такий підхід забезпечив високу щільність монтажу, надійність електричних з'єднань та можливість розміщення більшої кількості компонентів на обмеженій площі плати.

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, у розробленому виробі всі вимоги до розміщення електрорадіоелементів та компонування друкованої плати реалізовано в повному обсязі, що забезпечило високу технологічність, надійність та ефективність роботи пристрою [25].

2.1.3 Опис і обґрунтування вибору елементної бази

Таблиця 2.1 - Конденсатор типу ЕСАР [2]

Позиційне позначення	C2-C4, C6-C7
Назва компонента	Конденсатор ЕСАР
Виробник	"Jamicon"
Критерії вибору	Ємність, струм, габарити
Параметри та характеристики	
Номінальна напруга	10В, 16 В
Номінальна ємність	470 мкФ, 10мкФ
Допуск ємності	$\pm 20\%$
Розмір	13 x 13 x 20 мм
Робоча температура	-55 ... 105 ° С
Тангенс кута втрат	0,14%

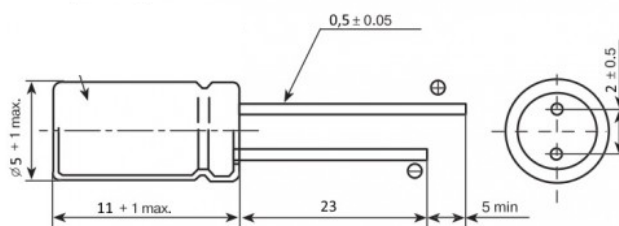


Рисунок 2.1 - Габаритні розміри конденсатора типу ЕСАР

Таблиця 2.2 - Резисторів MFP [3]

Позиційне позначення	R1-R15, R17-R24
Назва компонента	резисторів MFP
Виробник	Yageo
Критерії вибору	Потужність, напруга, відповідність схемі
Параметри та характеристики	
номінальна потужність	0,125 Вт
діапазон номінальних опорів	1...10·10 ⁶ Ом
допустиме відхилення опору	$\pm 10\%$
максимальна робоча напруга	200В
діапазон робочих температур	-60.....+70°C

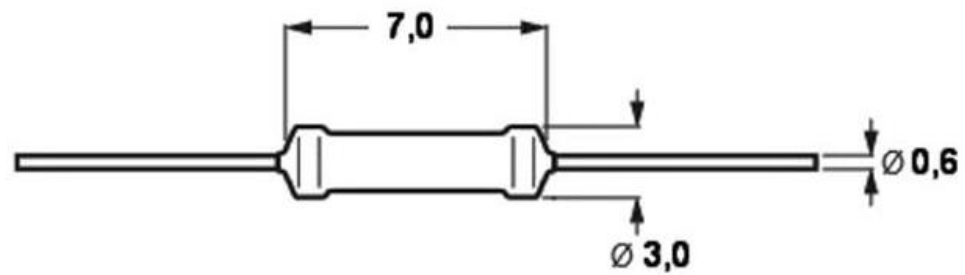


Рисунок 2.2- Габаритні розміри резисторів MFP "Yageo"

Таблиця 2.3 - Конденсатор NPO [4]

Позиційне позначення	C2- C4, C6-C7
Назва компонента	Конденсатор NPO
Виробник	"Murata"
Критерії вибору	Напруга, струм, відповідність схемі
Параметри та характеристики	
робоча напруга	50В
відхилення ємності від номінального значення	±10%;
інтервал робочих температур	- 40°C...+100°C
відносна вологість	до 98%
група ТКЄ	H20
діапазони ємностей	5нФ – 0,1мкФ
діапазон тиску	6,6-2942гПа

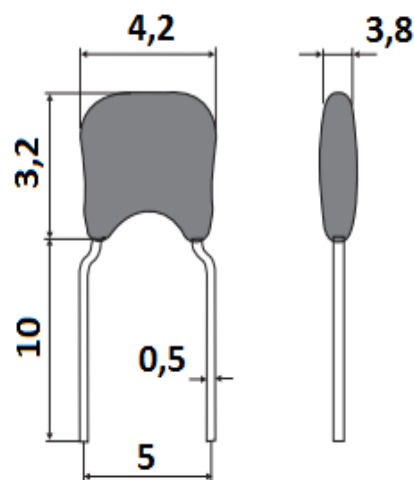


Рисунок 2.3 - Габаритні розміри конденсатора NPO

Таблиця 2.4 - Резистор 3329Н-1 "Bourns" [5]

Позиційне позначення	R16
Назва компонента	Резистор 3329Н-1 "Bourns"
Виробник	"Bourns"
Критерії вибору	Лінійність, опір, розміри
Параметри конструкції	Див.рис.2.4
Параметри та характеристики	
номінальний опір	5 кОм
номінальне відхилення, %	10
максимальне постійна напруга	500
температурний коефіцієнт +/-	250
гранична вібрація	10 ... 500Гц, 0.75мм, 6г
інтервал робочих температур	-55 ... + 125
ударостійкість	390m / s2, 4000 циклів

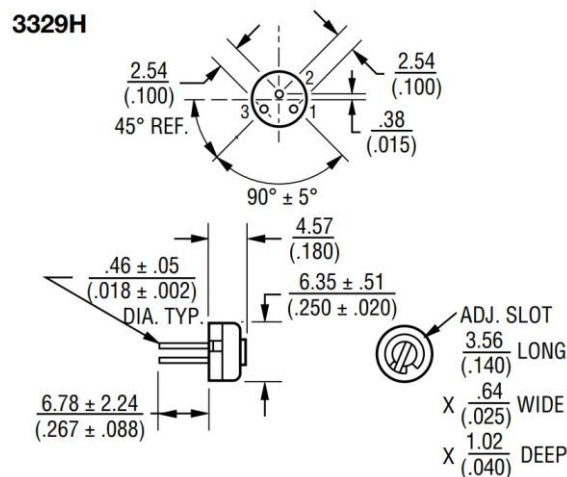


Рисунок 2.4 – Габаритні розміри резистора підстроювального 3329Н-1

Таблиця 2.5 - Дисплей SDCB2004BWE-R07 "Sinda" [6]

Позиційне позначення	HG1
Назва компонента	Дисплей SDCB2004BWE-R07
Виробник	"Sinda"
Критерії вибору	Вхідна та вихідна напруги, струм, принцип роботи
Параметри та характеристики	
Формат виводу	20 символів × 4 рядки
Тип індикатора	STN (Super-Twisted Nematic)
Підсвітка	Світлодіодна (LED)
Напруга живлення	Типово 5 В
Колірна схема	Білі символи на синьому фоні
Підтримка шрифтів	Латиниця та кириличні символи

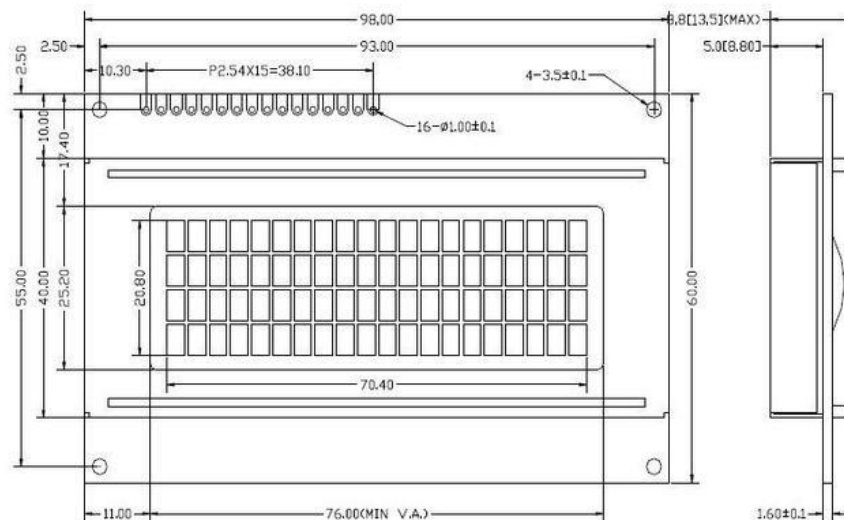


Рисунок 2.5 - Зовнішній вигляд дисплей SDCB2004BWE-R07

Таблиця 2.6 - Дросель FWDRI1415B"Ferriwo [7]

Позиційне позначення	L1
Назва компонента	Дросель FWDRI1415B-100 мкГн ±10% "Ferriwo
Виробник	"ST Microelectronics"
Критерії вибору	Струм, напруга, розміри, матеріал
Параметри та характеристики	
серія ес	24
Номінальна індуктивність, мкГн	100
Допуск номінальної індуктивності, %	20
Максимальний постійний струм, мА	700
Активний опір, Ом	0.085
Добротність, Q	30
Робоча температура, С	-20 ... 100

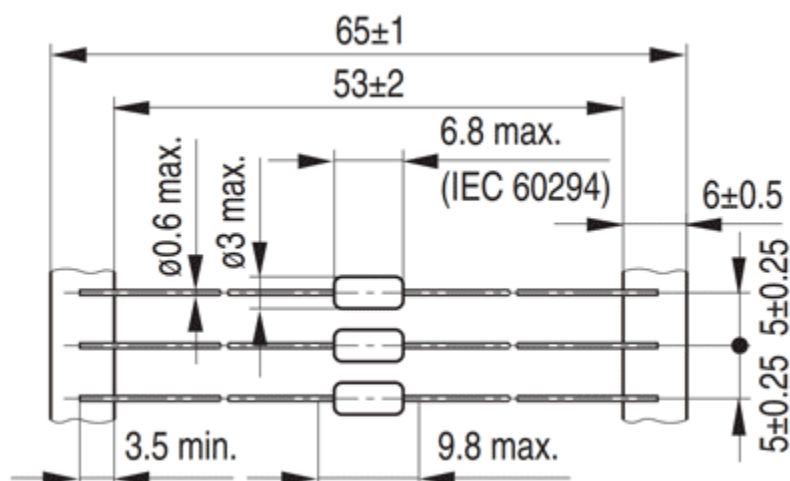


Рисунок 2.6 - Габаритні розміри індуктивності FWDRI1415B"Ferriwo

Таблиця 2.7 - Транзистор S9014-C "LGE" [8]

Позиційне позначення	VT1
Назва компонента	Транзистор S9014-C
Виробник	"LGE"
Критерії вибору	Тип, структура, струм, напруга, підсилення
Параметри та характеристики	
Структура	pnp
Макс. напр. к-е при заданому струмі до і розімкнутої ланцюга б. (Uкео макс), В	45
Максимально допустимий струм до (Iк макс.)	0.1
Статичний коефіцієнт передачі струму h21е хв	200 ... 450
Гранична частота коефіцієнта передачі струму fгр.МГц	150
Максимальна потужність, що розсіюється, Вт	0.5
Корпус	to-92
Вага, г	0.3

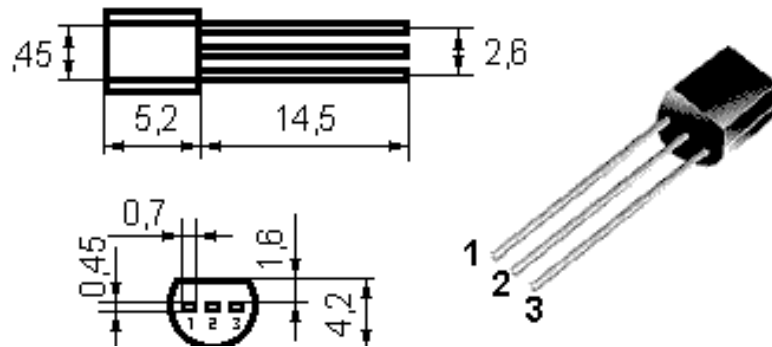


Рисунок 2.7 – Габаритні розміри транзистора S9014-C

Таблиця 2.8 - Транзистор S9015-C "LGE" [9]

Позиційне позначення	VT2
Назва компонента	Транзистор S9015-C
Виробник	"LGE"
Критерії вибору	Тип, структура, струм, напруга, підсилення
Параметри та характеристики	
Тип	PNP
Максимальна потужність колектора (Pc)	0.2 Вт
Максимальна напруга колектор-база (Vcb)	50 В
Коефіцієнт підсилення струму (hFE)	≥200
Гранична частота (ft)	~150 МГц
Корпус	TO-92
Максимальний струм колектора (Ic)	100 мА
Максимальна напруга емітер-база (Veb)	5 В

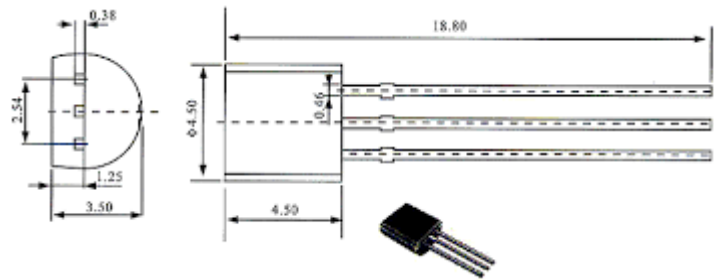


Рисунок 2.8 – Габаритні розміри транзистора S9015-C "LGE"

Таблиця 2.9 - Кварцевий резонатор HC-49S 8 МГц "KDS" [10]

Позиційне позначення	ZQ1
Назва компонента	Кварцевий резонатор HC-49S 12 МГц
Виробник	"KDS"
Критерії вибору	Тактова частота, розміри, вхідна напруга
Параметри конструкції	див. рисунок 2.9
Параметри та характеристики	
Резонансна частота, Гц	12МГц
Точність настройки dF/Fx	10^{-6} 30
Температурний коефіцієнт, Ктх	10^{-30}
Робоча температура, С	- 20 ... +70
Довжина корпусу L., мм	13.5
Діаметр (ширина) корпуси, D (W), мм	11.5

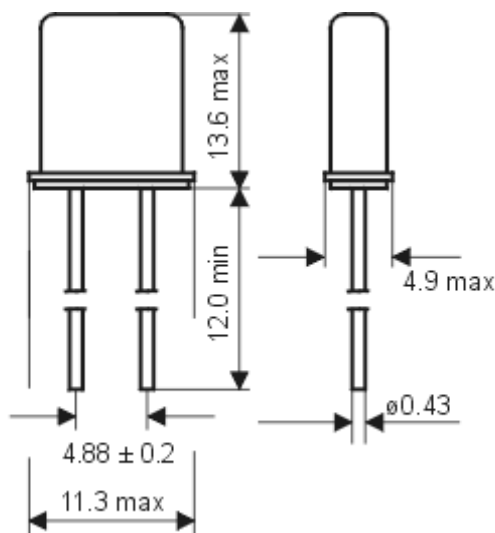


Рисунок 2.9 - Габаритні розміри кварцового резонатора HC-49S

Таблиця 2.10 - Світлодіод L-1503GT [11]

Позиційне позначення	HL1
Назва компонента	Світлодіод L-1503GT
Виробник	Kingbright
Критерії вибору	Розміри, кольорова гамма, яскравість
Параметри конструкції	Див.рис.1.10
Параметри та характеристики	
пряма напруга	1,9В
прямий струм	30мА
кут випромінювання	180°
колір свічення	червоний
довжина хвилі	660нм

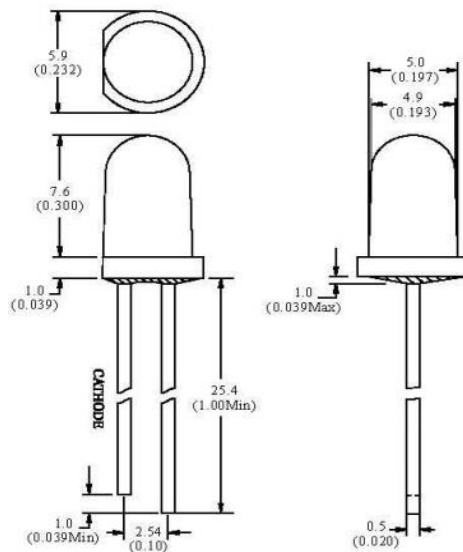


Рисунок 2.10 – Габаритні розміри світлодіода L-1503GT

Таблиця 2.11 - Мікросхема LM393AP "Texas Instruments" [12]

Позиційне позначення	DD2
Назва компонента	Мікросхема LM393AP
Виробник	"Texas Instruments"
Критерії вибору	Вхідна та вихідна напруги, струм, корпус
Параметри та характеристики	
Живлення:	від 2 до 36 В постійного струму
Споживання струму:	дуже низьке, близько 0,4 мА
Температурний діапазон:	від -40°C до +125°C
Тип:	подвійний компаратор
Корпус	DIP 8
Робоча температура:	+5...+40°C

8-pin plastic DIP
(DIP-8P-M01)

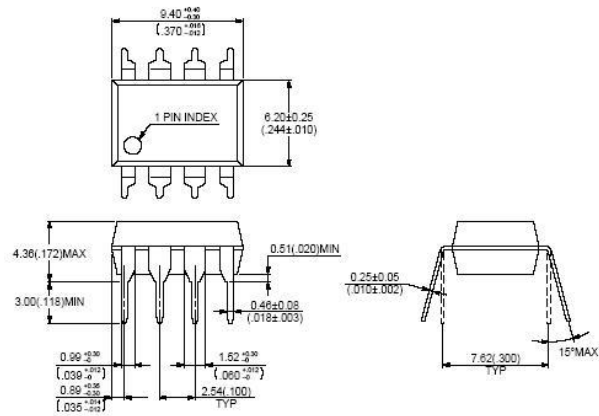


Рисунок 2.11 – Габаритні розміри мікросхеми LM393AP "Texas Instruments"

Таблиця 2.12 - Мікросхема STC89C52RC "STC micro" [13]

Позиційне позначення	DD1
Назва компонента	Мікросхема STC89C52RC "STC micro"
Виробник	"STC micro"
Критерії вибору	Вхідна та вихідна напруги, струм, принцип роботи
Параметри та характеристики	
Живлення:	від 4,5 В до 5,5 В постійного струму
Споживання струму:	дуже низьке, типово 10–20 мА
Температурний діапазон:	-40°C ... +85°C
Тактова частота:	до 35 МГц
Архітектура:	8-бітна
Пам'ять:	Flash ROM: 8 КБ, RAM: 256 Байт
UART:	один послідовний порт для передачі даних

40-pin plastic DIP
(DIP-40P-M02)

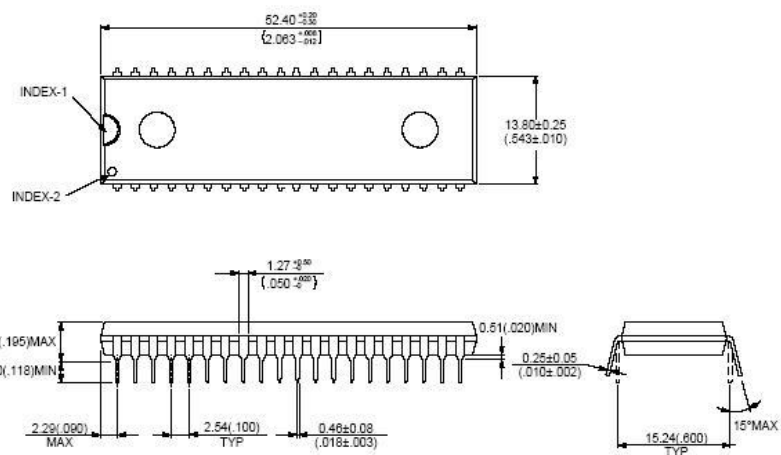


Рисунок 2.12 – Габаритні розміри мікросхеми STC89C52RC

2.1.4 Розрахунок електричних параметрів окремих каскадів

Схема електрична принципова транзисторного ключа зображена на рисунку 2.13 [34].

