

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 дев'ятирозрядного мультиметра на АЦП
AD7705 та AVR мікроконтролері*

Виконав: студент (ка) II курсу, групи ТР-403скСпеціальність: 172 «Електронні комунікації та
радіотехніка»Освітня програма: «Конструювання, виробництво та
технічне обслуговування радіотехнічних пристроїв».

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Войчишин Ю.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник Березіцький І.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

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

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

_____ Войчишин Юрій Вікторович _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи

Розробка конструкції дев'ятирозрядного мультиметра на АЦП AD7705 та AVR мікроконтролері

керівник кваліфікаційної роботи Березицький Іван Володимирович _____,
(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:

Вимірювання напруги: Постійна напруга: до 1000 В; Піддіапазони: 0,2 В; 2 В; 200 В; 1000 В; Змінна напруга (синусоїдальна, 45–400 Гц): до 600 В. Вимірювання струму: Постійний струм: до 10 А; Вимірювання опору: Діапазон: до 250 МОм; Піддіапазони: 250 Ом; 2,5 кОм; 25 кОм; 250 МОм. Напруга живлення: 3,6 В; Споживання: Не більше 100 мА (у режимі вимірювання опору з підсвічуванням);

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
 - 1. Дії роботодавця при отриманні повідомлення про нещасний випадок.
 - 2. Чинники, що впливають на тяжкість ураження людини електричним струмом.
- Висновки
- Перелік посилань
- Додатки

Додаткові вказівки:

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

без виготовлення макета

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

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

7. Дата видачі завдання 27 квітня 2026 р.

Студент

(підпис)

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис)

Юрій ВОЙЧИШИН

(прізвище та ініціали)

Іван БЕРЕЗІЦЬКИЙ

(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 172.403.005.000.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Войчишин			Розробка конструкції Дев'ятирозрядний мультиметр на АЦП AD7705 та AVR мікроконтролері Пояснювальна записка	Лім.	Арк.
Перевір.		Березьцький					
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 Дії роботодавця при отриманні повідомлення про нещасний випадок....

4.2 Чинники, що впливають на тяжкість ураження людини електричним струмом.....

ВИСНОВКИ.....

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....

ДОДАТКИ.....

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

АНОТАЦІЯ

Войчишин Ю.В. Розробка конструкції дев'ятирозрядного мультиметра на АЦП AD7705 та AVR мікроконтролері: кваліфікаційна робота на здобуття освітньо-професійний ступінь фаховий молодший бакалавр, за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка. Тернопіль: ВСП «ТФК ТНТУ», 2026.

Елементи на платі розташовані дуже компактно, і тому розміри плати мінімальні 95*90 мм. Всі основні елементи розміщені на одній стороні плати. Підібрана елементна база дозволяє реалізувати закладені в пристрій функції, є недорогою та доступною.

Конструкція виробу передбачає раціональне компонування елементів як на друкованій платі, так і в межах корпусу. Габаритні розміри корпусу становлять 175×123×61 мм. Друковані вузли закріплюються на спеціальних внутрішніх стійках за допомогою чотирьох гвинтів і шайб. Вузол керування та індикації встановлюється на верхній кришці, тоді як основний вузол розміщується на нижній частині корпусу.

Окремі елементи, такі як мережеві перемикачі, захисне скло індикатора та ручка енкодера, винесені безпосередньо на корпус. Це рішення спрощує процес монтажу, покращує доступ до органів керування під час експлуатації та підвищує загальну надійність пристрою [23].

Верхня кришка корпусу виконує функції інтерфейсної панелі. На ній передбачено посадкові місця для індикатора, отвори для підключення вимірювальних щупів, а також місця для встановлення енкодера і багатофункціонального перемикача, який є основним органом керування. Таке компонування забезпечує зручне зчитування інформації та інтуїтивно зрозуміле керування приладом.

Ключові слова: мультиметр, напруга, струм, вимірювання, опір.

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ABSTRACT

Voychyshyn Yu.V. Development of a nine-bit multimeter design based on the AD7705 ADC and AVR microcontroller: 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*90 mm. All the main elements are located on one side of the board. The selected element base allows you to implement the functions built into the device, is inexpensive and affordable.

The design of the product provides for a rational layout of elements both on the printed circuit board and within the case. The overall dimensions of the case are 175×123×61 mm. Printed components are fixed on special internal racks using four screws and washers. The control and display unit is mounted on the top cover, while the main unit is located on the bottom of the case.

Individual elements, such as network switches, protective glass of the indicator and encoder handle, are placed directly on the case. This solution simplifies the installation process, improves access to controls during operation and increases the overall reliability of the device [23].

The top cover of the case performs the functions of an interface panel. It provides seats for the indicator, holes for connecting measuring probes, as well as places for installing the encoder and a multifunctional switch, which is the main control element. This layout provides convenient reading of information and intuitive control of the device.

Keywords: multimeter, voltage, current, measurement, resistance.

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Проектований мультиметр, побудований на базі аналого-цифрового перетворювача AD7705 та AVR-мікроконтролера (ATmega88PA), призначений для високоточного вимірювання основних електричних величин: постійної та змінної напруги, постійного струму, а також електричного опору в широкому діапазоні значень. Завдяки використанню 16-бітного дельта-сигма АЦП і цифрової обробки сигналів забезпечується підвищена роздільна здатність (до дев'яти розрядів відображення) та покращена точність вимірювань.

Прилад орієнтований на застосування в умовах, де необхідні точні та стабільні результати, зокрема:

- у лабораторній практиці та наукових дослідженнях;
- під час налагодження, ремонту й тестування електронної апаратури;
- у метрологічних роботах і калібруванні вимірювальних засобів;
- в енергетиці та електротехнічних вимірюваннях;
- у навчальному процесі для підготовки фахівців з електроніки та радіотехніки.

Завдяки розширеному діапазону вимірювання опору (до сотень мегомів), можливості зовнішнього калібрування, контролю живлення та захисту входів від електростатичних розрядів, мультиметр може використовуватися як універсальний переносний вимірювальний прилад. Наявність мікроконтролерного керування забезпечує гнучкість функцій, зручність інтерфейсу користувача та можливість подальшого розширення функціоналу.

Отже, пристрій поєднує високу точність, універсальність і відносну простоту реалізації, що робить його придатним як для професійного, так і для навчально-прикладного використання. [1]

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Розробка технічного завдання

Технічні характеристики приладу:

- Вимірювання напруги:
Постійна напруга: до 1000 В;
Піддіпазони: 0,2 В; 2 В; 200 В; 1000 В;
Змінна напруга (синусоїдальна, 45–400 Гц): до 600 В.
- Вимірювання струму:
Постійний струм: до 10 А;
Роздільна здатність: 1 мкА (молодший розряд).
- Вимірювання опору:
Діапазон: до 250 МОм;
Піддіпазони: 250 Ом; 2,5 кОм; 25 кОм; 250 МОм.
- Схема вимірювання: трипровідна;
- Основна похибка:
Постійна напруга: $\pm 0,5\%$;
Змінна напруга: $\pm 1,2\%$;
Постійний струм: $\pm 3\%$;
Опір: $\pm 1\%$.
- Напруга живлення: 3,6 В;
- Споживання: Не більше 100 мА (у режимі вимірювання опору з підсвічуванням);
- РК-дисплей для відображення результатів;
- Звукова індикація (зумер);
- Захист входів від ЕСП (TVS-діоди);
- Зовнішнє калібрування АЦП;
- Поворотний енкодер з кнопкою для керування;
- Можливість програмування через роз'єм;

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Маса (з батареями): близько 170 г.

1.2 Вибір і опис структурної схеми виробу

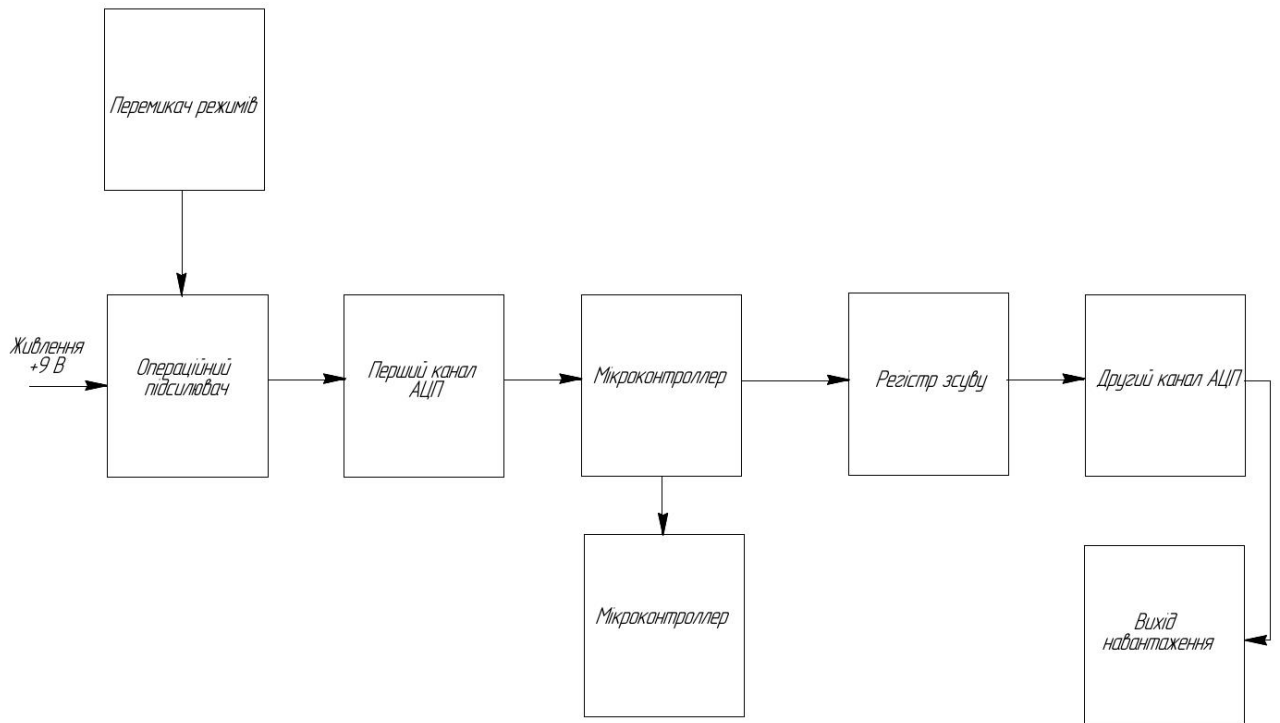


Рисунок 1.1- Схеме електрична структурна мультиметра

Основні блоки схеми:

- Живлення - стабілізоване джерело постійної напруги (+5 В), що живить АЦП та мікроконтролер.
- Вхідний комутатор режимів - перемикач, який підключає відповідний вимірювальний тракт (напруга, струм, опір).
- АЦП AD7705 - Σ - Δ перетворювач високої точності (16-бітний), який забезпечує дев'ятирозрядну індикацію. Має два канали для вимірювання різних сигналів.
- AVR мікроконтролер - виконує обробку цифрових даних з АЦП, реалізує калібрування, масштабування та керує індикацією.
- Регістр зсуву - використовується для розширення портів мікроконтролера та керування багаторозрядним дисплеєм.

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Індикація - дев'ятирозрядний світлодіодний або семисегментний дисплей, що відображає результати вимірювань.

Вихід навантаження - додатковий тракт для тестових сигналів або підключення контрольованого елемента.

1.3 Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз

Основою запропонованого мультиметра є мікросхема — 16-бітний двоканалний дельта-сигма аналого-цифровий перетворювач AD7705 [1].

Вимірювальний вузол побудований на основі АЦП DA2. Керування його режимами роботи та оброблення отриманих даних здійснює мікроконтролер DD1 ATMEGA88PA-PU, який взаємодіє з DA2 через інтерфейс SPI; сигнал готовності DRDY подається на вивід 25 (PC2) мікроконтролера. Обидві мікросхеми — DA2 і DD1 — живляться від спільного джерела. Опорна напруга 2,5 В для АЦП формується діодом VD8. Тактові імпульси для DA2 можуть генеруватися його внутрішнім генератором за наявності кварцового резонатора ZQ2 з частотою 2,4576 або 1,0 МГц, який підключається до виводу 2 через перемичку S1.

Вибір меж вимірювання виконується секцією перемикача SA1.1, тоді як секція SA1.2 разом із діодами VD9–VD60 реалізує декодування положень перемикача, включно з тими, що безпосередньо не використовуються.

Тип вимірювань задається перемикачем SA2. Усі зовнішні сигнали надходять на перший канал АЦП DA2. У положенні, показаному на схемі, підключено перетворювач «опір–напруга», виконаний на операційному підсилювачі DA1 з високим входним опором. Для DA1 формується від'ємна опорна напруга –2,5 В за допомогою діода VD6.

Входи з великим опором у DA1 і DA2 додатково захищені TVS-діодами VD3 та VD5 від електростатичних розрядів.

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Живлення -5 В для операційного підсилювача DA3 забезпечує ШІМ-перетворювач, що працює як інвертор полярності. Позитивне живлення $+3,6\text{ В}$ для DA3 подається від батареї GB1. У такій конфігурації вихідна напруга DA3 не перевищує $+2,5\text{ В}$, що запобігає перевантаженню його вихідних каскадів.

У нижньому положенні перемикача SA2 виконуються вимірювання струму та напруги, при цьому ШІМ-перетворювач, підсилювач DA1 і джерело опорної напруги вимикаються.

Резисторний дільник R15–R23 і шунт R37 об'єднані в один вимірювальний ланцюг, подібно до тестера Ц4317М, що спрощує комутацію.

Контроль напруги батареї здійснюється через другий канал АЦП DA2. Результати вимірювань і службова інформація відображаються на рідкокристалічному дисплеї HG1. Прилад також оснащений звуковим випромінювачем HA1, підключеним до колекторного кола транзистора VT1.

Керування режимами роботи виконується поворотним енкодером A1 із кнопкою. Для придушення дребезгу контактів застосовано фільтри нижніх частот R34C3 і R35C4, а також регістр зсуву DD2, що спрощує обробку сигналів програмно.

Програмування мікроконтролера DD1 здійснюється через роз'єм XP1, причому ланцюг скидання конфігурується DIP-перемикачами SA2 і SA3.

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунково-конструкторська частина

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

Компонування виробу виконане з урахуванням вимог компактності, технологічності, зручності експлуатації та надійності роботи. Основним конструктивним елементом пристрою є двостороння друкована плата розміром 90×95 мм, на якій розміщені всі основні електронні компоненти. Для забезпечення оптимального використання внутрішнього об'єму корпусу більшість електрорадіоелементів встановлена на одній стороні плати, що спрощує процес монтажу, налагодження та технічного обслуговування виробу.

Друкована плата закріплюється всередині корпусу на спеціальних монтажних стійках за допомогою гвинтових з'єднань. Таке конструктивне рішення забезпечує надійну фіксацію плати, захист від механічних впливів і вібрацій під час експлуатації. Органи керування та індикації розміщені на верхній панелі корпусу, що забезпечує зручний доступ користувача до основних функцій приладу та покращує ергономічні характеристики виробу. На лицьовій панелі передбачені посадкові місця для дисплея, енкодера, багатофункціонального перемикача та роз'ємів для підключення вимірювальних щупів.

Корпус приладу має габаритні розміри 175×123×61 мм і складається з верхньої та нижньої частин. У нижній частині корпусу розташований батарейний відсік, який закривається окремою кришкою. Таке компонування забезпечує швидку заміну елемента живлення без необхідності розбирання всього пристрою.

Для виготовлення друкованої плати обрано двосторонній фольгований склотекстоліт марки СФ2–35–1,5 ІКП. Даний матеріал характеризується високою механічною міцністю, стійкістю до впливу температури, низьким

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

водопоглинанням та стабільними діелектричними властивостями. Використання склотекстоліту забезпечує довговічність конструкції та надійність електричних з'єднань.

Корпус виробу виготовляється з ударостійкої пластмаси. Вибір цього матеріалу обумовлений його малою масою, достатньою механічною міцністю, хорошими електроізоляційними властивостями, стійкістю до корозії та невисокою собівартістю. Крім того, пластмаса добре піддається обробці та придатна для масового виробництва методом лиття під тиском.

Для захисту струмопровідних доріжок друкованої плати від окиснення та впливу навколишнього середовища застосовується захисне паяльне покриття. Контактні майданчики покриваються шаром припою, що покращує якість паяння та підвищує корозійну стійкість. Металеві кріпильні елементи мають антикорозійне цинкове покриття, яке забезпечує тривалий термін служби виробу та збереження його експлуатаційних характеристик.

Запропоноване компонування та вибрані конструкційні матеріали забезпечують високу надійність, зручність користування, технологічність виготовлення та відповідність сучасним вимогам до вимірювальних електронних приладів.

2.1.2 Обґрунтування вибору конструкції

Друкована плата виконана двосторонньою з габаритними розмірами 90×95 мм. Для її виготовлення використано фольгований склотекстоліт марки СФ2–35–1,5 ІКП відповідно до вимог ГОСТ 10316-78. Обраний матеріал характеризується достатньою механічною міцністю, термостійкістю та стабільністю електричних параметрів, що забезпечує надійну роботу пристрою в процесі експлуатації.

Технологія виготовлення плати базується на застосуванні комбінованого позитивного методу, який є доцільним для двосторонніх друкованих плат. Незважаючи на підвищену складність і вартість технологічного процесу

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(зокрема через необхідність металізації отворів), цей метод дозволяє реалізувати складні електричні з'єднання та забезпечити високу щільність монтажу елементів. Основна частина електрорадіоелементів розміщена на одній стороні друкованого вузла, що спрощує монтаж і обслуговування.

Конструкція виробу передбачає раціональне компонування елементів як на друкованій платі, так і в межах корпусу. Габаритні розміри корпусу становлять 175×123×61 мм. Друковані вузли закріплюються на спеціальних внутрішніх стійках за допомогою чотирьох гвинтів і шайб. Вузол керування та індикації встановлюється на верхній кришці, тоді як основний вузол розміщується на нижній частині корпусу.

Окремі елементи, такі як мережеві перемикачі, захисне скло індикатора та ручка енкодера, винесені безпосередньо на корпус. Це рішення спрощує процес монтажу, покращує доступ до органів керування під час експлуатації та підвищує загальну надійність пристрою [23].

Верхня кришка корпусу виконує функції інтерфейсної панелі. На ній передбачено посадкові місця для індикатора, отвори для підключення вимірювальних щупів, а також місця для встановлення енкодера і багатофункціонального перемикача, який є основним органом керування. Таке компонування забезпечує зручне зчитування інформації та інтуїтивно зрозуміле керування приладом.

Розміщення елементів виконано з урахуванням ергономічних вимог і психофізіологічних особливостей користувача. Основні елементи індикації та керування зосереджені на верхній панелі, що забезпечує зручність контролю та швидке налаштування параметрів. На нижній кришці передбачено відсік для встановлення батареї GB1, який фіксується окремою кришкою.

Дев'ятирозрядний мультиметр на базі АЦП AD7705 та AVR мікроконтролера виконаний у вигляді компактного електронного пристрою в пластмасовому корпусі. Використання пластмаси як основного матеріалу

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зумовлене її малою масою, низькою вартістю, достатньою міцністю та придатністю до серійного виготовлення методом лиття під тиском.

З точки зору технологічності конструкція виробу є оптимізованою для серійного виробництва: передбачено мінімальну кількість складальних операцій, використання стандартних кріпильних елементів і уніфікованих компонентів. Це сприяє зниженню собівартості, підвищенню надійності та спрощенню процесів складання, контролю і ремонту [34].

