

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: <u>Розробка конструкції вольтамперметра на PIC16F676 та 74НС595</u>

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

Спеціальність: 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітня програма: «Конструювання, виробництво та технічне обслуговування радіотехнічних пристроїв».
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

_____ Дмитрук С О _____
(прізвище та ініціали)

Керівник _____ Савчук М П _____
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали)

**Відокремлений структурний підрозділ
«Тернопільський фаховий коледж
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя»
Відділення телекомунікацій та електронних систем
Циклова комісія телекомунікацій та радіотехніки
Освітньо-кваліфікаційний рівень молодший спеціаліст
Галузь знань 17 «Електроніка та телекомунікації»
Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
Спеціалізація «Конструювання, виробництво та технічне обслуговування
радіотехнічних пристроїв».**

ЗАТВЕРДЖУЮ

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

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

_____ Дмитрук Сергій Олександрович _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Розробка конструкції вольтамперметра на PIC16F676 та 74НС595 _____

керівник кваліфікаційної роботи _____ Савчук Михайло Петрович _____,
(прізвище, ім'я, по батькові)

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

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи: 16.06.2026 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:

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

Анотація

Вступ. Призначення і область застосування радіопристрою

Розділ 1 Загальна частина

1.1 Розробка технічного завдання

1.2 Вибір і опис структурної схеми виробу

1.3 Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз

Розділ 2 Спеціальна частина

2.1 Розрахунково-конструкторська частина

2.1.1 Опис компонування виробу. Обґрунтування вибору конструкційних матеріалів і покрить

2.1.2 Обґрунтування вибору конструкції.

2.1.3 Опис і обґрунтування вибору елементної бази

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

Додаткові вказівки:

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

без виготовлення макета

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

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Отримання і аналіз технічного завдання	20.04	
2	Збір і узагальнення інформації по проекту	13.05	
3	Написання першого розділу	25.05	
4	Розробка технічного та робочого проекту	29.05	
5	Написання спеціального розділу	29.05	
6	Розрахунок економічної частини	25.05	
7	Написання розділу охорони праці	26.05	
8	Виконання графічної частини	19.05	
9	Оформлення проекту	08.06	
10	Погодження нормоконтролю	12.06	
11	Попередній захист проекту	16.06	
12	Захист проекту		

7. Дата видачі завдання 20 квітня 2026 р.

Студент _____ Дмитрук С О _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту _____ Сачук М П _____
(підпис)

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	
ВСТУП . Призначення і область застосування радіопристрою.....	
РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	
1.1 Розробка технічного завдання	
1.2 Вибір і опис структурної схеми виробу	
1.3 Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз.....	
РОЗДІЛ 2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	
2.1 Розрахунково-конструкторська частина.....	
2.1.1 Опис компонування виробу. Обґрунтування вибору конструкційних матеріалів і покриттів	
2.1.2 Обґрунтування вибору конструкції.	
2.1.3 Опис і обґрунтування вибору елементної бази	
2.1.4 Розрахунок електричних параметрів окремих каскадів	
2.1.5 Опис конструкції друкованої плати. Розрахунок параметрів друкованого монтажу	
2.1.6 Оцінка теплових режимів роботи виробу (розрахунок площі радіатора при необхідності).....	
2.1.7 Розрахунок надійності проектного пристрою.....	
2.1.8 Техніко-економічний аналіз конструкції виробу. Розрахунок споживаної потужності.....	
2.2 Технологічна частина.....	
2.2.1 Загальні відомості про складання і монтаж проектного виробу. Вибір типу технології.....	
2.2.2 Якісна оцінка технологічності конструкції.	

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Дмитрук			Розробка конструкції Вольтамперметр на PIC16F676 та 74НС595 Посньювальна записка	Літ.	Арк.
Перевір.		Савчук					Аркушів
Рецензент							
Н. Контр.		Задорожний				ВСП ТФК ТНТУ ТР-402	
Затверд.						м. Тернопіль	

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 Інструкції з охорони праці, їх поділ.....

4.2 Електробезпека. Види ураження людини електричним струмом.....

ВИСНОВКИ.....

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....

ДОДАТКИ.....

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

АНОТАЦІЯ

Дмитрук С.О. Розробка конструкції вольтамперметра на PIC16F676 та 74НС595: кваліфікаційна робота на здобуття освітньо-кваліфікаційний рівень молодший спеціаліст, за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка. Тернопіль: ВСП «ТФК ТНТУ», 2026.

Елементи на платі розташовані дуже компактно, і тому розміри плати мінімальні 100*895 мм. Всі основні елементи розміщені на одній стороні плати, на іншій стороні плати розташовані елементи такі як індикатор HG1 та кнопки управління SB1-SB2.

Корпус виготовлений з пластмаси, яка має хороші характеристики, гарний зовнішній вигляд, та хорошу конструкцію, розміри 105×130×51мм. Корпус даного пристрою виготовлений із пластмаси, і складається з двох коритоподібних шкришок. На верхню кришку кріпиться плата друкована за допомогою чотирьох гвинтів та чотирьох шайб, та резистори змінні для регулювання струму та напруги, за допомогою гвинтів та шайб, та кріплення ручок до них. Також кріпити скло під індикатор на верхню кришку та накладки під кнопки, і роз'єми за допомогою гайок та шаб. Роз'єм живлення кріпиться між двох кришок у спеціальний паз.

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

Ключові слова: напруга, потужність, мікроконтроллер, мікросхема.

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ABSTRACT

Dmytruk S.O. Development of a voltmeter design on PIC16F676 and 74HC595: qualification work for obtaining the educational and qualification level of a junior specialist, in 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 100*895 mm. All the main elements are placed on one side of the board, on the other side of the board there are scattered elements such as the HG1 indicator and SB1-SB2 control buttons.

The case is made of plastic, which has good characteristics, a beautiful appearance, and a good design, dimensions 105×130×51mm. The case of this device is made of plastic, and consists of two trough-shaped plates. The printed circuit board is attached to the top cover using four screws and four washers, and variable resistors for adjusting current and voltage, using screws and washers, and attaching handles to them. Also attach the glass under the indicator to the top cover and the button pads, and connectors using nuts and washers. The power connector is attached between the two covers in a special groove.

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

Keywords: voltage, power, microcontroller, microcircuit.

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Вольтамперметр на базі мікроконтролера PIC16F676 та регістра зсуву 74HC595 призначений для комплексного вимірювання та контролю основних електричних параметрів у колах постійного струму. Основними функціями пристрою є вимірювання напруги в заданому діапазоні, вимірювання сили струму навантаження, а також облік спожитої або відданої електричної енергії у вигляді ємності (А·год). Отримані дані виводяться на світлодіодний індикатор, що забезпечує зручне візуальне сприйняття інформації користувачем у реальному часі. Завдяки використанню мікроконтролера реалізовано програмну обробку сигналів, що дозволяє підвищити точність вимірювань, здійснювати цифрове калібрування без використання підстроювальних елементів, а також компенсувати вплив нестабільності компонентів.

Пристрій також виконує функцію контролю досягнення заданого рівня напруги, що особливо важливо при заряджанні акумуляторних батарей. У разі досягнення встановленого порогового значення формується відповідний сигнал, який може бути використаний для індикації або автоматичного керування зовнішніми пристроями, наприклад, для відключення зарядного пристрою. Це підвищує безпеку експлуатації та запобігає перезаряду акумуляторів.

Область застосування даного вольтамперметра є досить широкою. У першу чергу він може використовуватися в лабораторних блоках живлення для контролю вихідних параметрів, що дозволяє користувачу точно налаштовувати режими роботи електронних схем. Також пристрій доцільно застосовувати в зарядних пристроях для різних типів акумуляторів (свинцево-кислотних, гелевих, AGM тощо), де важливо контролювати як напругу, так і струм заряджання та накопичену ємність.

Крім того, вольтамперметр може бути використаний у системах резервного та автономного живлення, зокрема в інверторних установках,

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

джерелах безперебійного живлення та сонячних енергосистемах для моніторингу стану акумуляторів і споживання енергії. У радіоаматорській практиці пристрій є корисним інструментом для налагодження та тестування електронних схем, перевірки споживання струму різними модулями та оцінки ефективності роботи пристроїв.

Завдяки простоті конструкції, невисокій вартості компонентів і можливості гнучкого налаштування програмної частини, даний вольтамперметр може використовуватися як окремий вимірювальний модуль або інтегруватися у склад більш складних електронних систем. Це робить його універсальним рішенням для широкого кола завдань у галузі електроніки та електротехніки [1].

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Розробка технічного завдання

Технічні характеристики приладу:

1. Напруга живлення +12В;
2. Діапазон робочих температур... 15...+40°C;
3. Габаритні розміри..... 130*105*51мм;
4. Маса..... 0,3кг;
5. Відносна вологість повітря повітря 80%;
6. Вимірювання напруги до..... 50 В;
7. Вимірювання сили струму до.....5 А;
8. Підрахунок ємності (А·год);
9. Відображення даних на трирозрядному світлодіодному індикаторі.
10. Діапазони вимірювання:
Напруга: 0...50,0 В (формат: xx,x В);
Струм: 0...4,99 А (формат: x,xx А);
Ємність: 0...999 А·год.