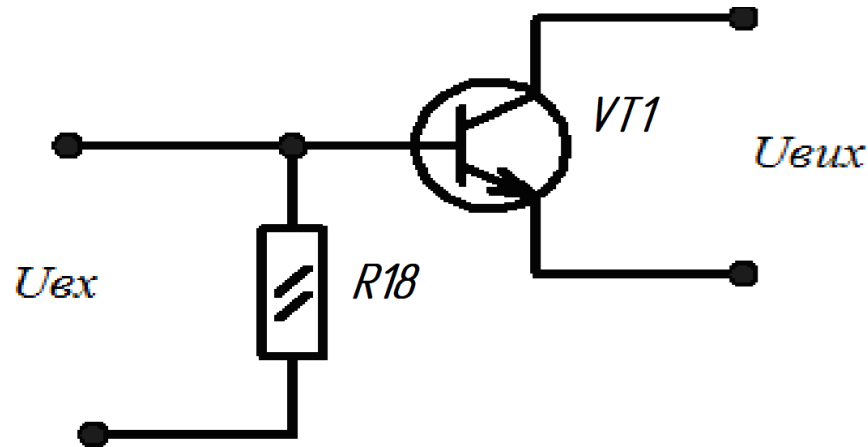


Рисунок 2.13 - Схема електрична принципова транзисторного ключа

Розрахуємо параметри транзисторного ключа при наступних умовах:

$$U_{ж}=25\text{В};$$

$$R_{н}=1,5 \text{ кОм};$$

$$U_{у}=\pm 12\text{В};$$

Транзистор S9014-С виробник фірми "LGE".

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

$$U_{60}=0,6\text{В};$$

$$R_{нас}=0,1\text{Ом};$$

$$r_6=1,5\text{кОм};$$

$$I_{к0}=0,1\text{А};$$

$$I_{к0зв}=25\text{мА};$$

$$R_{6e}=10 \text{ Ом}.$$

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

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

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де: R_n – опір навантаження;

U_n – напруга живлення;

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

Опір управляючого резистора, який забезпечує включення транзистора:

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

де: U_y – напруга управління транзистором;

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

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

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

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

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

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

Схема електрична принципова RC-фільтра зображена на рисунку 2.17.

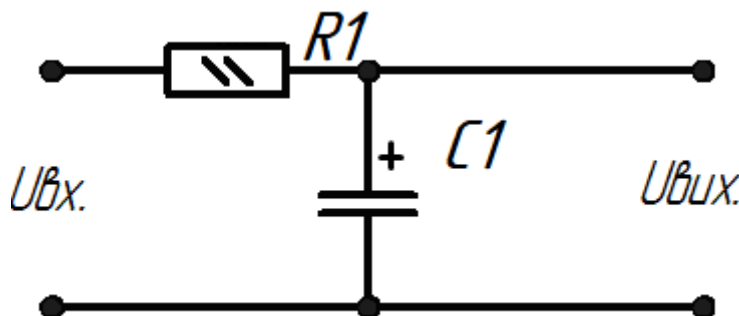


Рисунок 2.14 - Схема електрична принципова RC-фільтра

1. Вихідні дані для проведення розрахунку:

$$C = 470 \text{ мкФ}$$

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_c = 10\text{кГц}$$

2. Розрахунок частоти зрізу проводиться за формулою:

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

де C – ємність конденсатора;

R – опір резистора;

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

3. Розрахунок опору резистора:

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

де f_c – частота зрізу, становить 10кГц.

$$R = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 470 \cdot 10} = 10\text{кОм}$$

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

$$R1 = 10\text{кОм}$$

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 [16].

Визначаємо мінімальну ширину друкованого провідника, мм., по постійному струму для кіл живлення і заземлення [13]:

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

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

Визначається із аналізу принципової схеми, $I_{\max} = 0,2\text{А}$;

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ідоп – 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:

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

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

$L = 0,5м$ – довжина провідника,

$U_{доп} = 0,9В$ – допустиме падіння напруги.

Визначаємо номінальне значення діаметрів монтажних отворів d :

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

де: d_E – максимальний діаметр виводу встановленого ЕРЕ (діаметр вивода ЕРЕ.) $\Delta d_{н.в.}$ – нижнє граничне відхилення від номінального діаметру монтажного отвору (0,1 для всіх)

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

$d_{E1} = 0,8$ -для мікросхем, конденсаторів, резисторів, кварцевого резонатора, транзисторів;

$d_{E2}=1,0$ - для індикатора НГ1, перемикачів SW1-SW3, роз'ємів XS1, XS3.

$$d = d_{E1} + |\Delta d_{н.в.}| + r = 0,8 + |\pm 0,1| + 0,2 = 1, 1 мм$$

$$d = d_{E2} + |\Delta d_{н.в.}| + r = 1,0 + |\pm 0,1| + 0,2 = 1, 3 мм$$

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

Розраховуємо діаметр контактних площадок.

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

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

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

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$b_m = 0,06 \text{ мм.}$$

δ_d і δ_p - 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.

$$d_{max1} = 1,1 + 0,1 + 0,1 = 1,3 \text{ мм}$$

$$d_{max2} = 1,3 + 0,1 + 0,1 = 1,5 \text{ мм}$$

$$D_{1min1} = 2 \left(0,06 + \frac{1,3}{2} + 0,25 + 0,4 \right) = 2,72 \text{ мм}$$

$$D_{1min2} = 2 \left(0,06 + \frac{1,5}{2} + 0,25 + 0,4 \right) = 2,92 \text{ мм}$$

$$D_{min1} = 2,92 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 2,8 \text{ мм}$$

$$D_{min2} = 2,92 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 3 \text{ мм}$$

Максимальний діаметр контактної площадки:

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

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

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

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:

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

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_{1min1} = 2,5 - \left[\left(\frac{2,82}{2} + 0,4 \right) + \left(\frac{1,3}{2} + 0,05 \right) \right] = -0,01 \text{ мм}$$

$$S_{1min2} = 2,5 - \left[\left(\frac{3,02}{2} + 0,4 \right) + \left(\frac{1,5}{2} + 0,05 \right) \right] = -0,21 \text{ мм}$$

де: L_0 – відстань між центрами відповідних елементів;

Мінімальна відстань між двома контактними площадками:

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

$$S_{2min1} = 2,5 - (2,82 + 2 \cdot 0,4) = -1,12 \text{ мм}$$

$$S_{2min2} = 2,5 - (3,02 + 2 \cdot 0,4) = -1,32 \text{ мм}$$

Мінімальна відстань між двома провідниками:

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

$$S_{3min1} = 2,5 - (2,82 + 2 \cdot 0,05) = -0,42 \text{ мм}$$

$$S_{3min2} = 2,5 - (3,02 + 2 \cdot 0,05) = -0,62 \text{ мм}$$

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, кварцового резонатора, транзисторів.

2.1.6 Оцінка теплових режимів роботи виробу

Оцінка теплових режимів роботи проектного виробу виконується з метою визначення умов його нормального функціонування, запобігання перегріву елементів та забезпечення необхідної надійності в процесі експлуатації.

У складі пристрою відсутні потужні тепловиділяючі компоненти (силові транзистори великої потужності, потужні стабілізатори або нагрівальні елементи). Основне тепловиділення припадає на малопотужні інтегральні мікросхеми, резистори та елементи індикації. Загальний рівень тепловиділення є незначним, що дозволяє використовувати пасивне охолодження без застосування додаткових радіаторів або вентиляційних систем.

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тепловий режим роботи виробу визначається балансом між потужністю, що розсіюється елементами схеми, та здатністю конструкції відводити тепло в навколишнє середовище через друковану плату та корпус.

Основними шляхами відведення тепла є:

- теплопровідність через провідники друкованої плати;
- тепловіддача через поверхню корпусу в навколишнє повітря;
- конвекційний теплообмін усередині корпусу (природна конвекція повітря).

Завдяки компактному компонуванню друкованої плати можливе локальне підвищення температури в окремих зонах, однак воно не досягає критичних значень через малу сумарну потужність розсіювання елементів. Відсутність щільно розташованих потужних джерел тепла виключає утворення «гарячих точок», які могли б негативно впливати на стабільність роботи схеми.

Пластмасовий корпус має порівняно низьку теплопровідність, однак у даному випадку це не є недоліком, оскільки тепловиділення є незначним. Температура внутрішнього об'єму корпусу при нормальних умовах експлуатації (температура навколишнього середовища 20–25 °C) практично не перевищує допустимих значень для більшості електронних компонентів (до 60–85 °C залежно від типу елементів).

Для оцінки теплової стійкості можна використати загальний підхід:

- якщо сумарна потужність розсіювання невелика (до 1–2 Вт), то природної конвекції достатньо для підтримання безпечного температурного режиму;
- при щільному монтажі важливо забезпечити відстані між елементами для уникнення взаємного теплового впливу.

Таким чином, проведений аналіз показує, що тепловий режим роботи виробу є стабільним і знаходиться в допустимих межах. Конструкція не потребує додаткових заходів примусового охолодження, а обрані матеріали

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

корпусу та друкованої плати забезпечують надійну роботу пристрою в умовах нормальної експлуатації.

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.

Оскільки відмови та відновлення працездатності є випадковими подіями в тому змісті, що місце та час їх виникнення неможливо прогнозувати точно, надійність кількісно оцінюється імовірнісними характеристиками.

Імовірність безвідмовної роботи (ІБР) елементу $p(t)$ або системи $p_c(t)$ – це імовірність того, що в межах заданого напрацювання t при визначених умовах експлуатації не виникне жодної відмови.

Інтенсивність відмов $\lambda(t)$ – умовна щільність імовірності виникнення відмов пристрою, що визначається для певного моменту часу при умові, що до цього моменту відмови не виникали.

Розрахунок надійності проектного виробу проводимо за допомогою спеціальної програми NAD_Release [15]:

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.13 - Вихідні дані для розрахунку надійності

п/п	Назва групи елементів	К- сть шт.	К _{нопр}	I _{відм} * 1e-06	К-сть * К _{нав} від * 1e-06
1	Мікросхеми	2	1	0,03	0,06
2	Резонатор кварцевий	1	1	0,2	0,2
3	Індикатори	1	1	40	40
4	Конденсатори електролітичні	4	0,4	2,4	3,84
5	Конденсатори керамічні	5	0,1	1,4	0,7
6	Резистори постійні	22	0,42	0,8	7,392
7	Друківана плата	1	1	0,1	0,1
8	Пайки	192	1	0,02	3,84
9	Кнопка	2	1	2,2	6,6
10	Резистор змінний	1	0,42	5	4,2
11	Роз'єм	3	1	0,05	0,15
12	Транзистори	2	0,35	4	2,8
13	Дроселі	1	0,1	1	0,1
14	Перемикач	3	1	0,5	0,15

Коефіцієнти впливу:

Коефіцієнт механічних впливів: 1;

Коефіцієнт впливу вологості і температури: 1;

Коефіцієнт атомосферних впливів: 1;

Результати розрахунку:

Інтенсивність відмов: 6.8882e-005 1/год

Середня наробка до відмови: 14517.6 год.

Розрахунок ймовірності безвідмовної роботи P(t):

t = 10 год. P(t) = 0.999311

t = 100 год. P(t) = 0.993135

t = 1000 год. P(t) = 0.933437

t = 10000 год. P(t) = 0.502168

t = 100000 год. P(t) = 0.001020

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

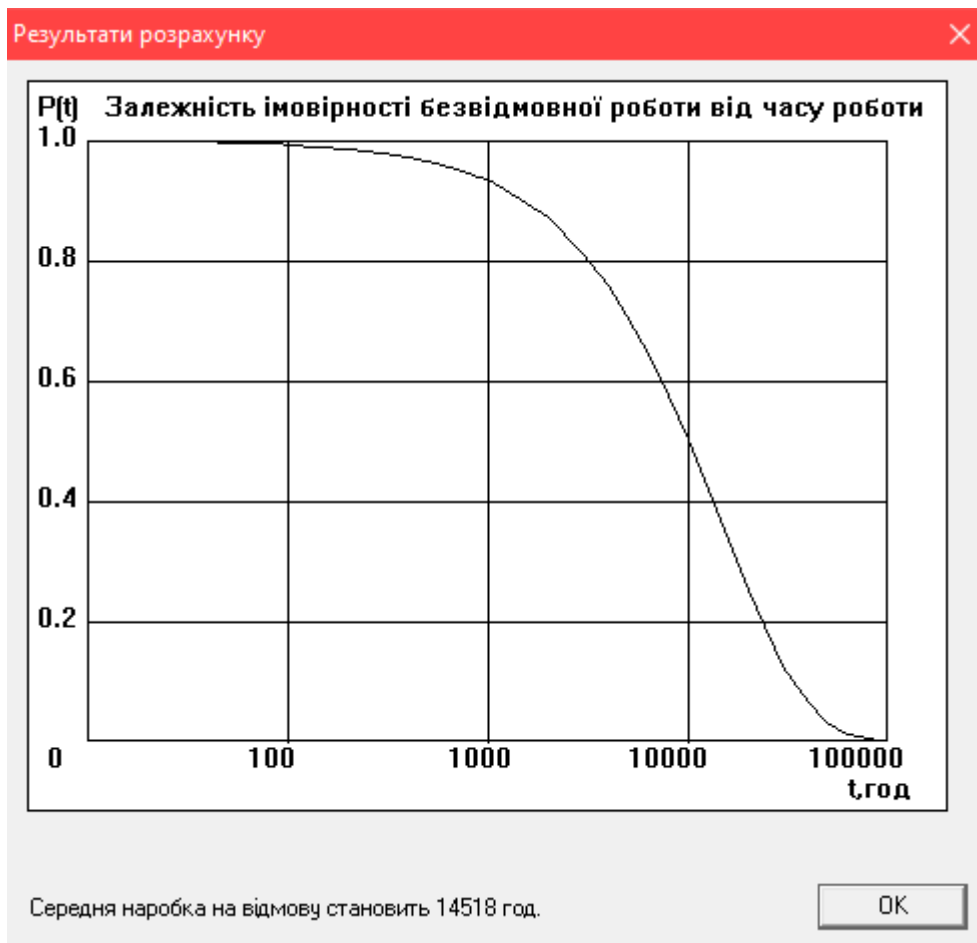


Рисунок 2.15 - Графік залежності імовірності безвідмовної роботи від часу

Напрацювання на відмову становить 14518 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 проектного виробу виконується з метою оцінки доцільності прийнятих конструктивних рішень, рівня матеріальних витрат, технологічності виготовлення та загальної ефективності виробу у виробництві й експлуатації.

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Конструкція пристрою побудована на основі друкованої плати з щільним компонуванням елементів, що дозволяє зменшити її габарити до 95 × 105 мм. Зменшення площі плати позитивно впливає на зниження витрат фольгованого матеріалу (склотекстоліту), а також зменшує витрати на травлення, свердління та монтажні операції. Одностороннє розміщення основних елементів додатково спрощує технологічний процес складання та зменшує трудомісткість виготовлення.

Використання стандартних електронних компонентів і типових роз'ємів забезпечує низьку собівартість виробу та спрощує постачання елементної бази. Відсутність дорогих або дефіцитних елементів підвищує економічну доцільність виробу та зменшує витрати на його ремонт і обслуговування.

Корпус виробу виготовлено з пластмаси, що є економічно обґрунтованим рішенням. Пластмаса є відносно дешевим матеріалом, легко піддається серійному виробництву методом лиття або формування, а також не потребує додаткової антикорозійної обробки. Це знижує загальну вартість виготовлення корпусу порівняно з металевими аналогами.