2.1.3 Опис і обґрунтування вибору елементної бази

Таблиця 2.1- Конденсатор ЕСАР [2]

Позиційне позначення	C1, C12, C15
Назва компонента	Конденсатор ЕСАР
Виробник	"Jamicon"
Критерії вибору	Напруга робоча, струм, розміри, тангенс кута втрат
Параметри та характеристики	
Параметри конструкції	Див.рис.2.1
Номінальна напруга	16В
Номінальна ємність	10 мкФ
Допуск ємності	$\pm 20\%$
Термін служби	2000 г
Робоча температура	-55 ... 105 ° C
Тангенс кута втрат,%	0,14

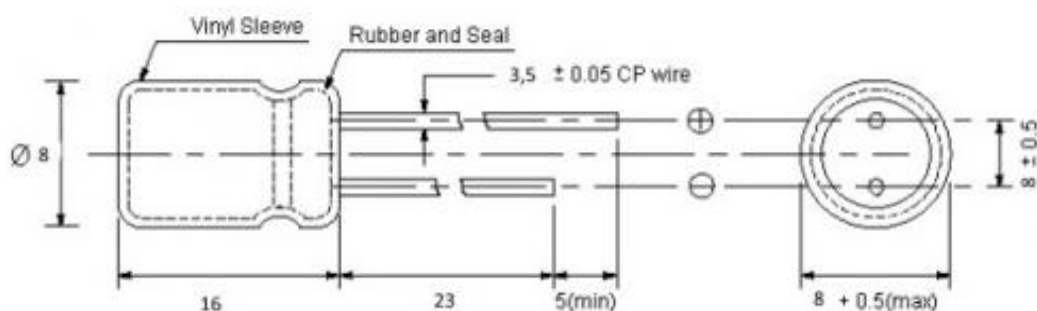


Рисунок 2.1- Габаритні розміри конденсатора типу ЕСАР

Таблиця 2.2- Резистор MFP [3]

Позиційне позначення	R1...R35, R37...R53, R55...R60	
Назва компонента	MFP	
Виробник	Yageo	
Критерії вибору	Потужність розсіювання, максимальна робоча напруга, діапазон опорів, габаритні розміри	
Параметри конструкції	Див.рис.2.2	
Параметри та характеристики		
номінальна потужність	0,125 Вт	
діапазон номінальних опорів	$1...10 \cdot 10^6$ Ом	
допустиме відхилення опору	$\pm 10\%$	
максимальна робоча напруга	200В	
діапазон робочих температур	$-60.....+70^{\circ}\text{C}$	

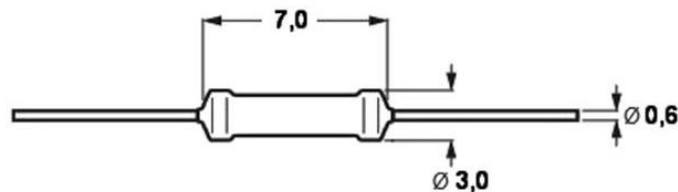


Рисунок 2.2- Габаритні розміри резисторів MFP " Yageo "

Таблиця 2.3 - Конденсатор NPO [4]

Позиційне позначення	C2.....C11, C13, C14, C16...C17
Назва компонента	Конденсатор NPO
Виробник	"Murata"
Критерії вибору	Номінал ємності, напруга пробою, робоча напруга
Параметри конструкції	Див.рис.2.3
Параметри та характеристики	
робоча напруга	50В
відхилення ємності від номінального значення	±10%
інтервал робочих температур	-40°С...+100°С
температурний коефіцієнт ємності	+3,3%;
відносна вологість	до 98%
діапазон тиску	6,6-2942гПа
діапазони ємностей	5нФ – 0,1мкФ
група ТКЄ	H20

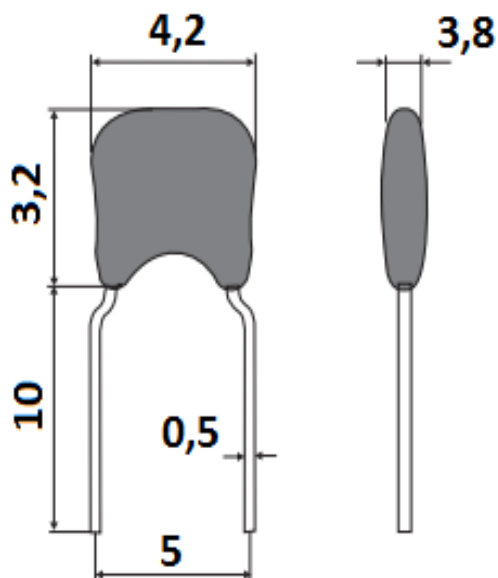


Рисунок 2.3- Габаритні розміри конденсатора NPO

Таблиця 2.4- Діод 1N4148 "Diodec" [5]

Позиційне позначення	VD2, VD4, VD9...VD60
Назва компонента	Діод 1N4148
Виробник	"Diodec"
Критерії вибору	напруга випрямлення, максимальний струм, робоча частота
Параметри та характеристики	
матеріал	кремній
корпус	DO-35
максимальна постійна зворотна напруга	75В
максимальна імпульсна зворотна напруга	120В
максимальний час зворотного відновлення	0,004мкс
діапазон робочих температур	-65...+150°C
максимально допустимий прямий імпульсний струм	0,45А
максимальний зворотний струм	5 мкА

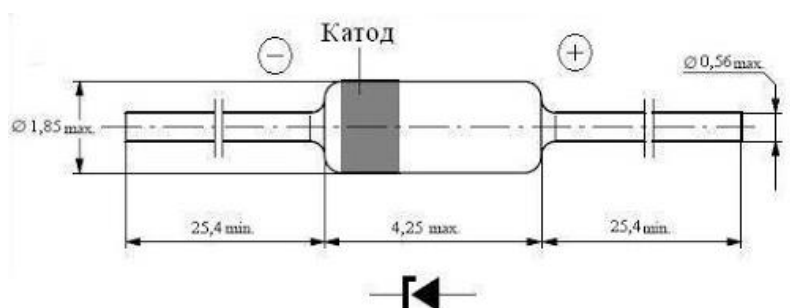


Рисунок 2.4 – Габаритні розміри діода 1N4148

Таблиця 1.5 – Дросель FWDRI1415B [6]

Позиційне позначення	L1-L2
Назва компонента	Дросель FWDRI1415B
Виробник	"Epcos"
Критерії вибору	Номинал індуктивності, робоча напруга, струм
Параметри та характеристики	
Індуктивність	400мГн
Допуск	±10 %
Максимальний струм	≈ 0.95 А
Опір обмотки (RDC)	до 1.2 Ω
Частота вимірювання	1 кГц
Тип сердечника	феритовий
Тип монтажу	ТНТ (вивідний, через отвори

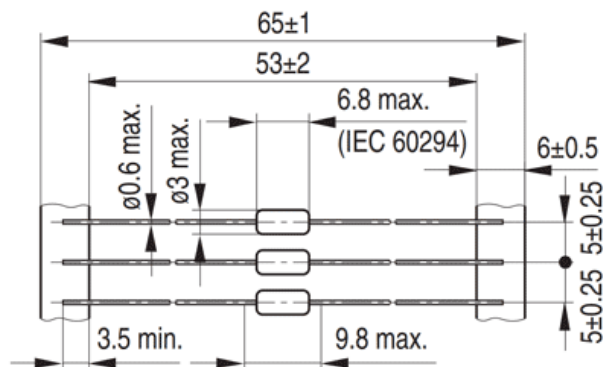


Рисунок 2.5 – Габаритні розміри дросель FWDRI1415B

Таблиця 2.6 - Транзистор C945-GR "LGE" [7]

Позиційне позначення	VT1
Назва компонента	Транзистор C945-GR "LGE"
Виробник	"Hottech"
Критерії вибору	Структура, коефіцієнт підсилення, потужність,
Параметри та характеристики	
Тип провідності	NPN
Максимальна напруга колектор-емітер	50 В
Максимальна напруга колектор-база	60 В
Розсіювана потужність	0.4 Вт
Коефіцієнт підсилення	від 200 до 400
Гранична частота	від 100 до 150 МГц
Корпус	ТО-92
Максимальний струм колектора	150 мА
Температурний діапазон роботи	приблизно від -55 °С до +150 °С

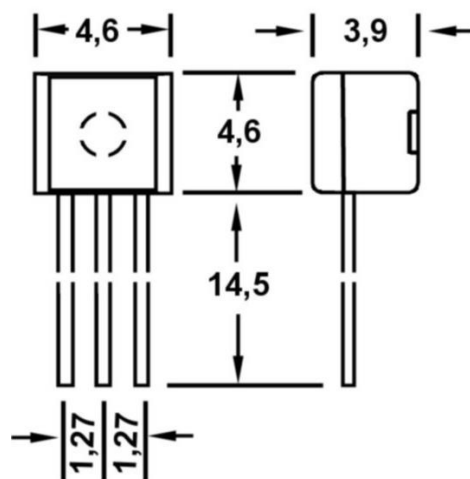


Рисунок 2.6 – Габаритні розміри транзистора C945-GR "LGE"

Таблиця 2.7 - Діод 1.5KE6.8A "SUNMATE" [8]

Позиційне позначення	VD3, VD5...VD6, VD8	
Назва компонента	Діод 1.5KE6.8A	
Виробник	"SUNMATE"	
Критерії вибору	напруга випрямлення, максимальний струм, робоча частота	
Параметри та характеристики		
Потужність розсіювання, Вт		0.5
Мінімальна напруга стабілізації, В		44
Номінальна напруга стабілізації, В		47
Максимальна напруга стабілізації, В		50
Статичний опір R _{ст.} , Ом		110
Температурний коефіцієнт напруги стабілізації α _{уст.} ,% / С		0.12
Максимальний струм стабілізації I _{СТ.МАКС.} , МА		8.5
Робоча температура, С		-55 ... 150
Спосіб монтажу		в отвір
Корпус		do35
Вага, г		0.2

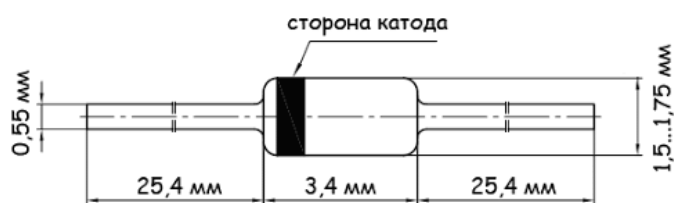


Рисунок 2.7 – Габаритні розміри діода 1.5KE6.8A "SUNMATE"

Таблиця 2.8 - Запобіжник 0001.2507.РТ-4 А-250В "Schurter" [9]

Позиційне позначення	FU1
Назва компонента	Запобіжник 0001.2507.РТ-4 А-250В "Schurter"
Виробник	"ЕСЕ"
Критерії вибору	Розміри, напруга, струм, спрацювання
Параметри конструкції	див.рис.2.8
Параметри та характеристики	
Матеріал	кераміка
Номінальна напруга, В	240
Номінальний робочий струм, А	0,25
Контакти	циліндричні
Довжина корпусу, мм	30
Діаметр корпусу, мм	6.35
Робоча температура, С	-60 ... 100

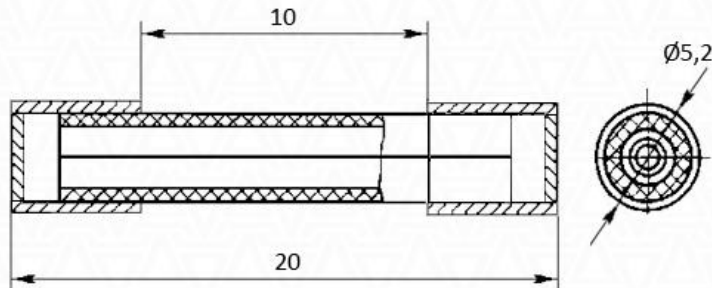


Рисунок 2.8 - Габаритні розміри запобіжника 0001.2507.РТ-4 А-250В "Schurter"

Таблиця 2.9 – Резистор 3329Н-R11 [10]

Позиційне позначення	R36, R54
Назва компонента	Резистор 3329Н-R11
Виробник	Bourns
Критерії вибору	Постійна напруга, відхилення, напруга та струм
Параметри конструкції	див.рис.1.9
Параметри та характеристики	
номінальне відхилення, %	10
максимальна постійна напруга	500
температурний коефіцієнт +/-	250
гранична вібрація	10 ... 500Гц, 0.75мм, 6г
ударостійкість	390m / s2, 4000 циклів
інтервал робочих температур	-55 ... + 125

3329H

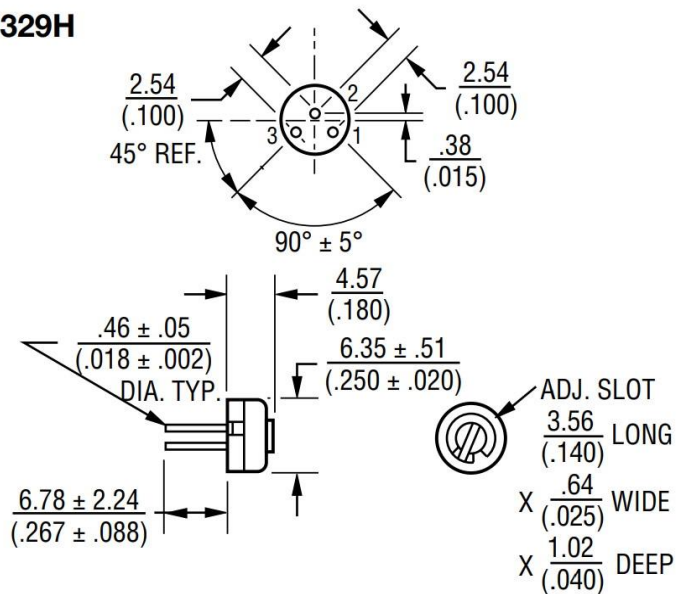


Рисунок 2.9 –Габаритні розміри резистора підстроювального 3329H-R11

Таблиця 2.10 – Зумер SMA-13LC-P10 "Sonitron" [11]

Позиційне позначення	HA1
Назва компонента	Зумер SMA-13LC-P10
Виробник	"Sonitron"
Критерії вибору	Номінальна напруга, робоча напруга, максимальний струм
Параметри конструкції	див.рис.2.10
Параметри та характеристики	
Номінальна напруга	VDC 12
Робоча напруга, VDC	1.5-16
Максимальний струм, mA	8
Мінімальний рівень звукового тиску	85дБ/10см
Резонансна частота, кГц	4.0 ± 0.5
Тип сигналу	безперервний
Робоча температура, ° C	-20 ... +70
Вага, г	2

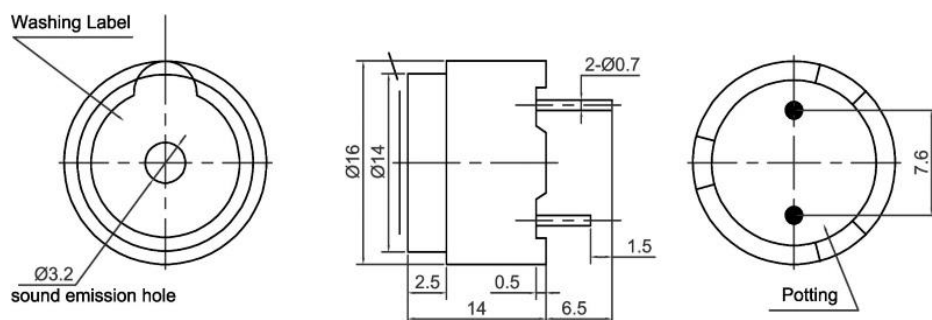


Рисунок 2.10 - Зовнішній вигляд зумера SMA-13LC-P10

Таблиця 2.11 - Кварцевий резонатор КХ-ЗНТ- "Geyer" [12]

Позиційне позначення	ZQ1, ZQ2
Назва компонента	Кварцевий резонатор КХ-ЗНТ-20 МГц
Виробник	"Geyer"
Критерії вибору	Тактова частота, розміри, вхідна напруга
Параметри конструкції	див. рисунок 2.11
Параметри та характеристики	
Резонансна частота, Гц	20,0 МГц, 2,4576 МГц
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

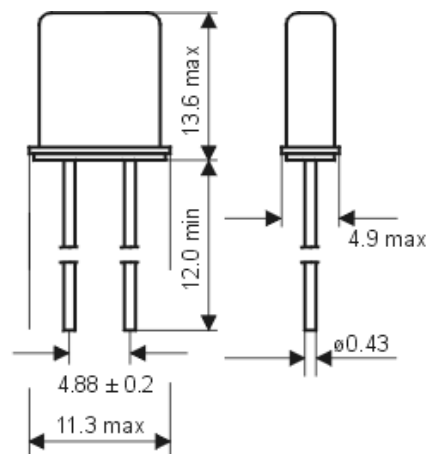


Рисунок 2.11 - Габаритні розміри кварцового резонатора КХ-ЗНТ- "Geyer"

Таблиця 2.12 - Мікросхема ATMEGA88PA-PU "Microchip" [13]

Позиційне позначення	DD1
Назва компонента	Мікросхема ATMEGA88PA-PU
Виробник	"Microchip"
Критерії вибору	Вхідна та вихідна напруги, струм, принцип роботи
Параметри та характеристики	
Корпус	DIP-28
Напруга живлення:	1,8...5,5 В
Тактова частота:	до 20 МГц
Архітектура:	AVR (8-бітна RISC)
АЦП:	10-бітний, до 8 каналів
Температурний діапазон:	-40...+85 °С
Таймери/лічильники:	3 (2×8-бітні, 1×16-бітний)
Аналоговий компаратор:	1
EEPROM:	512 Б

28-pin plastic DIP
(DIP-28P-M05)

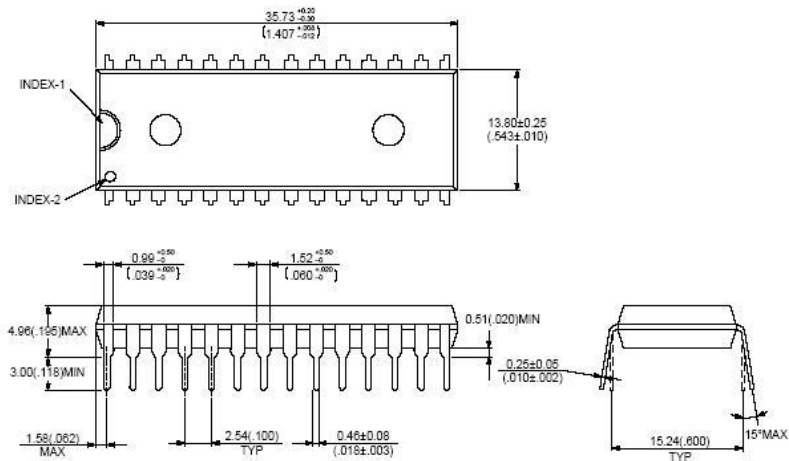


Рисунок 2.12 - Зовнішній вигляд мікросхеми ATMEGA88PA-PU

Таблиця 2.13 - Дисплей WH1602B-УУН-СТК "Winstar" [14]

Позиційне позначення	HG1
Назва компонента	Дисплей WH1602B-УУН-СТК
Виробник	"Winstar"
Критерії вибору	Розмір, колір, параметри, відповідність схемі
Параметри та характеристики	
Тип дисплея:	символьний LCD
Формат:	16 символів × 2 рядки
Колір:	жовто-зелений фон
Напруга живлення (Vdd):	5 В
Робочий струм логіки:	≈ 1–2 мА
Робочий діапазон:	приблизно 0...+50 °С
Габарити (типові для 1602)	Приблизно: 80 × 36 мм



Рисунок 2.13 – Зовнішній вигляд дисплея WH1602B-УУН-СТК

Таблиця 2.14 - Енкодер EC11G1560418 "Alps" [15]

Позиційне позначення	A1
Назва компонента	Енкодер EC11G1560418
Виробник	"Alps"
Критерії вибору	Вхідна напруга, вихідна напруга, струм вхідний
Параметри та характеристики	
Діаметр корпусу	12 мм
Номинальний струм контакту	10 мА при 5 В DC
Робоча температура	-30...+70
Ресурс (механічний)	~30 000 циклів
Опір ізоляції	≥ 10 МОм при 250 В DC
Кількість детентів (позицій фіксації)	24
Код виходу	2-бітний квадратурний

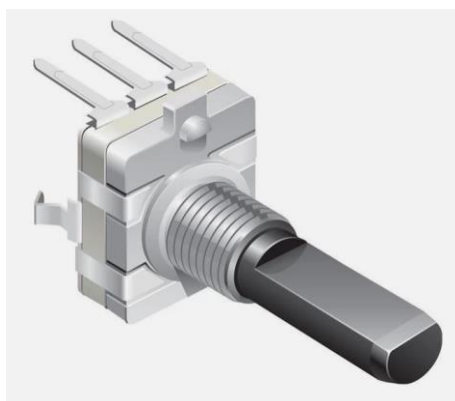


Рисунок 2.14 – Зовнішній вигляд енкодера EC11G1560418 "Alps"

Таблиця 2.15 - Акумулятор Li18650/3400-3,6 В "Robiton" [16]

Позиційне позначення	GB1
Назва компонента	Акумулятор Li18650/3400-3,6 В
Виробник	"Robiton"
Критерії вибору	вихідна напруга, струм вхідний, розміри
Параметри та характеристики	
Тип:	літій-іонний (Li-ion)
Форм-фактор:	18650 (Ø18 мм × 65 мм)
Номинальна напруга:	3,6 В
Номинальна ємність:	3400 мА·год
Кількість циклів заряд/розряд:	300–500
Максимальна напруга заряду:	4,2 В
Максимальний безперервний струм розряду:	4–7 А



Рисунок 2.15 – Зовнішній вигляд акумулятора Li18650/3400-3,6 В "Robiton"

Таблиця 2.16 - Перемикач DS1040-01RN "Connfly" [17]

Позиційне позначення	SA2, SA4
Назва компонента	Перемикач DS1040-01RN
Виробник	"Connfly"
Критерії вибору	вихідна напруга, струм вхідний, розміри
Параметри та характеристики	
Номінальна напруга	до 250 В
Номінальний струм:	зазвичай 0,3–0,5 А
Контактний опір:	$\leq 20\text{--}30$ мОм
Опір ізоляції:	≥ 100 МОм
Ресурс:	10 000–20 000 перемикачів
Кількість секцій (полюсів):	2
ут повороту:	приблизно 30°

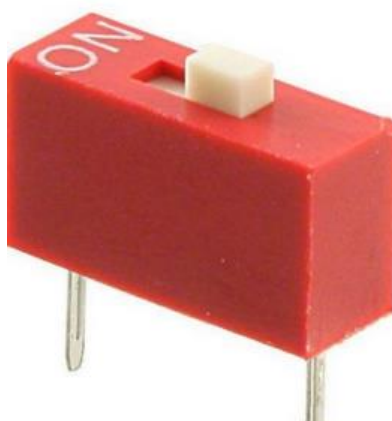


Рисунок 2.16 – Зовнішній вигляд перемикача DS1040-01RN "Connfly"

Таблиця 2.17 - Перемикач RCL371-2-2-8 "RUICHI" [18]

Позиційне позначення	SA1	
Назва компонента	Перемикач RCL371-2-2-8	
Виробник	"RUICHI"	
Критерії вибору	вихідна напруга, струм вхідний, розміри	
Параметри та характеристики		
Кількість циклів комутації (електро),	щонайменше 10000	
Номінальний струм	0.5 А	
Кут повороту	30°	
Діапазон робочих температур	-20 ... +70 ° С	
Контактний опір,	не більше 25 мОм	
Діелектрична міцність	500	
Кількість секцій	1	



Рисунок 2.17 – Зовнішній вигляд перемикача RCL371-2-2-8 "RUICHI"

Таблиця 2.18- Перемикач A14B1K11 [19]