1.2 Вибір і опис структурної схеми виробу

Живлення - джерело постійної напруги (наприклад, +12В), стабілізатор +5В для живлення мікроконтролера та логіки.

Мікроконтролер PIC16F676 - вбудований АЦП для вимірювання напруги та падіння на шунті (струм). Обробка даних, масштабування та калібрування, формування даних для індикації, вимірювальні ланцюги, подільник напруги для вимірювання U. Шунт (резистор низького опору) для вимірювання I.

Операційний підсилювач може застосовуватись для підсилення сигналу зі шунта.

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Регістр зсуву 74HC595- приймає дані від мікроконтролера по SPI. Керує сегментами індикатора (LED або 7-сегментного дисплея). Дозволяє розширити кількість виходів для індикації.

Індикація - семисегментний дисплей. Відображення вимірних значень напруги та струму.

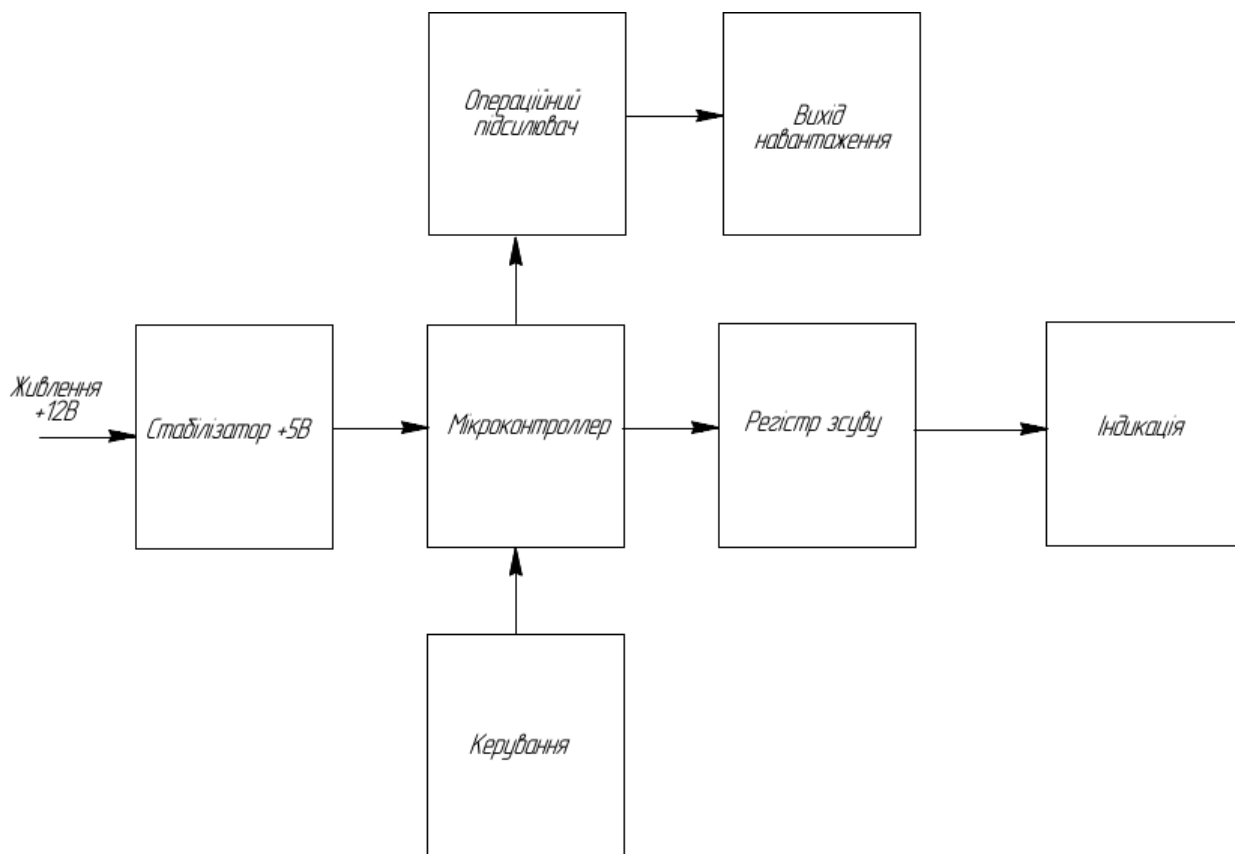


Рисунок 1.1- Схема електрична структурна

1.3 Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз

Пристрій призначений для вимірювання напруги до 50 В, сили струму до 5 А, підрахунку ємності в ампер-годинах, а також відображення інформації на трирозрядному світлодіодному індикаторі. Вольтамперметр побудований на мікроконтролері PIC16F676 та регістрі зсуву 74HC595 і, хоча сама конструкція не є новою.

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

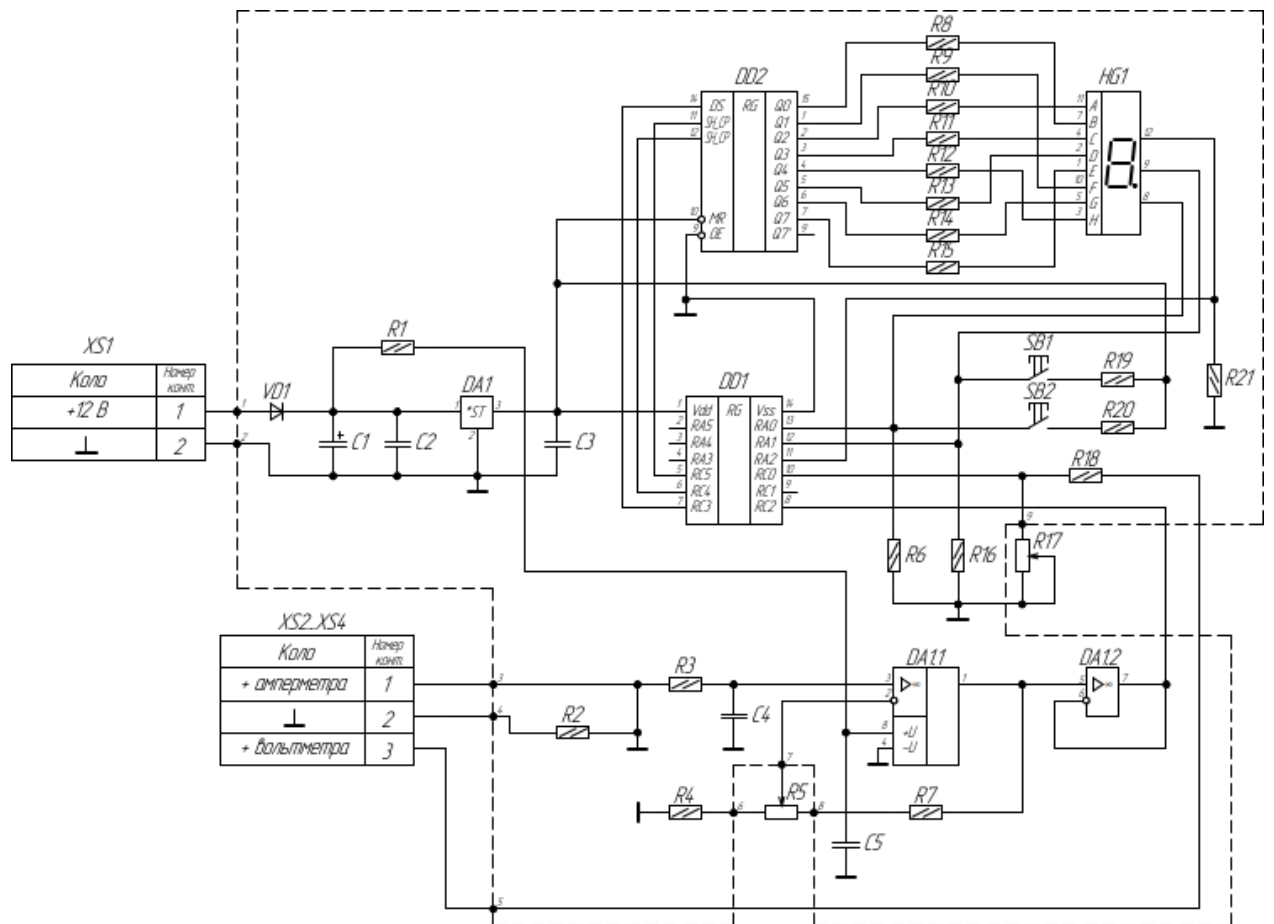


Рисунок 1.2- Схема електрична принципова

Схема пристрою практично не змінилася: підстроювальні резистори у вхідному дільнику напруги та в колі підсилення операційного підсилювача замінено на постійні з відповідним перерахунком номіналів. Вхідний дільник має коефіцієнт поділу 1:10 із загальним опором у межах 50–100 кОм, а коефіцієнт підсилення для вимірювання струму залежить від використаного шунта. Діапазон напруги, який може вимірювати мікроконтролер, становить 0–5 В, а неточності резисторів із допуском близько 5% компенсуються програмно. Для коректного вимірювання малих струмів необхідно задати невелике позитивне зміщення операційного підсилювача, що залежить від конкретного екземпляра.