Конструкція корпусу з двох частин («корито») спрощує складання виробу та скорочує час монтажу. Кріплення друкованої плати за допомогою стандартних гвинтів і шайб забезпечує простоту збирання та можливість багаторазового розбирання при ремонті, що знижує експлуатаційні витрати.

Технологічність конструкції характеризується:

- простотою монтажу елементів на друковану плату;
- використанням стандартних кріпильних елементів;
- мінімальною кількістю ручних операцій;
- зручністю контролю та ремонту.

З економічної точки зору важливим фактором є також підвищена ремонтпридатність виробу. Завдяки модульній структурі (друкована плата + корпус) заміна несправних елементів не потребує повної заміни пристрою, що зменшує витрати в процесі експлуатації.

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У результаті аналізу можна зробити висновок, що запропонована конструкція є технічно доцільною та економічно ефективною. Вона поєднує низьку собівартість виготовлення, простоту технології складання та високу ремонтпридатність, що робить виріб придатним для серійного виробництва.

Даний пристрій відноситься до вимірювальних приладів. Його напруга живлення становить 5В, а струм споживання 0,2А. Тому потужність буде рівна:

$$P=I*U=0,2*5= 1 \text{ (Вт)} \quad (2.17)$$

2.2 Технологічна частина

2.2.1 Загальні відомості про складання і монтаж проектованого виробу

Конструкція пристрою виконана з урахуванням вимог компактності, технологічності виготовлення та зручності подальшого складання. Друкована плата має щільне компонування елементів, що дозволило мінімізувати її габарити до розміру 95 × 105 мм. Таке рішення забезпечує ефективне використання площі плати та скорочує довжину провідникових з'єднань, що позитивно впливає на надійність роботи пристрою.

Розміщення елементів виконано таким чином, що основна частина електронних компонентів знаходиться з одного боку друкованої плати. Це спрощує процес автоматизованого та ручного монтажу, а також полегшує контроль якості паяння. На зворотному боці плати розташовані органи керування та індикації, зокрема перемикачі SW1–SW2, роз'єми XS1, XS2, індикатор HG1 та світлодіод HL1. Така компоновка забезпечує зручний доступ користувача до елементів керування при зібраному пристрої.

У конструкції пристрою відсутні елементи з високим тепловиділенням, що дозволяє не передбачати додаткових систем охолодження або вентиляційних отворів. Це спрощує конструкцію корпусу та підвищує його герметичність і механічну міцність.

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Корпус пристрою виготовлено з пластмаси, що забезпечує невелику масу виробу, електричну ізоляцію та простоту технологічної обробки. Конструктивно корпус складається з верхньої та нижньої кришок, виконаних у формі типу «корито», що підвищує жорсткість конструкції та полегшує їх суміщення при складанні.

Друкована плата закріплюється до верхньої кришки корпусу за допомогою чотирьох гвинтів і шайб, що забезпечує надійну фіксацію та стійкість до вібрацій і механічних навантажень. У місці стику верхньої та нижньої частин корпусу встановлюється гніздо живлення, яке забезпечує зовнішнє підключення пристрою до джерела живлення.

Верхня кришка корпусу містить технологічні отвори для світлодіода та кнопок управління, а також спеціальні накладки, що забезпечують зручність натискання та захист елементів керування. Окремо передбачене місце для встановлення скла індикатора, що забезпечує його захист і одночасно зберігає видимість показів.

Крім того, на верхню кришку встановлюється ручка перемикача SW2, яка забезпечує зручність користування та чітку механічну фіксацію положень перемикача.

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

Технологічність конструкції проектного виробу оцінюється за сукупністю показників, що характеризують простоту виготовлення, зручність складання, ремонтпридатність та можливість серійного виробництва. Загалом конструкція виробу відповідає вимогам технологічності та не потребує складних або спеціалізованих виробничих процесів.

Друкована плата виконана з урахуванням раціонального розміщення елементів, що забезпечує зручність монтажу та мінімізацію кількості перехресть провідників. Одностороннє розташування основних елементів

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

спрощує процес пайки та контролю якості з'єднань. Габарити плати (95 × 105 мм) дозволяють застосовувати стандартне технологічне обладнання без необхідності спеціальної оснастки.

Використання стандартних корпусних елементів і типових електронних компонентів підвищує технологічність виробу, оскільки не потребує індивідуального підгоняння або спеціального виготовлення деталей. Кріплення плати гвинтовим способом забезпечує простоту складання та розбирання, що позитивно впливає на ремонтпридатність.

Корпус виробу має просту двосекційну конструкцію типу «корито», що дозволяє здійснювати складання без складних механічних операцій. Наявність стандартних отворів під органи керування та індикації також підвищує зручність монтажу.

Для виготовлення та складання виробу використовується стандартний набір ручного та технологічного інструменту, що забезпечує доступність і простоту виробничого процесу.

Під час монтажу друкованої плати застосовуються:

- паяльна станція з регулюванням температури;
- припій (олов'яно-свинцевий або безсвинцевий) та флюс;
- пінцети для встановлення малогабаритних компонентів;
- кусачки бокові для обрізання виводів;
- монтажні голки або шила для формування та встановлення елементів;
- збільшувальне скло або мікроскоп для контролю якості пайки.

Для механічного складання корпусу використовуються:

- викрутки хрестові та плоскі відповідних розмірів;
- набір гвинтів і шайб стандартного типорозміру;
- ручний інструмент для встановлення роз'ємів і перемикачів;
- при необхідності — дріль або свердлильний верстат для обробки отворів (при одиничному виробництві або доопрацюванні корпусу).

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Контрольно-вимірювальні прилади:

- цифровий мультиметр для перевірки електричних параметрів;
- тестер безперервності ланцюгів;
- лабораторне джерело живлення для первинного запуску та налаштування виробу.

Застосування стандартного інструменту та відсутність потреби у спеціалізованій оснастці свідчить про високу технологічність конструкції та її придатність до дрібносерійного або серійного виробництва.

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

Опис технологічного процесу виготовлення двосторонньої друкованої плати ґрунтується на хімічному способі формування провідного малюнка шляхом контрольованого видалення зайвої мідної фольги з обох сторін діелектричної основи. Як базовий матеріал використовується мідноламінований склотекстоліт типу FR-4, який характеризується високою механічною міцністю, стабільністю розмірів, добрими електроізоляційними властивостями та стійкістю до температурних навантажень. Використання двосторонньої структури дозволяє реалізувати провідні доріжки на двох шарах, що значно підвищує щільність монтажу та дає змогу зменшити габарити кінцевого виробу.

Провідний шар виконується з мідної фольги товщиною 18–35 мкм, яка наноситься на обидві сторони основи в заводських умовах методом ламінування. Мідь забезпечує необхідні електричні характеристики та достатню механічну міцність друкованих провідників. Формування топології здійснюється із застосуванням фоторезистивного шару, який може бути рідким або плівковим. У навчальних умовах іноді застосовують спрощені методи (термотрансфер, маркерна технологія), однак для двосторонніх плат

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

найбільш доцільною є фотолітографія, оскільки вона забезпечує високу точність і повторюваність.

Технологічний цикл починається з підготовки поверхні плати, що включає очищення мідного шару від оксидів і забруднень механічним способом та знежирення. Далі на обидві сторони наноситься фоторезист, після чого виконується експонування через відповідні фотошаблони для верхнього та нижнього шарів. На етапі проявлення видаляються незахищені ділянки, формуючи захисний рисунок майбутніх провідників.

Наступною операцією є травлення, під час якого незахищена мідь видаляється у хімічному розчині (хлорне залізо, персульфат амонію або інші травники). У результаті утворюється система провідних доріжок на обох сторонах плати, що відповідає електричній схемі пристрою. Для забезпечення електричного з'єднання між шарами використовуються перехідні отвори (via), які у промислових умовах виконуються методом металізації, а в спрощених варіантах — дрововими перемичками або паянням.

Після завершення травлення фоторезист видаляється, плата очищується та висушується. Для підвищення довговічності та захисту міді від окиснення застосовується фінішна обробка поверхні, яка може включати лудіння контактних майданчиків або нанесення захисних покриттів, таких як паяльна маска, HASL, а також більш складні промислові варіанти (наприклад, ENIG — нікель-золото).

До основних матеріалів процесу належать склотекстоліт FR-4 як основа, мідна фольга як провідний шар, фоторезист як захисне покриття та травильні розчини (хлорне залізо, персульфат амонію тощо). Додатково використовуються допоміжні речовини: знежирювачі (ацетон, ізопропіловий спирт), промивна вода, абразивні матеріали для підготовки поверхні, а також засоби фінішної обробки — лак, паяльна маска та припій.

Таким чином, застосована технологія виготовлення двосторонньої друкованої плати забезпечує отримання компактного, технологічного та

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

надійного виробу з високою щільністю монтажу, покращеними електричними параметрами та розширеними функціональними можливостями.

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 $K_{\text{вик.імс}}$ визначається за формулою:

$$K_{\text{вик.імс}} = \frac{H_{\text{імс}}}{H_{\text{імс}} + H_{\text{ЕРЕ}}} = \frac{2}{2 + 46} = 0,04 \quad (2.18)$$

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

$$K_{\text{А.М}} = \frac{H_{\text{А.М}}}{H_{\text{М}}} = \frac{124}{192} = 0,65 \quad (2.19)$$

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:

$$K_{\text{М.П.ЕРЕ}} = \frac{H_{\text{М.П.ЕРЕ}}}{H_{\text{ЕРЕ}}} = \frac{39}{46} = 0,85 \quad (2.20)$$

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.

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт повторюваності електрорадіоелементів $K_{\text{ПОВТ.ЕРЕ}}$ визначається за формулою:

$$K_{\text{ПОВТ.ЕРЕ}} = 1 - \frac{H_{\text{Т.ЕРЕ}}}{H_{\text{ЕРЕ}}} = 1 - \frac{37}{46} = 0,2 \quad (2.21)$$

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

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

$$K_{\text{ЗАСТ.ЕРЕ}} = 1 - \frac{H_{\text{Т.ОР.ЕРЕ}}}{H_{\text{Т.ЕРЕ}}} = 1 - \frac{10}{46} = 0,78 \quad (2.22)$$

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

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

Коефіцієнт установочних розмірів електрорадіоелементів $K_{\text{ВСТ.Р}}$ визначається за формулою:

$$K_{\text{ВСТ.Р}} = 1 - \frac{H_{\text{ВСТ.Р}}}{H_{\text{ЕРЕ}}} = 1 - \frac{46}{46} = 0 \quad (2.23)$$

де $H_{\text{ВСТ.Р}}$ кількість видів встановлених розмірів ЕРЕ у виробі

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

$$K_{\Phi} = \frac{D_{\text{пр}}}{D} = \frac{1}{1} = 1 \quad (2.24)$$

де $D_{\text{пр}}$ – кількість деталей, заготовки або самі деталі отримані прогресивним методом формоутворення.

Комплексний показник технологічності K визначається за формулою

$$K = \frac{K_1\phi_1 + K_2\phi_2 + \dots + K_i\phi_i}{\phi_1 + \phi_2 + \dots + \phi_i} = \frac{0,04*1 + 0,65*1 + 0,85*0,75 + 0,2*0,5 + 0,78*0,310 + 0*0,187 + 1*0,110}{1 + 1 + 0,75 + 0,5 + 0,310 + 0,187 + 0,110} = 0,5 \quad (2.25)$$

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 $K_n = 0,5$.

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відношення K/K_n повинно задовольняти умову:

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

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

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

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

Маршрутно-операційна технологія складання включає в себе наступні кроки:

- установка друкованого вузла у верхню частину корпусу;
- кріплення друкованого вузла до верхньої частини корпусу за допомогою чотирьох гвинтів;
- кріплення гнізд та накладок під кнопку;
- кріплення скла під індикатор;
- кріплення ручки для перемикача;
- фіксація кришок за допомогою чотирьох гвинтів та ніжок.

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;

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- автоматизована пайка хвилею припою;
- рихтування;
- регулювання;
- лакування;
- технічний контроль [21].

					26 КР 172.403.025.000.000 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 –1200грн/м² за місяць). При цьому вартість передавальних пристроїв включається в орендну плату будівель.

Вартість будівель розраховується за формулою:

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

$$V_{\text{буд}} = 1200 \times 125 = 150000 \text{ (грн.)}$$

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

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

$S_{\text{буд}}$ – площа будівлі, м² (приймається 125м²).

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

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

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

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

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

При цьому вартість обладнання складає:

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

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

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

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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

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

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

4) Загальний обсяг виробничих інвестицій розраховується за формулою:

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

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

5) Величина амортизаційних відрахувань розраховується за формулою:

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

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

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

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

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

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 - Розрахунок річних амортизаційних відрахувань

№з/ п	Найменування основних фондів	Балансова вартість основних фондів, тис. грн.	Річна сума амортизаційних відрахувань, тис. грн.
	Інструменти та прилади	1650	412,5
	Виробничий та господарський інвентар	2475	618,75
	Всього:	3300	1031,25

3.2 Розрахунок собівартості продукції

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

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

Виробнича собівартість

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

Повна собівартість

Рекомендації щодо розрахунку статей калькуляції собівартості продукції.

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

$$B_M = 662,92 \times 1,04 = 689,44 \text{ (грн.)}$$

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

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

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

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

Таблиця 3.2- Розрахунки

№ з/п	Назва матеріалу (покупного виробу)	Кількість	Ціна за одиницю	Загальна вартість
1	Плата друкована	1	55	55
2	Кришка нижня	1	70	70
3	Кришка верхня	1	70	70
4	Мікросхема	3	30	90
5	Конденсатори електролітичні	4	10	40
6	Конденсатори постійні	5	1	5
7	Резистори постійні	22	0,5	11
8	Дисплей	1	200	200
9	Батарея	1	31	31,92
10	Кнопка	3	10	30
11	Роз'єм	3	10	30
12	Світлодіод	1	10	10
13	Транзистор	2	5	10
14	Кварцевий резонатор	1	10	10
				662,92

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 ($B_{o.z.pl.}$):

					26 КР 172.403.025.000.000 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:

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

$$P_{\text{від}} = \frac{35}{60} \times 220 = 128,33(\text{грн})$$

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

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

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

Таблиця 3.3- Розрахунок основної заробітної плати

№ з/п	Назва операції	$T_{\text{шт}, \text{хв.}}$	Розряд	Годинна тарифна ставка, (Сг),грн/год
1	Пайка	14	V	220
2	Регулювання	10	V	220
3	Складання	8	V	220
	Всього	35		

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

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

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

$$B_{\text{дод.з.пл.}} = 128,33 \times 0,11 = 14,12 (\text{грн})$$

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

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

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_{\text{в.с.з.}} = \frac{22}{100} \times (128,33 + 14,12) = 31,34 \text{ (грн)}$$

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

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

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

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

$$V_{\text{уео}} = \frac{68}{100} \times (128,33 + 14,12) = 96,87 \text{ (грн.)}$$

де $\alpha_{\text{уео}}$ - відсоток витрат на утримання та експлуатацію обладнання (приймається 68%);

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

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

$$V_{\text{зв}} = \frac{195}{100} \times (128,33 + 14,12) = 277,78 \text{ (грн.)}$$

де $\alpha_{\text{зв}}$ - відсоток загальновиробничих витрат (приймають 195%).

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

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

$$S_{\text{вир}} = 689,44 + (128,33 + 14,12 + 31,34) + 96,87 + 277,78 = 1237,88 \text{ грн.)}$$

					26 КР 172.403.025.000.000 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	687,44
2	Основна заробітна плата виробничих робітників	128,33
3	Додаткова заробітна плата виробничих робітників	14,12
4	Відрахування на соціальні заходи	31,34
5	Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	98,87
6	Загальновиробничі витрати	277,78
Разом виробнича собівартість (сума 1-6), в тому числі:		1237,88
7	-змінні (сума 1-4) $B_{зм.од}$	861,23
8	-умовно-постійні (сума 5-6) $B_{уп.од}$	376,65

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

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

$$Ц_{одпр} = 1237,88 \times \frac{100 + 31}{100} = 1621,62 \text{ (грн.)}$$

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

3.3 Оцінка економічної ефективності та доцільності впровадження проектних рішень

Розрахунок економічної ефективності інвестиційного проекту проводиться за наступними критеріями:

1) Річний прибуток від реалізації проекту розраховується за формулою:

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

$$\Pi_p = (1621,62 - 1237,88) \times 1600 = 613984 \text{ (грн),}$$

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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

2) Чистий прибуток від реалізації проекту розраховується за формулою:

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

$$\text{ЧП} = 613984 - 613984 \times \frac{18}{100} = 503466,88 \text{ (грн.)}$$

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:

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

$$S_{повq} = 1237,88 \times 1600 = 1980608 \text{ (грн.)}$$

4) Рентабельність продукції визначається за формулою:

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

$$P_{п} = \frac{503466,88}{1980608} \times 100\% = 25,42 \%$$

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:

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

$$\Gamma\Pi = 503466,88 + 1031,25 = 504498,13 \text{ (грн.)},$$

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

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

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

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

за формулою:

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

$$\text{ЧТВ} = 458634,66 - 229125 = 229509,66 \text{ (грн.)}$$

де ЧТВ - чиста теперішня вартість проекту, грн.;

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

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

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

$$\text{ТВ} = \frac{504498,13}{(1 + 0,1)^1} = 458634,66 \text{ (грн.)}$$

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:

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

$$\text{ІП} = \frac{458634,66}{229125} = 2,0$$

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де ІІ- індекс прибутковості інвестицій.