Позиційне позначення	SA1, SA5-SA6
Назва компонента	Перемикач A14B1K11
Виробник	"EMAS"
Критерії вибору	Розміри, вхідна напруга, вихідна напруга
Параметри конструкції	Див.рис.2.18
Параметри та характеристики	
Номінальність	6А, 250В/10А, 125В
Контактний опір	≤50мОм
Опір ізоляції	≥100мОм
Діелектрична інтенсивність	≥1500В/1мін

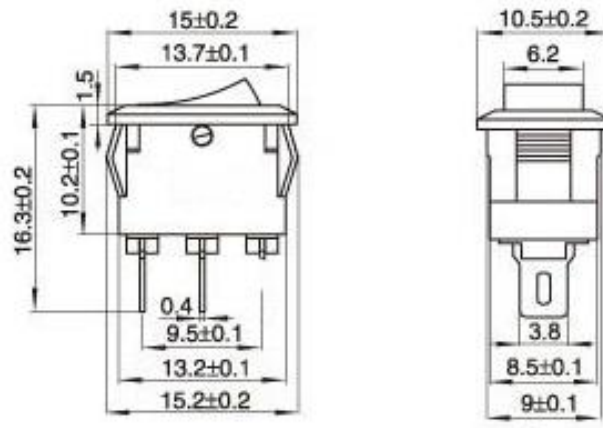


Рисунок 2.18- Габаритні розміри перемикача A14B1K11 "EMAS"

Таблиця 2.19 - Мікросхема LF356N "Texas Instruments" [20]

Позиційне позначення	DA1
Назва компонента	Мікросхема LF356N
Виробник	"Texas Instruments"
Критерії вибору	Вхідна напруга, вихідна напруга, струм вхідний
Параметри та характеристики	
Корпус:	DIP-8
Тип:	операційний підсилювач
Напруга живлення:	однополярне: 10...36 В двополярне: $\pm 5 \dots \pm 18$ В
Струм споживання:	$\approx 3,6$ мА
Робочий діапазон:	0...+70 °C
Вихідний струм:	до ~ 20 мА
Смуга пропускання (GBW):	≈ 5 МГц

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

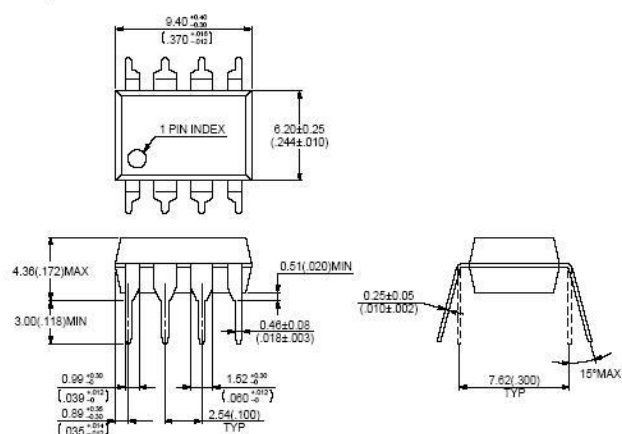


Рисунок 2.19 – Габаритні розміри мікросхема LF356N "Texas Instruments"

Таблиця 2.20 - Мікросхема AD7705BNZ "Analog Devices" [21]

Позиційне позначення	DA2
Назва компонента	Мікросхема AD7705BNZ
Виробник	"Analog Devices"
Критерії вибору	Вхідна напруга, вихідна напруга, струм вхідний
Параметри та характеристики	
Тип:	16-бітний дельта-сигма АЦП
Канали:	2 диференційні або 4 однополярні
Корпус	DIP16
Живлення:	2,7...5,25 В
Швидкість перетворення:	до ~500 Гц
Струм споживання:	≈ 0,9–1,5 м
Температурний діапазон:	0...+70 °С
Канали:	2 диференційні входи

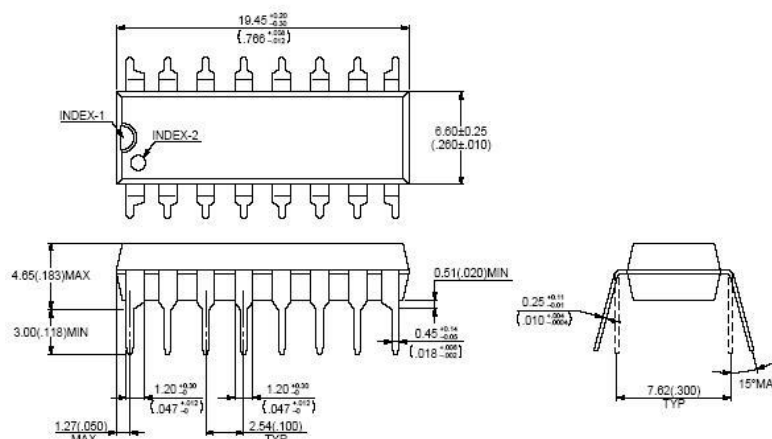
16-pin plastic DIP
(DIP-16P-M03)

Рисунок 2.20 – Габаритні розміри мікросхема AD7705BNZ

Таблиця 2.21 - Мікросхема MC34063ABN "ST Microelectronics" [22]

Позиційне позначення	DA3
Назва компонента	Мікросхема MC34063ABN
Виробник	"Texas Instruments"
Критерії вибору	Вхідна напруга, вихідна напруга, струм вхідний
Параметри та характеристики	
Корпус:	DIP-8
Діапазон вхідної напруги:	3 В ... 40 В
Струм споживання:	≈ 2–5 мА
Максимальний струм ключа	до 1,5 А
Тип: імпульсний	DC-DC перетворювач

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ

Арк.

Робочий діапазон:	0...+70 °C
Частота перемикання:	до ~100 кГц

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

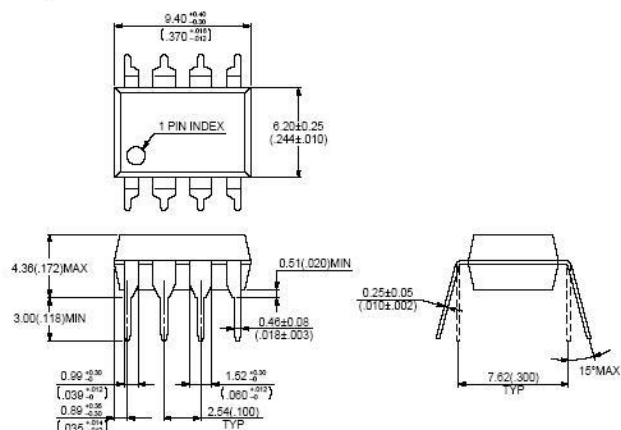


Рисунок 2.21 – Габаритні розміри мікросхема МС34063ABN

2.1.4 Розрахунок електричних параметрів окремих каскадів

Схема електрична принципова транзисторного ключа зображена на рисунку 2.22[34].

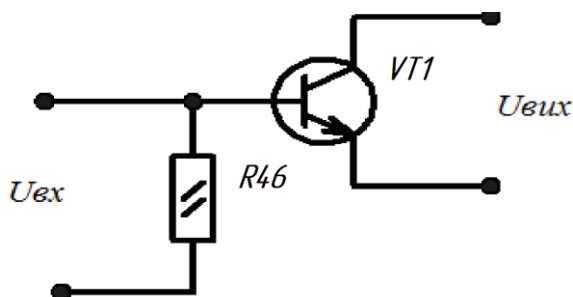


Рисунок 2.22 - Схема електрична принципова транзисторного ключа

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 С945-GR виробник фірми "LGE".

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

$$U_{60}=0,6\text{В};$$

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{\text{нас}}=0,1\text{Ом};$$

$$r_{\text{б}}=1,5\text{кОм};$$

$$I_{\text{кo}}=0,1\text{А};$$

$$I_{\text{кoзв}}=25\text{мА};$$

$$R_{\text{бс}}=10\text{ Ом}.$$

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

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

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

$U_{\text{п}}$ – напруга живлення;

$$I_{\text{к.нас.}} = \frac{25\text{В}}{1000\text{Ом}} = 0,025(\text{А})$$

Опір управляючого резистора, який забезпечує включення транзистора:

$$R_{\text{у}} = \frac{U_{\text{у}} - (U_{\text{бo}} + 0,2 \cdot r_{\text{б}})}{I_{\text{к.нас.}}}, \quad (2.2)$$

де: $U_{\text{у}}$ – напруга управління транзистором;

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

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

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

$$R_{\text{у}} = \frac{U_{\text{у}}}{I_{\text{ко}}} \quad (2.3)$$

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

Вибираємо за стандартизованим рядом E24 резистор типу MFP-0,25-1к Ом виробник фірми «Yageo» – 0,25Вт з опором 1 кОм.

Схема електрична принципова RC-фільтра зображена на рисунку 2.23.

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

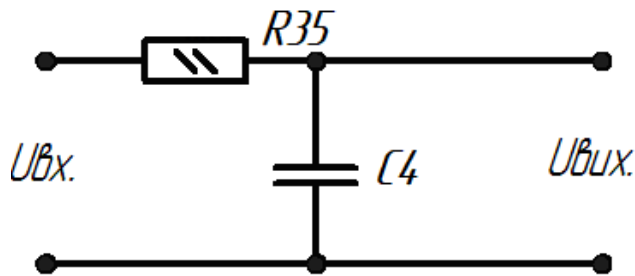


Рисунок 2.23- Схема електрична принципова RC-фільтра

1. Вихідні дані для проведення розрахунку:

$$C = 10 \mu\text{Ф}$$

$$f_c = 10 \text{ кГц}$$

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 10 кГц, 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 10 кГц.

$$R = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 10 \cdot 10} = 4,7 \text{ кОм}$$

Вибираємо резистор з опором 560 Ом та потужністю розсіювання 0,25 Вт. MFP-0,25-4,7 кОм 10% "Yageo"

$$R35 = 4,7 \text{ кОм}$$

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1.5 Опис конструкції друкованої плати. Розрахунок параметрів друкованого монтажу

Виходячи з технологічних можливостей виробництва вибрано комбінований метод виготовлення, 4 клас точності друкованої плати ОСТ 4.010.022-85 [25].

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

$$b_{\min 1} = \frac{I_{\max}}{j_{\text{доп}} * t} = \frac{0,1 \text{ А}}{48 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2} * 0,035 \text{ м}} = 0,3 \text{ мм} \quad (2.6)$$

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

Визначається із аналізу принципової схеми, $I_{\max} = 0,1 \text{ А}$;

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

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

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

$$b_{\min 2} = \frac{\rho * I_{\max} * l}{U_{\text{д}} * t} = \frac{0,0175 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}} * 0,1 \text{ А} * 0,5 \text{ м}}{0,9 \text{ В} * 0,035 \text{ м}} = 0,2 \text{ мм} \quad (2.7)$$

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

$L = 0,5 \text{ м}$ – довжина провідника,

$U_{\text{доп}} = 2 \text{ В}$ – допустиме падіння напруги.

Визначаємо номінальне значення діаметрів монтажних отворів d :

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

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

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

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

$d_{E2}=1,0$ - для резистора R36, зумера HA1

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

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

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

Розраховуємо діаметр контактних площадок.

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

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

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

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

$$b_m = 0,06 \text{ мм.}$$

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.

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

$$d_{\max 2} = 1,3 + 0,1 + 0,1 = 1,5 \text{ мм}$$

$$d_{\max 3} = 1,3 + 0,1 + 0,1 = 1,7 \text{ мм}$$

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

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

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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

Максимальний діаметр контактної площадки:

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

$$D_{\max 1} = 2,82 + 0,02 = 2,82 \text{ мм}$$

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

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

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

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

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

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

Визначаємо мінімальну відстань між елементами провідного матеріалу.

Мінімальна відстань між провідником і контактною площадкою:

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

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

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

$$S_{1\min 3} = 2,5 - \left[\left(\frac{3,22}{2} + 0,4 \right) + \left(\frac{1,7}{2} + 0,05 \right) \right] = -0,41 \text{ мм}$$

де: L_0 – відстань між центрами відповідних елементів;

Мінімальна відстань між двома контактними площадками:

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

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

$$S_{2min3} = 2,5 - (3,22 + 2 \cdot 0,4) = -1,52 \text{ мм}$$

Мінімальна відстань між двома провідниками:

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

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

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

$$S_{3min3} = 2,5 - (3,22 + 2 \cdot 0,05) = -0,82 \text{ мм}$$

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

2.1.6 Оцінка теплових режимів роботи виробу

Оцінка теплових режимів роботи виробу проводиться з метою визначення можливості нормального функціонування електронних компонентів у заданих умовах експлуатації та забезпечення необхідної надійності пристрою. Проєктований мультиметр належить до малопотужних електронних пристроїв, живлення яких здійснюється від джерела постійної напруги +5 В.

Основними джерелами тепловиділення в пристрої є мікроконтролер ATmega8, аналого-цифровий перетворювач AD7705, рідкокристалічний дисплей та допоміжні електронні компоненти. Сумарна споживана потужність пристрою є незначною і не перевищує 1 Вт, тому кількість тепла, що виділяється під час роботи, є відносно малою.

Усі елементи розміщені на друкованій платі з фольгованого склотекстоліту, який має достатню теплопровідність для відведення тепла від компонентів. Двостороння структура друкованої плати сприяє рівномірному розподілу теплових потоків по всій площині монтажного вузла. Найбільш

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

теплонавантажені елементи розташовані таким чином, щоб не впливати на точність вимірювань та роботу чутливих аналогових кіл.

Корпус виробу виконаний із пластмаси та має достатній внутрішній об'єм для природної циркуляції повітря. Завдяки невеликій споживаній потужності застосування спеціальних радіаторів або примусової вентиляції не потребується. Відведення тепла здійснюється природним шляхом через друковану плату, внутрішній об'єм корпусу та його зовнішні поверхні.

Робочий температурний діапазон приладу становить від +5 °С до +40 °С. За цих умов температура електронних компонентів не перевищує допустимих значень, установлених виробниками елементної бази. Проведений аналіз показує, що тепловий режим роботи виробу є нормальним і не потребує додаткових засобів охолодження.

2.1.7 Розрахунок надійності проектного пристрою

Розрахунок надійності проектного виробу проводимо за допомогою спеціальної програми NAD_Release [24]:

Таблиця 2.22 - Вихідні дані для розрахунку надійності

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

п/п	Назва групи елементів	К-сть шт.	К _{нопр}	I _{відм} *1e-06	К-сть*К _{нав від} *1e-06
1	Мікросхеми	5	1	0,03	0,15
2	Діоди	60	0,35	0,7	14,7
3	Конденсатори електролітичні	3	0,4	2,4	2,88
4	Конденсатори керамічні	14	0,1	1,4	1,96
5	Резистори постійні	58	0,42	0,8	19,488
6	Енкодер	1	0,42	5	2,1
7	Резонатор кварцовий	2	1	0,2	0,4
8	Друкована плата	1	1	0,1	0,1
9	Пайки	192	1	0,02	3,84
10	Запобіжник	1	1	0,5	0,5
11	Батарея	1	1	30	30
12	Роз'єм	2	1	0,05	0,1
13	Транзистори	1	0,35	4	1,4
14	Зумер	1	1	0,79	0,79
15	Дроселі	2	0,1	1	0,2
16	Резистор підстроювальний	2	0,1	3,2	0,64
17	Індикатор	1	1	20	20
18	Перемикач	6	1	0,5	3

Коефіцієнти впливу:

Коефіцієнт механічних впливів: 1;

Коефіцієнт впливу вологості і температури: 1;

Коефіцієнт атомосферних впливів: 1;

Результати розрахунку:

Інтенсивність відмов: 0.000102248 1/год

Середня наробка до відмови: 9780.1 год.

Розрахунок ймовірності безвідмовної роботи P(t):

t = 10 год. P(t) = 0.998978

t = 100 год. P(t) = 0.989827

t = 1000 год. P(t) = 0.902806

t = 10000 год. P(t) = 0.359702

t = 100000 год. P(t) = 0.000036

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

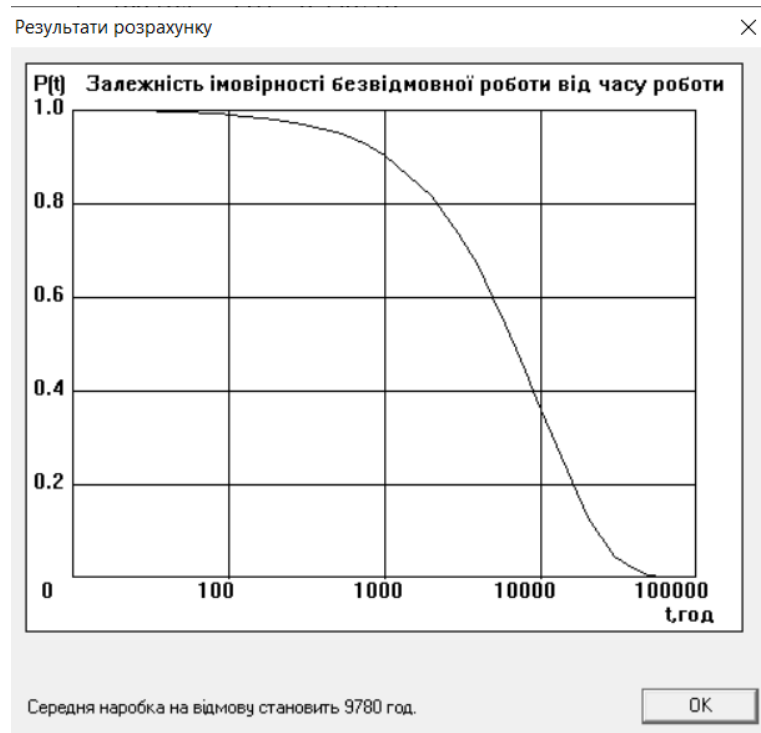


Рисунок 2.24 - Графік залежності імовірності безвідмовної роботи від часу

Напрацювання на відмову становить 9780 год. Надійність виробу є досить високою, що супроводжується якісною роботою приладу довго та надійно.

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

Техніко-економічний аналіз конструкції виробу проводиться з метою оцінки його технічного рівня, технологічності, економічної доцільності виготовлення та конкурентоспроможності. Розроблений дев'ятирозрядний мультиметр на базі мікроконтролера ATmega8 та аналого-цифрового перетворювача AD7705 відповідає сучасним вимогам до цифрових вимірювальних приладів і характеризується достатньою функціональністю при відносно невисокій собівартості.

Конструкція виробу відзначається простотою та раціональним компонованням елементів. Усі функціональні вузли розміщені на одній

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

двосторонній друкованій платі, що дозволяє зменшити кількість монтажних з'єднань, підвищити надійність роботи пристрою та спростити процес складання. Застосування сучасної елементної бази забезпечує високу точність вимірювань, стабільність параметрів та низьке енергоспоживання.

Використання стандартних електронних компонентів і доступних конструкційних матеріалів позитивно впливає на економічні показники виробу. Для виготовлення друкованої плати застосовується поширений фольгований склотекстоліт, а корпус виготовляється із пластмаси, що характеризується низькою вартістю та високою технологічністю. Це дозволяє знизити матеріаломісткість конструкції та скоротити витрати на виробництво.

Конструкція виробу є технологічною, оскільки передбачає використання типових технологічних процесів виготовлення друкованих плат, монтажу електронних компонентів та складання корпусних елементів. Більшість деталей має просту форму і не потребує складної механічної обробки, що сприяє скороченню трудомісткості виготовлення та зменшенню виробничих витрат.

Розроблений мультиметр має компактні габаритні розміри, невелику масу та зручне розташування органів керування й індикації. Це підвищує ергономічні показники виробу та комфорт користувача під час експлуатації. Завдяки низькому енергоспоживанню прилад може тривалий час працювати від автономного джерела живлення, що додатково розширює сферу його застосування.

Таким чином, конструкція розробленого виробу є технічно обґрунтованою та економічно доцільною. Поєднання сучасної елементної бази, простоти конструкції, технологічності виготовлення та невисокої собівартості забезпечує конкурентоспроможність приладу та можливість його ефективного серійного виробництва.

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Технологічна частина

2.2.1 Загальні відомості про складання і монтаж проектованого виробу

Друкована плата приладу виконана двосторонньою, що зумовлено необхідністю розміщення великої кількості електричних з'єднань при збереженні компактних габаритів конструкції. Для підвищення щільності монтажу та спрощення трасування провідників застосовано металізацію отворів, яка дозволяє ефективно використовувати обидві сторони плати та мінімізувати кількість перемичок. Компактне розташування електрорадіоелементів позитивно впливає на масогабаритні показники виробу та сприяє оптимізації його конструкції. Виготовлення плати передбачено з фольгованого склотекстоліту марки СФ2–35–1,5ІКП відповідно до вимог ГОСТ 10316-78. Обраний матеріал характеризується достатньою механічною міцністю, термостійкістю та стабільністю електричних параметрів, що забезпечує надійність роботи пристрою. Для виготовлення плати використовується комбінований позитивний метод, який є найбільш доцільним для двосторонніх конструкцій. Хоча цей метод потребує складнішого та дорожчого технологічного процесу, зокрема через металізацію отворів, він дозволяє реалізувати більш складні електричні схеми та досягти високої компактності виробу.

Технологічність конструкції визначається як сукупність властивостей, що забезпечують мінімальні витрати праці, матеріалів, часу та виробничих ресурсів на всіх етапах життєвого циклу — від проєктування до ремонту — при збереженні необхідного рівня якості. Проведення якісної оцінки технологічності дає змогу виявити оптимальні конструктивні та технологічні рішення, спрямовані на зниження собівартості та підвищення ефективності виробництва. У межах такої оцінки здійснюється

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

конструктивно-технологічний аналіз виробу з точки зору його пристосованості до умов серійного виробництва, що включає обґрунтування вибору матеріалів, методів виготовлення, а також оцінку необхідного обладнання та інструментів.