Після ввімкнення пристрій переходить у режим відображення напруги, який позначається як «-U-». Коротким натисканням кнопки «В» можна

циклічно перемикає режими роботи між вимірюванням напруги («-U-»), струму («-I-») та ємності («-C-»). Діапазон вимірювання напруги становить 0...50,0 В із відображенням у форматі xx,x В, струму — 0...9,99 А (х,xx А), а ємності — до 999 А·год.

Налаштування пристрою здійснюється кнопками. Для калібрування напруги в режимі «-U-» потрібно утримувати кнопку «Н» більше трьох секунд до появи напису «сUH», після чого кнопками «В» і «Н» узгоджуються покази з еталонним вольтметром, змінюючи коефіцієнт у межах 0–200 (де 100 відповідає відсутності корекції). Вихід із режиму відбувається при одночасному натисканні обох кнопок або після 10 секунд бездіяльності, при цьому значення зберігаються в пам'яті. Аналогічно виконується калібрування струму в режимі «-I-» (пункт «сIH»). Окремо передбачено режим компенсації зміщення операційного підсилювача («сI0»), де спочатку задається невелике позитивне зміщення, а потім поступово зменшується до коректного рівня. У режимі «-C-» можна скинути лічильник ємності, утримуючи кнопку «Н» понад три секунди, після чого кнопкою «В» підтверджується скидання.

Додатково реалізовано функцію контролю порогової напруги, яка особливо корисна при заряджанні автомобільних акумуляторів. За замовчуванням поріг встановлено на рівні 14,3 В із гістерезисом 1 В. При досягненні цієї напруги на виході мікроконтролера з'являється логічна одиниця, що може використовуватися для автоматичного вимкнення зарядного пристрою, наприклад через контролер TL494 в АТХ-блоці живлення. За потреби значення порогової напруги можна змінити, записавши новий параметр у EEPROM пам'ять мікроконтролера [1].

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунково-конструкторська частина

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

Компонування виробу виконано з урахуванням вимог компактності, зручності монтажу, надійності експлуатації та технологічності виготовлення. Основним конструктивним елементом виробу є друкована плата розміром 100×89,5 мм, на якій розміщені всі електронні компоненти пристрою. Основна частина елементної бази встановлена на одній стороні плати, що спрощує монтаж та контроль якості паяних з'єднань. На протилежній стороні розташовані елементи індикації та керування — індикатор HG1 і кнопки SB1–SB2.

Друкована плата встановлюється всередині корпусу та закріплюється за допомогою гвинтових з'єднань. Елементи керування, індикатор, роз'єми та регулювальні резистори розміщені таким чином, щоб забезпечити зручний доступ користувача під час експлуатації виробу. Таке компонування дозволяє раціонально використовувати внутрішній об'єм корпусу та забезпечує достатню жорсткість конструкції.

Для виготовлення корпусу обрано пластмасу, яка характеризується малою масою, високими електроізоляційними властивостями, стійкістю до корозії та хорошими декоративними характеристиками. Використання пластмасового корпусу також дозволяє знизити собівартість виробу та спростити його виготовлення.

Матеріалом друкованої плати є фольгований склотекстоліт. Даний матеріал має високу механічну міцність, добрі електроізоляційні властивості, стійкість до впливу вологи та температурних коливань. Мідна фольга забезпечує формування струмопровідних доріжок з необхідною провідністю та надійністю.

Для захисту струмопровідних доріжок від окиснення та механічних пошкоджень застосовується захисна паяльна маска. Контактні площадки покриваються шаром припою, що покращує паяність та підвищує довговічність

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

монтажних з'єднань. Металеві кріпильні елементи (гвинти, гайки, шайби) мають антикорозійне покриття, яке забезпечує їхню надійну роботу протягом усього терміну експлуатації виробу.

Обрані конструкційні матеріали та захисні покриття забезпечують необхідну механічну міцність, електричну безпеку, надійність роботи та тривалий термін служби проектного виробу.

2.1.2 Обґрунтування вибору конструкції

Корпус використовується для захисту внутрішніх компонентів приладу від попадання пилу, сонячного проміння і вологи, а також для захисту від ураження електричним струмом користувача, коли той буде проводити певні маніпуляції із пристроєм. Взагалі корпус являється досить важливою складовою пристрою, оскільки в середині нього кріпляться всі вузли і елементи.

Корпус даного пристрою виготовлений із пластмаси, і складається з двох коритоподібних шкришок. На верхню кришку кріпиться плата друкована за допомогою чотирьох гвинтів та чотирьох шайб, та резистори змінні за допомогою гвинтів та шайб, та кріплення ручок до них. Також кріпити скло під індикатор на верхню кришку та накладки під кнопки, і роз'єми за допомогою гайок та шаб. Роз'єм живлення кріпиться між двох кришок у спеціальний паз.

Для друкованого вузла виконаємо наступні вимоги компоновання: забезпечимо оптимальну щільність розташування компонентів, виключимо помітні паразитні електричні взаємозв'язки, що впливають на технічні характеристики виробу. Взаєморозміщення елементів виробу забезпечує технологічність складання і регулювання конструкції [12].

Габаритні розміри друкованої плати у розробленому виробі визначено з урахуванням технології її виготовлення. Розміри обрано економічно доцільними з урахуванням стандартизації інструментів і технологічного оснащення. Форма плати виконана прямокутною, що дозволило уникнути

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

додаткових виробничих витрат і забезпечити раціональне використання матеріалів. Геометричні параметри плати відповідають вимогам стандарту ГОСТ 10317-72, з дотриманням рекомендованого співвідношення сторін та обмежень за габаритами. Товщина плати вибрана із стандартного ряду значень, що забезпечує необхідну механічну міцність і надійність конструкції.

Електрорадіоелементи зі штировими виводами у даному пристрої встановлено в отвори друкованої плати з подальшим загинанням виводів під відповідним кутом, їх обрізанням у межах контактних площадок та паянням методом «хвилі припою». Такий підхід забезпечив високу щільність монтажу та надійність електричних з'єднань, що дозволило розмістити більшу кількість компонентів на обмеженій площі плати [23].

Під час розміщення електрорадіоелементів у виробі враховано умови ефективного тепловідведення, зокрема забезпечено можливість природної конвекції повітря в зонах розташування елементів, що виділяють значну кількість теплоти. Напівпровідникові прилади та інтегральні мікросхеми розміщено на безпечній відстані від джерел тепла та сильних магнітних полів, таких як трансформатори чи постійні магніти. Також передбачено зручний доступ до елементів, що потребують регулювання.

Крок встановлення інтегральних мікросхем у розробленому пристрої обрано з урахуванням щільності монтажу, температурних режимів роботи та конструктивних особливостей корпусів.

Відстані між корпусами елементів витримані з дотриманням необхідних зазорів, що забезпечує надійність роботи та зменшує взаємний вплив компонентів. Інтегральні мікросхеми встановлено з одного боку плати, що відповідає технології монтажу в наскрізні отвори та забезпечує механічну міцність завдяки пропаяним виводам.

У процесі розробки виробу компонування виконано з урахуванням оптимального взаємного розміщення вузлів, елементів і функціональних блоків. Це дозволило досягти необхідних технічних, технологічних та експлуатаційних

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

характеристик, підвищити надійність пристрою та забезпечити його зручність у використанні і обслуговуванні [12].

2.1.3 Опис і обґрунтування вибору елементної бази

Таблиця 2.1- Конденсатор ЕСАР -"Jamicon" [2]

Позиційне позначення	C1
Назва компонента	Конденсатор ЕСАР
Виробник	"Jamicon"
Критерії вибору	Напруга робоча, струм, розміри, тангенс кута втрат
Параметри та характеристики	
Параметри конструкції	Див.рис.21
Номінальна напруга	25В
Номінальна ємність	100 мкФ
Допуск ємності	$\pm 20\%$
Термін служби	2000 г
Робоча температура	-55 ... 105 ° С
Тангенс кута втрат, %	0,14

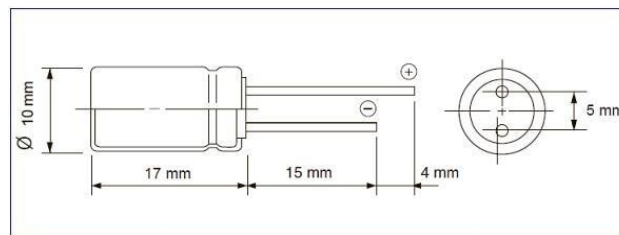


Рисунок 2.1- Габаритні розміри конденсатора типу ЕСАР

Таблиця 2.2- Резистор MFP [3]

Позиційне позначення	R1-R4, R6-R16, R18-21
Назва компонента	MFP
Виробник	Yageo
Критерії вибору	Потужність розсіювання, максимальна робоча напруга, діапазон опорів, габаритні розміри
Параметри конструкції	Див.рис.2.2
Параметри та характеристики	
номінальна потужність	0,125 Вт
діапазон номінальних опорів	1...10·10 ⁶ Ом
допустиме відхилення опору	$\pm 10\%$
максимальна робоча напруга	200В
діапазон робочих температур	-60 +70°C