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

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

$$\text{Ток}_{\text{диск}} = \frac{\text{ІІ}}{\text{ГП}_{\text{диск}}} \quad (3.24)$$

$$\text{Ток}_{\text{диск}} = \frac{229125}{458634,66} = 0,5 \text{ р}$$

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

$$\text{ГП}_{\text{диск}} = \frac{\text{ТВ}}{t}, \quad (3.25)$$

$$\text{ГП}_{\text{диск}} = \frac{458634,66}{1} = 458634,66 \quad (\text{грн.})$$

де t- кількість років інвестування.

Підсумки вищенаведених розрахунків доцільно звести в табл. 3.5

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

№ з/п	Найменування показника	Одиниця виміру	Величина показника
1	Річний обсяг виробництва виробу:	од.	1600
2	Собівартість виробу	грн./од.	1237,88
3	Ціна одиниці виробу	грн./од.	1621,62
4	Початкові інвестиції для реалізації інвестиційного проекту	грн.	229125
5	Чистий прибуток	грн.	503466,88
6	Рентабельність виробу	%	25,42
8	Чиста теперішня вартість проекту	грн.	229509,66
9	Індекс прибутковості	-	2,0
10	Дисконтований термін окупності інвестицій	років	0,5

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Основні кваліфікації виробничих травм

Виробничі травми є однією з найважливіших проблем у сфері охорони праці, оскільки вони завдають шкоди здоров'ю працівників, призводять до втрати працездатності, матеріальних збитків та можуть стати причиною інвалідності або смерті. Для ефективного запобігання нещасним випадкам на виробництві необхідно правильно визначати характер травм, аналізувати причини їх виникнення та здійснювати класифікацію виробничих травм. Класифікація дозволяє систематизувати види ушкоджень, встановити закономірності виникнення травматизму та розробити заходи щодо його профілактики.

Виробничою травмою називають ушкодження організму працівника, отримане внаслідок дії небезпечного виробничого фактора під час виконання трудових обов'язків. Такі ушкодження можуть виникати раптово або внаслідок тривалого впливу шкідливих умов праці. До виробничих травм належать механічні ушкодження, опіки, ураження електричним струмом, отруєння, теплові удари та інші порушення здоров'я, пов'язані з виробничою діяльністю.

Однією з основних є класифікація виробничих травм за характером ушкодження організму. Відповідно до цієї класифікації розрізняють механічні, термічні, хімічні, електричні, біологічні та психофізіологічні травми.

Механічні травми є найпоширенішими на виробництві. Вони виникають унаслідок дії рухомих частин машин, падіння предметів, ударів, порізів, проколів або падіння працівника. До механічних травм належать забої, рани, переломи, вивихи, розтягнення зв'язок та пошкодження внутрішніх органів. Такі травми часто виникають у будівництві, машинобудуванні, деревообробній промисловості та під час вантажно-розвантажувальних робіт.

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Термічні травми виникають у результаті дії високої або низької температури. До них належать опіки, обмороження, теплові та сонячні удари. Термічні опіки можуть бути спричинені відкритим полум'ям, гарячими поверхнями, парою або розплавленим металом. Обмороження частіше виникають під час роботи на відкритому повітрі у холодний період року. Тепловий удар виникає через перегрівання організму в умовах високої температури та недостатньої вентиляції.

Хімічні травми виникають унаслідок впливу кислот, лугів, токсичних речовин, газів або парів. Вони можуть проявлятися у вигляді хімічних опіків шкіри, ураження органів дихання, отруєнь або алергічних реакцій. Найчастіше такі травми трапляються на підприємствах хімічної промисловості, у лабораторіях та під час роботи з агресивними речовинами.

Електричні травми виникають через дію електричного струму або електричної дуги. Вони можуть супроводжуватися електричними опіками, порушенням роботи серця, нервової системи та органів дихання. Електротравми є особливо небезпечними, оскільки можуть призвести до миттєвої смерті працівника.

Біологічні травми виникають унаслідок впливу бактерій, вірусів, грибків, укусів комах або тварин. Такі травми характерні для працівників медичних установ, сільського господарства, ветеринарної служби та харчової промисловості.

Психофізіологічні травми пов'язані з нервовим перенапруженням, стресом, перевтомою та емоційним виснаженням працівника. Вони можуть призводити до погіршення уваги, координації рухів, помилкових дій та виникнення аварійних ситуацій. Такі травми особливо характерні для працівників, діяльність яких пов'язана з високою відповідальністю або значним психологічним навантаженням.

Важливою є класифікація виробничих травм за ступенем тяжкості. За цією ознакою травми поділяють на легкі, тяжкі та смертельні.

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Легкі травми не призводять до тривалої втрати працездатності працівника. До них належать незначні забої, подряпини, поверхневі порізи або легкі опіки. Такі травми зазвичай не потребують тривалого лікування.

Тяжкі травми супроводжуються значними ушкодженнями організму та тривалою втратою працездатності. Це можуть бути складні переломи, тяжкі опіки, черепно-мозкові травми, ушкодження внутрішніх органів або ампутації кінцівок. Такі травми часто призводять до інвалідності.

Смертельні травми є найнебезпечнішими, оскільки призводять до загибелі працівника. Основними причинами смертельного травматизму є падіння з висоти, ураження електричним струмом, аварії транспортних засобів, вибухи та обвали конструкцій.

Ще однією важливою класифікацією є поділ виробничих травм за кількістю потерпілих. Розрізняють одиничні та групові нещасні випадки. Одиничний випадок — це травмування однієї особи, а груповий — одночасне травмування двох і більше працівників. Групові нещасні випадки часто виникають унаслідок аварій, пожеж, вибухів або порушення технологічного процесу.

За умовами виникнення виробничі травми поділяються на пов'язані та не пов'язані з виробництвом. Пов'язаними з виробництвом вважаються травми, які працівник отримав під час виконання службових обов'язків, перебування на робочому місці, виконання завдання роботодавця або під час відрядження. Не пов'язаними з виробництвом вважаються травми, які виникли через особисту необережність працівника поза межами виконання трудових функцій.

За причинами виникнення виробничі травми поділяють на організаційні, технічні, санітарно-гігієнічні та психофізіологічні.

Організаційні причини пов'язані з порушенням правил охорони праці, недостатнім навчанням працівників, відсутністю інструктажів, неправильним режимом праці та відпочинку або недоліками в організації робочого процесу.

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічні причини виникають через несправність обладнання, відсутність захисних пристроїв, поганий технічний стан машин та механізмів або використання застарілого обладнання.

Санітарно-гігієнічні причини пов'язані з незадовільними умовами праці: недостатнім освітленням, високим рівнем шуму, вібрації, запиленістю, загазованістю чи порушенням мікроклімату у виробничих приміщеннях.

Психофізіологічні причини виникають через перевтому, стрес, нервові перенапруження, неуважність або незадовільний стан здоров'я працівника.

Також виробничі травми класифікують за локалізацією ушкоджень. За цією ознакою виділяють травми голови, очей, верхніх та нижніх кінцівок, тулуба, хребта та внутрішніх органів. Найчастіше на виробництві травмуються руки та ноги, оскільки вони найбільше контактують з обладнанням та інструментами.

Для запобігання виробничому травматизму велике значення має проведення профілактичних заходів. До них належать навчання працівників правилам безпеки, проведення інструктажів, забезпечення засобами індивідуального захисту, контроль технічного стану обладнання, покращення умов праці та дотримання санітарно-гігієнічних норм.

Важливу роль відіграє розслідування нещасних випадків. Аналіз причин травматизму дозволяє визначити небезпечні фактори, оцінити ефективність заходів безпеки та розробити рекомендації щодо запобігання подібним випадкам у майбутньому.

4.2 Види виробничого освітлення.

Залежно від джерела світла виробниче освітлення може бути: природним, що створюється прямими сонячними променями та розсіяним світлом небосхилу; штучним, що створюється електричними джерелами світла та суміщеним, при якому недостатнє за нормами природне освітлення доповнюється штучним.

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Природне освітлення поділяється на: бокове (одно- або двохстороннє), що здійснюється через світлові отвори (вікна) в зовнішніх стінах; верхнє, здійснюване через ліхтарі та отвори в дахах і перекриттях; комбіноване — поєднання верхнього та бокового освітлення.

Штучне освітлення може бути загальним та комбінованим. Загальним називають освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення (не нижче 2,5 м над підлогою) рівномірно (загальне рівномірне освітлення) або з врахуванням розташування робочих місць (загальне локалізоване освітлення). Комбіноване освітлення складається із загального та місцевого. Його доцільно застосовувати при роботах високої точності, а також, якщо необхідно створити певний або змінний, в процесі роботи, напрямок світла. Місцеве освітлення створюється світильниками, що концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях. Застосування лише місцевого освітлення не допускається з огляду на небезпеку виробничого травматизму та професійних захворювань.

За функціональним призначенням штучне освітлення поділяється! на робоче, аварійне, евакуаційне, охоронне, чергове.

Робоче освітлення призначене для забезпечення виробничого процесу, переміщення людей, руху транспорту і є обов'язковим для всієї виробничих приміщень.

Аварійне освітлення використовується для продовження роботи у випадках, коли раптове відключення робочого освітлення, та пов'язане з ним порушення нормального обслуговування обладнання може викликати вибух, пожежу, отруєння людей, порушення технологічного! процесу.

Евакуаційне освітлення призначене для забезпечення евакуації! людей з приміщень при аварійному відключенні робочого освітлення. Його необхідно влаштовувати в місцях, небезпечних для проходу людей; в приміщеннях допоміжних будівель, де можуть одночасно знаходитись більше 100 чоловік; в

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

проходах; на сходових клітках, у виробничих приміщеннях, в яких працює більше 50 чоловік.

Охоронне освітлення влаштовується вздовж меж території, яка охороняється в нічний час спеціальним персоналом. Найменша освітленість повинна бути 0,5 лк на рівні землі.

Чергове освітлення передбачається у неробочий час, при цьому, як правило, використовують частину світильників інших видів штучного освітлення.

Освітлення відіграє важливу роль у житті людини. Біля 90% інформації сприймається через зоровий канал, тому правильно виконане раціональне освітлення має важливе значення для виконання всіх видів робіт. Світло є не тільки важливою умовою роботи зорового аналізатора, але й біологічним фактором розвитку організму людини в цілому. Для людини день і ніч, світло і темрява визначають біологічний ритм - бадьорість та сон. Отже, недостатня освітленість або її надмірна кількість знижують рівень збудженості центральної нервової системи і, природна активність усіх життєвих процесів. Раціональне освітлення є важливим фактором загальної культури виробництва. Неможливо забезпечити чистоту та порядок у приміщенні, в якому напівтемрява, світильники брудні або в занедбаному стані.

Стан освітлення виробничих приміщень відіграє важливу роль і для попередження виробничого травматизму. Багато нещасних випадків на виробництві стається через погане освітлення. Втрати від цього становлять досить значні суми, а, головне, людина може загинути або стати інвалідом. Раціональне освітлення повинно відповідати таким умовам: бути достатнім (відповідним нормі); рівномірним; не утворювати тіней на робочій поверхні; не засліплювати працюючого; напрямок світлового потоку повинен відповідати зручному виконанню роботи. Це сприяє підтримці високого рівня працездатності, зберігає здоров'я людини та зменшує травматизм.

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За своєю природою світло - це видиме випромінювання електромагнітних хвиль довжиною від 380 до 780 нм (1 нм дорівнює 10⁻⁹ м). Видиме світло (біле) є складовою цілого ряду кольорів, які залежать від довжини електромагнітних хвиль: фіолетовий 380...450 нм; синій 450...510 нм; зелений 510...575 нм; жовтий 575...620 нм; червоний 620...750 нм. Випромінювання вище 780 нм називають інфрачервоним, нижче 380 нм - ультрафіолетовим.

Залежно від джерела світла виробниче освітлення може бути трьох видів:

1. Природне - це пряме або відбите світло сонця (небосхилу), що освітлює приміщення через світлові прорізи в зовнішніх огорожувальних конструкціях.

2. Штучне - здійснюється штучними джерелами світла (лампами розжарювання або газорозрядними) і призначене для освітлення приміщень у темні години доби, або таких приміщень, які не мають природного освітлення.

3. Сполучене (суміщене) - одночасне поєднання природного і штучного освітлення.

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У рамках реалізації даного проєкту була розроблена конструкція пристрою «Вимірювач мультиметр на 4 режими». Здійснено обґрунтований вибір елементної бази на основі сучасних, доступних і широко вживаних радіоелементів.

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

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

Проектування друкованої плати виконувалося за допомогою системи автоматизованого проектування Altium Designer, що дозволило точно розмістити компоненти та здійснити трасування провідників. У результаті отримано компактну двосторонню друковану плату з розмірами 125×95мм, спроектовану з використанням координатної сітки 2,5 мм. Плата характеризується мінімальним рівнем паразитних зв'язків.

Найбільш доцільним способом виготовлення плати виявився комбінований метод, який забезпечує високу якість і точність виробу. Компоненти на друкованому вузлі розміщені щільно, що дозволяє зменшити загальні габарити пристрою.

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Вимірювач мультиметр на 4 режими [електронний ресурс] – Режим доступу <https://radiolub./page/zhurnal-radio-2005-8> (дата звернення 4.02.2026).
2. Конденсатор типу ЕСАР [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://www.radiolibrary./reference/transformers-tn/tn20.html> (дата звернення 1.02.2026).
3. Резистор MFP [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <https://www.chipdip./product/elc10d101e> www.cityradio.narod.. (дата звернення 3.02.2026).
4. Конденсатор NPO [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://ippart.com/download/3655a026-13e6-4b56-a0bb-8fd05df9b19d.pdf> www.radio-portal..www.vprl.. (дата звернення 1.02.2026).
5. Резистор 3329H-1 "Bourns" [електронний ресурс] – Режим доступу <http://www.platan./shop/part/PBS-4.html>. (дата звернення 3.02.2026).
6. Дисплей SDCB2004BWE-R07 "Sinda" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://www.rct./catalog/box-header-connector/pbs-4.html>. (дата звернення 4.02.2026).
7. Дросель FWDRI1415B "Ferriwo" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://studies.in.ua/bjd-zaporojec/1211-173-osnovn-tehnchn-ta-organizacyn-zahodi-schodo-proflaktiki-virobnichogo-travmatizmu-ta-profesynoyi-zahvoryuvanost.html> (дата звернення 4.02.2026).
8. Транзистор S9014-С "LGE" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://www.chipdip./product/asw-09-102-red> (дата звернення 1.02.2026).
9. Транзистор S9015-С "LGE" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/leg-12_62137.html (дата звернення 1.02.2026).

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Кварцевий резонатор HC-49S 8 МГц "KDS" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://eandc/catalog/detail.php?ID=3809>(дата звернення 1.02.2026).
11. Світлодіод L-1503GT [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://ipart.com/download/3655a026-13e6-4b56-a0bb-8fd05df9b19d.pdf> www.radio-portal..www.vprl. (дата звернення 1.02.2026).
12. Мікросхема LM393AP "Texas Instruments" [електронний ресурс] – Режим доступу <http://www.platan./shop/part/PBS-4.html>. (дата звернення 3.02.2026).
13. Мікросхема STC89C52RC "STC micro" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://www.rct./catalog/box-header-connector/pbs-4.html>. (дата звернення 4.02.2026).
14. Васишин О.З. Конспект лекцій з дисципліни "Конструювання РЕА" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2018
15. Програма для розрахунку надійності РЕА [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <http://eguru.tk.te.ua/mod/resource/view.php?id=60057>(дата звернення 4.02.2026).
16. Васишин О.З. Методичні вказівки до виконання практичної роботи "Конструктивний розрахунок друкованого монтажу" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2018
17. Програма для розробки схем "Altium Designer" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <http://eguru.tk.te.ua/course/view.php?id=819>
18. Штогрин П.І. Навчальний посібник "Altium Designer 10 для початківців" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2017
19. Штогрин П.І. Методичні вказівки "Розробка 3D-моделей радіоелементів" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2017

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

21. Програма для розробки корпусу “Kompas 3D” [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <http://eguru.tk.te.ua/course/view.php?id=819>

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

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

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

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

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

27. 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.

28. 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.

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

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

30. Сайт спільноти розробників проектів на ARDUINO .URL:
https://projecthub.arduino.cc/?_gl=1*4147w4*_ga*OTkyMzgzOTAwLjE3MTYwNTM3MjY.*_ga_NEXN8H46L5*MTcxNjkyMjQ4OS4yLjEuMTcxNjkyMjUzOS4wLjAuMTUxNjM0NjA3MQ..*_fplc*OUZZTmxzbGU4MkNZbiUyRkNCTHJmazAwbjdrNWNDZTc5QUV6OFRIb3A2ck5RNzhvOVY3JTJGYXhRcDNIWHAzWWxZWlJTVXkySndINXl4bUpNZCUyQkNiN29jajJqckF2c0tRMGlhdVU3SVhYRTY4ZDdRb016bCUyRjBhZlQwY0ZlM3hubEElM0QlM0Q(дата звернення 28.05.2024).

31. Магпо В. І., Рябчий В. Д., Гусєв 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.