Процес виготовлення друкованого вузла охоплює кілька основних операцій. Спершу виконуються заготівельні роботи, що передбачають підбір і підготовку електрорадіоелементів відповідно до специфікації. Далі здійснюється установа та кріплення компонентів, яке виконується переважно вручну, проте у випадку серійного виробництва можливе застосування напівавтоматизованого обладнання для підвищення продуктивності. Монтаж провідників і перемичок у даному виробі не використовується, оскільки всі з'єднання реалізовані безпосередньо на друкованій платі, що підвищує технологічність і надійність конструкції. Паяння здійснюється автоматизовано методом хвильового паяння із застосуванням припою ПОС-61 та флюсу АТІ-120, а відсутність гнучких перемичок дозволяє повністю виключити ручні операції. Контроль механічної міцності з'єднань проводиться на спеціалізованих стендах із моделюванням експлуатаційних навантажень, таких як вібрація чи тиск. Додатково здійснюється візуальний контроль правильності встановлення компонентів та якості паяних з'єднань, а також електричний контроль працездатності та електричної міцності з'єднань на відповідному обладнанні.

Корпус виробу виготовляється з поліетилентерефталату ПЕТФ-КМ, який характеризується достатньою міцністю, термостійкістю та стабільністю розмірів. Основні властивості матеріалу включають густину 1300–1330 кг/м³, робочий температурний діапазон від –50 до +90 °С та усадку в межах 1,2–1,5%, що забезпечує довговічність та надійність корпусу в умовах експлуатації. Технологічний процес виготовлення корпусу, який складається з верхньої та нижньої кришок, включає проєктування та виготовлення прес-форми з використанням верстатів із числовим програмним керуванням,

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підготовку пластмасової сировини, лиття під тиском через литникову систему у підготовлені форми, контрольоване охолодження виробу для забезпечення стабільності форми, механічну обробку з видаленням литників, свердлінням отворів та доробкою посадкових місць, а також контроль якості, який здійснюється переважно візуально та охоплює всі виготовлені деталі.

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

Якісна оцінка технологічності конструкції виробу полягає у визначенні рівня його пристосованості до умов серійного виробництва та експлуатації. Вона враховує мінімізацію витрат праці, матеріалів, часу та виробничих ресурсів при збереженні необхідного рівня якості. Такий аналіз дозволяє обґрунтувати вибір матеріалів, методів виготовлення та визначити оптимальні конструктивні рішення, що забезпечують зниження собівартості й підвищення ефективності виробництва.

У процесі оцінки технологічності особливу увагу приділяють вибору інструментів, пристроїв та оснастки, які забезпечують точність і стабільність технологічних операцій. Для виготовлення друкованої плати застосовуються верстати з числовим програмним керуванням, обладнання для металізації отворів та установки для хвильового паяння. При монтажі електрорадіоелементів використовуються універсальні та спеціалізовані пристосування, що дозволяють забезпечити правильне позиціонування компонентів та їх надійне кріплення.

Оснастка для виготовлення корпусу включає прес-форми, розроблені з урахуванням вимог до точності та довговічності, а також допоміжні інструменти для механічної обробки деталей після лиття. Використання сучасних технологій, таких як автоматизоване паяння та контроль якості на спеціалізованих стендах, мінімізує ручні операції та підвищує надійність виробу.

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, якісна оцінка технологічності конструкції підтверджує, що виріб добре адаптований до умов серійного виробництва. Рациональний вибір інструментів, пристосувань та оснастки забезпечує оптимальне поєднання високої продуктивності, економічної ефективності та надійності, що є ключовими критеріями для сучасних електронних пристроїв.

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

Опис технології виготовлення двосторонньої друкованої плати комбінованим методом передбачає послідовність операцій, спрямованих на забезпечення високої щільності монтажу та надійності електричних з'єднань. Вихідним матеріалом є фольгований склотекстоліт марки СФ2–35–1,5ІКП, який відповідає вимогам ГОСТ 10316-78 та характеризується достатньою механічною міцністю, термостійкістю і стабільністю електричних параметрів.

Технологічний процес починається із заготівельних робіт: підготовки заготовки плати, нанесення захисного фотошару та експонування відповідно до топології провідників. Далі здійснюється травлення, яке формує провідні доріжки на обох сторонах плати. Для забезпечення електричного контакту між шарами застосовується металізація отворів, що дозволяє ефективно використовувати двосторонню структуру та мінімізувати кількість перемичок. Комбінований позитивний метод виготовлення передбачає поєднання фотохімічних і гальванічних процесів, що забезпечує високу точність формування рисунку та надійність провідників.

Основними матеріалами є фольгований склотекстоліт, фотополімерні плівки для експонування, хімічні реактиви для травлення та гальванічного осадження міді, а також припій ПОС-61 і флюс АПІ-120 для подальшого монтажу. Допоміжними матеріалами виступають захисні лакофарбові

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

покриття, миючі та знежирювальні розчини, а також технологічні рідини для промивання та сушіння.

Таким чином, виготовлення двосторонньої плати комбінованим методом забезпечує реалізацію складних електричних схем у компактному виконанні, підвищує технологічність конструкції та гарантує стабільність параметрів у процесі експлуатації. Рациональний вибір основних і допоміжних матеріалів дозволяє досягти оптимального співвідношення між якістю, надійністю та економічною ефективністю виробництва.

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:

$$K_{\text{вик.імс}} = \frac{H_{\text{імс}}}{H_{\text{імс}} + H_{\text{ЕРЕ}}} = \frac{5}{5 + 53} = 0,1 \quad (2,17)$$

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

$$K_{\text{А.М}} = \frac{H_{\text{А.М}}}{H_{\text{М}}} = \frac{192}{192} = 1 \quad (2.18)$$

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:

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{M.П.ЕРЕ} = \frac{H_{M.П.ЕРЕ}}{H_{ЕРЕ}} = \frac{53}{53} = 1 \quad (2.19)$$

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

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

$$K_{ПОВТ.ЕРЕ} = 1 - \frac{H_{Т.ЕРЕ}}{H_{ЕРЕ}} = 1 - \frac{43}{53} = 0,2 \quad (2.20)$$

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

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

$$K_{ЗАСТ.ЕРЕ} = 1 - \frac{H_{Т.ОР.ЕРЕ}}{H_{Т.ЕРЕ}} = 1 - \frac{53}{53} = 0 \quad (2.21)$$

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

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

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

$$K_{ВСТ.Р} = 1 - \frac{H_{ВСТ.Р}}{H_{ЕРЕ}} = 1 - \frac{10}{53} = 0,81 \quad (2.22)$$

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

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

$$K_{\Phi} = \frac{D_{np}}{D} = \frac{1}{1} = 1$$

(2.23)

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

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Комплексний показник технологічності K визначається за формулою

$$K = \frac{K_1\varphi_1 + K_2\varphi_2 + \dots + K_i\varphi_i}{\varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_i} = \frac{0,1*1 + 0,88*1 + 1*0,75 + 0,4*0,5 + 0*0,310 + 0,87*0,187 + 1*0,110}{1 + 1 + 0,75 + 0,5 + 0,310 + 0,187 + 0,110} = 0,59 \quad (2.24)$$

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

Відношення K/K_n повинно задовольняти умову:

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

Перевіряємо умову: $\frac{0,59}{0,5} = 1,18 \geq 1.$

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 нижню частину корпусу;
- кріплення друкованого вузла до нижньої частини корпусу за допомогою чотирьох гвинтів;
- установка друкованого вузла у верхню частину корпусу;
- кріплення друкованого вузла до верхньої частини корпусу за допомогою чотирьох гвинтів;
- кріплення скла під індикатор, ручки до енкодера на верхню кришку;
- кріплення перемикачів;

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- кріплення контактів А та контактів Б та батареї у спеціальний батарейний відсік кришки нижньої;
- фіксація ніжок та кришок за допомогою гвинтів [23].

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

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

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1. Розрахунок обсягу інвестицій, необхідних для реалізації проектних рішень

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

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

Вартість будівель розраховується за формулою:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

При цьому вартість обладнання складає:

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

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

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

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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

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

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

4) Загальний обсяг виробничих інвестицій розраховується за формулою:

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

$$\Pi = 3000000 + 2200 + 3300 = 305500 \text{ (грн.)}$$

5) Величина амортизаційних відрахувань розраховується за формулою:

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

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

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

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

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

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 - Розрахунок річних амортизаційних відрахувань

№з/ п	Найменування основних фондів	Балансова вартість основних фондів, тис. грн.	Річна сума амортизаційних відрахувань, тис. грн.
	Інструменти та прилади	2200	550
	Виробничий та господарський інвентар	3300	825
	Всього:	5500	1375

3.2 Розрахунок собівартості продукції

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

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

Виробнича собівартість

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

Повна собівартість

Рекомендації щодо розрахунку статей калькуляції собівартості продукції.

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

$$B_M = 1049 \times 1,04 = 1090,96 \text{ (грн.)}$$

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

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

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

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

Таблиця 3.2- Розрахунки

№ з/п	Назва матеріалу (покупного виробу)	Кількість	Ціна за одиницю	Загальна вартість
1	Плата друкована	1	75	75
2	Кришка нижня	1	75	75
3	Кришка верхня	1	75	75
4	Дисплей	1	250	250
5	Конденсатори електролітичні	3	10	30
6	Конденсатори постійні	15	1	15
7	Резистори постійні	58	0,5	29
8	Енкодер	1	50	50
9	Акумулятор	1	75	75
10	Діоди	60	0,5	30
11	Роз'єм	2	30	60
12	Транзистор	1	10	10
13	Мікросхеми	5	50	250
14	Зумер	1	25	25
				1049

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

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

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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

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

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

Таблиця 3.3- Розрахунок основної заробітної плати

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

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

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

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

$$B_{\text{дод.з.пл.}} = 110 \times 0,11 = 12,1 (\text{грн})$$

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

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

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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

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

$$V_{\text{уео}} = \frac{90}{100} \times (110 + 12,1) = 109,89 \text{ (грн.)}$$

де $\alpha_{\text{уео}}$ - відсоток витрат на утримання та експлуатацію обладнання (приймається 90%);

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:

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

$$V_{\text{зв}} = \frac{140}{100} \times (110 + 12,1) = 170,94 \text{ (грн.)}$$

де $\alpha_{\text{зв}}$ - відсоток загальновиробничих витрат (приймають 140%).

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

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

$$S_{\text{вир}} = 1090,96 + (110 + 12,1 + 26,86) + 109,89 + 170,94 = 1520,75 \text{ (грн.)}$$

					26 КР 172.403.005.000.000 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	1090,96
2	Основна заробітна плата виробничих робітників	110,00
3	Додаткова заробітна плата виробничих робітників	12,1
4	Відрахування на соціальні заходи	26,86
5	Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	109,89
6	Загальновиробничі витрати	170,94
Разом виробнича собівартість (сума 1-6), в тому числі:		1520,75
7	-змінні (сума 1-4) $B_{зм.од}$	1239,92
8	-умовно-постійні (сума 5-6) $B_{уп.од}$	280,83

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

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

$$Ц_{одпр} = 1520,75 \times \frac{100 + 28}{100} = 1946,56 \text{ (грн.)}$$

де $\alpha_{пр}$ —відсоток запланованого прибутку (приймається 28%);

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:

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

$$\Pi_p = (1946,56 - 1520,75) \times 1840 = 783490,4 \text{ (грн),}$$

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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

2) Чистий прибуток від реалізації проекту розраховується за формулою:

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

$$\text{ЧП} = 783490,4 - 783490,4 \times \frac{18}{100} = 642462,13 \text{ (грн.)}$$

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:

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

$$S_{повq} = 1520,75 \times 1840 = 2798180 \text{ (грн.)}$$

4) Рентабельність продукції визначається за формулою:

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

$$P_{п} = \frac{642462,13}{2798180} \times 100\% = 22,96 \%$$

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:

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

$$\Gamma\Pi = 642462,13 + 1375 = 643837,13 \text{ (грн.)},$$

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 за формулою:

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$\text{ЧТВ} = 585306,48 - 305500 = 279806,48 \text{ (грн.)}$$

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:

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

$$\text{ТВ} = \frac{643837,13}{(1 + 0,1)^1} = 585306,48 \text{ (грн.)}$$

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:

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

$$\text{ІП} = \frac{585306,48}{305500} = 1,92$$

					26 КР 172.403.005.000.000 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:

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

$$\text{Ток}_{\text{диск}} = \frac{305500}{585306,48} = 0,52р$$

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

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

$$\text{ГП}_{\text{диск}} = \frac{585306,48}{1} = 585306,48 \quad (\text{грн.})$$

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.	1840
2	Собівартість виробу	грн./од.	1520,75
3	Ціна одиниці виробу	грн./од.	1946,56
4	Початкові інвестиції для реалізації інвестиційного проекту	грн.	305500
5	Чистий прибуток	грн.	642462,13
6	Рентабельність виробу	%	22,96
8	Чиста теперішня вартість проекту	грн.	279806,48
9	Індекс прибутковості	-	1,92
10	Дисконтований термін окупності інвестицій	років	0,52

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Дії роботодавця при отриманні повідомлення про нещасний випадок.

У разі отримання повідомлення про нещасний випадок на виробництві роботодавець зобов'язаний діяти оперативно, послідовно та відповідно до вимог чинного законодавства України, зокрема постанови Порядок розслідування та обліку нещасних випадків на виробництві. Від правильності та своєчасності його дій залежить не лише здоров'я та життя працівника, а й об'єктивність подальшого розслідування.

Першочерговою дією роботодавця або уповноваженої ним особи є організація надання потерпілому невідкладної допомоги. У разі необхідності викликається швидка медична допомога, а також забезпечується транспортування потерпілого до лікувального закладу. Важливо не лише надати допомогу, але й максимально зменшити наслідки травмування та запобігти погіршенню стану постраждалого.

Паралельно з цим роботодавець зобов'язаний вжити заходів для запобігання подібним випадкам у майбутньому. Зокрема, необхідно негайно зупинити роботи, які можуть становити небезпеку для інших працівників, відключити обладнання або енергопостачання, обмежити доступ до небезпечної зони. Це дозволяє мінімізувати ризик виникнення нових нещасних випадків.

Наступним важливим кроком є збереження обстановки на місці події. Роботодавець повинен забезпечити, щоб до прибуття комісії з розслідування стан місця нещасного випадку залишався незмінним, якщо це не загрожує життю та здоров'ю інших працівників і не призводить до більш тяжких наслідків. У разі неможливості збереження обстановки допускається її фіксація за допомогою фото- чи відеозйомки, складання схем або інших засобів документування.

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після цього роботодавець зобов'язаний організувати своєчасне повідомлення відповідних органів про настання нещасного випадку. Залежно від характеру події (легкий, тяжкий, груповий або зі смертельним наслідком) повідомлення надсилається до територіального органу Державна служба України з питань праці, робочого органу Фонд соціального страхування України, профспілкової організації, а також інших органів у передбачених законодавством випадках. Повідомлення має бути здійснене негайно, як правило протягом двох годин з моменту отримання інформації про подію.

Крім цього, роботодавець зобов'язаний організувати розслідування нещасного випадку. Для цього створюється комісія, до складу якої входять представники підприємства, служби охорони праці, профспілки, а у випадках тяжких або смертельних травм – представники органів державного нагляду. Комісія повинна об'єктивно встановити обставини та причини події, визначити осіб, відповідальних за порушення вимог охорони праці, а також розробити заходи щодо запобігання подібним випадкам у майбутньому.

Роботодавець забезпечує комісію всіма необхідними матеріалами та умовами для проведення розслідування. Це включає надання документації, пояснень свідків, доступ до обладнання та місця події. Також він зобов'язаний створити умови для неупередженого розслідування, не допускаючи приховування фактів або тиску на членів комісії.

Після завершення розслідування роботодавець повинен розглянути та затвердити матеріали комісії. За результатами оформлюється відповідний акт встановленої форми, який підлягає реєстрації та обліку. У разі встановлення вини посадових осіб роботодавець зобов'язаний притягнути їх до дисциплінарної або іншої відповідальності відповідно до законодавства.

Особлива увага приділяється виконанню заходів, розроблених за результатами розслідування. Роботодавець повинен забезпечити усунення причин нещасного випадку, модернізацію обладнання, проведення додаткових

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інструктажів або навчання працівників з питань охорони праці. Це є ключовим елементом профілактики виробничого травматизму.

Крім того, роботодавець зобов'язаний забезпечити соціальний захист потерпілого. Це включає оформлення необхідних документів для отримання страхових виплат, збереження робочого місця (у передбачених випадках), а також сприяння реабілітації працівника. Взаємодія з Фонд соціального страхування України у цьому процесі є обов'язковою.

Таким чином, дії роботодавця при отриманні повідомлення про нещасний випадок є комплексними та регламентованими. Вони охоплюють як невідкладні заходи з надання допомоги та забезпечення безпеки, так і організаційні дії щодо повідомлення, розслідування та профілактики. Дотримання цих вимог є необхідною умовою забезпечення безпеки праці та захисту прав працівників.

4.2 Чинники, що впливають на тяжкість ураження людини електричним струмом.

Основні чинники електричного характеру – це величина струму, що проходить крізь людину, напруга, під яку вона потрапляє, та опір її тіла, рід і частота струму.

Величина струму, що проходить через людину, безпосередньо і найбільше впливає на тяжкість ураження електричним струмом. За характером дії на організм виділяють:

- відчутний струм – викликає при проходженні через організм відчутні подразнення;
- невідпускаючий струм – викликає при проходженні через організм непереборні судомні скорочення м'язів руки, в якій затиснуто провідник;
- фібриляційний струм – викликає при проходженні через організм фібриляцію серця.

Відповідно до приведеного вище:

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- пороговий відчутний струм (найменше значення відчутного струму) для змінного струму частотою 50 Гц коливається в межах 0,6-1,5 мА і 5-7 мА – для постійного струму;

- пороговий невідпускаючий струм (найменше значення невідпускаючого струму) коливається в межах 10-15 мА для змінно-го струму і 50-80 мА – для постійного;

- пороговий фібриляційний струм (найменше значення фібриляційного струму) знаходиться в межах 100 мА для змінного струму і 300 мА для постійного.

Величина напруги, під яку потрапляє людина, впливає на тяжкість ураження електричним струмом тому, що зі збільшенням прикладеної до тіла напруги зменшується опір тіла людини. Останнє призводить до збільшення струму в мережі замикання через тіло людини і, як наслідок, до збільшення тяжкості ураження.

Електричний опір тіла людини. Тіло людини являє собою складний комплекс тканин. Це шкіра, кістки, жирова тканина, сухожилля, хрящі, м'язова тканина, кров, лімфа, спинний і головний мозок та ін. Електричний опір цих тканин суттєво відрізняється. Опір тіла людини залежить від її статі і віку: у жінок він менший, ніж у чоловіків, у дітей менший, ніж у дорослих, у молодих людей менший, ніж у літніх. Спричиняється така залежність товщиною і ступенем огрублення верхнього шару шкіри.

Частота і рід струму. Через наявність в опорі людини ємкісної складової, збільшення частоти прикладеної напруги супроводжується зменшенням повного опору тіла людини і, як наслідок, збільшенням струму через людину. Останнє дає підставу вважати, що тяжкість ураження електричним струмом має зростати зі збільшенням частоти. Але така закономірність спостерігається тільки в межах частот 0...50 Гц. Подальше збільшення частоти, незважаючи на зростання струму, що проходить через людину, не супроводжується зростанням небезпеки ураження.

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основними чинниками неелектричного характеру є шлях струму через людину, індивідуальні особливості і стан організму людини, час, раптовість і непередбачуваність дії струму.

Шлях струму через тіло людини суттєво впливає на тяжкість ураження. Особливо небезпечно, коли струм проходить через життєво важливі органи і безпосередньо на них впливає.

Якщо струм не проходить через життєво важливі органи, то він може впливати на них тільки рефлекторно – через центральну нервову систему, а вірогідність ураження цих органів менша.

Індивідуальні особливості і стан організму. До індивідуальних особливостей організму, які впливають на тяжкість ураження електричним струмом при інших рівних чинниках, належать: чутливість організму до дії струму, психічні особливості та риси характеру людини (холерики, сангвініки, меланхоліки). Аналіз електротравматизму свідчить, що більш чутливі до дії електричного струму холерики і меланхоліки. Вони більше потерпають від дії струму.

Крім індивідуальних особливостей організму, тяжкість ураження електричним струмом значною мірою залежить від стану організму. До більш тяжких уражень електричним струмом призводять: стан збурення нервової системи; депресії; захворювання шкіри, серцево-судинної системи, органів внутрішньої секреції, легенів; різного характеру запалення, що супроводжуються підвищенням температури тіла; пітливість тощо.

Час дії струму. Зі збільшенням часу дії струму зменшується опір тіла людини за рахунок зволоження шкіри від поту та електролітичних процесів у тканинах, поширюється пробій шкіри, послаблюються захисні сили організму, підвищується вірогідність збігу максимального імпульсу струму через серце з фазою розслаблення серцевих м'язів, що, в цілому, призводить до більш тяжких уражень.

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Чинник раптовості дії струму. Вплив цього чинника на тяжкість ураження обумовлюється тим, що при несподіваному потраплянні людини під напругу захисні функції організму не налаштовані на небезпеку. Експериментальне встановлено, що якщо людина чітко усвідомлює загрозу можливості потрапити під напругу, то при реалізації цієї загрози значення порогових струмів на 30-50% вищі. І, навпаки, якщо така загроза не усвідомлюється і дія струму проявляється несподівано, то значення порогових струмів будуть меншими.

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

При виконанні даного проекту було здійснено розробку конструкції «Дев'ятирозрядний мультиметр на АЦП AD7705 та AVR мікроконтролері». Проведено вибір елементної бази на основі сучасних і поширених радіоелементів.

При проектуванні друкованого вузла була використана система автоматичного проектування Altium Designer, за допомогою якої було здійснено встановлення елементів і трасування друкованих провідників на друкованій платі приладу. В результаті отримано двосторонню друковану плату мінімальних розмірів 90×95мм з координатною сіткою 2,5мм. Також отримана плата має мінімальні паразитні зв'язки.