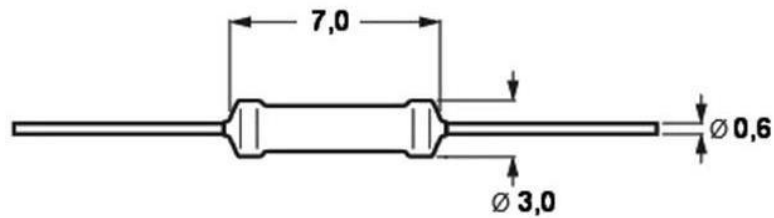


Рисунок 2.2- Габаритні розміри резисторів MFP " Yageo "

Таблиця 2.3- Конденсатор NPO - "Murata" [4]

Позиційне позначення	C2-C5
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°C...+100°C
температурний коефіцієнт ємності	+3,3%;
відносна вологість	до 98%
діапазон тиску	6,6-2942гПа
діапазони ємностей	5нФ – 0,1мкФ
група ТКЄ	H20

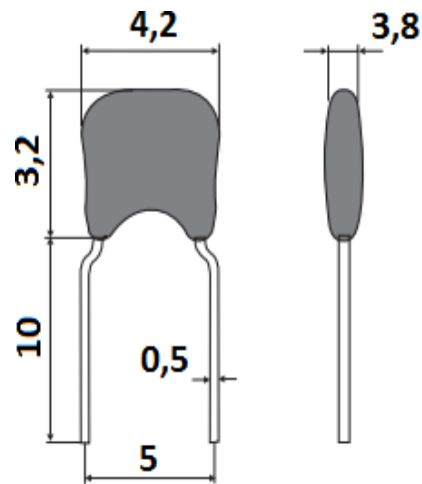


Рисунок 2.3- Габаритні розміри конденсатора NPO

Таблиця 2.4 - Змінні резистори 16K1 [5]

Позиційне позначення	R5, R17,
Назва компонента	Змінні резистори 16K1
Виробник	Song Huei
Критерії вибору	Діапазон опорів, максимальний струм, лінійна характеристика
Параметри конструкції	див.рисунок 2.4
Параметри та характеристики	
номінальний опір	10кОм, 5кОм
відхилення опору від номінального значення	±20%
тип потенціометра	однооборотний
максимальна робоча напруга	150В
кут повороту	300±5°

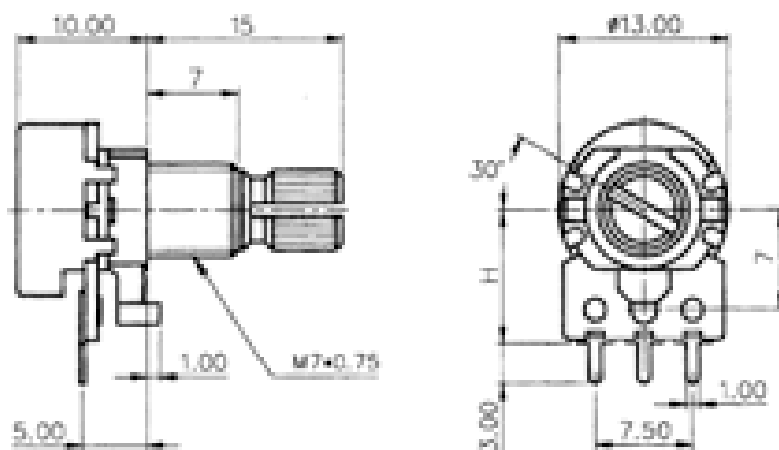


Рисунок 2.4 – Габаритні розміри змінного резистора 16K1

Таблиця 2.5 - Мікросхема LM358P "Texas Instruments" [6]

Позиційне позначення	DA2
Назва компонента	LM358P
Виробник	"Texas Instruments"
Критерії вибору	напруга живлення, вихідний струм, кількість операційних підсилювачів
Параметри та характеристики	
Тип	Подвійний операційний підсилювач
Напруга живлення	Мінімальна 3 В, максимальна: 32 В
Вихідний струм	Макс. 20 мА
Тип корпусу:	DIP-8
Кількість операційних підсилювачів	2 канали в одній мікросхемі
Вхідний опір	від 1 МΩ до 10 ¹² Ω

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ

Арк.

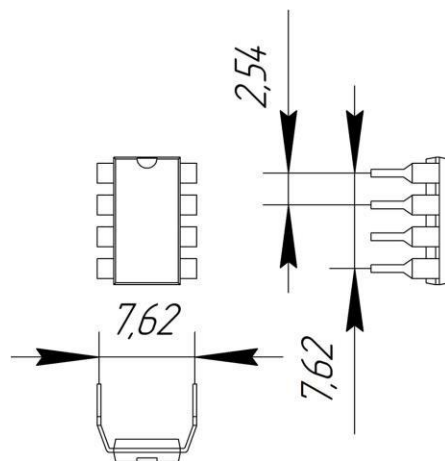


Рисунок 2.5 - Габаритні розміри мікросхеми LM358P

Таблиця 2.6 – Мікросхема L7805ABV "ST Microelectronics" [7]

Позиційне позначення	DA1
Назва компонента	Мікросхема L7805ABV
Виробник	"ST Microelectronics"
Критерії вибору	Вхідна напруга та струм, вихідна напруга, структура
Параметри та характеристики	
Вихідна напруга:	фіксована, +5 В
Максимальний вихідний струм:	до 1.5 А
Діапазон вхідної напруги:	від 7 В до 35 В
Мінімальне падіння напруги (Dropout):	близько 2 В
Точність вихідної напруги:	±4%
Корпус:	ТО-220
Захист:	вбудований тепловий захист
Робоча температура:	від 0°C до +125°C

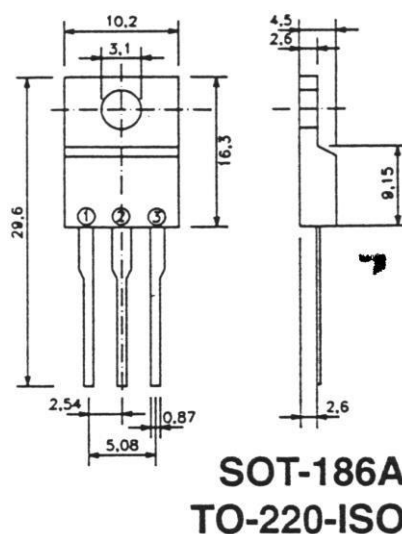


Рисунок 2.6 – Габаритні розміри мікросхеми L7805ABV

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.7 - Діод 1N4007 "Diotec" [8]

Позиційне позначення	VD1
Назва компонента	Діод 1N4007
Виробник	"Diotec"
Критерії вибору	напруга випрямлення, максимальний струм, робоча частота
Параметри конструкції	Див.рис.2.7
Параметри та характеристики	
Максимальна постійна зворотна напруга, в	1000
Максимальний прямий струм, А	1
Максимально допустимий прямий імпульсний струм, А	30
Максимальна пряма напруга, В	1,1
Робоча температура, С	-65 ... 150
корпус	do204al
Вага, г	0.4

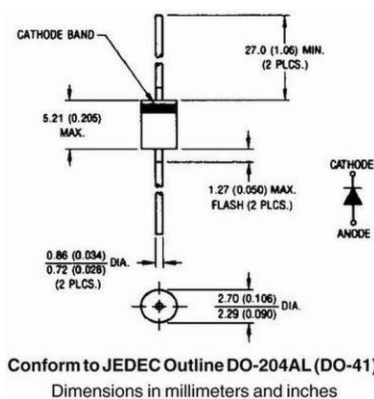


Рисунок 2.7 – Габаритні розміри діода 1N4007

Таблиця 2.8 - Мікросхема 74HC595N "HGSEMI" [9]

Позиційне позначення	DD2
Назва компонента	Мікросхема 74HC595N "HGSEMI"
Виробник	"HGSEMI"
Критерії вибору	Напруга живлення, струм живлення, відповідність схемі
Параметри та характеристики	
Напруга живлення	4,75 - 5,25 В
Вхідна напруга низького рівня	<0,4 В
Вхідна напруга високого рівня	> 2,4 В
Вхідний струм низького рівня	<16 мА
Вихідний струм високого рівня	<-0,8 мА
Тривалість фронту і зрізу вхідного імпульсу	<150 нс
Температура навколишнього середовища	-10 + 70 ° С

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

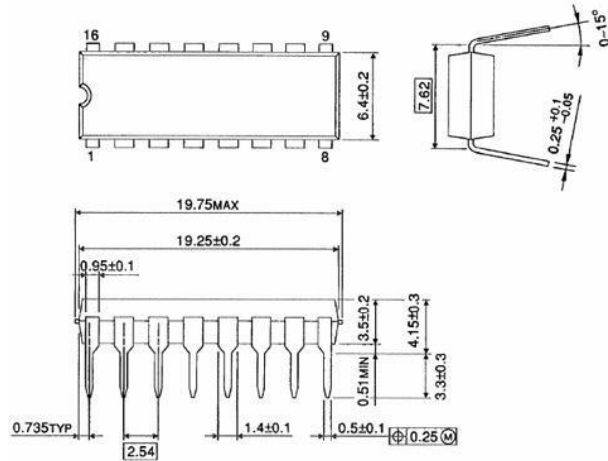


Рисунок 2.8 – Габаритні розміри мікросхеми 74HC595N "HGSEMI"