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

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

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

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток А Друкована плата

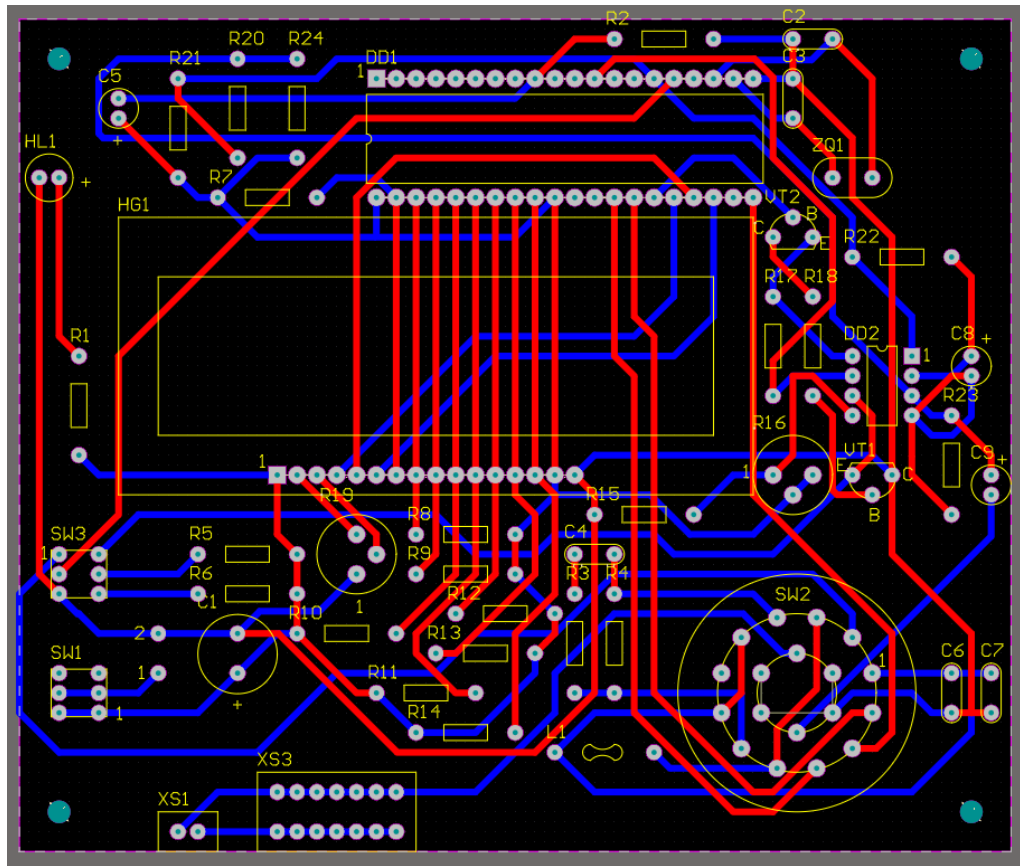


Рисунок А.1 – Друкована плата

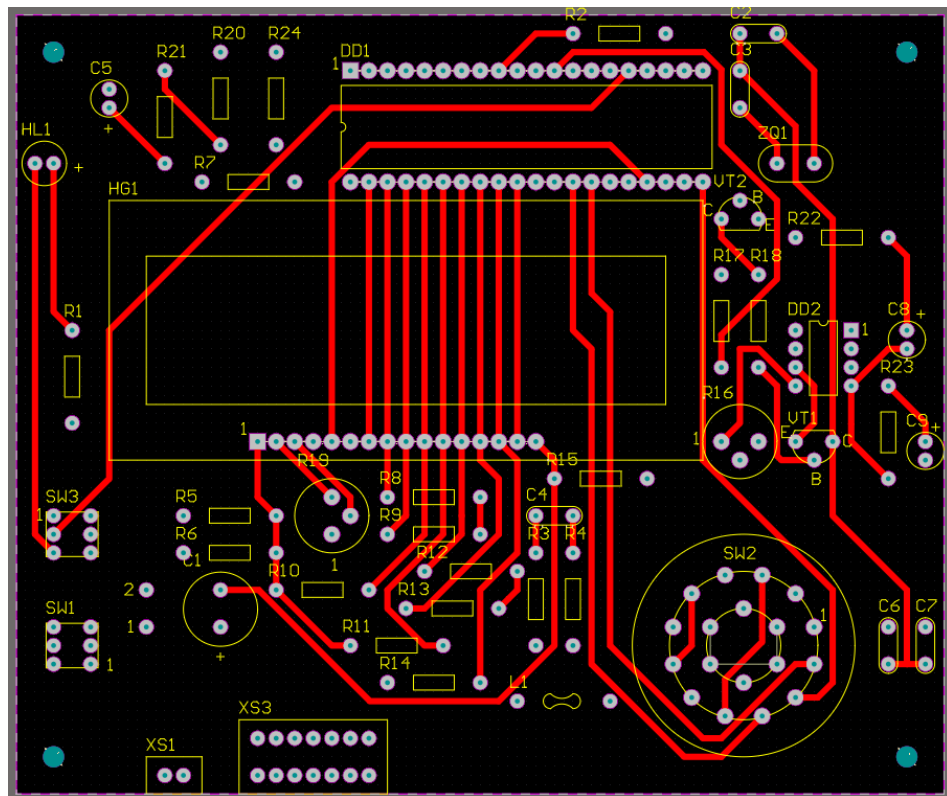


Рисунок А.2 – Друкована плата, шар Тор

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ

Арк.

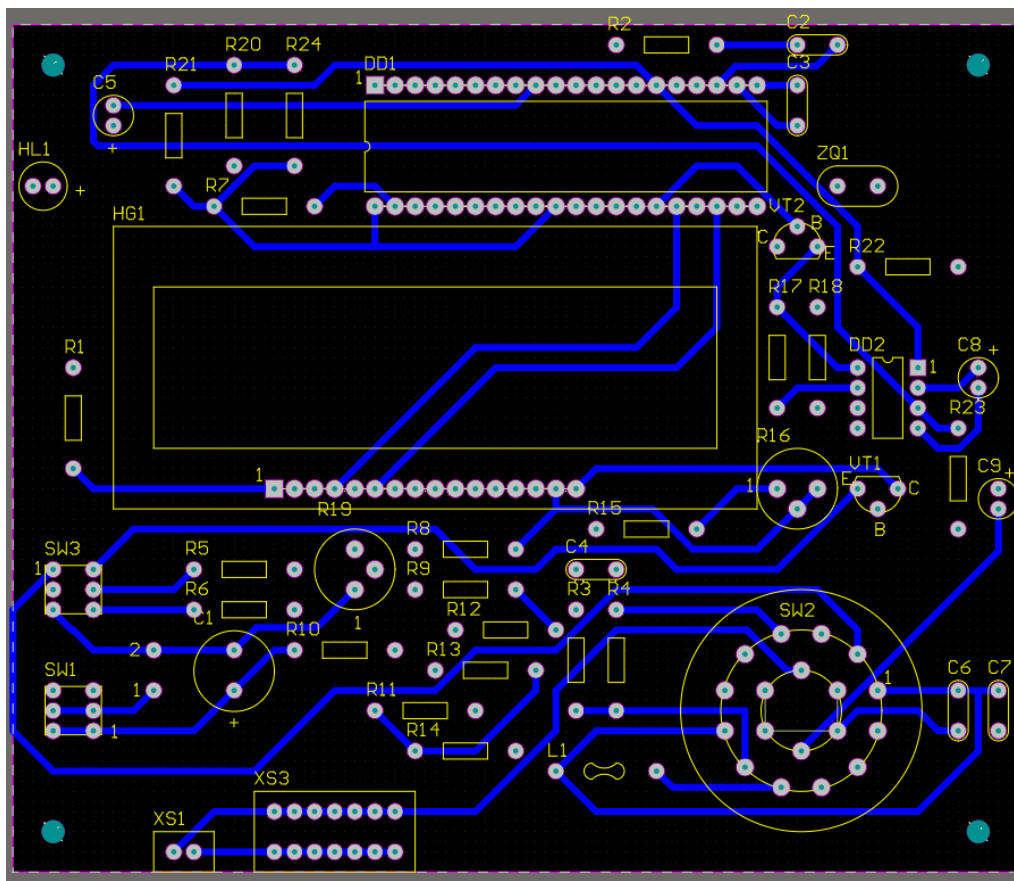


Рисунок А.3 – Друкована плата, шар Bottom

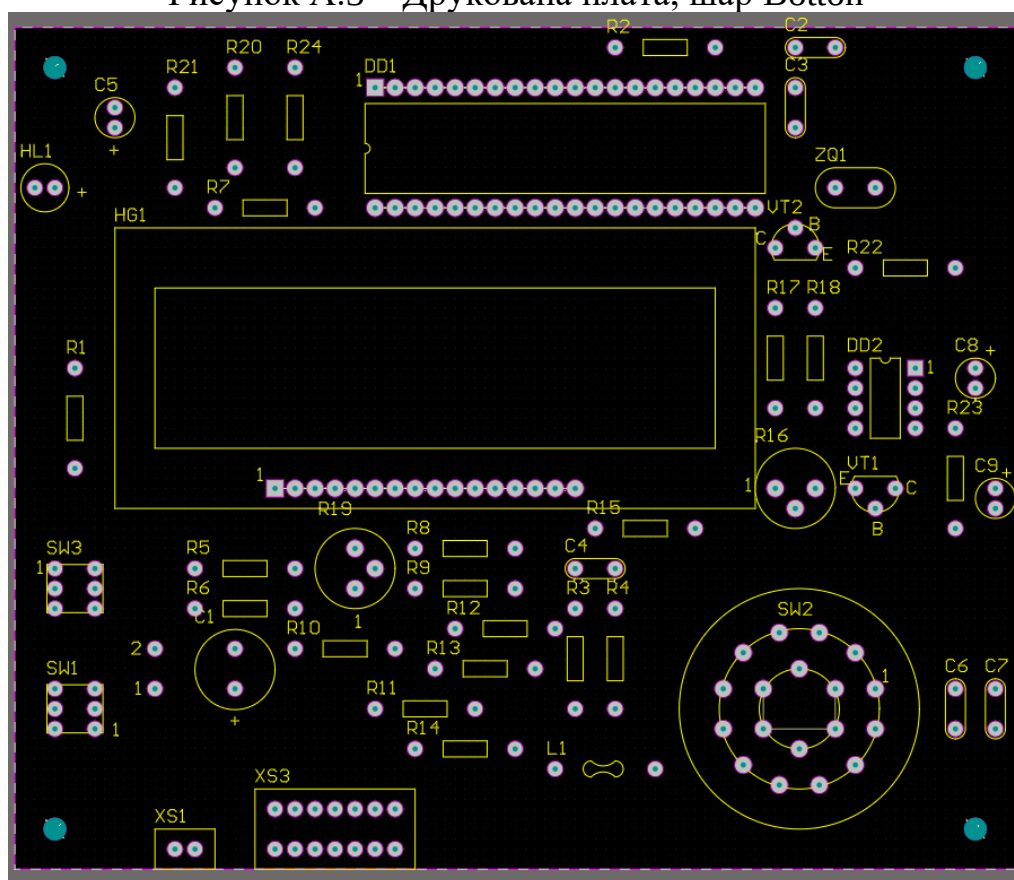


Рисунок А.4 – Друкована плата, шар Overlay

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ

Арк.