Найкращим методом для виготовлення друкованої плати виявився комбінований метод. Елементи розміщені на друкованому вузлі досить компактно. Корпус має такі розміри 175x123x61мм, що дає змогу легко розмістити його в будь-якому зручному місці.

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

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

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

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Дев'ятирозрядний мультиметр на АЦП AD7705 та AVR мікроконтролері [електронний ресурс] – Режим доступу: <https://radiolub./page/zhurnal-radio-2005-8> (дата звернення 4.02.2026).
2. Конденсатор 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.ua. (дата звернення 3.02.2026).
4. Конденсатор NPO [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://ipart.com/download/3655a026-13e6-4b56-a0bb-8fd05df9b19d.pdf> www.radio-portal.ua. www.vprl.ua. (дата звернення 1.02.2026).
5. Діод 1N4148 "Diotec" [електронний ресурс] – Режим доступу <http://www.platan./shop/part/PBS-4.html>. (дата звернення 3.02.2026).
6. Дросель FWDRI1415B [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://www.rct./catalog/box-header-connector/pbs-4.html>. (дата звернення 4.02.2026).
7. Транзистор C945-GR "LGE" [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. Діод 1.5KE6.8A "SUNMATE" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://www.chipdip./product/asw-09-102-red> (дата звернення 1.02.2026).
9. Запобіжник 0001.2507.РТ-4 А-250В "Schurter" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/leg-12_62137.html (дата звернення 1.02.2026).

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Резистор 3329H-R11 [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://eandc./catalog/detail.php?ID=3809>(дата звернення 1.02.2026).
11. Зумер SMA-13LC-P10 "Sonitron" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://ipart.com/download/3655a026-13e6-4b56-a0bb-8fd05df9b19d.pdf> www.radio-portal.ua.www.vprl.ua. (дата звернення 1.02.2026).
12. Кварцевий резонатор КХ-ЗНТ- "Geyer" [електронний ресурс] – Режим доступу <http://www.platan./shop/part/PBS-4.html>. (дата звернення 3.02.2026).
13. Мікросхема ATMEGA88PA-PU "Microchip" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://www.rct./catalog/box-header-connector/pbs-4.html>. (дата звернення 4.02.2026).
14. Дисплей WH1602B-YYH-CTK "Winstar" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://studies.in.ua/bjd-zaporojec/1211-173-osnovn-tehnchn-ta-organizacyn-zahodi-schodo-proflaktiki-virobnichogo-travmatizmu-ta-profesynoyi-zahvoryuvanost.html>(дата звернення 4.02.2026).
15. Енкодер EC11G1560418 "Alps" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://www.chipdip./product/asw-09-102-red>(дата звернення 1.02.2026).
16. Акумулятор Li18650/3400-3,6 В "Robiton" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/leg-12_62137.html(дата звернення 1.02.2026).
17. Перемикач DS1040-01RN "Connfly" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://ipart.com/download/3655a026-13e6-4b56-a0bb-8fd05df9b19d.pdf> www.radio-portal.ua.www.vprl.ua. (дата звернення 1.02.2026).
18. Перемикач RCL371-2-2-8 "RUICHI" [електронний ресурс] – Режим доступу <http://www.platan./shop/part/PBS-4.html>. (дата звернення 3.02.2026).
19. Перемикач A14B1K11 [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://www.rct./catalog/box-header-connector/pbs-4.html>. (дата звернення 4.02.2026).

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

20. Мікросхема LF356N "Texas Instruments" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://studies.in.ua/bjd-zaporojec/1211-173-osnovn-tehnchn-ta-organzacyyn-zahodi-schodo-proflaktiki-virobnichogo-travmatizmu-ta-profesyynoyi-zahvoryuvanost.html>(дата звернення 4.02.2026).

21. Мікросхема AD7705BNZ "Analog Devices" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://www.chipdip./product/asw-09-102-red>(дата звернення 1.02.2026).

22. Мікросхема MC34063ABN "ST Microelectronics"[електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://www.rct./catalog/box-header-connector/pbs-4.html>. (дата звернення 4.02.2026).

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

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

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

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

27. Штогрин П.І. Навчальний посібник "Altium Designer 10 для початківців" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2017

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

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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

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

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

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

36. 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.

37. 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.

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

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

39. Сайт спільноти розробників проектів на ARDUINO .URL:
https://projecthub.arduino.cc/?_gl=1*4147w4*_ga*OTkyMzgzOTAwLjE3MTYwNTM3MjY.*_ga_NEXN8H46L5*MTcxNjkyMjQ4OS4yLjEuMTcxNjkyMjUzOS4wLjAuMTUxNjM0NjA3MQ..*_fplc*OUZZTmxzbGU4MkNZbiUyRkNCTHJmazAwbjdrNWNDZTc5QUV6OFRlb3A2ck5RNzhvOVY3JTJGYXhRcDNIWHAzWWxZWlJTVXkySndINXl4bUpNZCUyQkNiN29jajJqckF2c0tRMGlhdVU3SVhYRTY4ZDdRb016bCUyRjBhZ1QwY0Z1M3hubEElM0QlM0Q(дата звернення 28.05.2026).

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

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

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

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

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

Додаток А Друкована плата

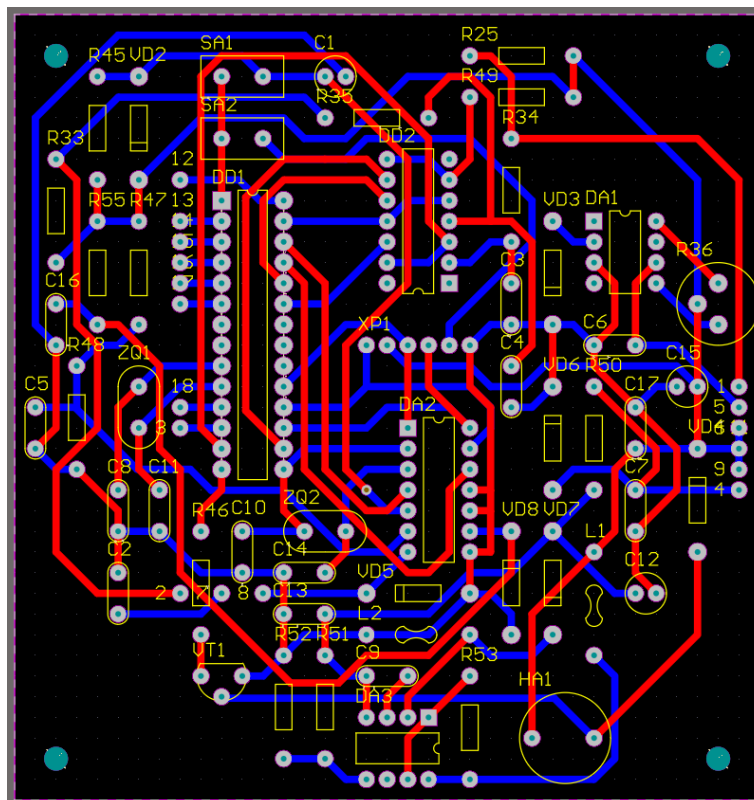


Рисунок А.1 – Друкована плата

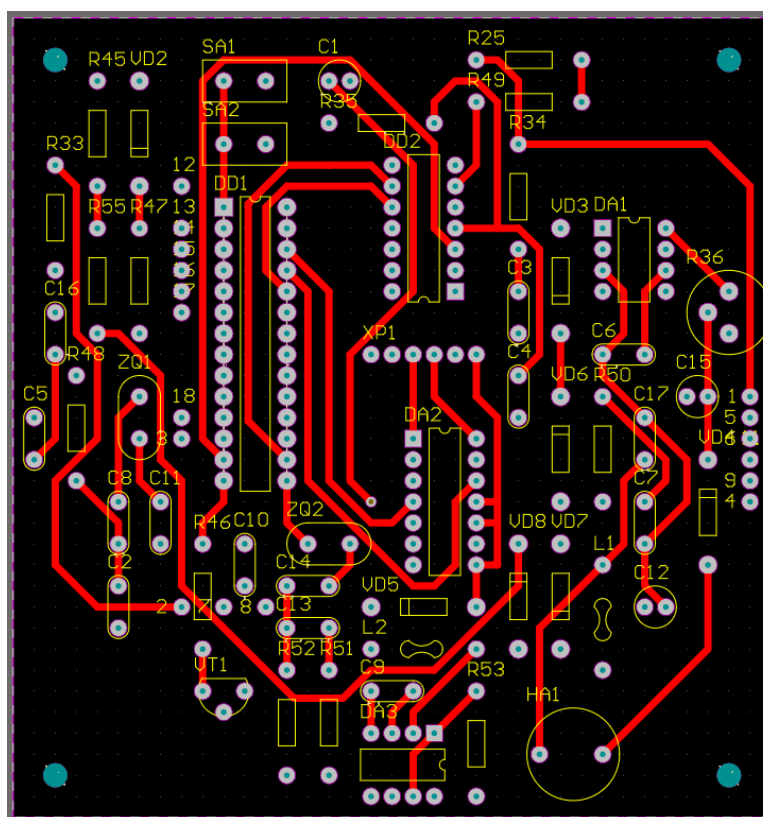
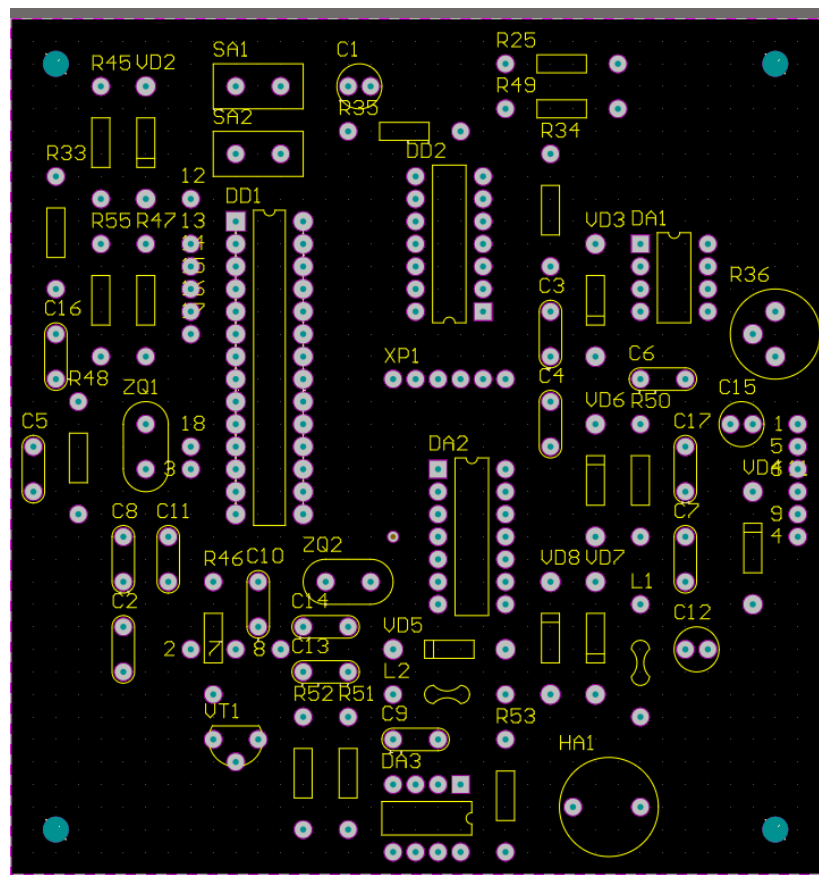
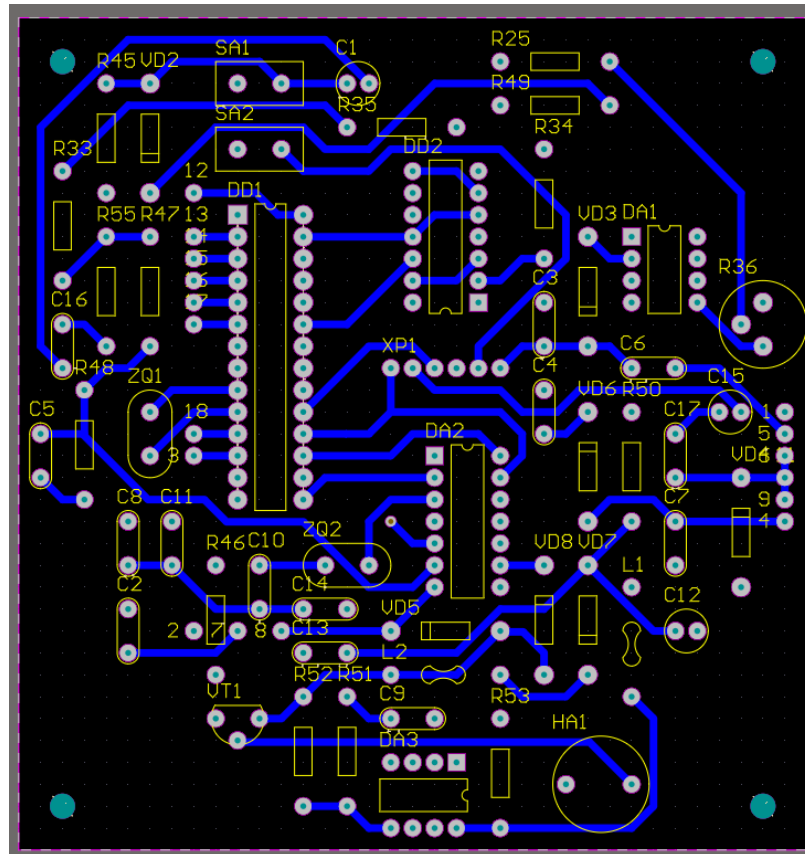


Рисунок А.2 – Друкована плата, шар Тор

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ

Арк.



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ

Арк.