Таблиця 2.9 – Мікросхема PIC16F676-I/P "Microchip" [10]

Позиційне позначення	DD1
Назва компонента	Мікросхема PIC16F676-I/P "Microchip" "Microchip"
Виробник	"Microchip"
Критерії вибору	Вхідна напруга та струм, вихідна напруга
Параметри та характеристики	
Корпус	DIP-14
Напруга живлення (VDD)	2,0–5,5 В
Робоча частота	до 20 МГц
Споживання струму	~100 μ A
Температурний діапазон	–40...+125 °C
Архітектура	8-бітний RISC мікроконтролер
Тактовий генератор	внутрішній RC-осцилятор (до 4 МГц)

14-pin plastic DIP
(DIP-14P-M02)

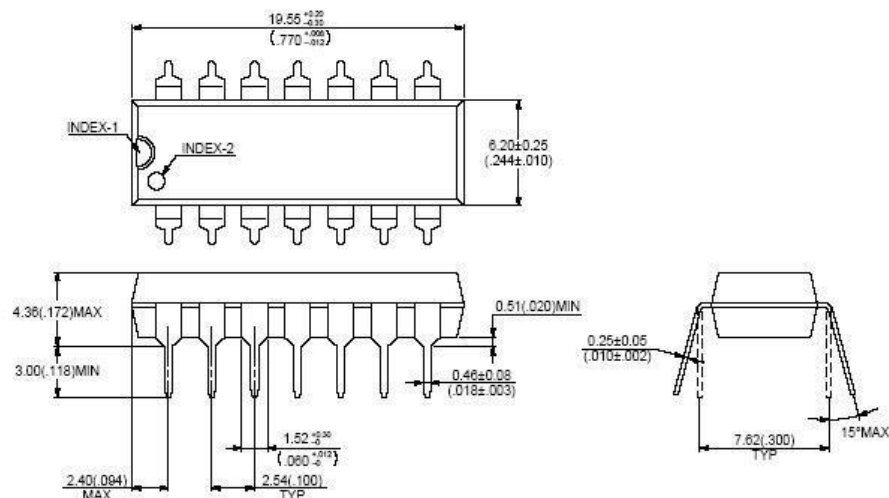


Рисунок 2.9 – Габаритні розміри мікросхеми PIC16F676-I/P "Microchip"

Таблиця 2.10 – Цифровий індикатор BC56-12EWA "Kingbright" [11]

Позиційне позначення	HG1
Назва компонента	Індикатор BC56-12EWA "Kingbright"
Виробник	Kingbright
Критерії вибору	Розмір, функції, параметри
Параметри конструкції	Див.рис.2.10
Параметри та характеристики	
Додатковий символ	точка
Колір світіння	червоний
Довжина хвилі, нм	640
Мінімальна сила світла Іv хв., Мкд	8
Максимальна сила світла Іv макс., Мкд	24
Кількість сегментів	7
Кількість розрядів	3
Робоча температура, С	-40 ... 85
Вага, г	6.19.
Висота знака, мм	14.22

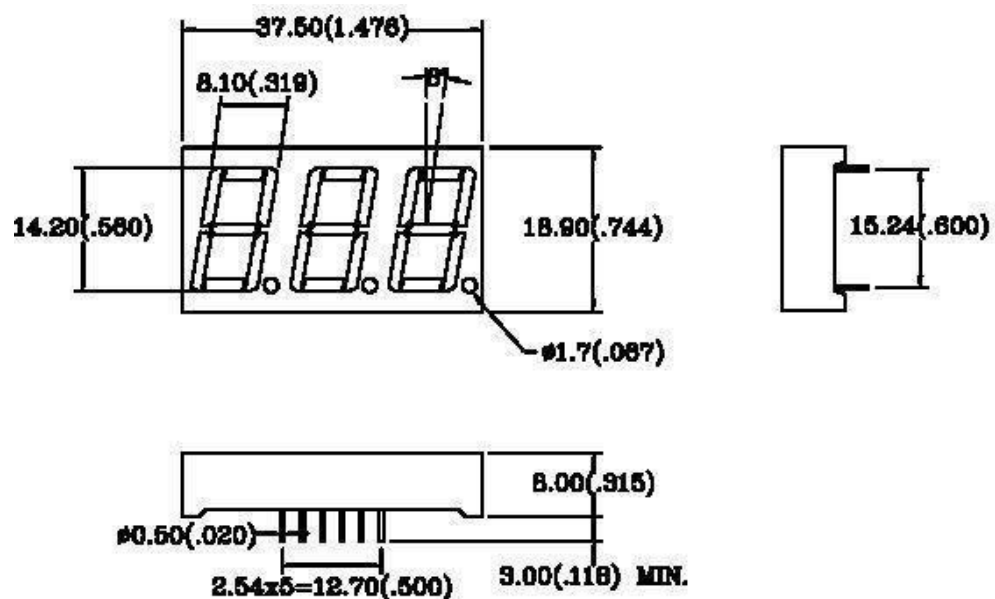


Рисунок 2.10 - Габаритні розміри індикатора BC56-12EWA "Kingbright"

2.1.4 Розрахунок електричних параметрів окремих каскадів

Для розрахунку стабілізаторів напруги на ІМС, як правило, необхідні наступні початкові дані: номінальне значення вихідної напруги $U_{ст\ вих\ ном}$; граничні значення вихідної напруги $U_{ст\ вих\ min}$, $U_{ст\ вих\ max}$; мінімальний і

максимальний струми навантаження $I_{H \min}$, $I_{H \max}$; температурна нестабільність напруги вхідної α_U ; нестабільність вихідної напруги K_{HCTU} або коефіцієнт пульсацій вихідної напруги K_P ; коефіцієнт стабілізації напруги K_{CTU} ; внутрішній опір стабілізатора $R_{CT \text{ вих}}$; температурний коефіцієнт γ .

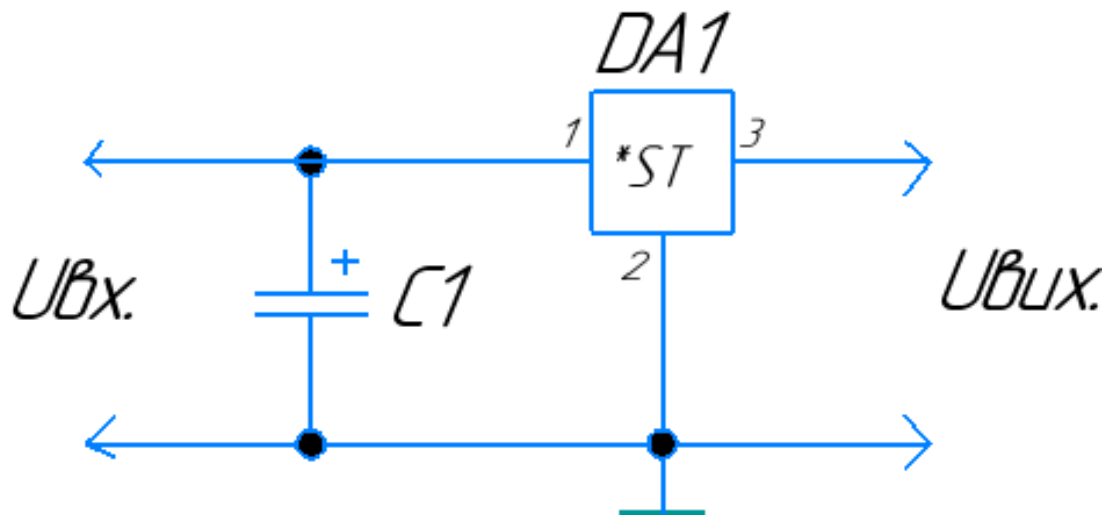


Рисунок 2.11– Електрична принципова схема стабілізатора і конденсатора

Вибір ІМС виконується за заданими $U_{CT \text{ вих}}$, $I_{CT \text{ вих max}}$, K_{CTU} , γ , $R_{CT \text{ вих}}$ із рисунка 2.12. Бажано віддавати перевагу тим ІМС, які працюють з меншою кількістю зовнішніх елементів. При цьому повинні виконуватися наступні умови