Додаток Б 3D модель пристрою

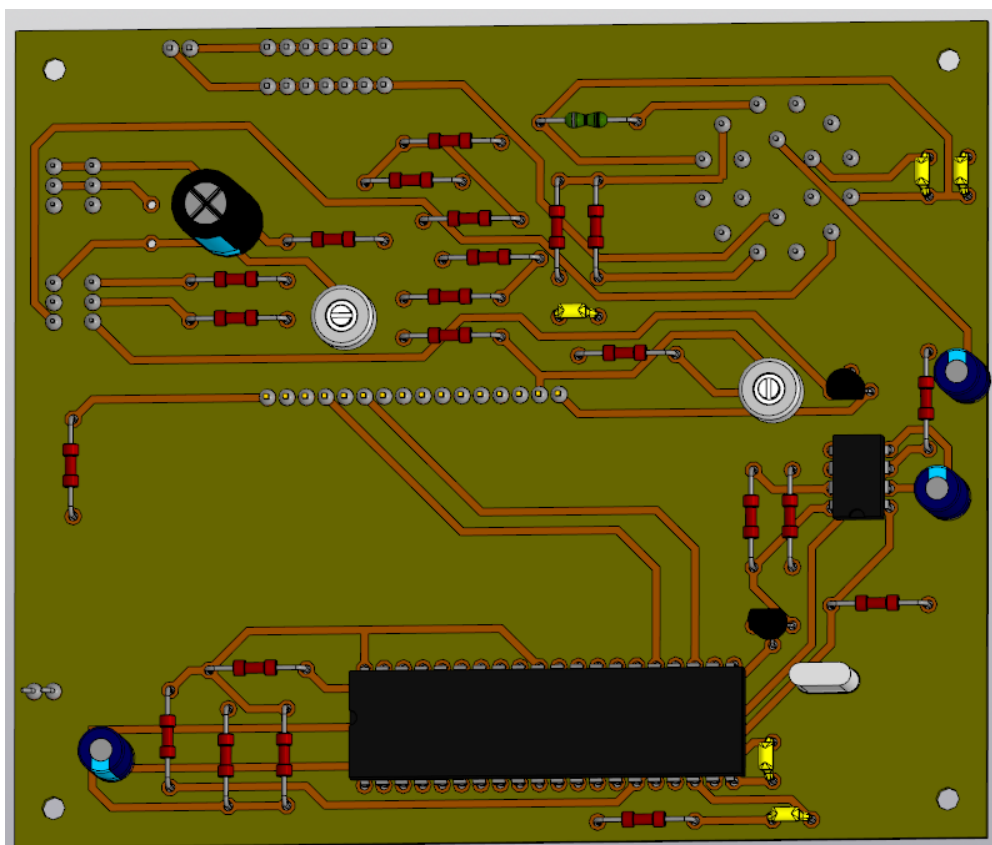


Рисунок Б.1 – 3D модель пристрою, вузол друкований

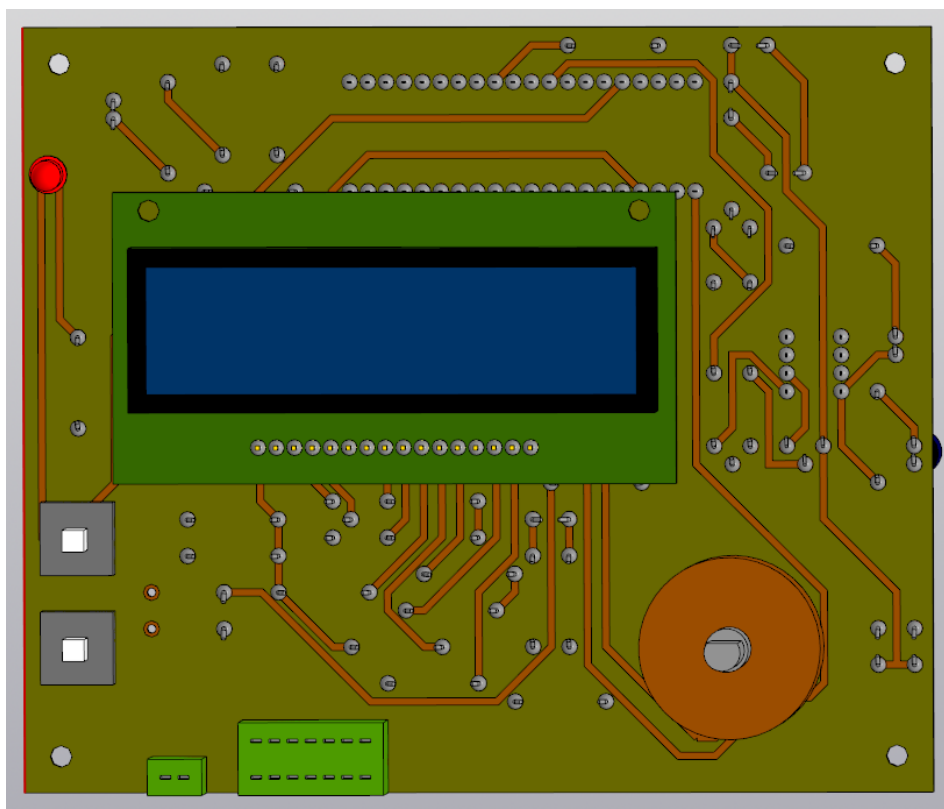


Рисунок Б.2 – 3D модель пристрою, вузол друкований знизу

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



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

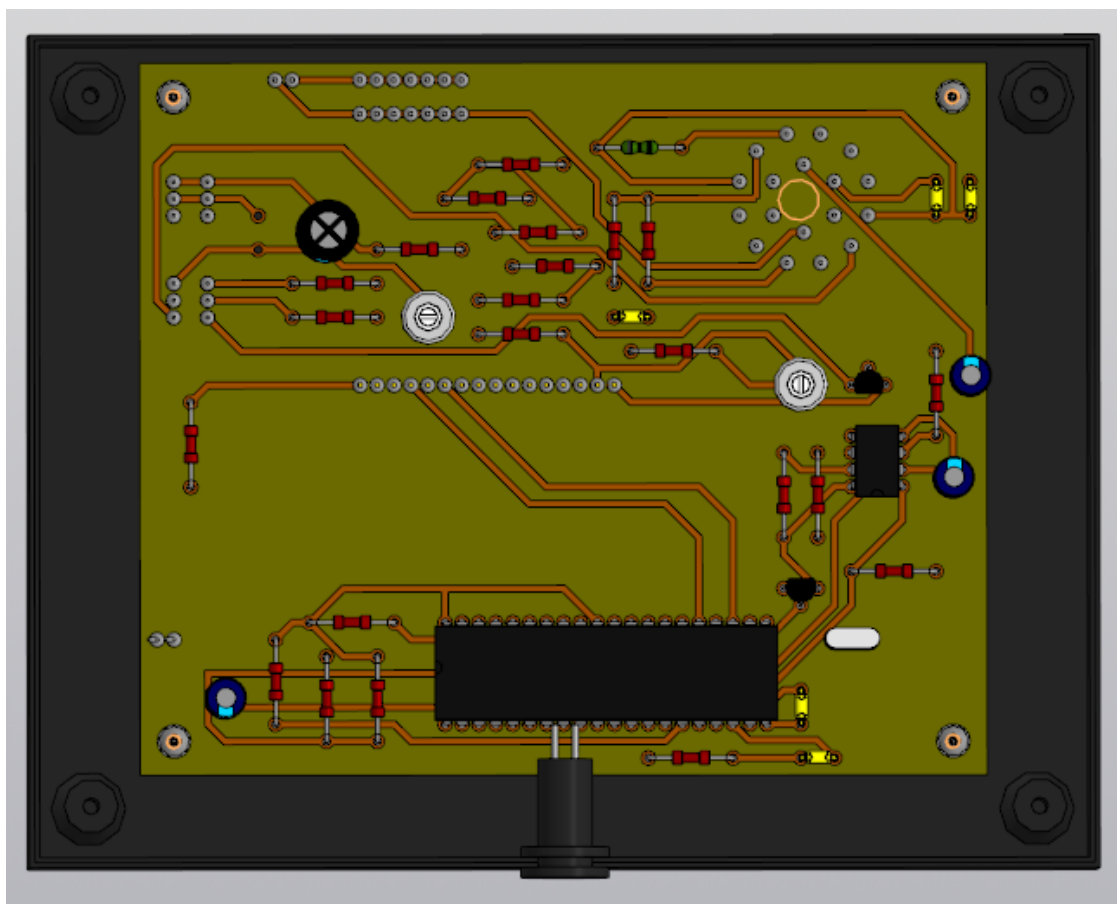


Рисунок Б.4 – 3D модель пристрою, верхня кришка знизу

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

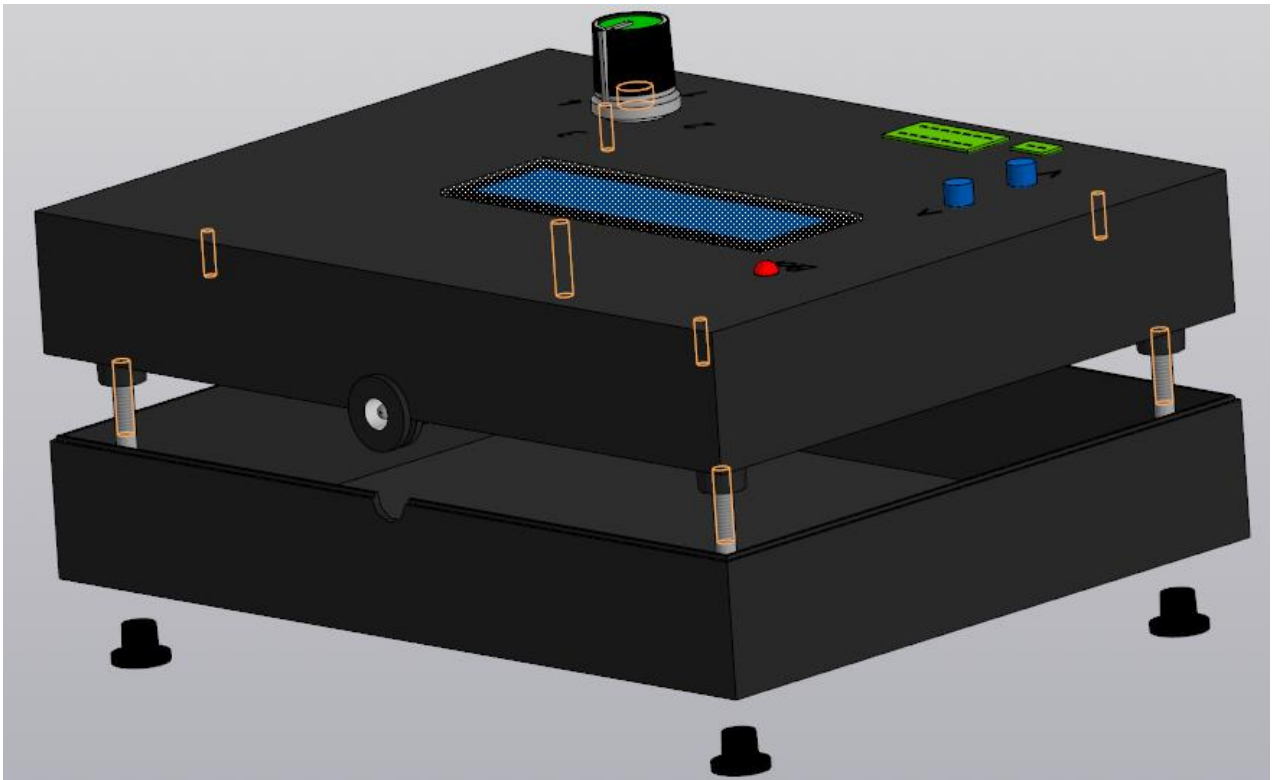


Рисунок Б.5 – 3D модель пристрою, загальний вигляд збоку

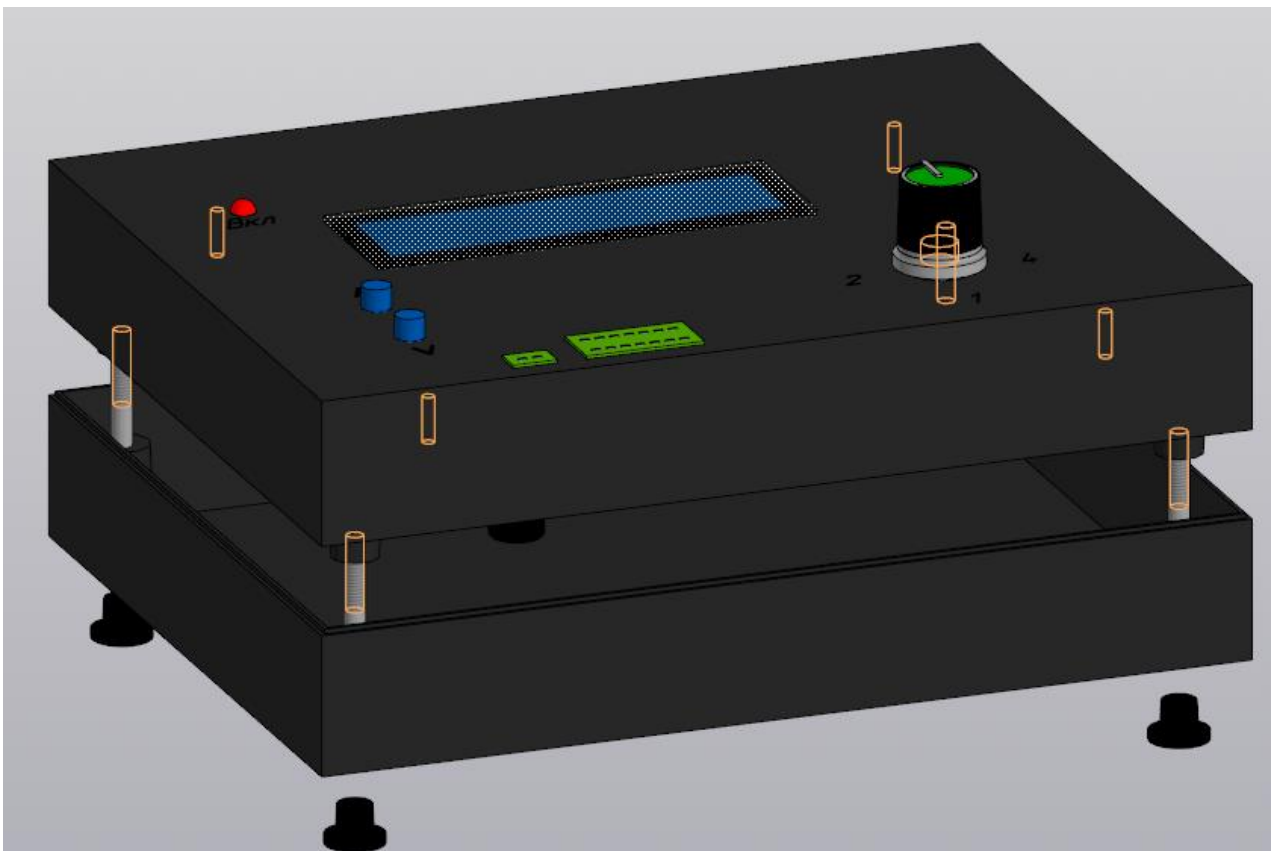


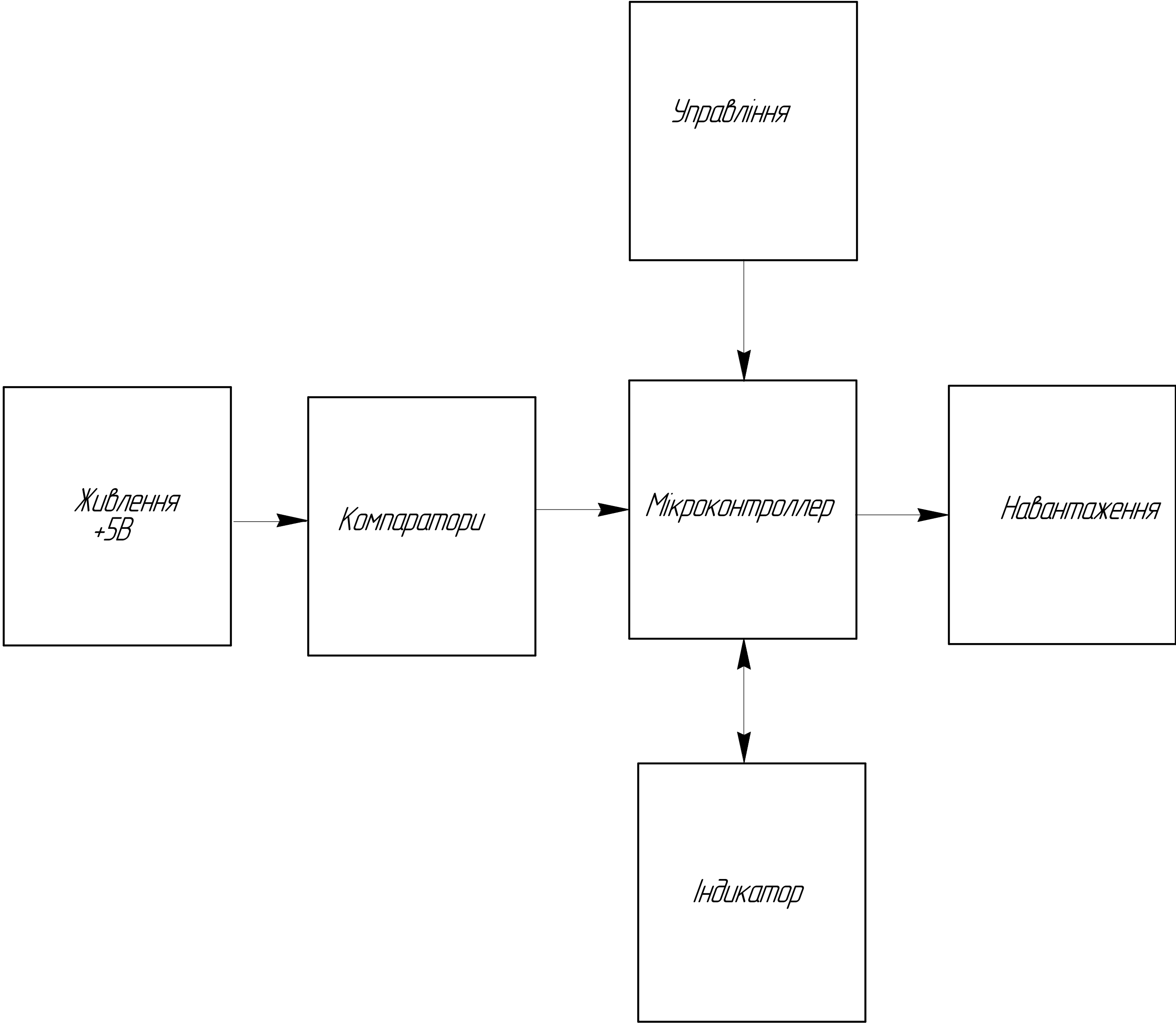
Рисунок Б.6 – 3D модель пристрою, загальний вигляд

					26 КР 172.403.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додат. №	Перш. викорис.

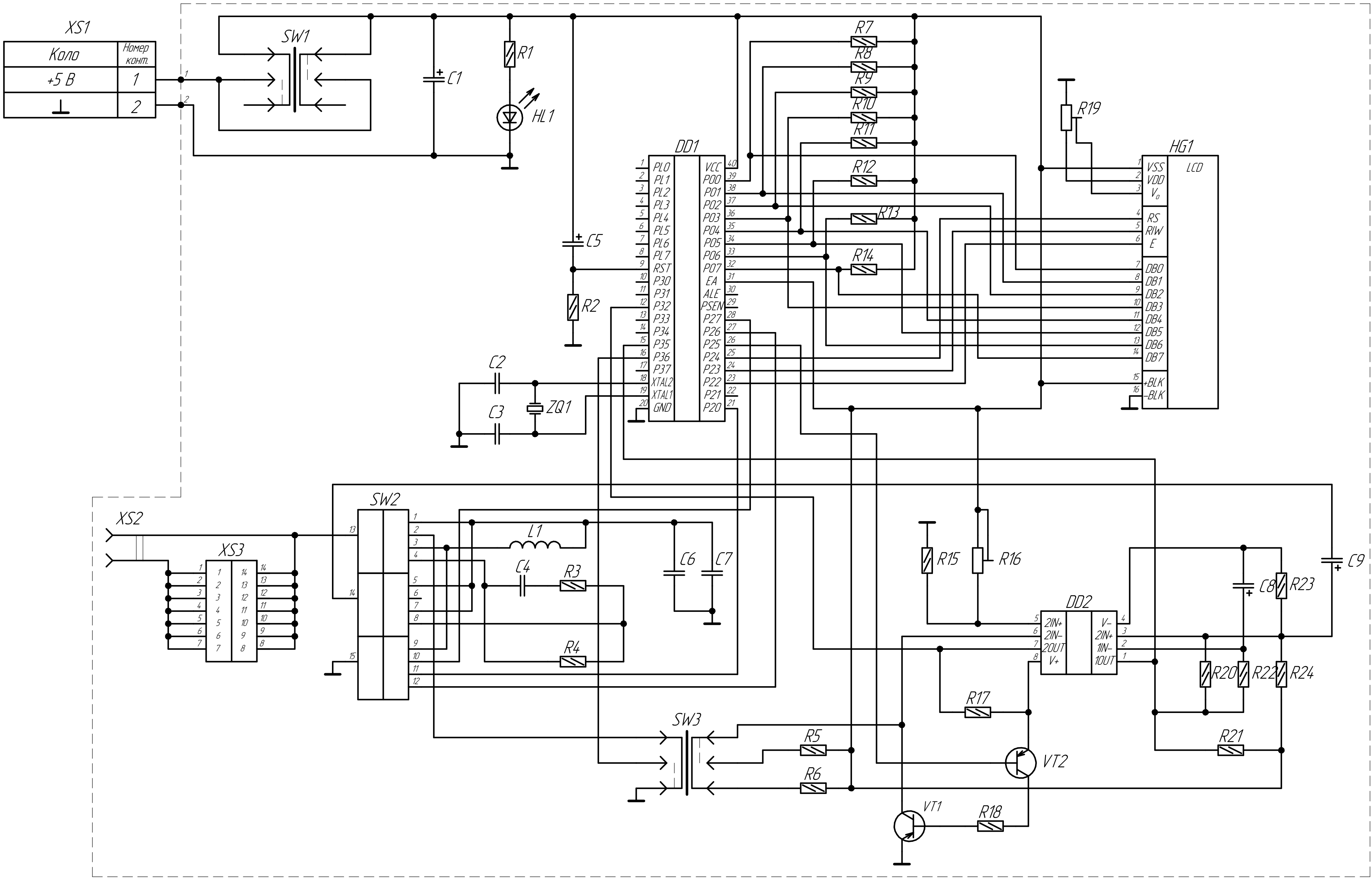
Інв. № архів.	Підпис і дата	Зам. інв. №	Інв. № відп.	Підпис і дата

26 КР 172.403.026.001.000 Е1



						26 КР 172.403.026.001.000 Е1			
Зм.	Арх.	№ докум.	Підпис	Дата	Вимірювач мультиметр на 4 режими		Літ.	Маса	Масштаб
Розроб.	Фуч						- Н -	-	-
Перевір.	Недошитко				Електрична структурна схема		Аркцш		Аркцшів 1
І.контр.							ВСП ТФК ТР-403		
Рецензент							м. Тернопіль		
Н.контр.	Задорожний						Формат А2		
Затверд.					Копія				

Поз. познач.		Найменування	Кіл.	Примітка
R16		3329H-1-5 кОм "Bourns"	1	
R17		MFP-0,125-5,1 кОм ±10% "Yageo"	1	
R18		MFP-0,125-1 кОм ±10% "Yageo"	1	
R19		3329H-1-10 кОм "Bourns"	1	
R20		MFP-0,125-100 кОм ±10% "Yageo"	1	
R21		MFP-0,125-1 кОм ±10% "Yageo"	1	
R22		MFP-0,125-47 кОм ±10% "Yageo"	1	
R23, R24		MFP-0,125-100 кОм ±10% "Yageo"	2	
		Перемикачі		
SW1		PB22E09 "RUICHI"	1	
SW2		RS25 3P4T "Well Buying"	1	
SW3		PB22E09 "RUICHI"	1	
		Транзистори		
VT1		S9014-С "LGE"	1	
VT2		S9015-С "LGE"	1	
		Роз'єми		
XS1		DS-025B "Dragon City"	1	
XS2		WJ103-5.0-02P-14-00A "Wanjie"	1	
XS3		WJ14 1R-2.54-12P-14-00A "Wanjie Electronic"	1	
ZQ1		Кварцевий резонатор HC-49S 12 МГц "KDS"	1	