Додаток Б 3D модель пристрою

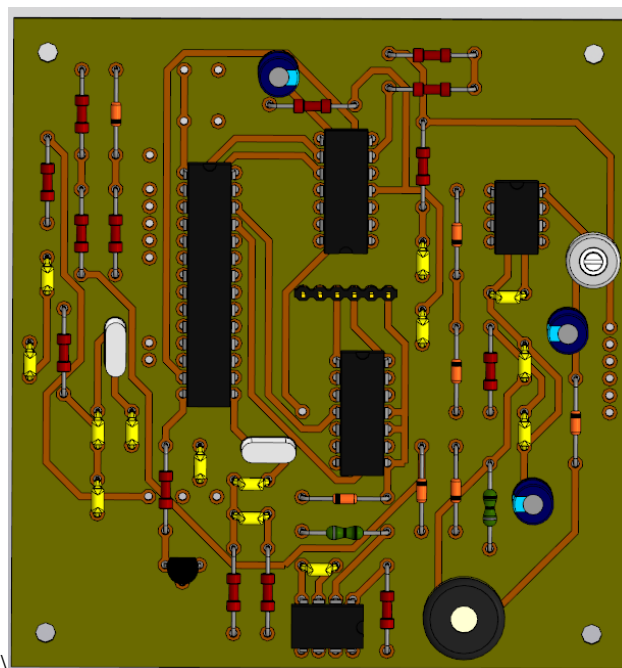


Рисунок Б.1 – 3D модель пристрою, вузол друкуваний



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

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

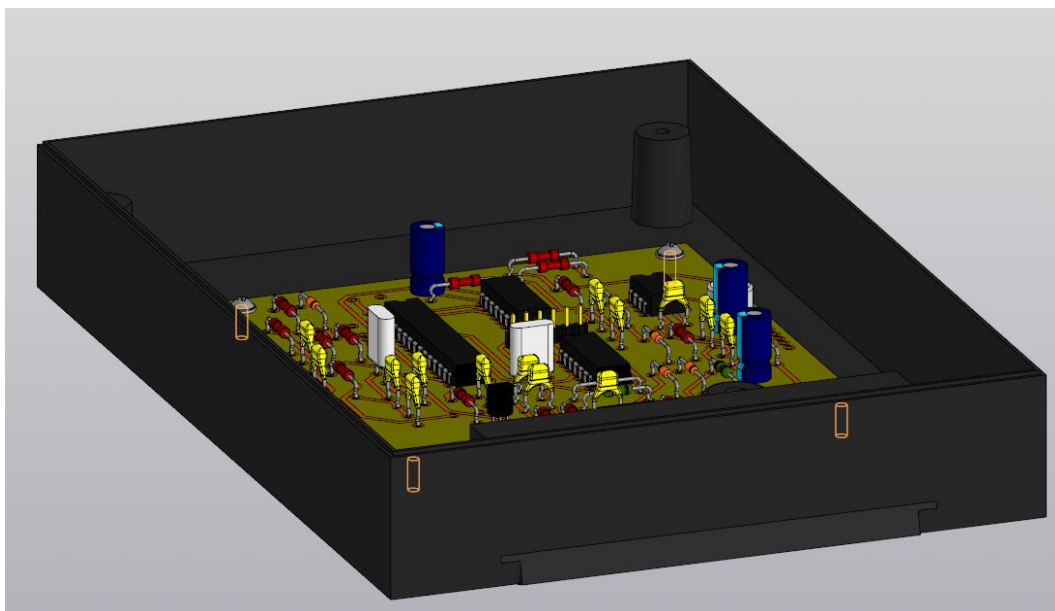


Рисунок Б.3— 3D модель пристрою, нижня кришка

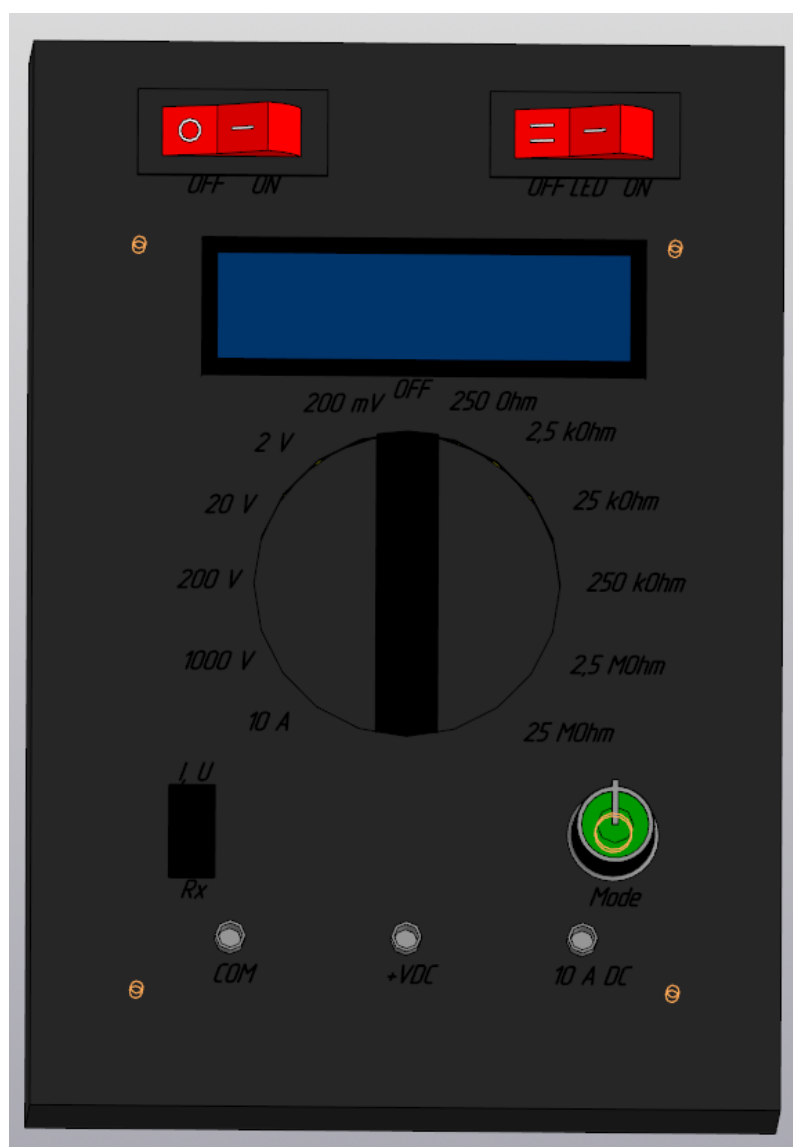


Рисунок Б.4 – 3D модель пристрою, верхня кришка

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

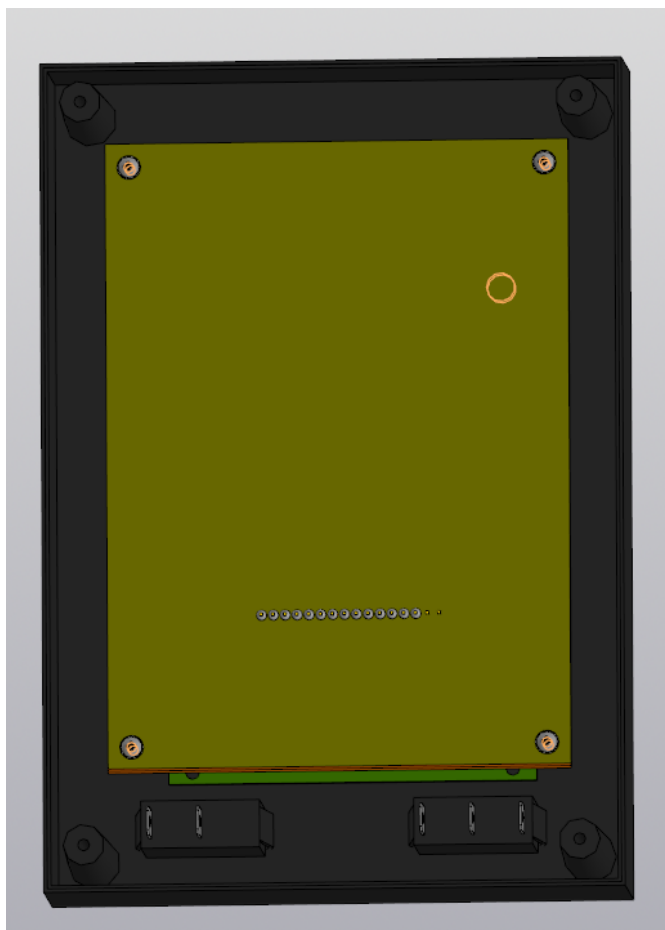


Рисунок Б.5 – 3D модель пристрою, верхня кришка знизу

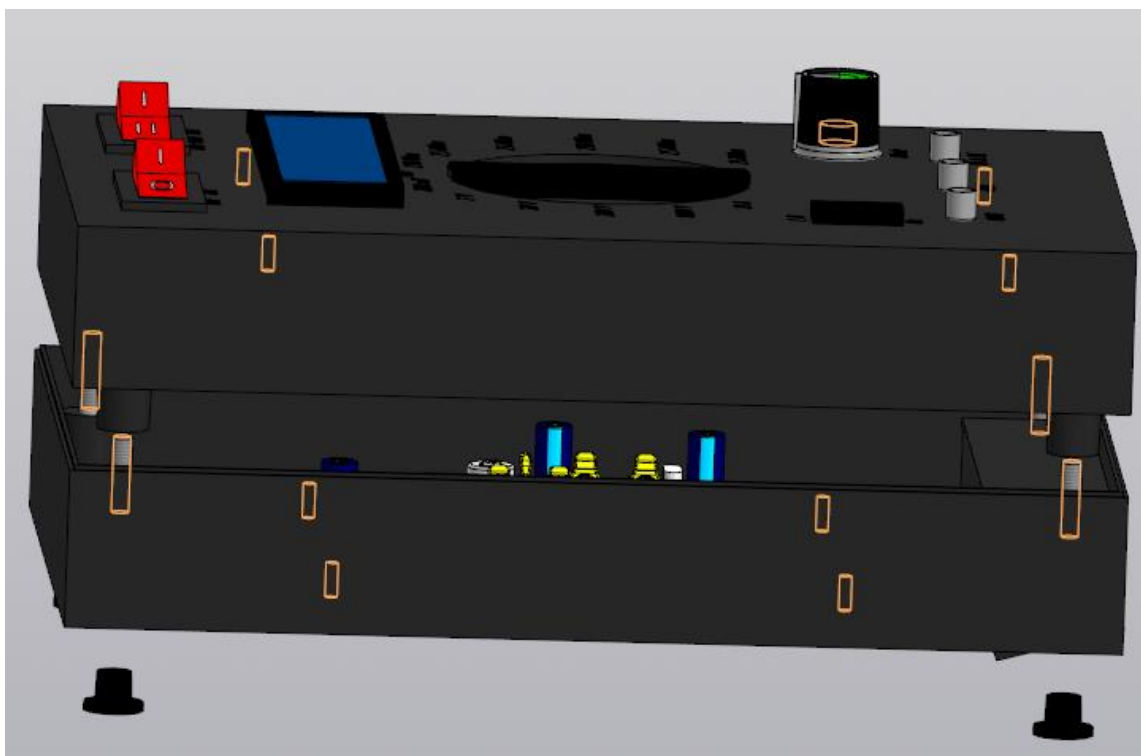


Рисунок Б.6 – 3D модель пристрою, загальний вигляд збоку

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

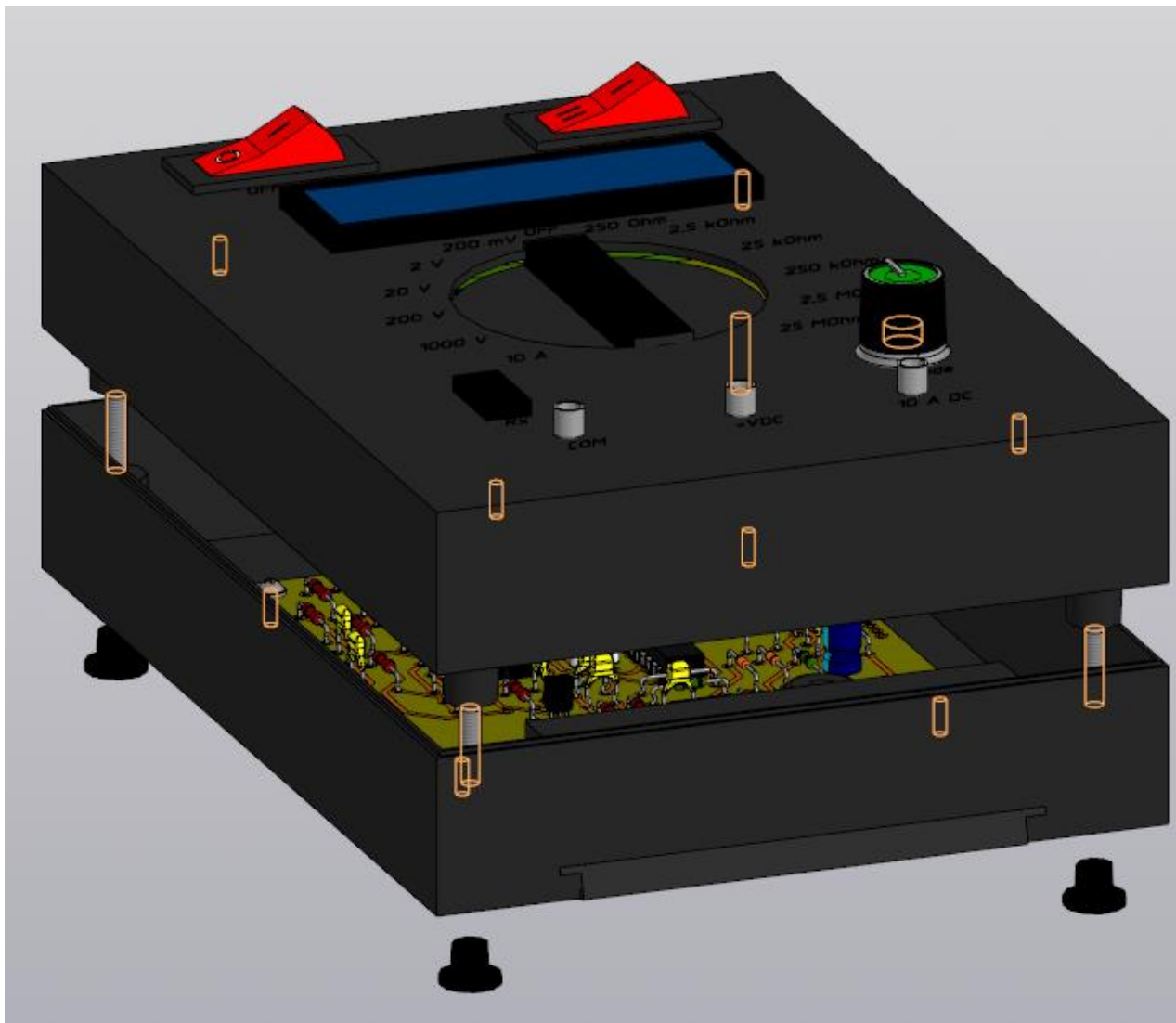


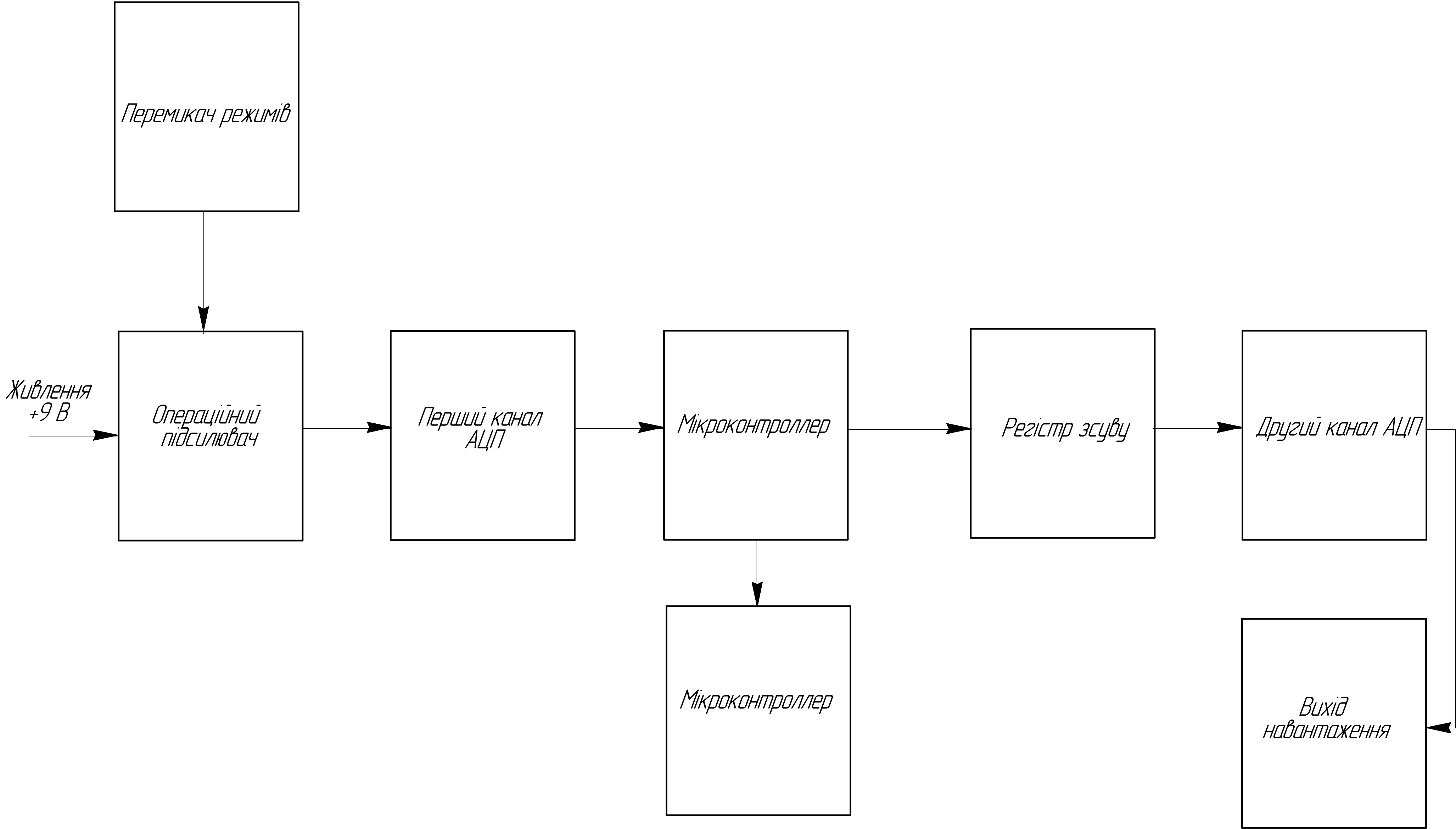
Рисунок Б.7 – 3D модель пристрою, загальний вигляд

					26 КР 172.403.005.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перш. викорис.	
Додат. №	

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

26 КР 172.403.005.001.000 Е1



					26 КР 172.403.005.001.000 Е1				
					Дев'ятиразрядний мультиметр на АЦП AD7705 та AVR мікроконтролері				
Зм.	Арх.	№ докум.	Підпис	Дата	Лит.			Маса	Масштаб
Розроб.	Войчишин				-	Н	-	-	-
Перевір.	Березіцький				Електрична структурна схема				
І.контр.									
Рецензент					Аркш			Аркшів 1	
Н.контр.	Задорожний				ВСП ТФК ТР-403				
Затверд.					м. Тернопіль				
					Формат А2				

Копіював

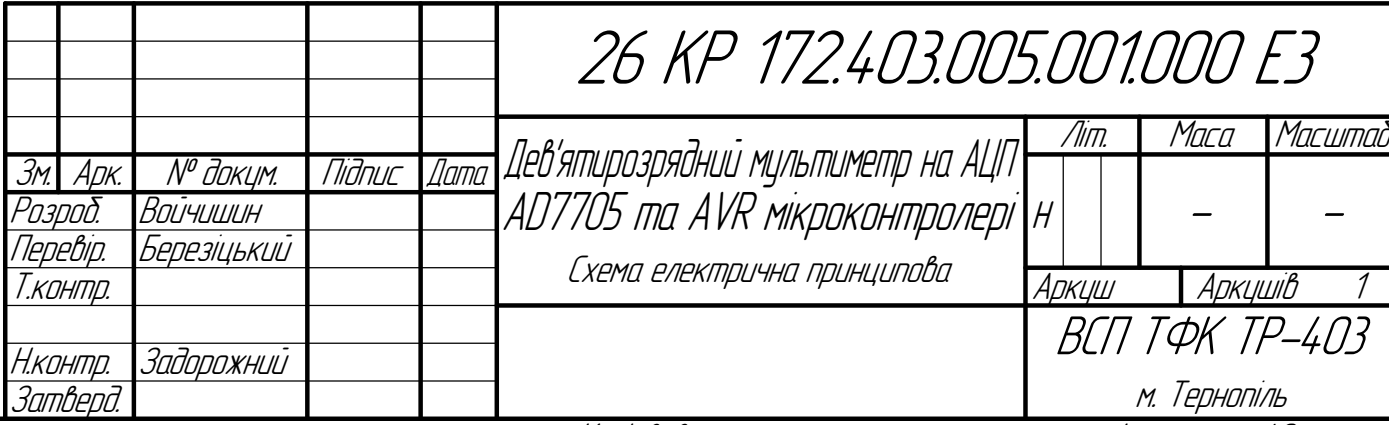
Перш. викорис.		Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітка				
		A1	Енкодер EC11G15604 18 "Alps"	1					
			Конденсатори						
		C1	ECAP-16 B-10 мкФ ±20% "Jamicon"	1					
		C2	NPO-0,22 мкФ ±5% "Murata"	1					
		C3, C4	NPO-10 нФ ±5% "Murata"	2					
		C5	NPO-0,1 мкФ ±5% "Murata"	1					
		C6	NPO-10 нФ ±5% "Murata"	1					
		C7	NPO-0,1 мкФ ±5% "Murata"	1					
		C8	NPO-20 нФ ±5% "Murata"	1					
		C9	NPO-4 700 нФ ±5% "Murata"	1					
		C10	NPO-33 нФ ±5% "Murata"	1					
		C11	NPO-20 нФ ±5% "Murata"	1					
		C12	ECAP-16 B-10 мкФ ±20% "Jamicon"	1					
		C13	NPO-0,1 мкФ ±5% "Murata"	1					
		C14	NPO-33 нФ ±5% "Murata"	1					
		C15	ECAP-16 B-10 мкФ ±20% "Jamicon"	1					
		C16, C17	NPO-0,1 мкФ ±5% "Murata"	2					
			Мікросхеми						
		DA1	LF356N "Texas Instruments"	1					
		DA2	AD7705BNZ "Analog Devices"	1					
		DA3	MC34063ABN "ST Microelectronics"	1					
		DD1	ATMEGA88PA-PU "Microchip"	1					
		DD2	NTE74LS295A "NTE"	1					
		26 КР 172.403.005.001.000 ПЕЗ							
		Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Дев'ятирозрядний мультиметр на АЦП AD7705 та AVR мікроконтролері		
		Розроб.	Войчишин				Літ.	Аркуш	Аркушів
		Перевір.	Березіцький				н	1	4
		Нконтр.	Задорожний				ВСП ТФК ТР-403		
		Затверд.					м. Тернопіль		
Інв. № ориг.									

Поз. познач.		Найменування	Кіл.	Примітка
FU1		Запобіжник 0001.2507.PT-4 A-250B "Schurter"	1	
GB1		Акумулятор Li18650/3400-3,6 В "Robiton"	1	
HA1		Зумер SMA-13LC-P10 "Sonitron"	1	
HG1		Дисплей WH1602B-YYH-CTK "Winstar"	1	
L1, L2		Дросель FWDR1415B-400 мкГн ±10% "Ferriwo"	2	
		Резистори		
R1		MFP-0,125-22 МОм ±10% "Yageo"	1	
R2		MFP-0,125-10 МОм ±10% "Yageo"	1	
R3		MFP-0,125-1 МОм ±10% "Yageo"	1	
R4		MFP-0,125-100 Ом ±10% "Yageo"	1	
R5		MFP-0,125-1 КОм ±10% "Yageo"	1	
R6		MFP-0,125-10 КОм ±10% "Yageo"	1	
R7		MFP-0,125-100 КОм ±10% "Yageo"	1	
R8		MFP-0,125-39 МОм ±10% "Yageo"	1	
R9		MFP-0,125-10 МОм ±10% "Yageo"	1	
R10		MFP-0,125-1 МОм ±10% "Yageo"	1	
R11		MFP-0,125-100 Ом ±10% "Yageo"	1	
R12		MFP-0,125-1 КОм ±10% "Yageo"	1	
R13		MFP-0,125-10 КОм ±10% "Yageo"	1	
R14		MFP-0,125-100 КОм ±10% "Yageo"	1	
R15, R16		MFP-0,25-270 КОм ±10% "Yageo"	2	
R17...R19		MFP-0,25-110 КОм ±10% "Yageo"	3	
R20		MFP-0,25-90 КОм ±10% "Yageo"	1	
R21		MFP-0,25-9 КОм ±10% "Yageo"	1	
R22		MFP-0,25-90 КОм ±10% "Yageo"	1	
R23		MFP-0,25-100 Ом ±10% "Yageo"	1	

Підпис і дата		Інв. № докл.		Зам. інв. №		Підпис і дата		Інв. № орг.	

Поз. познач.		Найменування	Кіл.	Примітка
R24		MFP-0,125-39 МОм ±10% "Yageo"	1	
R25		MFP-0,25-1 КОм ±10% "Yageo"	1	
R26		MFP-0,125-68 МОм ±10% "Yageo"	1	
R27		MFP-0,125-10 МОм ±10% "Yageo"	1	
R28		MFP-0,125-1 МОм ±10% "Yageo"	1	
R29		MFP-0,125-100 Ом ±10% "Yageo"	1	
R30		MFP-0,125-1 КОм ±10% "Yageo"	1	
R31		MFP-0,125-10 КОм ±10% "Yageo"	1	
R32		MFP-0,125-100 КОм ±10% "Yageo"	1	
R33		MFP-0,25-1 КОм ±10% "Yageo"	1	
R34, R35		MFP-0,25-4,7 КОм ±10% "Yageo"	2	
R36		3329H-1-20 КОм "Bourns"	1	
R37		MFP-0,25-0,1 Ом ±10% "Yageo"	1	
R38		MFP-0,125-82 МОм ±10% "Yageo"	1	
R39, R40		MFP-0,125-1 МОм ±10% "Yageo"	2	
R41		MFP-0,125-100 Ом ±10% "Yageo"	1	
R42		MFP-0,125-1 КОм ±10% "Yageo"	1	
R43		MFP-0,125-10 КОм ±10% "Yageo"	1	
R44		MFP-0,125-100 КОм ±10% "Yageo"	1	
R45		MFP-0,25-10 КОм ±10% "Yageo"	1	
R46		MFP-0,25-1 КОм ±10% "Yageo"	1	
R47		MFP-0,25-1,5 МОм ±10% "Yageo"	1	
R48		MFP-0,25-100 КОм ±10% "Yageo"	1	
R49		MFP-0,25-1 КОм ±10% "Yageo"	1	
R50		MFP-0,25-300 Ом ±10% "Yageo"	1	
R51		MFP-0,25-10 КОм ±10% "Yageo"	1	
R52		MFP-0,25-33 КОм ±10% "Yageo"	1	
R53		MFP-0,25-0,24 Ом ±10% "Yageo"	1	
R54		3329H-1-2 КОм "Bourns"	1	
R55		MFP-0,25-2 КОм ±10% "Yageo"	1	
R56...R60		MFP-0,25-4,7 КОм ±10% "Yageo"	5	

Підпис і дата		Інв. № докл.		Зам. інв. №		Підпис і дата		Інв. № орг.	