$$U_{IMC \text{ вих}} \geq U_{CT \text{ вих}}$$

$$I_{IMC \text{ вих max}} \geq I_{H \text{ max}}$$

$$K_{IMC \text{ CTU}} \geq K_{CTU}$$

Тип ІМС	$U_{CT BX},$ В (min... max)	$U_{CT BIX},$ В (min... max)	$K_{ист},$ %, $\frac{B}{A}$ не більше за	$K_{ист},$ %, $\frac{A}{B}$ не більше за	$K_{CT CT},$ дБ на 1кГц не більше за	$\alpha_U,$ %, °С не більше за	$I_{CT BIX},$ А (max)	$P_{CT P03},$ Вт без радіатора/ з радіатором	$I_{CT CP},$ мА	$U_{CT ПД},$ В не більше за
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
K142EH1A	9...20	3...12	0,5	0,5	-	0,01	0,15	0,7/0,8	4	4
K142EH1Б	9...20	3...12	0,2	0,2	-	0,01	0,15	0,7/0,8	4	4
K142EH1B	9...20	3...12	0,8	2,0	-	0,05	0,15	0,7/0,8	4	4
K142EH1Г	9...20	3...12	0,8	1,0	-	0,05	0,15	0,7/0,8	4	4
K142EH2A	20...40	12...30	0,5	0,5	-	0,01	0,15	0,7/0,8	4	4
K142EH2Б	20...40	12...30	0,2	0,2	-	0,01	0,15	0,7/0,8	4	4
K142EH2B	20...40	12...30	0,8	2,0	-	0,05	0,15	0,7/0,8	4	4
K142EH2Г	20...40	12...30	0,8	1,0	-	0,05	0,15	0,7/0,8	4	4
KT42EH3	9...45	3...30	0,05	0,25	-	0,01	1	1,4/4	10	3
K142EH4	9...45	3...30	0,05	0,25	-	0,01	1	1,4/4	10	4
K142EH5A	7,5...15	4,9...5,1	0,05	1	70	0,02	3	1,2/10	10	2,5
K142EH5Б	8,5...15	5,88...6,12	0,05	1	70	0,02	3	1,2/10	10	2,5
K142EH5B	7,5...15	4,9...5,1	0,05	1	70	0,02	2	1,2/10	10	2,5
K142EH5Г	8,5...15	5,88...6,12	0,05	1	70	0,02	2	1,2/10	10	2,5
KP142EH5A	7,5...15	4,9...5,1	0,05	2	60	0,03	-	1,2/10	10	2,5
KP142EH5Б	8,5...15	5,88...6,12	0,05	2	60	0,03	3	1,2/10	10	2,5
KP142EH5B	7,5...15	4,82...5,18	0,05	2	60	0,03	2	1,2/10	10	2,5
KP142EH5Г	8,5...15	5,8...6,2	0,05	2	60	0,03	2	1,2/10	10	2,5
KP142EH6A	~...40	14,7...15,3	0,0015	0,3	30	0,02	0,2	1,4/5	7,5	2,5
KP142EH6Б	~...40	14,7...15,3	0,005	0,3	30	0,02	0,2	1,4/5	7,5	2,5
K142EH6B	~...40	14,7...15,3	0,0025	0,3	30	0,02	0,2	1,4/5	7,5	2,5
K142EH6Г	~...40	14,7...15,3	0,0075	0,3	30	0,02	0,2	1,4/5	7,5	2,5
142EH8A	11,5...35	8,73...9,27	0,05	0,67	40	0,02	1,5	~9	10	2,5
142EH8Б	11,5...35	11,64...12,36	-	-	-	-	-	-	-	-

Рисунок 2.12 – Параметри стабілізаторів

Було обрано стабілізатор L7805ABV "ST Microelectronics", який має параметри такі як в KP142EH1A.

Незалежно від типу обраної ІМС визначаємо наступні параметри

$$U_{CT BX \min} \equiv U_{CT BIX \max} + U_{CT ПД} \quad (2.1)$$

$$U_{CT BX \min} \equiv 5,1 + 2,5 = 7,6 \text{ В}$$

$$U_{CT BX} \equiv \frac{U_{CT BX \min}}{1 - \alpha_-} \quad (2.2)$$

$$U_{CT BX} \equiv \frac{7,6}{1 - 0,03} = \frac{7,6}{0,997} = 7,62 \text{ В}$$

$$U_{CT BX \max} \equiv U_{CT BX} (1 + \alpha_{(+)}) \quad (2.3)$$

$$U_{CT BX \max} \equiv 7,62(1 + 0,03) = 7,62 + 1,03 = 8,65 \text{ В}$$

де $\alpha(+)$, $\alpha(-)$ – найбільше позитивне та негативне відносне змінювання вхідної напруги.

Можливі граничні значення ККД

$$\eta_{\max} \equiv \frac{U_{CT\ BX\ \max}}{U_{CT\ BX\ \min}} \quad (2.4)$$

$$\eta_{\max} \equiv \frac{8,65}{7,6} = 1,14$$

$$\eta_{\min} \equiv \frac{U_{CT\ BX\ \min}}{U_{CT\ BX\ \max}} \quad (2.5)$$

$$\eta_{\min} \equiv \frac{7,6}{8,65} = 0,89$$

Передбачається, що струм споживаний стабілізатором є малим

$$I_{CT\ ВИХ} \equiv I_{CT\ ВХ} \cdot$$

Визначення ємності конденсатора за формулою:

$$C_0 = \frac{H}{rK_{i0}} \quad (2.6)$$

де C_0 – ємність, мкФ;

Коефіцієнт пульсацій $K_{п0}=0,03$ %;

r – опір, Ом.

$$C_0 = \frac{30}{10 \cdot 0,03} = 100(\text{мкФ})$$

Розраховуємо робочу напругу:

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

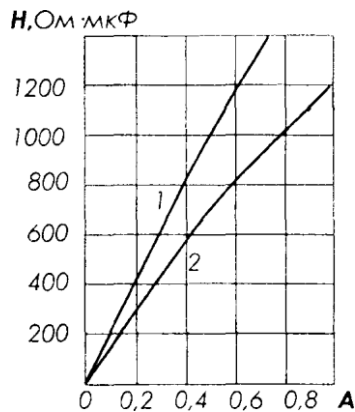


Рисунок 2.13 – Графік для визначення коефіцієнта Н:

$$U_{роб} = \sqrt{2} U_{2x} \quad (2.7)$$

$$U_{роб} = 1,4 \cdot 18 = 25,2(B)$$

Вибираємо тип конденсатора з довідника за параметрами $C_{0\text{ ном}}$ і $U_{роб}$.
Вибираємо електролітичний конденсатор типу ЕСАР-25 В-100 мкФ $\pm 20\%$ "Jamicon" номінальною ємністю 100 мкФ та на робочу напругу 25 В.

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 [14].

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

$$b_{\min 1} = \frac{I_{\max}}{i_{\text{доп}} \cdot t} = \frac{0,2A}{48 \frac{A}{\text{мм}^2} \cdot 0,035\text{м}} = 0,3\text{мм} \quad (2.8)$$

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

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

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$j_{доп} = 48 A/mm^2, t - \text{товщина провідника, } 35 \mu m = 0,035 \text{ мм}$$

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

$$b_{\min 2} = \frac{\rho * I_{\max} * l}{U_d * t} = \frac{0,0175 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m} * 0,2 A * 0,5 m}{0,9 B * 0,035 m} = 0,3 \text{ мм} \quad (2.9)$$

де: $\rho = 0,0175 \Omega \cdot mm^2/m$ – питомий об'ємний опір,

$L = 0,5 m$ – довжина провідника,

$U_{доп} = 2 B$ – допустиме падіння напруги.

Визначаємо номінальне значення діаметрів монтажних отворів d:

$$d = d_E + |\Delta d_{н.в.}| + r \quad (2.10)$$

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

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

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

$d_{E1} = 0,8$ - для мікросхем конденсаторів, резисторів, транзисторів.

$d_{E2} = 1,0$ – для індикатора, мікросхеми DA1, так кнопок SB1-SB2.

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

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

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

Розраховуємо діаметр контактних площадок.

$$D_{\min} = D_{1\min} + 1,5 h\phi + 0,03 \quad (2.11)$$

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

$$D_{1\min} = 2 \left(b_m + \frac{d_{\max}}{2} + \delta d + \delta p \right) \quad (2.12)$$

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$b_m = 0,06 \text{ мм.}$$

δ_d і δ_p - допуски на розташування отворів і контактних площадок;

$$\delta_d = 0,25 \text{ мм, } \delta_p = 0,4 \text{ мм.}$$

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

$$d_{max} = d + \Delta d + (0,1 \dots 0,15) \quad (2.13)$$

де: Δd - допуск на отвір.

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

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

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

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

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

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

Максимальний діаметр контактної площадки:

$$D_{max} = D_{min} + (0,02 \dots 0,06) \quad (2.14)$$

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

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

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

$$b_{min} = b_{1min} + 1,5h\phi + 0,03 \quad (2.15)$$

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

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

Визначаємо мінімальну відстань між елементами провідного матеріалу.