26 КР 172.403.025.001.000 Е3				Лист	Маса	Масштаб
Вимірювач мультиметра на 4 режими				Н	-	-
Схема електрична принципова				Архив	Архив	1
ВСТ ТФК ТР-403				м. Тернопіль		
Копія				Формат А1		

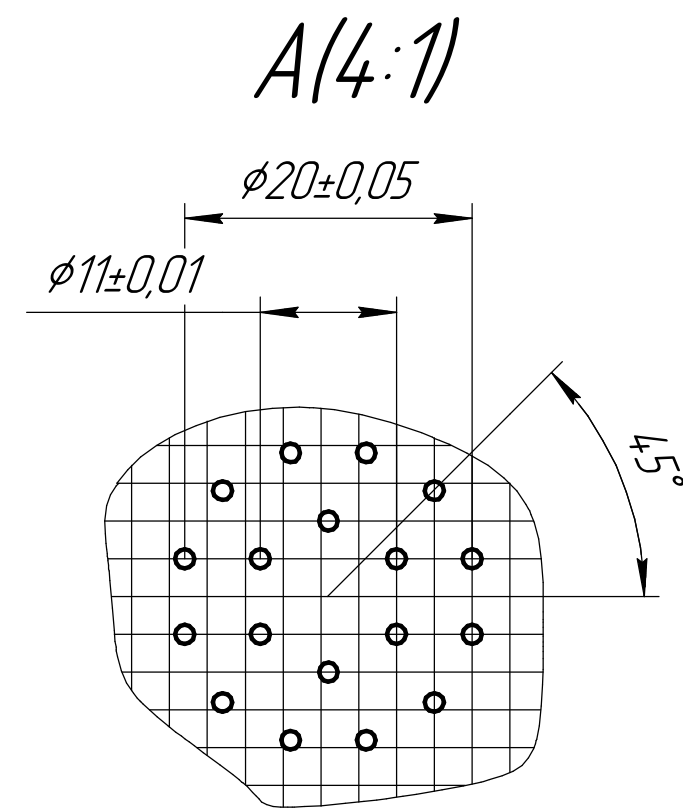
Лист № 001	Лист № 002	Лист № 003	Лист № 004	Лист № 005	Лист № 006	Лист № 007	Лист № 008	Лист № 009	Лист № 010	Лист № 011	Лист № 012	Лист № 013	Лист № 014	Лист № 015	Лист № 016	Лист № 017	Лист № 018	Лист № 019	Лист № 020	Лист № 021	Лист № 022	Лист № 023	Лист № 024	Лист № 025	Лист № 026	Лист № 027	Лист № 028	Лист № 029	Лист № 030	Лист № 031	Лист № 032	Лист № 033	Лист № 034	Лист № 035	Лист № 036	Лист № 037	Лист № 038	Лист № 039	Лист № 040	Лист № 041	Лист № 042	Лист № 043	Лист № 044	Лист № 045	Лист № 046	Лист № 047	Лист № 048	Лист № 049	Лист № 050	Лист № 051	Лист № 052	Лист № 053	Лист № 054	Лист № 055	Лист № 056	Лист № 057	Лист № 058	Лист № 059	Лист № 060	Лист № 061	Лист № 062	Лист № 063	Лист № 064	Лист № 065	Лист № 066	Лист № 067	Лист № 068	Лист № 069	Лист № 070	Лист № 071	Лист № 072	Лист № 073	Лист № 074	Лист № 075	Лист № 076	Лист № 077	Лист № 078	Лист № 079	Лист № 080	Лист № 081	Лист № 082	Лист № 083	Лист № 084	Лист № 085	Лист № 086	Лист № 087	Лист № 088	Лист № 089	Лист № 090	Лист № 091	Лист № 092	Лист № 093	Лист № 094	Лист № 095	Лист № 096	Лист № 097	Лист № 098	Лист № 099	Лист № 100
------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------

Перш. викорис.		Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.	
Додат. №						Документація			
		A4			26 КР 172.403.025.000.000 ПЕЗ	Перелік елементів			
		A1			26 КР 172.403.025.000.000 ЕЗ	Схема електрична принципова	1		
		A1			26 КР 172.403.025.001.000 СК	Вузол друкований	1		
						Деталі			
		A1	1	26 КР 172.403.025.001.001	Плата друкована	1			
		БК	2	26 КР 172.403.025.001.002	Перемичка	2			
Підпис і дата						Інші вироби			
						Конденсатори			
			3		NPO-22 нФ ±5% "Murata"	2	С2, С3		
			4		NPO-1 нФ ±5% "Murata"	2	С6, С7		
			5		NPO-1 мкФ ±5% "Murata"	1	С4		
			6		ECAP-10 В-10 мкФ ±20% "Jamicon"	3	С5,С8,С9		
			7		ECAP-16 В-470 мкФ ±20% "Jamicon"	1	С1		
						Мікросхеми			
			9		LM393AP "Texas Instruments"	1	DD2		
			10		STC89C52RC "STC micro"	1	DD1		
			12		Дисплей SDCB2004BWE-R07 "Sinda"	1	HG1		
Підпис і дата									
		14			Світлодіод L-1503GT "Kingbright"	1	HL 1		
Інв. № ориг.					26 КР 172.403.025.001.000				
		Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
		Розроб.	Фуч			Вузол друкований	Літ.	Аркуш	Аркушів
		Перевір.	Недошитко				Н	1	2
		Н.контр.	Задорожний				ВСП ТФК ТР-403		
	Затверд.				м. Тернопіль				

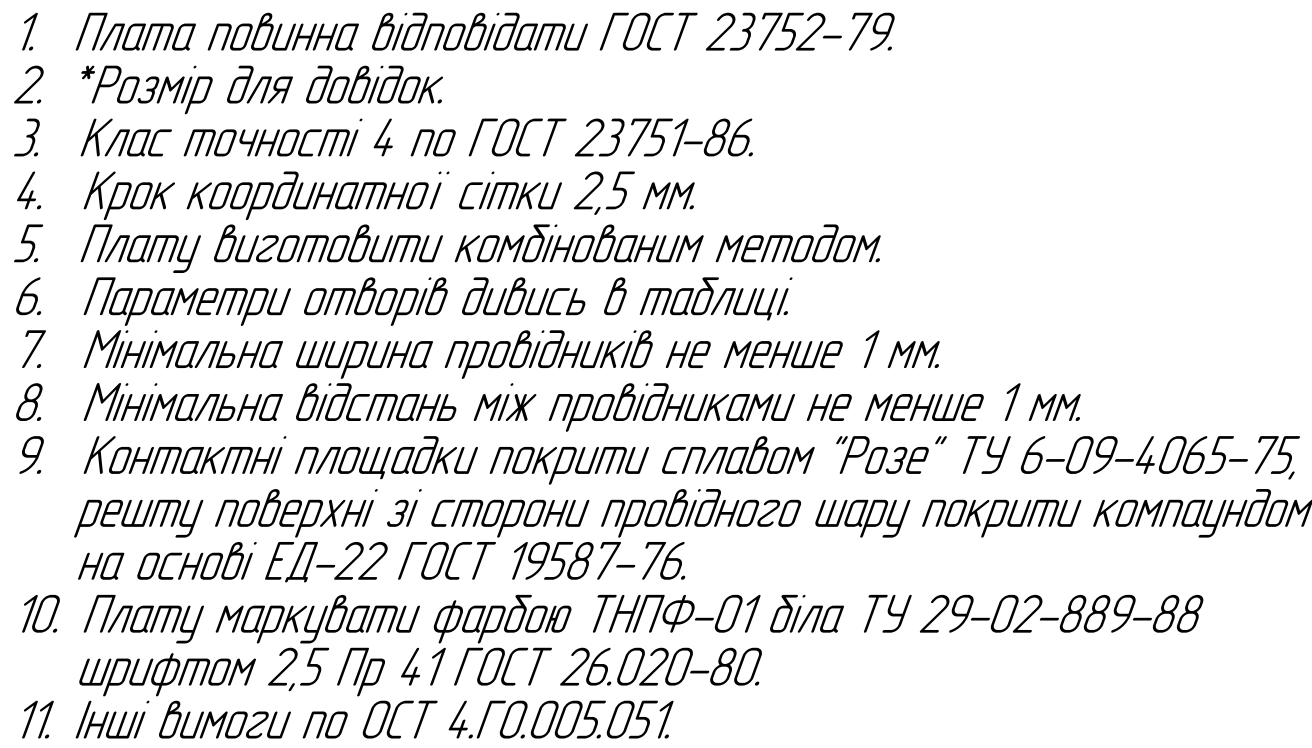
Інв. № ориг.	Підпис і дата	Зам. інв. №	Інв. № дубл.	Підпис і дата

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кін.	Прим.
		16		Дросель FWDRI1415B-100 мкГн ±10% "Ferriwo"	1	L 1
				Резистори		
		18		MFP-0,125-100 Ом ±10% "Yageo"	1	R5
		19		MFP-0,125-1 кОм ±10% "Yageo"	4	R3,R4,R18,R21
		20		MFP-0,125-1 кОм ±10% "Yageo"	1	R6
		21		MFP-0,125-5,1 кОм ±10% "Yageo"	2	R15, R17
		22		3329H-1-5 кОм "Bourns"	1	R16
		23		3329H-1-10 кОм "Bourns"	1	R19
		24		MFP-0,125-10 кОм ±10% "Yageo"	10	R1,R2,R7...R14
		25		MFP-0,125-47 кОм ±10% "Yageo"	1	R22
		26		MFP-0,125-100 кОм ±10% "Yageo"	3	R20,R23,R24
				Перемикачі		
		28		PB22E09 "RUICHI"	2	SW1, SW3
		29		RS25 3P4T "Well Buying"	1	SW2
				Транзистори		
		31		S9014-С "LGE"	1	VT1
		32		S9015-С "LGE"	1	VT2
				Роз'єми		
		34		WJ103-5.0-02P-14-00A "Wanjie"	1	XS2
		35		WJ141R-2.54-12P-14-00A "Wanjie Electronic"	1	XS1
		37		Кварцевий резонатор HC-49S 12 МГц "KDS"	1	ZQ1

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	26 КР 172.403.025.001.000	Арк.
						2



Умовне позначення отворів	Діаметри отворів	Наявність металізації в отворах	Діаметри монтажних площадок	Кількість отворів	Примітка
	0,8	Є	2,0	130	
	1,0	Є	2,2	62	

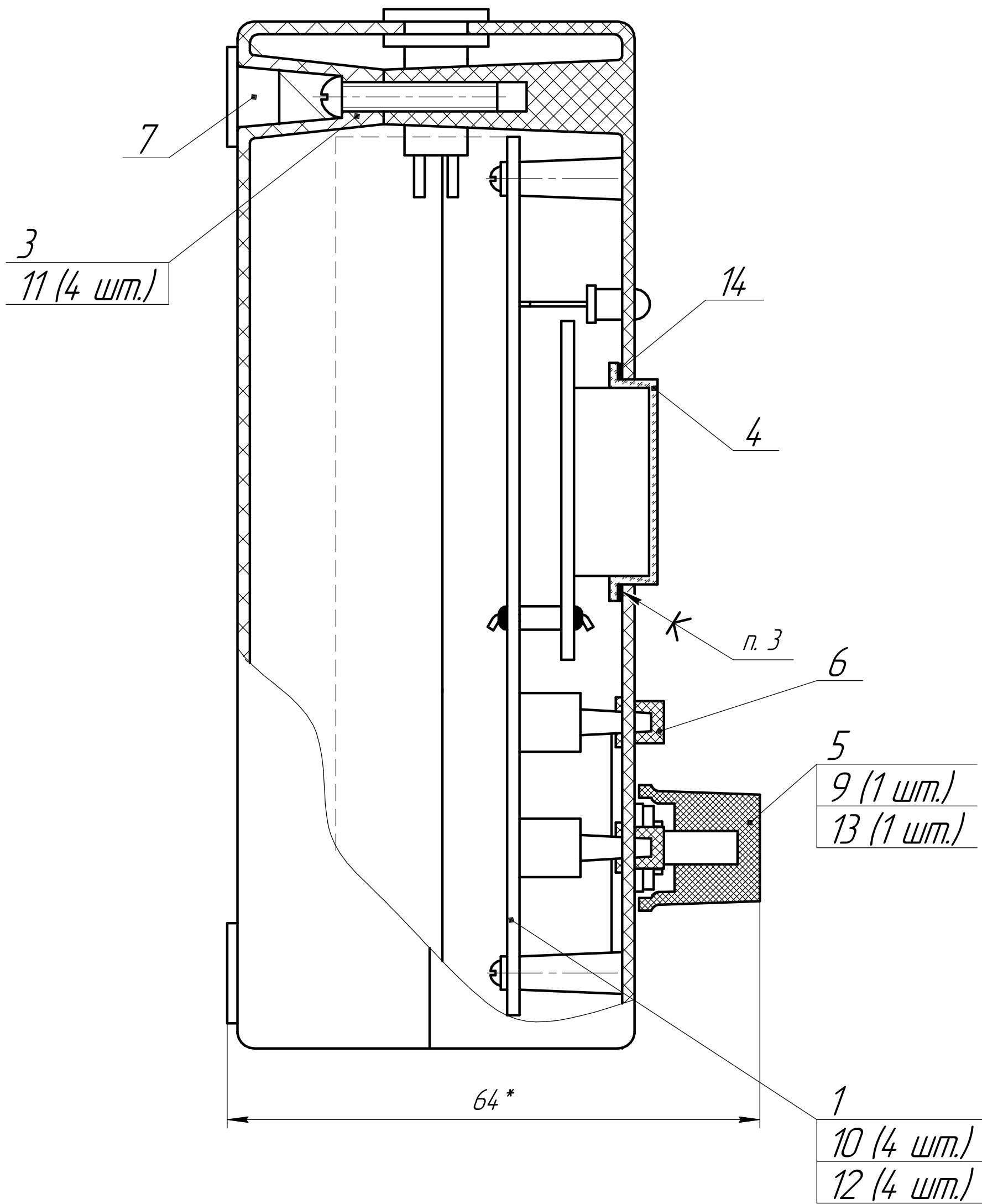
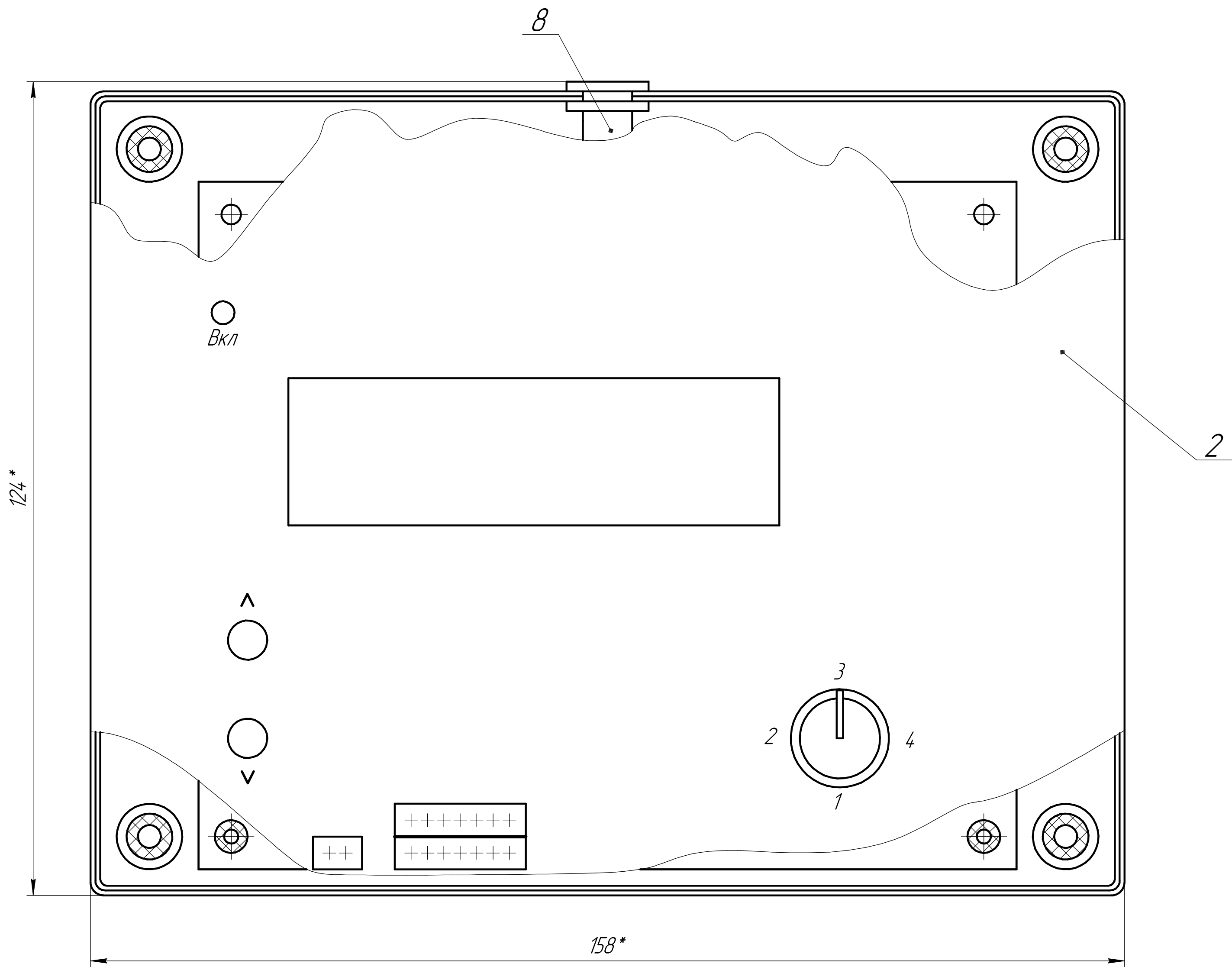


						26 КР 172.403.025.001.001			
Зм	Адж	№ док-м	Підпис	Дата	Плата друкована		Л/м	Маса	Масштаб
Роздр	Фін						н	0,03	2:1
Літерфін	Недошито						Аркиш	Аркиш	Т
Т.контр					ЄОД-35-15КП ГОСТ 10316-78		ВПТ ГФК ТР-403 м. Тернопіль		
Н.контр	Задорожний								
Затверд									

Перш. викорис.	Довід №	Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.	
						Документація			
		A4			26 КР 172.403.025.001.000 ПЕЗ	Перелік елементів			
		A2			26 КР 172.403.025.001.000 ЕЗ	Схема електрична принципова	1		
		A1			26 КР 172.432.026.004.000 СК	Складальне креслення	1		
						Складальні одиниці			
		A1	1	26 КР 172.403.025.001.000 СК	Вузол друкований	1			
						Деталі			
		БК	2	26 КР 172.403.025.004.001	Верхня кришка	1			
		БК	3	26 КР 172.403.025.004.002	Нижня кришка	1			
		БК	4	26 КР 172.403.025.004.003	Скло для індикатора	1			
		БК	5	26 КР 172.403.025.004.004	Ручка для галетного перемикача	1			
		БК	6	26 КР 172.403.025.004.005	Накладка для кнопки	4			
		БК	7	26 КР 172.403.025.004.006	Ніжка	4			
						Інші вироби			
			8		Роз'єм DS-025B "Dragon City"	1	XS1		
						Стандартні вироби			
			9		Гайка М6-6Н ГОСТ 5916-70	1			
			10		Гвинт Г2,5-6dх5 ГОСТ 17473-80	4			
			11		Гвинт Г3,5-6dх35 ГОСТ 17475-80	4			
Інв. № ориг.									
		Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	26 КР 172.403.025.004.000			
		Розроб.	Фуч						
		Перевір.	Недошитко						
						Вимірювач мультиметра на 4 режими	Літ.	Аркуш	Аркушів
							Н	1	2
		Н.контр.	Задорожний				ВСП ТФК ТР-403 м. Тернопіль		
		Затверд.							