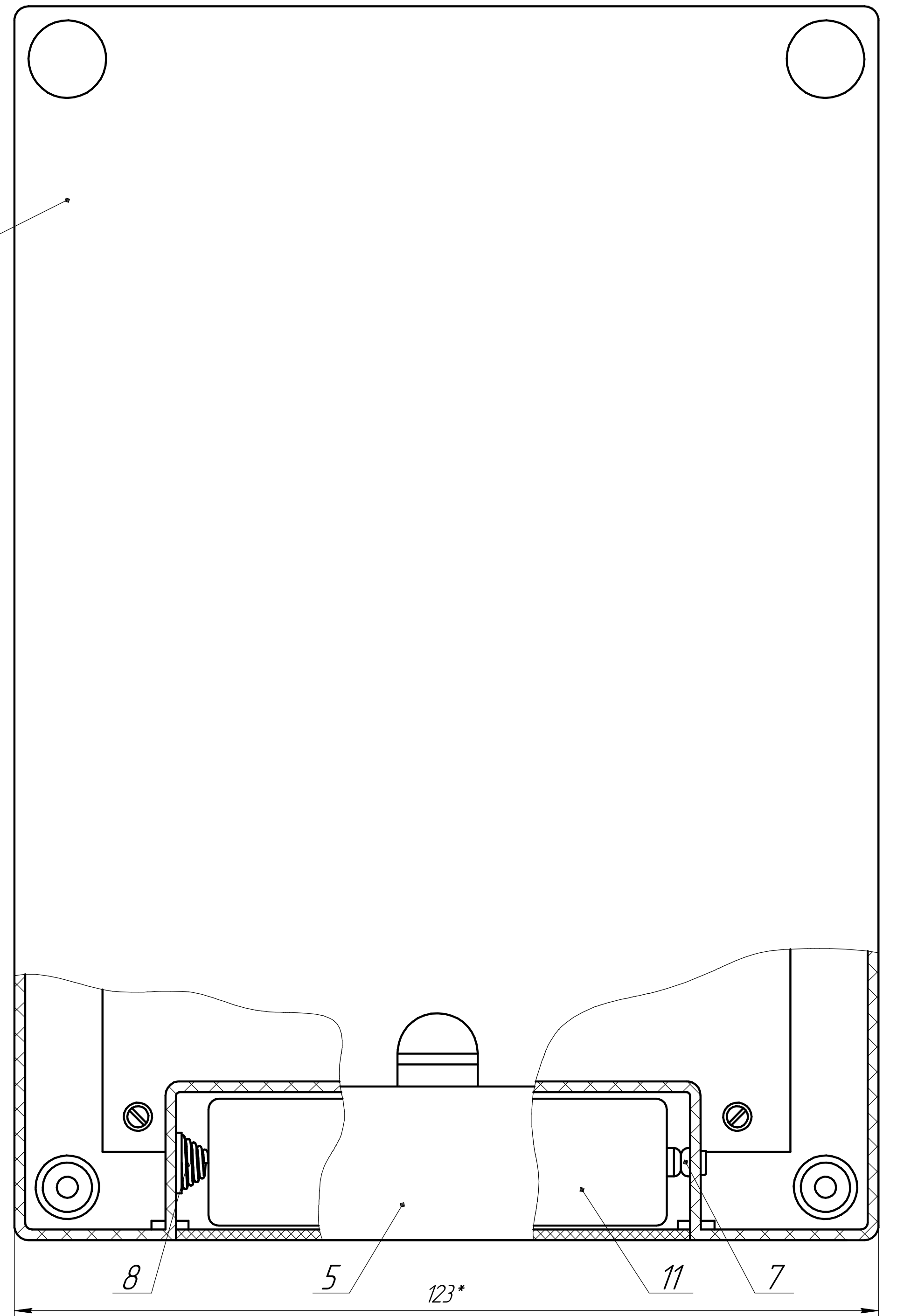
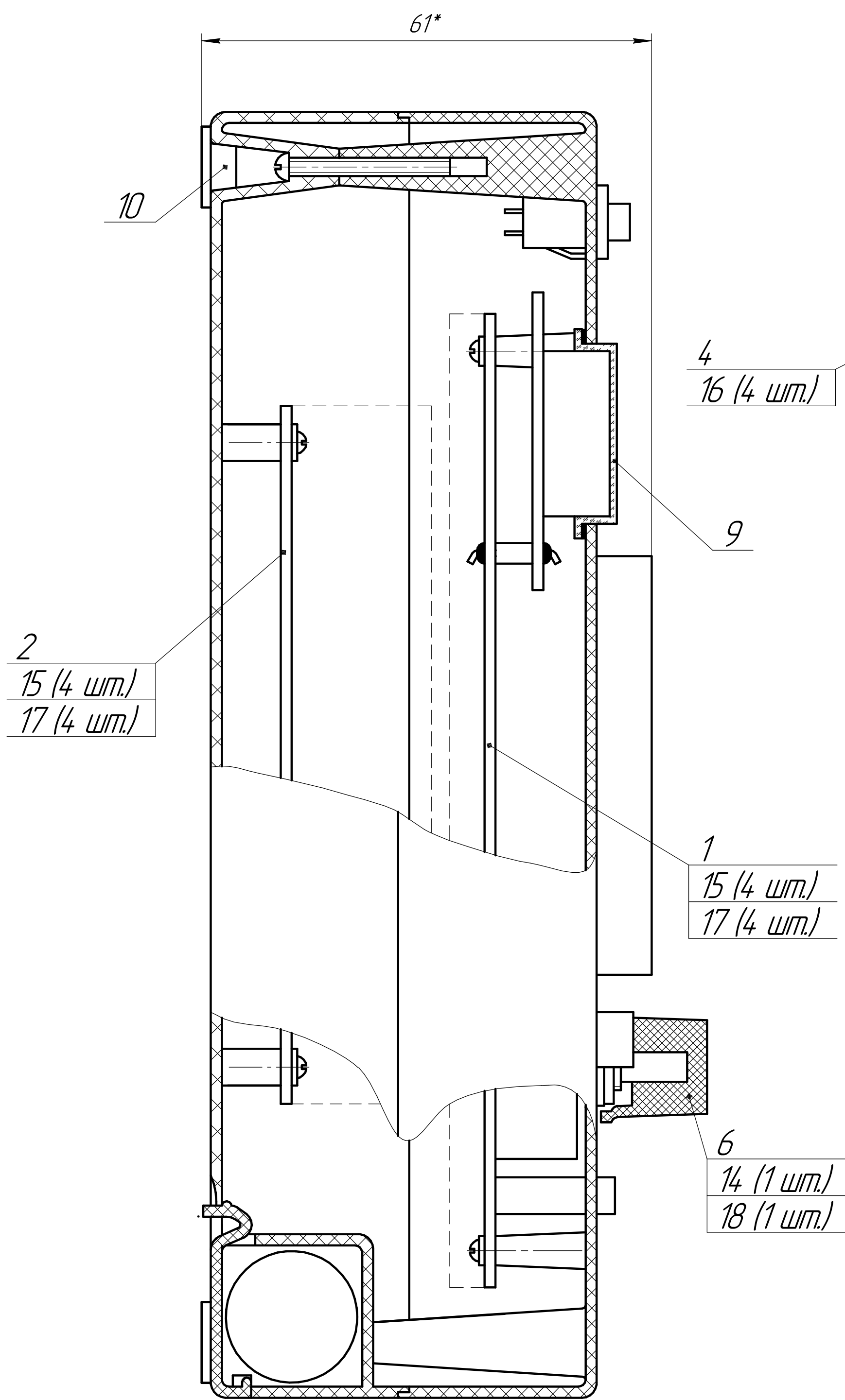
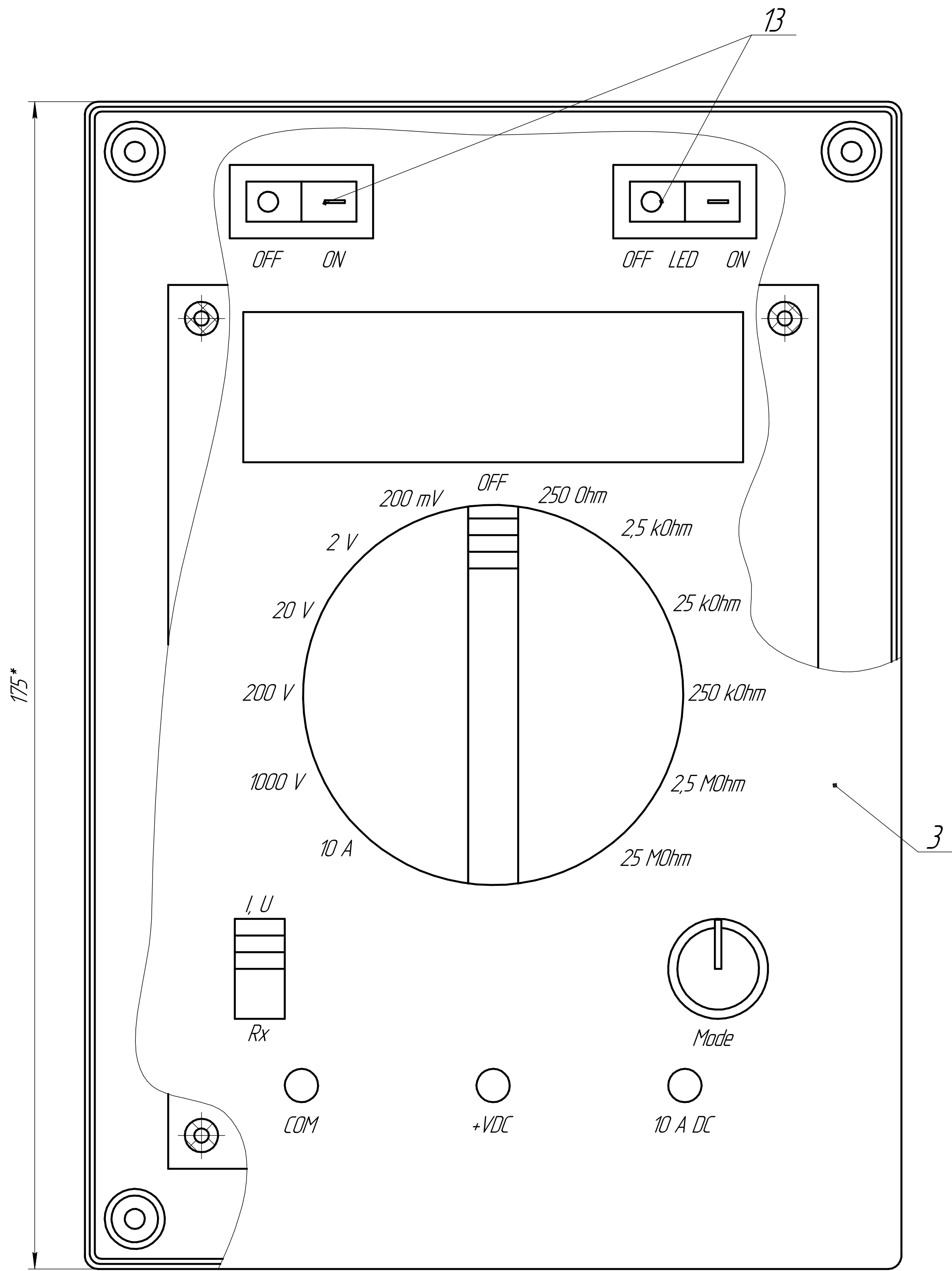


Перш. викорис.	Довід. №	Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.									
						Документація											
		A4			26 КР 172.403.005.000.000 ПЕЗ	Перелік елементів											
		A0			26 КР 172.403.005.000.000 ЕЗ	Схема електрична принципова	1										
		A1			26 КР 172.403.005.001.000 СК	Вузол друкований	1										
						Деталі											
Підпис і дата	Інв. № дубл.	Зам. інв. №	Підпис і дата	A1	1	26 КР 172.403.005.001.001	Плата друкована	1									
				БК	2	26 КР 172.403.005.001.002	Перемичка	17									
								Інші вироби									
								Конденсатори									
						3		NPO-20 нФ ±5% "Murata"	2	С8, С11							
						4		NPO-33 нФ ±5% "Murata"	2	С10, С14							
						5		NPO-4 700 нФ ±5% "Murata"	1	С9							
Інв. № ориг.	Затверд.	Н.контр.	Войчишин	Березіцький	Задорожний	26 КР 172.403.005.001.000	Вузол друкований	Літ.	Аркцш	Аркцшів							
											Розрод.	Войчишин			Н	1	2
											Перевір.	Березіцький			ВСП ТФК ТР-403		
															м. Тернопіль		
											Н.контр.	Задорожний					
											Затверд.						
											Копіював			Формат А4			

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
		15		NTE74LS295A "NTE"	1	DD2
		17		Зумер SMA-13LC-P10 "Sonitron"	1	HA1
		19		Дросель FWDRI1415B-400 мкГн ±10% "Ferriwo"	2	L1, L2
				Резистори		
		21		MFP-0,25-0,24 Ом ±10% "Yageo"	1	R53
		22		MFP-0,25-300 Ом ±10% "Yageo"	1	R50
		23		MFP-0,25-1 кОм ±10% "Yageo"	4	R25,R33,R46,R49
		24		MFP-0,25-2 кОм ±10% "Yageo"	1	R55
		25		MFP-0,25-4,7 кОм ±10% "Yageo"	2	R34,R35
		26		MFP-0,25-10 кОм ±10% "Yageo"	2	R45,R51
		27		3329H-1-20 кОм "Bourns"	1	R36
		28		MFP-0,25-33 кОм ±10% "Yageo"	1	R52
		29		MFP-0,25-100 кОм ±10% "Yageo"	1	R48
		30		MFP-0,25-1,5 мОм ±10% "Yageo"	1	R47
		32		Перемикач DS1040-01RN "Connfly"	2	SA2,SA4
				Діоди		
		34		1N4148 "Diodec"	2	VD2,VD4
		35		1.5KE6.8A "SUNMATE"	4	VD3,VD5,VD6,VD8
		36		1N5819 "Mic"	1	VD7
		38		Транзистор C945-GR "LGE"	1	VT1
		40		Роз'єм 1-1123723-5 "TE Connectivity"	1	XP1
				Кварцеві резонатори		
		42		KX-3HT-2,4576 МГц "Geyer"	1	ZQ2
		43		KX-3HT-20 МГц "Geyer"	1	ZQ1
Інв. № ориг.	Підпис і дата		Зм.			Арк.
Інв. № добул.		Зам. інв. №		26 КР 172.403.005.001.000		2
Підпис і дата		Н° докум.		Підпис		Дата

						26 КР 172.403.005.001.000 СК			
Экз.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата	Вузол друкований		Лист	Маса	Масштаб
Розроб.		Вочислив					Н	0,06	2:1
Перевір.		Бережницький			Складальне креслення		Аркш.	Аркшів 7	
Г. контр.							ВПР ГФК ТР-403		
Нхонтр.		Защражний					м. Тернопіль		
Затверд.									

Перш. викорис.		Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.	
						Документація			
		A4			26 КР 172.403.005.001.000 ПЕЗ	Перелік елементів			
		A0			26 КР 172.403.005.001.000 ЕЗ	Схема електрична принципова	1		
		A1			26 КР 172.403.005.004.000 СК	Складальне креслення	1		
						Складальні одиниці			
		БК		1	26 КР 172.403.005.001.000 СК	Вузол керування і індикації	1		
		A1		2	26 КР 172.403.005.001.00 СК	Вузол друкований	1		
						Деталі			
		БК		3	26 КР 172.403.005.004.001	Верхня кришка	1		
		БК		4	26 КР 172.403.005.004.002	Нижня кришка	1		
		БК		5	26 КР 172.403.005.004.003	Кришка батарейного відсіку	1		
		БК		6	26 КР 172.403.005.004.004	Ручка енкодера	1		
		БК		7	26 КР 172.403.005.004.005	Контакт А	1		
		БК		8	26 КР 172.403.005.004.006	Контакт Б	1		
		БК		9	26 КР 172.403.005.004.007	Скло під дисплей	1		
		БК		10	26 КР 172.403.005.004.008	Ніжка	4		
						Інші вироби			
				11		Акумулятор Li18650/3400-3,6 В "Robiton"	1	GB1	
				13		Перемикач А21В1К11 "EMAS"	2	SA5, SA6	
		26 КР 172.403.005.004.000							
		Зм.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата			
		Розроб.	Войчишин				Літ.	Арк-ш	Арх-шів
		Перевір.	Березіцький				Н	1	2
		Н-контр.	Задорожний				ВСП ТФК ТР-403		
		Затверд.					м. Тернопіль		



1. * Розміри для довідок.
2. Електромонтаж здійснювати згідно з 26 КР 172.403.005.001.000 ЕЗ припоєм припоєм ПОС-40 ГОСТ 21931-76.
3. Інші технічні вимоги по ОСТ.4.ГО.070.015.

				26 КР 172.403.005.004.000 СК			
Зм.	Арх.	№ док.	Підпис	Дата	Деталь	Маса	Масштаб
Розроб.	Вачинський				Деталь	0,5	2:1
Перевір.	Березицький				Деталь		
Т.контр.					Деталь		
Н.контр.	Задорожний				Деталь		
Затверд.					Деталь		

Техніко – економічні показники дев'ятирозрядного мультиметра на АЦП AD7705 та AVR мікроконтролері

	<i>Технічні показники</i>			<i>Економічні показники</i>	
1	<i>Напруга живлення вхідна</i>	<i>+3,6В</i>	1	<i>Річний обсяг виробництва</i>	<i>1840шт.</i>
2	<i>Струм споживання</i>	<i>100мА</i>	2	<i>Початкові інвестиції для реалізації інвестиційного проекту</i>	<i>305500 грн</i>
3	<i>Габаритні розміри</i>	<i>123*175 *61мм</i>	3	<i>Чистий прибуток</i>	<i>642462,13 грн</i>
4	<i>Маса</i>	<i>0,5 кг</i>	4	<i>Повна собівартість на виріб</i>	<i>1520,75 грн</i>
5	<i>Вимірювання напруги</i>	<i>постійна до 1000В змінна до 600В</i>	5	<i>Ціна одиниці виробу</i>	<i>1946,56 грн.</i>
6	<i>Вимірювання струму</i>	<i>постійний до 10А</i>	6	<i>Рентабельність виробу</i>	<i>22,96%</i>
7	<i>Вимірювання опору</i>	<i>до 250МОм</i>	7	<i>Термін окупності</i>	<i>0,52р</i>
8	<i>Похибка</i>	<i>±0,5...3%</i>	8	<i>Індекс продуктивності</i>	<i>1,92</i>

Дубл.																	
Замість																	
Підпис																	
													Аркушів 8		Аркуш 1		
Розробив		Войчишин							ВСП ТФК ТНТУ		26 КР 172.403.005.03.000					26 КР 172.403.005.03.118	
Перевірив		Березіцький															
Нормував																	
Затвердив																	
Н. контр.		Задорожний									Вузол друкований			H			
A	Цех	Діл	РМ	Опер	Код, назва операції					Позначення документу							
B	Код, назва обладнання					СМ.	Проф	P	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 МВА790831												
02																	
A 03	403		005	005	403005005 Комплектування											0,005	
0 04			Комплектування			проводити згідно ТТО 644081 (71шт)											
05																	
A 06	403		005	010	403005010 Розконсервація ДП											0,005	
0 07			Розконсервація плати по ТТО 124781														
08																	
A 09	403		005	015	403005015 Маркування заводського номеру											0,005	
0 10			Маркувати заводський номер по ТТО 664170 (6шт)														
Т 11			Штамп РТ 125878														
М 12		Фарба	ТНТФ-01		ГОСТ 12574-45							120	100	0,018			
13																	
14																	

[illegible]

[illegible]

Дубл																			
Замість																			
Підпис																			
																Аркуш 4			
												26 КР 172.403.005.03.000				26 КР 172.403.005.03.118			
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
701		Кусачки	РТ 145532																
02		Пінцет	РТ 265641																
К 03	1	Плата друкована					26 КР 172.403.005.001.001								796	100	100		
04	3	Конденсатори	NPO-20 пФ ±5%				"Murata"								796	100	200		
05	4	Конденсатори	NPO-33 пФ ±5%				"Murata"								796	100	200		
06	5	Конденсатори	NPO-47000 пФ ±5%				"Murata"								796	100	100		
07	6	Конденсатори	NPO-10 нФ ±5%				"Murata"								796	100	300		
08	7	Конденсатори	NPO-0,1 мкФ ±5%				"Murata"								796	100	500		
09	8	Конденсатори	NPO-0,22 мкФ ±5%				"Murata"								796	100	100		
10	9	Конденсатори	ECAP-16 В-10 мкФ ±20%				"Jamicon"								796	100	300		
11	11	Мікросхема	AD7705BNZ				"Analog Devices"								796	100	100		
12	12	Мікросхема	ATMEGA88PA-PU				"Microchip"								796	100	100		
13	13	Мікросхема	LF356N				"Texas Instruments"								796	100	100		
14	14	Мікросхема	MC34063ABN				"ST Microelectronics"								796	100	100		
15	15	Мікросхема	NTE74LS295A				"NTE"								796	100	100		
16	17	Зумер	SMA-13LC-P10				"Sonitron"								796	100	100		
17	19	Дросель	FWDRI1415B-400 мкГн ±10%				"Ferriwo"								796	100	200		
18	21	Резистори	MFP-0,25-0,240м ± 10%				"Yageo"								796	100	100		

Дубл																			
Замість																			
Підпис																			
													Аркуш 5						
											26 КР 172.403.005.03.000		26 КР 172.403.005.03.118						
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	22	Резистори			MFP-0,25-3000м ± 10%				"Yageo"							796	100	100	
02	23	Резистори			MFP-0,25-1к0м ± 10%				"Yageo"							796	100	400	
03	24	Резистори			MFP-0,25-2к0м ± 10%				"Yageo"							796	100	100	
04	25	Резистори			MFP-0,125-4,7к0м ± 10%				"Yageo"							796	100	200	
05	26	Резистори			MFP-0,125-10к0м ± 10%				"Yageo"							796	100	200	
06	27	Резистори			3329H-1-20 к0м				"Bourns"							796	100	100	
07	28	Резистори			MFP-0,25-33к0м ± 10%				"Yageo"							796	100	100	
08	29	Резистори			MFP-0,25-100к0м ± 10%				"Yageo"							796	100	100	
09	29	Резистори			MFP-0,25-1,5м0м ± 10%				"Yageo"							796	100	100	
10	30	Резистори			3329H-1-10 к0м				"Bourns"							796	100	100	
11	32	Перемикач			DS1040-01RN				"Connfly"							796	100	200	
12	34	Діоди			1N4148				"Diotec"							796	100	200	
13	35	Діоди			15KE6.8A				"SUNMATE"							796	100	400	
14	36	Діоди			1N5819				"Mic"							796	100	100	
15	38	Транзистор			C945-GR				"LGE"							796	100	100	
16	40	Роз'єм			1-1123723-5				"TE Connectivity"							796	100	100	
17	42	Кварцевий резонатор			КХ-3НТ-2,4576 МГц				"Geyer"							796	100	100	
18	43	Кварцевий резонатор			КХ-3НТ-20 МГц				"Geyer"							796	100	100	

Дубл																																	
Замість																																	
Підпис																																	
																Аркуш 6																	
												26 КР 172.403.005.03.000				26 КР 172.403.005.03.118																	
А		Цех		Діл		РМ.		ОПЕР.		Код, назва операції				Позначення документау																			
Б		Код, назва обладнання								СМ		Проф		Р		УТ		КР		КОВД		ОН		ОП		К ШТ		Т ПЗ		Т ШТ			
к-м		Назва деталі, скл одиниці або матеріалу								Позначення. код								СПП		ОВ		ОН		КВ		Н витр							
01																																	
A 02		403				005		045		403005045 Автоматизована пайка																						0,005	
B 03						Установка пайки		хвилею АРП М6.890.001																									
004						Пайку проводити		згідно ТТП 316530 (175шт)																									
M05						Припой ПОС-61										ГОСТ 21931-76										180		100		0,53			
06						Флюс АТІ-120										ГОСТ 32142-82										120		100		0,89			
07						Спиртобензинова суміш										ГОСТ 443-76										120		100		0,89			
08																																	
A09		403				005		050		4030050050 Електромонтаж																						0,004	
010						1. Рихтувати елементи		згідно ТТП 315826 (17шт)																									
11						2. Установити перемички		поз.2(17шт) згідно карти ескізів по ТТП254681																									
K 12						Пайку проводити		згідно ТТП 316530																									
13		2				Перемичка										26 КР 172.403.005.001.002										796		100		1700			
14						Електропаяльник РТ 105278																											
15						Пінцет РТ 235641																											
M16						Припой ПОС-61										ГОСТ 2131-76										180		100		0,05			
17						Флюс АТІ-120										ГОСТ 32142-82										120		100		0,09			
18						Спиртобензинова суміш										ГОСТ 443-76										120		100		0,09			

[illegible]

Дубл.									
Замість									
Підпис									

						Аркушів 8	Аркуш 8		
Розробив	Войчишин			ВСП ТФК ТНТУ	26 КР 172.403.005.03.000		26 КР 172.403.005.03.118		
Перевірів	Березіцький								
Нормував				Вузол друкований					
Затвердив									
Н. контр.	Задорожний								

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

1. *Позначення для довідки.