Мінімальна відстань між провідником і контактною площадкою:

$$S_{1min} = L - \left[\left(\frac{D_{max}}{2} + \delta p \right) + \left(\frac{d_{max}}{2} + \delta 1 \right) \right] \quad (2.16)$$

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

де: L_0 – відстань між центрами відповідних елементів;

Мінімальна відстань між двома контактними площадками:

$$S_{2min} = L_0 - (D_{max} + 2\delta_p) \quad (2.17)$$

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

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

Мінімальна відстань між двома провідниками:

$$S_{3min} = L_0 - (D_{max} + 2\delta_1) \quad (2.18)$$

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

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

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

2.1.6 Оцінка теплових режимів роботи виробу

Оцінка теплових режимів роботи проектного виробу проводиться з метою забезпечення надійної та стабільної роботи електронних компонентів протягом усього терміну експлуатації. Під час роботи пристрою частина споживаної електричної енергії перетворюється в теплову, що призводить до нагрівання окремих елементів та внутрішнього об'єму корпусу.

Основними джерелами тепловиділення у виробі є силові напівпровідникові елементи, інтегральні мікросхеми, стабілізатори напруги, резистори та інші компоненти, через які проходять значні струми. Оскільки потужність розсіювання більшості елементів є невеликою, загальне тепловиділення пристрою не перевищує допустимих значень.

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Конструкція виробу передбачає встановлення електронних компонентів на друкованій платі зі склотекстоліту, який має достатню теплопровідність для відведення тепла від елементів. Корпус виготовлений із пластмаси, що має порівняно низьку теплопровідність, проте невелика потужність тепловиділення та наявність повітряного об'єму всередині корпусу забезпечують допустимий температурний режим роботи.

Охолодження елементів здійснюється природною конвекцією повітря та теплопередачею через друковану плату і корпус виробу. Застосування примусової вентиляції не передбачається, оскільки тепловий режим залишається в межах допустимих значень для використаних компонентів.

Аналіз умов експлуатації показує, що температура електронних компонентів під час роботи не перевищує максимально допустимих значень, установлених виробниками елементної бази. Це забезпечує стабільність електричних параметрів, збереження працездатності та необхідний рівень надійності пристрою.

2.1.7 Розрахунок надійності проектного пристрою

Надійність характеризується рядом розрахункових показників, найбільш важливими з яких є інтенсивність відмов, середнє напрацювання до відмови, імовірність безвідмовної роботи. Надійність – це властивість виробу виконувати задані функції в певних умовах експлуатації при збереженні значень основних параметрів в заданих межах. Імовірність безвідмовної роботи вказує на те, яка частина виробів із заданої їх кількості буде працювати безвідмовно протягом заданого часу. Інтенсивністю відмов називають кількість відмов за одиницю часу, що приходить на один виріб, який продовжує працювати в даний момент часу. Середнє напрацювання до відмови знаходять при перевірці великої кількості виробів. Чим більше значення ТСР, тим краща надійність виробу. Розрахунок надійності проектного виробу проводимо за допомогою спеціальної програми NAD_Release [13]:

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.11 - Вихідні дані для розрахунку надійності

п/п	Назва групи елементів	К-сть шт.	$K_{нопр}$	$I_{відм} * 1e-06$	$K-сть * K_{нав} від * 1e-06$
1	Мікросхеми	4	1	0,03	0,12
2	Діоди	1	0,35	0,7	0,245
3	Конденсатори електролітичні	1	0,4	2,4	0,96
4	Конденсатори керамічні	3	0,1	1,4	0,42
5	Резистори постійні	19	0,42	0,8	6,384
6	Резистори змінні	2	0,1	5	4,2
7	Індикатор	1	1	40	40
8	Друкована плата	1	1	0,1	0,1
9	Пайки	118	1	0,02	2,36
10	Роз'єм	5	1	0,05	0,25
11	Кнопки	2	1	2,2	4,4

Коефіцієнти впливу:

Коефіцієнт механічних впливів: 1;

Коефіцієнт впливу вологості і температури: 1;

Коефіцієнт атомосферних впливів: 1;

Результати розрахунку:

Інтенсивність відмов: $5.9439e-005$ 1/год

Середня наробка до відмови: 16824.0 год.

Розрахунок ймовірності безвідмовної роботи $P(t)$:

$t = 10$ год. $P(t) = 0.999406$

$t = 100$ год. $P(t) = 0.994074$

$t = 1000$ год. $P(t) = 0.942293$

$t = 10000$ год. $P(t) = 0.551899$

$t = 100000$ год. $P(t) = 0.002622$

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

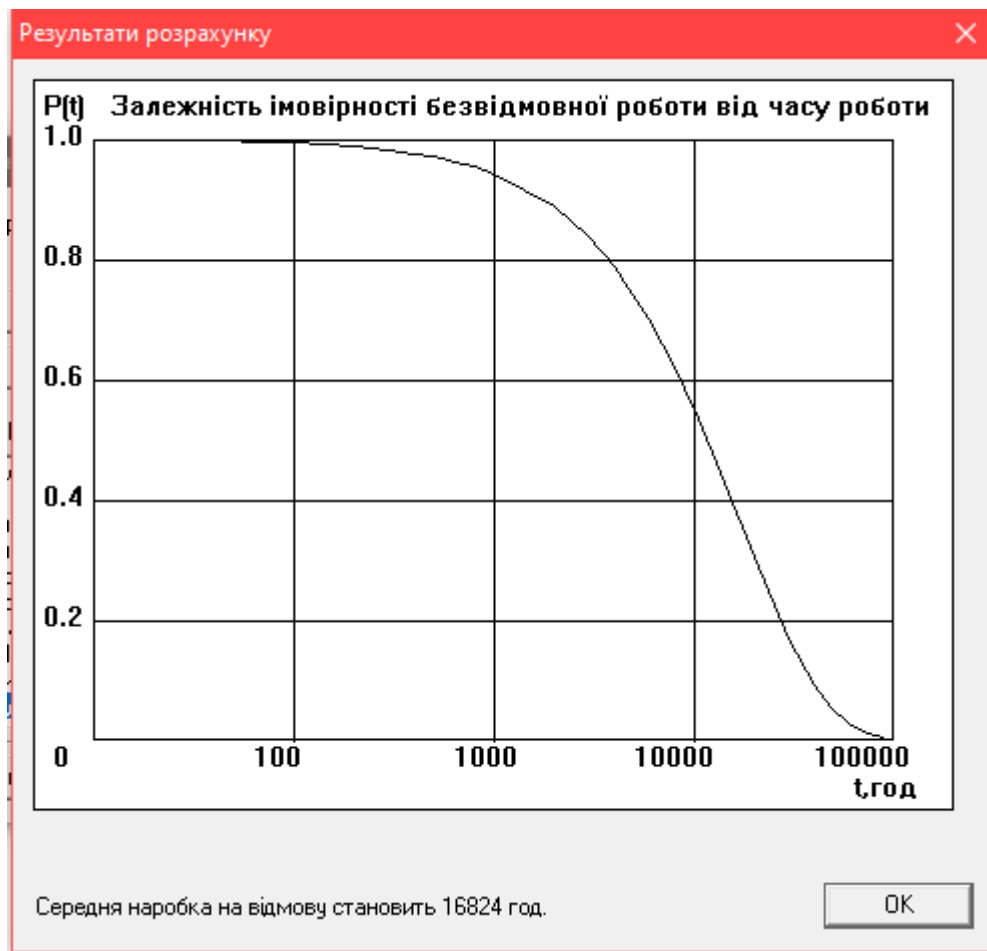


Рисунок 2.14 - Графік залежності імовірності безвідмовної роботи від часу

Напрацювання на відмову становить 16824 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 проектного виробу проведено з метою оцінки його конструктивних особливостей, технологічності виготовлення, надійності та економічної доцільності виробництва.

Конструкція виробу побудована на основі друкованої плати, на якій розміщені всі необхідні електронні компоненти. Застосування друкованого монтажу дозволяє зменшити габаритні розміри пристрою, підвищити

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

надійність електричних з'єднань та спростити процес складання. Компактне розташування елементів забезпечує ефективне використання площі друкованої плати та внутрішнього об'єму корпусу.

Для виготовлення корпусу використано пластмасу, що дозволяє зменшити масу виробу, забезпечити його електробезпеку та знизити витрати на виготовлення. Конструкція корпусу складається з двох частин, які з'єднуються між собою гвинтами, що забезпечує простоту складання, ремонту та технічного обслуговування пристрою.

При проектуванні виробу використано доступну елементну базу серійного виробництва. Більшість застосованих компонентів широко представлені на ринку електронних виробів, що спрощує комплектування та зменшує собівартість продукції. Уніфікація кріпильних елементів і використання стандартних комплектуючих також сприяють зниженню виробничих витрат.

Конструкція виробу є технологічною, оскільки не потребує складного механічного оброблення деталей, використання спеціального обладнання або трудомістких операцій під час складання. Монтаж основних елементів виконується на друкованій платі, що забезпечує можливість автоматизації окремих виробничих процесів.

З економічної точки зору виріб характеризується невисокою матеріаломісткістю, незначними витратами на виготовлення корпусу та застосуванням доступної елементної бази. Це дозволяє отримати конкурентоспроможний пристрій із прийнятною собівартістю та достатньо високими технічними характеристиками.