[illegible]

26 КР 172.403.025.004.000 СК



1. * Розміри для довідок.
2. Електромонтаж здійснювати згідно з 26 КР 172.403.025.001.000
ЕЗ припаяєм припаяєм ПОС-40 ГОСТ 21931-76.
3. Клеїти клеєм MAPEI ADESILEX G19.
4. Інші технічні вимоги по ГОСТ.4.ГО.070.015.

					26 КР 172.403.025.004.000 СК				
					Вимрювач мультиметра на 4 режими Складальне креслення		Лит	Маса	Масштаб
							Н	0,3	2:1
Зм. Арх.	№ док-м.	Підпис	Дата				Архци		Архциш
Розроб.	Фуч.						ВСП ТФК ТР-403		1
Перевір.	Недошитка						м. Тернопіль		
Т.контр.									
Н.контр.	Задорожний								
Затверд.									

[illegible]

[illegible]

Дубл																			
Замість																			
Підпис																			
																		Аркуш 3	
												26 КР 172.403.025.03.000			26 КР 172.403.025.03.118				
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	403		025	035	403025035 Залудження											0,21		
Б	02		Тігель РД424231																
О	03		Лудити виводи ЕРЕ згідно ТТП532685 (126шт)																
Т	04		Пінцет		РТ 235641														
М	05		Припой ПОС-61			ГОСТ 21931-76							180	100	0,38				
	06		Флюс АТІ-120			ГОСТ 32142-86							120	100	0,63				
	07		Спиртобензинова суміш			ГОСТ 443-76							120	100	0,63				
	08																		
А	09	403		025	040	403025040 Установка ЕРЕ										0,02			
О	10		Установку ЕРЕ проводити по ОСТ 4.010.030-81 з кроком координатної сітки 2,5мм																
	11		1.Установити конденсатори поз.3(С2,С3)поз.4(С6,С7) поз. 5(С4) згідно рис.2 поз.6(С5,С8,С9) згідно рис.3 поз.7(С1)згідно рис.4 згідно карти ескізів по																
	12		2. Установити мікросхеми поз. 9(DD2) згідно рис.6 поз.10(DD1) згідно рис..7 .згідно карти ескізів по ТТП237658																
	13		3. Установити резистори поз.18(Р5) поз.19(Р3..R4,R18,R21) поз.20(Р6) поз.21(Р15..R17)поз.24(Р1,Р2,Р7...R14)поз.25(Р22)поз.26(Р20,Р23,Р24) згідно рис.1																
	14		поз.22(Р16) поз.23(Р19) згідно рис.5 дросель поз.16(L1) згідно рис.1 згідно карти ескізів по ТТП237658																
	15		4. Установити кварцевий резонатор поз.37(ZQ1) згідно рис..10 транзистори поз.34(VT1) поз.35(VT2) згідно рис.8 .згідно карти ескізів по																
Т	16		Кусачки РТ 145532																
	17		Пінцет РТ 265641																
К	18	1	Плата друкована			26 КР 172.403.025.001.001							796	100	100				

Дубл																				
Замість																				
Підпис																				
																Аркуш 4				
												26 КР 172.403.025.03.000				26 КР 172.403.025.03.118				
А	Цех	Діл	РМ.	ОПЕР.	Код, назва операції				Позначення документу											
Б					Код, назва обладнання				СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОВД	ОН	ОП	К ШТ	Т ПЗ	Т ШТ	
к-м					Назва деталі, скл одиниці або матеріалу				Позначення. код						СПП	ОВ	ОН	КВ	Н витр	
01	3	Конденсатори			NPO-22 пФ ±5%				"Murata"							796	100	200		
02	4	Конденсатори			NPO-1 нФ ±5%				"Murata"							796	100	200		
03	5	Конденсатори			NPO-1 мкФ ±5%				"Murata"							796	100	100		
04	6	Конденсатори			ECAP-10 В-10 мкФ ±20%				"Jamicon"							796	100	300		
05	7	Конденсатори			ECAP-16 В-470 мкФ ±20%				"Jamicon"							796	100	100		
06	9	Мікросхема			LM393AP				"Texas Instruments"							796	100	100		
07	10	Мікросхема			STC89C52RC				"STC micro"							796	100	100		
08	16	Дросель			FWDRI14 15В-100 мкГн ±10%				"Ferriwo"							796	100	100		
09	18	Резистори			MFP-0,125-1000м ± 10%				"Yageo"							796	100	100		
10	19	Резистори			MFP-0,125-1к0м ± 10%				"Yageo"							796	100	400		
11	20	Резистори			MFP-0,125-1к0м ± 10%				"Yageo"							796	100	400		
12	21	Резистори			MFP-0,125-5,1к0м ± 10%				"Yageo"							796	100	200		
13	22	Резистори			3329H-1-5 к0м				"Bourns"							796	100	100		
14	23	Резистори			3329H-1-10 к0м				"Bourns"							796	100	100		
15	24	Резистори			MFP-0,125-10к0м ± 10%				"Yageo"							796	100	1000		
16	25	Резистори			MFP-0,125-47к0м ± 10%				"Yageo"							796	100	100		
17	26	Резистори			MFP-0,125-100к0м ± 10%				"Yageo"							796	100	300		
18	31	Транзистори			S9014-С				"LGE"							796	100	100		

[illegible]

Дубл																	
Замість																	
Підпис																	
															Аркуш 6		
												26 КР 172.403.025.03.000			26 КР 172.403.025.03.118		
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	
A01	403		025	050	4030250050 Електромонтаж											0,004	
002		1. Рухувати елементи згідно ТТП 315826 (66шт)															
03		2. Установити перемички поз.2(2шт) світлодіод поз.41(HG1) згідно рис.9 дисплей поз.12(HG1) згідно рис.14 згідно карти ескізів по ТТП254681															
04		3. Установити перемикачі поз.28(SW1,SW3) згідно рис.1 поз.29(SW2) на рис.15 роз'єм поз.34(XS2) на рис.13 поз.35(XS1) згідно рис. 12 гідно карти															
K05		Паїку проводити згідно ТТП 316530															
06	2	Перемичка				26 КР 172.403.025.001.002						796	100	200			
07	12	Дисплей		SDCB2004BWE-R07		"Sinda"						796	100	100			
08	14	Світлодіод		L-1503GT		"Kingbright"						796	100	100			
09	28	Перемикачі		PB22E09		"RUICHI"						796	100	200			
10	29	Перемикачі		RS25 3P4T		"Well Buying"						796	100	100			
11	34	Роз'єми		WJ103-5.0-02P-14-00A		"Wanjie"						796	100	100			
12	35	Роз'єми		WJ141R-2.54-12P-14-00A		"Wanjie Electronic"						796	100	100			
13		Електропаяльник		PT 105278													
14		Пінцет		PT 235641													
M15		Припой ПОС-61				ГОСТ 2131-76						180	100	0,2			
16		Флюс АТ-120				ГОСТ 32142-82						120	100	0,33			
17		Спиртобензинова суміш				ГОСТ 443-76						120	100	0,33			
18																	

[illegible]

Дубл.																						
Замість																						
Підпис																						
														Аркушів 4		Аркуш 1						
Розробив		Фуч							ВСП ТФК ТНТУ			26 КР 172.403.025.001 СК					26 КР 172.403.025.001					
Перевірів		Недошитко							Вимірювач мультиметр на 4 режими										Н			
Нормував																						
Затвердив																						
Н. контр.		Задорожний																				
А		Цех		Діл	РМ	Опер		Код, назва операції					Позначення документу									
Б		Код, назва обладнання							СМ.	Проф	Р	УТ	КР	КОВД		ОН	ОП	К ШТ	Т ПЗ	Т ШТ		
К-М		Назва деталі, скл. одиниці або матеріалу							Позначення, код					СПП	ОВ	ОН	КВ	ВНТР				
01		Охорона навколишнього середовища, згідно інструкції МВЯ790831							МВЯ790831													
02		403		025	005	403.025.01 Комплектування													0,005			
03		Комплектування проводити згідно ТТО 644081 (41шт)																				
04																						
05		403		025	010	403.025.02 Слюсарно-складальна													0,005			
06		Пневмоверт РТ 532964																				
07		Складання проводити по ТТП 231587(14шт)																				
08		1. Кріпити друкований вузол поз.1 до верхньої кришки поз. 2 гвинтами поз.10 (4шт) через шайбу поз.12 (4шт) згідно карти ескізів по ТТП																				
09		2. Кріпити скло під індикатор поз.4(1шт) накладку під кнопки поз.6(4шт) на верхню кришку поз. 2 згідно карти ескізів по ТТП 12838374																				
10		3. Кріпити роз'єм поз.8(XS1) між кришкою верхньою поз.2 та кришкою нижньою поз.3 згідно карти ескізів по ТТП 12838374																				
11		4. Кріпити ручку для галетного перемикача поз.5(1шт) та перемикач до верхньої кришки поз.2 гайкою поз.9(1шт) через шайбу поз.13(1шт)																				
12		1	Вузол друкований					26 КР 172.403.025.001.000 СК							796	100	100					
13		2	Кришка верхня					26 КР 172.403.025.004.001							796	100	100					
14		3	Кришка нижня					26 КР 172.403.025.004.002							796	100	100					

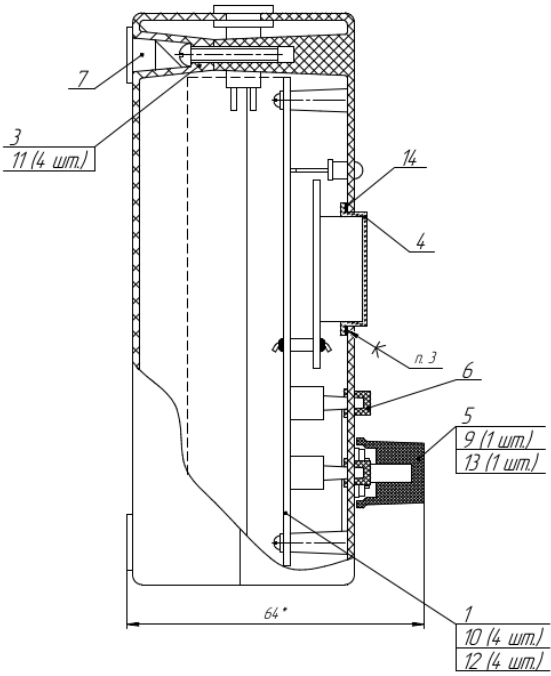
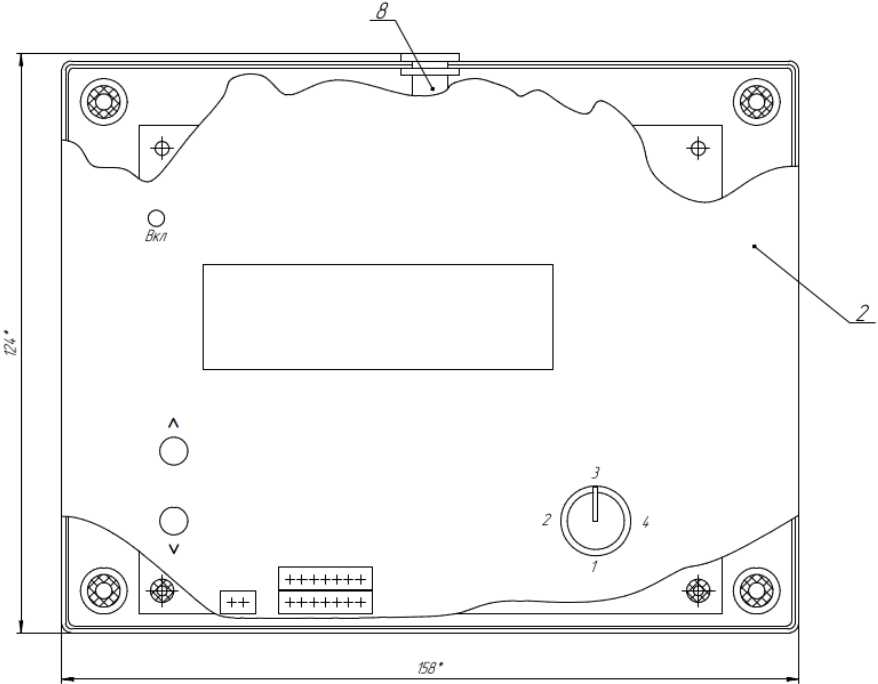
[illegible]

Дубл																
Замість																
Підпис																
															Аркуш 3	
												26 КР 172.403.025.001 СК			26 КР 172.403.025.001	
А	Цех	Діл	РМ.	ОПЕР.	Код, назва операції			Позначення документу								
Б	Код, назва обладнання				СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОВД	ОН	ОП	К ШТ	Т ПЗ	Т ШТ	
К-М	Назва деталі, скл одиниці або матеріалу				Позначення. код						СПП	ОВ	ОН	КВ	Н витр	
01		Електропаяльник		РТ 105278												
02		Припой ПОС-61				ДСТУ	1429.14-2005					180	100	0,006		
03		Флюс ФКСп				ДСТУ	19113					120	100	0,001		
04																
05	403		025	020	403.025.04		Слюсарно-складальна								0,002	
06		Пневмоверт РТ 532964														
07		Складання проводити по ТТП 231587														
08		1. Кріпити кришку верхню поз.2 та ніжки поз.7 (4шт) до кришки нижньої поз.3 гвинтами поз.11(4шт) згідно карти ескізів по ТТП 912485														
09	7	Ніжки				26 КР 172.403.025.004.00						796	100	400		
10	11	Гвинт		Г3,5-6gx35		ГОСТ 17475-80						796	100	400		
11																
12	403		025	025	403.025.05		Регулювання								0,005	
13		Установка для регулювання РД 628413														
14		Регулювати згідно інструкції 26 КР 172.403.025.001 11														
15																
16	403		025	030	403.025.06		Контроль якості								0,005	
17		Пульт РД 445127														
18		Провести візуальний контроль виробу, перевірку електричних параметрів згідно інструкції 26 КР 172.403.025.001 12														

Дубл.									
Замість									
Підпис									

							Аркушів 4	Аркуш 4	
Розробив	Фуч				ВСП ТФК ТНТУ	26 КР 172.403.025.001 СК		26 КР 172.403.025.001	
Перевірів	Недошитко				Вимірювач мультиметр на 4 режими			Н	
Нормував									
Затвердив									
Н. контр.	Задорожний								

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



Техніко – економічні показники вимірювача мультиметра на 4 режими

	Технічні показники			Економічні показники	
1	Напруга живлення вхідна	+5В	1	Річний обсяг виробництва	1600шт.
2	Точність вимірювання	±0,5–5%	2	Початкові інвестиції для реалізації інвестиційного проекту	229125 грн
3	Габаритні розміри	158*124 *64 мм	3	Чистий прибуток	503466,88 грн
4	Маса	0,3кг	4	Повна собівартість на виріб	1237,88 грн
5	Допустима вологість повітря	80%	5	Ціна одиниці виробу	1621,62 грн.
6	4 режими вимірювання	частота, індуктивність, ємність (полярні, неполярні)	6	Рентабельність виробу	25,42%
7	Габаритні розміри	158*124 *64мм	7	Термін окупності	0,5р
8			8	Індекс прибутковості	2,0