2. *Вказівка на формування елементів друку з краєм кардинальної стор. 25 мм. Елементи формуються історично / формування елементів на рисунку показано в масштабі 2:1 R25, R33, R35, R45, R53, R55, R57, R59, R61, R63, R65, R67, R69, R71, R73, R75, R77, R79, R81, R83, R85, R87, R89, R91, R93, R95, R97, R99, R101, R103, R105, R107, R109, R111, R113, R115, R117, R119, R121, R123, R125, R127, R129, R131, R133, R135, R137, R139, R141, R143, R145, R147, R149, R151, R153, R155, R157, R159, R161, R163, R165, R167, R169, R171, R173, R175, R177, R179, R181, R183, R185, R187, R189, R191, R193, R195, R197, R199, R201, R203, R205, R207, R209, R211, R213, R215, R217, R219, R221, R223, R225, R227, R229, R231, R233, R235, R237, R239, R241, R243, R245, R247, R249, R251, R253, R255, R257, R259, R261, R263, R265, R267, R269, R271, R273, R275, R277, R279, R281, R283, R285, R287, R289, R291, R293, R295, R297, R299, R301, R303, R305, R307, R309, R311, R313, R315, R317, R319, R321, R323, R325, R327, R329, R331, R333, R335, R337, R339, R341, R343, R345, R347, R349, R351, R353, R355, R357, R359, R361, R363, R365, R367, R369, R371, R373, R375, R377, R379, R381, R383, R385, R387, R389, R391, R393, R395, R397, R399, R401, R403, R405, R407, R409, R411, R413, R415, R417, R419, R421, R423, R425, R427, R429, R431, R433, R435, R437, R439, R441, R443, R445, R447, R449, R451, R453, R455, R457, R459, R461, R463, R465, R467, R469, R471, R473, R475, R477, R479, R481, R483, R485, R487, R489, R491, R493, R495, R497, R499, R501, R503, R505, R507, R509, R511, R513, R515, R517, R519, R521, R523, R525, R527, R529, R531, R533, R535, R537, R539, R541, R543, R545, R547, R549, R551, R553, R555, R557, R559, R561, R563, R565, R567, R569, R571, R573, R575, R577, R579, R581, R583, R585, R587, R589, R591, R593, R595, R597, R599, R601, R603, R605, R607, R609, R611, R613, R615, R617, R619, R621, R623, R625, R627, R629, R631, R633, R635, R637, R639, R641, R643, R645, R647, R649, R651, R653, R655, R657, R659, R661, R663, R665, R667, R669, R671, R673, R675, R677, R679, R681, R683, R685, R687, R689, R691, R693, R695, R697, R699, R701, R703, R705, R707, R709, R711, R713, R715, R717, R719, R721, R723, R725, R727, R729, R731, R733, R735, R737, R739, R741, R743, R745, R747, R749, R751, R753, R755, R757, R759, R761, R763, R765, R767, R769, R771, R773, R775, R777, R779, R781, R783, R785, R787, R789, R791, R793, R795, R797, R799, R801, R803, R805, R807, R809, R811, R813, R815, R817, R819, R821, R823, R825, R827, R829, R831, R833, R835, R837, R839, R841, R843, R845, R847, R849, R851, R853, R855, R857, R859, R861, R863, R865, R867, R869, R871, R873, R875, R877, R879, R881, R883, R885, R887, R889, R891, R893, R895, R897, R899, R901, R903, R905, R907, R909, R911, R913, R915, R917, R919, R921, R923, R925, R927, R929, R931, R933, R935, R937, R939, R941, R943, R945, R947, R949, R951, R953, R955, R957, R959, R961, R963, R965, R967, R969, R971, R973, R975, R977, R979, R981, R983, R985, R987, R989, R991, R993, R995, R997, R999, R1001, R1003, R1005, R1007, R1009, R1011, R1013, R1015, R1017, R1019, R1021, R1023, R1025, R1027, R1029, R1031, R1033, R1035, R1037, R1039, R1041, R1043, R1045, R1047, R1049, R1051, R1053, R1055, R1057, R1059, R1061, R1063, R1065, R1067, R1069, R1071, R1073, R1075, R1077, R1079, R1081, R1083, R1085, R1087, R1089, R1091, R1093, R1095, R1097, R1099, R1101, R1103, R1105, R1107, R1109, R1111, R1113, R1115, R1117, R1119, R1121, R1123, R1125, R1127, R1129, R1131, R1133, R1135, R1137, R1139, R1141, R1143, R1145, R1147, R1149, R1151, R1153, R1155, R1157, R1159, R1161, R1163, R1165, R1167, R1169, R1171, R1173, R1175, R1177, R1179, R1181, R1183, R1185, R1187, R1189, R1191, R1193, R1195, R1197, R1199, R1201, R1203, R1205, R1207, R1209, R1211, R1213, R1215, R1217, R1219, R1221, R1223, R1225, R1227, R1229, R1231, R1233, R1235, R1237, R1239, R1241, R1243, R1245, R1247, R1249, R1251, R1253, R1255, R1257, R1259, R1261, R1263, R1265, R1267, R1269, R1271, R1273, R1275, R1277, R1279, R1281, R1283, R1285, R1287, R1289, R1291, R1293, R1295, R1297, R1299, R1301, R1303, R1305, R1307, R1309, R1311, R1313, R1315, R1317, R1319, R1321, R1323, R1325, R1327, R1329, R1331, R1333, R1335, R1337, R1339, R1341, R1343, R1345, R1347, R1349, R1351, R1353, R1355, R1357, R1359, R1361, R1363, R1365, R1367, R1369, R1371, R1373, R1375, R1377, R1379, R1381, R1383, R1385, R1387, R1389, R1391, R1393, R1395, R1397, R1399, R1401, R1403, R1405, R1407, R1409, R1411, R1413, R1415, R1417, R1419, R1421, R1423, R1425, R1427, R1429, R1431, R1433, R1435, R1437, R1439, R1441, R1443, R1445, R1447, R1449, R1451, R1453, R1455, R1457, R1459, R1461, R1463, R1465, R1467, R1469, R1471, R1473, R1475, R1477, R1479, R1481, R1483, R1485, R1487, R1489, R1491, R1493, R1495, R1497, R1499, R1501, R1503, R1505, R1507, R1509, R1511, R1513, R1515, R1517, R1519, R1521, R1523, R1525, R1527, R1529, R1531, R1533, R1535, R1537, R1539, R1541, R1543, R1545, R1547, R1549, R1551, R1553, R1555, R1557, R1559, R1561, R1563, R1565, R1567, R1569, R1571, R1573, R1575, R1577, R1579, R1581, R1583, R1585, R1587, R1589, R1591, R1593, R1595, R1597, R1599, R1601, R1603, R1605, R1607, R1609, R1611, R1613, R1615, R1617, R1619, R1621, R1623, R1625, R1627, R1629, R1631, R1633, R1635, R1637, R1639, R1641, R1643, R1645, R1647, R1649, R1651, R1653, R1655, R1657, R1659, R1661, R1663, R1665, R1667, R1669, R1671, R1673, R1675, R1677, R1679, R1681, R1683, R1685, R1687, R1689, R1691, R1693, R1695, R1697, R1699, R1701, R1703, R1705, R1707, R1709, R1711, R1713, R1715, R1717, R1719, R1721, R1723, R1725, R1727, R1729, R1731, R1733, R1735, R1737, R1739, R1741, R1743, R1745, R1747, R1749, R1751, R1753, R1755, R1757, R1759, R1761, R1763, R1765, R1767, R1769, R1771, R1773, R1775, R1777, R1779, R1781, R1783, R1785, R1787, R1789, R1791, R1793, R1795, R1797, R1799, R1801, R1803, R1805, R1807, R1809, R1811, R1813, R1815, R1817, R1819, R1821, R1823, R1825, R1827, R1829, R1831, R1833, R1835, R1837, R1839, R1841, R1843, R1845, R1847, R1849, R1851, R1853, R1855, R1857, R1859, R1861, R1863, R1865, R1867, R1869, R1871, R1873, R1875, R1877, R1879, R1881, R1883, R1885, R1887, R1889, R1891, R1893, R1895, R1897, R1899, R1901, R1903, R1905, R1907, R1909, R1911, R1913, R1915, R1917, R1919, R1921, R1923, R1925, R1927, R1929, R1931, R1933, R1935, R1937, R1939, R1941, R1943, R1945, R1947, R1949, R1951, R1953, R1955, R1957, R1959, R1961, R1963, R1965, R1967, R1969, R1971, R1973, R1975, R1977, R1979, R1981, R1983, R1985, R1987, R1989, R1991, R1993, R1995, R1997, R1999, R2001, R2003, R2005, R2007, R2009, R2011, R2013, R2015, R2017, R2019, R2021, R2023, R2025, R2027, R2029, R2031, R2033, R2035, R2037, R2039, R2041, R2043, R2045, R2047, R2049, R2051, R2053, R2055, R2057, R2059, R2061, R2063, R2065, R2067, R2069, R2071, R2073, R2075, R2077, R2079, R2081, R2083, R2085, R2087, R2089, R2091, R2093, R2095, R2097, R2099, R2101, R2103, R2105, R2107, R2109, R2111, R2113, R2115, R2117, R2119, R2121, R2123, R2125, R2127, R2129, R2131, R2133, R2135, R2137, R2139, R2141, R2143, R2145, R2147, R2149, R2151, R2153, R2155, R2157, R2159, R2161, R2163, R2165, R2167, R2169, R2171, R2173, R2175, R2177, R2179, R2181, R2183, R2185, R2187, R2189, R2191, R2193, R2195, R2197, R2199, R2201, R2203, R2205, R2207, R2209, R2211, R2213, R2215, R2217, R2219, R2221, R2223, R2225, R2227, R2229, R2231, R2233, R2235, R2237, R2239, R2241, R2243, R2245, R2247, R2249, R2251, R2253, R2255, R2257, R2259, R2261, R2263, R2265, R2267, R2269, R2271, R2273, R2275, R2277, R2279, R2281, R2283, R2285, R2287, R2289, R2291, R2293, R2295, R2297, R2299, R2301, R2303, R2305, R2307, R2309, R2311, R2313, R2315, R2317, R2319, R2321, R2323, R2325, R2327, R2329, R2331, R2333, R2335, R2337, R2339, R2341, R2343, R2345, R2347, R2349, R2351, R2353, R2355, R2357, R2359, R2361, R2363, R2365, R2367, R2369, R2371, R2373, R2375, R2377, R2379, R2381, R2383, R2385, R2387, R2389, R2391, R2393, R2395, R2397, R2399, R2401, R2403, R2405, R2407, R2409, R2411, R2413, R2415, R2417, R2419, R2421, R2423, R2425, R2427, R2429, R2431, R2433, R2435, R2437, R2439, R2441, R2443, R2445, R2447, R2449, R2451, R2453, R2455, R2457, R2459, R2461, R2463, R2465, R2467, R2469, R2471, R2473, R2475, R2477, R2479, R2481, R2483, R2485, R2487, R2489, R2491, R2493, R2495, R2497, R2499, R2501, R2503, R2505, R2507, R2509, R2511, R2513, R2515, R2517, R2519, R2521, R2523, R2525, R2527, R2529, R2531, R2533, R2535, R2537, R2539, R2541, R2543, R2545, R2547, R2549, R2551, R2553, R2555, R2557, R2559, R2561, R2563, R2565, R2567, R2569, R2571, R2573, R2575, R2577, R2579, R2581, R2583, R2585, R2587, R2589, R2591, R2593, R2595, R2597, R2599, R2601, R2603, R2605, R2607, R2609, R2611, R2613, R2615, R2617, R2619, R2621, R2623, R2625, R2627, R2629, R2631, R2633, R2635, R2637, R2639, R2641, R2643, R2645, R2647, R2649, R2651, R2653, R2655, R2657, R2659, R2661, R2663, R2665, R2667, R2669, R2671, R2673, R2675, R2677, R2679, R2681, R2683, R2685, R2687, R2689, R2691, R2693, R2695, R2697, R2699, R2701, R2703, R2705, R2707, R2709, R2711, R2713, R2715, R2717, R2719, R2721, R2723, R2725, R2727, R2729, R2731, R2733, R2735, R2737, R2739, R2741, R2743, R2745, R2747, R2749, R2751, R2753, R2755, R2757, R2759, R2761, R2763, R2765, R2767, R2769, R2771, R2773, R2775, R2777, R2779, R2781, R2783, R2785, R2787, R2789, R2791, R2793, R2795, R2797, R2799, R2801, R2803, R2805, R2807, R2809, R2811, R2813, R2815, R2817, R2819, R2821, R2823, R2825, R2827, R2829, R2831, R2833, R2835, R2837, R2839, R2841, R2843, R2845, R2847, R2849, R2851, R2853, R2855, R2857, R2859, R2861, R2863, R2865, R2867, R2869, R2871, R2873, R2875, R2877, R2879, R2881, R2883, R2885, R2887, R2889, R2891, R2893, R2895, R2897, R2899, R2901, R2903, R2905, R2907, R2909, R2911, R2913, R2915, R2917, R2919, R2921, R2923, R2925, R2927, R2929, R2931, R2933, R2935, R2937, R2939, R2941, R2943, R2945, R2947, R2949, R2951, R2953, R2955, R2957, R2959, R2961, R2963, R2965, R2967, R2969, R2971, R2973, R2975, R2977, R2979, R2981, R2983, R2985, R2987, R2989, R2991, R2993, R2995, R2997, R2999, R3001, R3003, R3005, R3007, R3009, R3011, R3013, R3015, R3017, R3019, R3021, R3023, R3025, R3027, R3029, R3031, R3033, R3035, R3037, R3039, R3041, R3043, R3045, R3047, R3049, R3051, R3053, R3055, R3057, R3059, R3061, R3063, R3065, R3067, R3069, R3071, R3073, R3075, R3077, R3079, R3081, R3083, R3085, R3087, R3089, R3091, R3093, R3095, R3097, R3099, R3101, R3103, R3105, R3107, R3109, R3111, R3113, R3115, R3117, R3119, R3121, R3123, R3125, R3127, R3129, R3131, R3133, R3135, R3137, R3139, R3141, R3143, R3145, R3147, R3149, R3151, R3153, R3155, R3157, R3159, R3161, R3163, R3165, R3167, R3169, R3171, R3173, R3175, R3177, R3179, R3181, R3183, R3185, R3187, R3189, R3191, R3193, R3195, R3197, R3199, R3201, R3203, R3205, R3207, R3209, R3211, R3213, R3215, R3217, R3219, R3221, R3223, R3225, R3227, R3229, R3231, R3233, R3235, R3237, R3239, R3241, R3243, R3245, R3247, R3249, R3251, R3253, R3255, R3257, R3259, R3261, R3263, R3265, R3267, R3269, R3271, R3273, R3275, R3277, R3279, R3281, R3283, R3285, R3287, R3289, R3291, R3293, R3295, R3297, R3299, R3301, R3303, R3305, R3307, R3309, R3311, R3313, R3315, R3317, R3319, R3321, R3323, R3325, R3327, R3329, R3331, R3333, R3335, R3337, R3339, R3341, R3343, R3345, R3347, R3349, R3351, R3353, R3355, R3357, R3359, R3361, R3363, R3365, R3367, R3369, R3371, R3373, R3375, R3377, R3379, R3381, R3383, R3385, R3387, R3389, R3391, R3393, R3395, R3397, R3399, R3401, R3403, R3405, R3407, R3409, R3411, R3413, R3415, R3417, R3419, R3421, R3423, R3425, R3427, R3429, R3431, R3433, R3435, R3437, R3439, R3441, R3443, R3445, R3447, R3449, R3451, R3453, R3455, R3457, R3459, R3461, R3463, R3465, R3467, R3469, R3471, R3473, R3475, R3477, R3479, R3481, R3483, R3485, R3487, R3489, R3491, R3493, R3495, R3497, R3499, R3501, R3503, R3505, R3507, R3509, R3511, R3513, R3515, R3517, R3519, R3521, R3523, R3525, R3527, R3529, R3531, R3533, R3535, R3537, R3539, R3541, R3543, R3545, R3547, R3549, R3551, R3553, R3555, R3557, R3559, R3561, R3563, R3565, R3567, R3569, R3571, R3573, R3575, R3577, R3579, R3581, R3583, R3585, R3587, R3589, R3591, R3593, R3595, R3597, R3599, R3601, R3603, R3605, R3607, R3609, R3611, R3613, R3615, R3617, R3619, R3621, R3623, R3625, R3627, R3629, R3631, R3633, R3635, R3637, R3639, R3641, R3643, R3645, R3647, R3649, R3651, R3653, R3655, R3657, R3659, R3661, R3663, R3665

Дубл.																						
Замість																						
Підпис																						
														Аркушів 4			Аркуш 1					
Розробив		Войчишин							ВСП ТФК ТНТУ			26 КР 172.403.005.001 СК					26 КР 172.403.005.001					
Перевірів		Березіцький							Дев'ятирозрядний мультиметр на АЦП AD7705 та AVR мікроконтролері										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																	
А02	403		005	005	403.005.01 Комплектування											0,005						
003					Комплектування проводити згідно ТТО 644081 (69шт)																	
04																						
А05	403		005	010	403.005.02 Слюсарно-складальна											0,005						
Б06					Пневмоверт РТ 532964																	
007					Складання проводити по ТТП 231587(30шт)																	
08					1. Кріпити друкований вузол поз.1 до нижньої кришки поз. 4 гвинтами поз.15 (4шт) через шайбу поз.17 (4шт)згідно карти ескізів по ТТП																	
09					2. Кріпити друкований вузол поз.2 до верхньої кришки поз. 3 гвинтами поз.15 (4шт) через шайбу поз.17 (4шт)згідно карти ескізів по ТТП																	
10					3. Кріпити контакт А поз.7 контакт Б поз.8 та акумулятор поз.11(GB1) у спеціальний відсік кришки нижньої поз.4(1шт) згідно карти ескізів по																	
11					4. Кріпити перемикачі поз.13(SA5, SA6) та скло під дисплей поз.9 на верхню кришку поз. 3 згідно карти ескізів по ТТП 12838374																	
К 12	1	Вузол керування								26 КР 172.403.005.001.000 СК					796	100	100					
13	2	Вузол друкований								26 КР 172.403.005.004.001					796	100	100					
14	3	Кришка верхня								26 КР 172.403.005.004.001					796	100	100					

Дубл																
Замість																
Підпис																
															Аркуш 2	
												26 КР 172.403.005.001 СК		26 КР 172.403.005.001		
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	4	Кришка нижня						26 КР 172.403.005.004.002				796	100	100		
02	7	Контакт А						26 КР 172.403.005.004.005				796	100	100		
03	8	Контакт Б						26 КР 172.403.005.004.006				796	100	100		
04	9	Скло під дисплей						26 КР 172.403.005.004.007				796	100	100		
05	11	Акумулятор		Li18650/3400-3,6 В				"Robiton"				796	100	100		
06	13	Перемикачі		A21B1K11				"EMAS"				796	100	200		
07	15	Гвинт		Г2,5-6gx5				ГОСТ 17473-80				796	100	800		
08	17	Шайба		2,5				ГОСТ 10450-78				796	100	800		
09																
A 10	403		005	015	403.005.03 Електромонтаж										0,001	
0 11		Електромонтаж здійснювати по ТТП 316530 (17шт)														
12		1. Паяти перемички до перемикач поз.13(SA5,SA6), до контактів А(поз.7) контакту Б поз.8 згідно карти ескізу.														
T 13		Пінцет РТ 235641														
14		Електропаяльник РТ 105278														
M15		Припой ПОС-61				ДСТУ 1429:14:2005						180	100	0,05		
16		Флюс ФКСп				ДСТУ 19113						120	100	0,09		
17																
A 18	403		005	020	403.005.04 Слюсарно-складальна										0,002	

[illegible]

Дубл.								
Замість								
Підпис								

						Аркушів 4	Аркуш 4	
Розробив	Войчишин			ВСП ТФК ТНТУ	26 КР 172.403.005.001 СК		26 КР 172.403.005.001	
Перевірів	Березіцький			Дев'ятирозрядний мультиметр на АЦП AD7705 та AVR мікроконтролері			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