Даний пристрій відноситься до вимірювальних приладів. Його напруга живлення становить 12В, а струм споживання 0,2А. Тому потужність буде рівна:

$$P=I*U=0,2*12=2,4 \text{ (Вт)} \quad (2.19)$$

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Технологічна частина

2.2.1 Загальні відомості про складання і монтаж проектованого виробу

Проектований виріб виконаний на друкованій платі розміром 100×89,5 мм. Завдяки компактному розташуванню елементної бази вдалося мінімізувати габарити плати та забезпечити раціональне використання її площі. Більшість електронних компонентів розміщено на одній стороні друкованої плати. На протилежному боці встановлені елементи керування та індикації, зокрема індикатор HG1 і кнопки керування SB1–SB2.

Корпус пристрою виготовлений із пластмаси, що характеризується достатньою механічною міцністю, невеликою масою, хорошими електроізоляційними властивостями та привабливим зовнішнім виглядом. Габаритні розміри корпусу становлять 105×130×51 мм. Конструктивно корпус складається з двох коритоподібних кришок, які з'єднуються між собою чотирма гвинтами.

Монтаж друкованої плати до верхньої кришки корпусу здійснюється за допомогою чотирьох гвинтів і шайб. На верхній кришці також закріплюються змінні резистори регулювання струму та напруги, захисне скло індикатора, накладки кнопок керування та роз'єми. Кріплення зазначених елементів виконується за допомогою гвинтових з'єднань, гайок і шайб. Роз'єм живлення встановлюється у спеціально передбачений паз між двома частинами корпусу.

Оскільки всі електрорадіоелементи змонтовані на друкованій платі, додаткового кріплення всередині корпусу вони не потребують. Обрана елементна база забезпечує реалізацію всіх функціональних можливостей пристрою, відзначається доступністю, надійністю та економічною доцільністю використання.

Складання виробу виконується шляхом монтажу електронних компонентів на друковану плату, перевірки якості паяних з'єднань,

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

встановлення плати та допоміжних елементів у корпус, після чого проводиться остаточне складання корпусу та контроль працездатності пристрою.

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

Технологічність конструкції виробу визначається можливістю його виготовлення, складання та контролю з мінімальними затратами праці, матеріалів і часу при забезпеченні необхідної якості та надійності. Конструкція проектного виробу відповідає основним вимогам технологічності, оскільки містить невелику кількість складальних одиниць, використовує стандартні комплектуючі та не потребує виконання складних механічних операцій.

Виріб побудований на основі друкованої плати, що дозволяє значно зменшити кількість монтажних робіт, підвищити якість електричних з'єднань та забезпечити високу повторюваність виробничого процесу. Більшість елементів встановлюється безпосередньо на друковану плату, що спрощує складання та подальше технічне обслуговування виробу.

Конструкція корпусу складається з двох пластмасових частин, які з'єднуються між собою стандартними гвинтовими з'єднаннями. Таке рішення забезпечує простий доступ до внутрішніх вузлів під час ремонту та налагодження пристрою. Для кріплення плати, роз'ємів та органів керування використовуються стандартні кріпильні вироби, що сприяє уніфікації конструкції та зниженню собівартості виробництва.

Для виконання монтажних робіт застосовуються такі інструменти:

- електричний паяльник потужністю 25–40 Вт;
- підставка для паяльника;
- бокорізи для обрізання виводів компонентів;
- пінцет для встановлення дрібних елементів;
- викрутки для монтажу кріпильних деталей;
- плоскогубці та круглогубці для формування виводів;

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- мультиметр для контролю електричних параметрів та перевірки монтажу.

Під час складання можуть використовуватися допоміжні пристосування:

- тримач друкованих плат;
- монтажний стіл з антистатичним покриттям;
- пристрої для фіксації корпусних деталей;
- лупа або збільшувальна лампа для візуального контролю якості монтажу.

Як технологічна оснастка використовуються трафарети для свердління та розмітки корпусу, шаблони для встановлення елементів, а також контрольним вимірювальне обладнання для перевірки працездатності виробу після складання.

Проведена оцінка показує, що конструкція виробу є технологічною, зручною для складання та контролю, не потребує застосування складної спеціальної оснастки й забезпечує можливість виготовлення як в умовах дрібносерійного, так і серійного виробництва.

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

Друкована плата проектного виробу виконана у двосторонньому варіанті, що дозволяє забезпечити високу щільність монтажу, оптимальне трасування провідників та зменшення габаритів пристрою. Двошарова структура також сприяє покращенню електричних характеристик за рахунок скорочення довжини міжз'єднань і зменшення паразитних параметрів.

Виготовлення друкованої плати здійснюється комбінованим методом, який поєднує субтрактивну технологію формування провідникового рисунка та технологічні операції з металізації монтажних і перехідних отворів. Такий підхід забезпечує високу точність формування провідників і надійність електричних з'єднань між шарами плати.

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технологічний процес починається з підготовки основи. Як базовий матеріал використовується склотекстоліт типу FR-4, що має високі діелектричні властивості, достатню механічну міцність і термостійкість, необхідні для роботи електронних пристроїв, зокрема підсилювачів потужності. З обох боків основи нанесено мідну фольгу товщиною 35 мкм, яка є провідниковим шаром для формування електричної схеми.

Формування топології плати здійснюється методом фотолітографії. На поверхню наноситься шар фоторезисту, після чого виконується експонування через фотошаблон і подальше проявлення. Далі проводиться хімічне травлення міді, у результаті якого видаляються зайві ділянки металу та утворюється необхідний рисунок провідників. Для двосторонніх плат важливим є точне суміщення верхнього та нижнього шарів, що забезпечується технологічними базовими отворами та мітками.

Наступним етапом є свердління монтажних і перехідних отворів. Перехідні отвори (via) забезпечують електричне з'єднання між шарами друкованої плати. Після свердління виконується металізація отворів, яка формує провідний шар всередині отворів і забезпечує надійний електричний та механічний контакт.

Завершальні операції включають нанесення паяльної маски, що захищає провідники від окиснення та виключає можливість коротких замикань, а також нанесення маркування елементів схеми. Для покращення паяльних властивостей контактних майданчиків може застосовуватися фінішне покриття (лудіння або HASL).

Основним конструкційним матеріалом є склотекстоліт FR-4, який забезпечує необхідний рівень електричної ізоляції, механічну міцність і термостійкість. Провідниковий шар виконується з міді товщиною 35 мкм, що є стандартним рішенням для більшості друкованих плат і забезпечує достатню струмопровідність.

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До допоміжних матеріалів належать фоторезисти, які використовуються для формування захисного рисунка провідників під час фотолітографії, а також хімічні розчини для травлення міді (хлорид заліза або персульфат амонію). Для монтажу елементів застосовуються припої та флюси, що забезпечують якісне паяння та надійність електричних з'єднань.

Додатково використовуються паяльна маска та захисні лакофарбові покриття, які підвищують довговічність плати, захищають провідники від вологи, окиснення та механічних пошкоджень. Сукупність вибраних матеріалів забезпечує технологічність виготовлення, надійність роботи та стабільні електричні характеристики друкованої плати.

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:

$$K_{\text{вик.імс}} = \frac{H_{\text{імс}}}{H_{\text{імс}} + H_{\text{епе}}} = \frac{4}{4 + 32} = 0,11 \quad (2.20)$$

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

$$K_{\text{а.м}} = \frac{H_{\text{а.м}}}{H_{\text{м}}} = \frac{100}{116} = 0,86 \quad (2.21)$$

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.

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$K_{М.П.ЕРЕ} = \frac{H_{М.П.ЕРЕ}}{H_{ЕРЕ}} = \frac{29}{32} = 0,91 \quad (2.22)$$

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

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

$$K_{ПОВТ.ЕРЕ} = 1 - \frac{H_{Т.ЕРЕ}}{H_{ЕРЕ}} = 1 - \frac{26}{32} = 0,2 \quad (2.23)$$

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

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

$$K_{ЗАСТ.ЕРЕ} = 1 - \frac{H_{Т.ОР.ЕРЕ}}{H_{Т.ЕРЕ}} = 1 - \frac{32}{32} = 0 \quad (2.24)$$

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:

$$K_{ВСТ.Р} = 1 - \frac{H_{ВСТ.Р}}{H_{ЕРЕ}} = 1 - \frac{6}{32} = 0,81 \quad (2.25)$$

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

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

$$K_{\Phi} = \frac{D_{np}}{D} = \frac{1}{1} = 1 \quad (2.26)$$

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Комплексний показник технологічності K визначається за формулою

$$K = \frac{K_1\phi_1 + K_2\phi_2 + \dots + K_i\phi_i}{\phi_1 + \phi_2 + \dots + \phi_i} = \frac{0,11*1 + 0,86*1 + 0,91*0,75 + 0,2*0,5 + 0*0,310 + 0,81*0,187 + 1*0,110}{1 + 1 + 0,75 + 0,5 + 0,310 + 0,187 + 0,110} = 0,5 \quad (2.27)$$

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:

$$\frac{K}{K_n} \geq 1 \quad (2.28)$$

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

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

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

Маршрутно-операційна технологія складання включає в себе наступні кроки:

- установка друкованого вузла у нижню частину корпусу;
- кріплення друкованого вузла до нижньої частини корпусу за допомогою чотирьох гвинтів;
- кріплення гнізд, резисторів на верхню кришку;
- кріплення гнізда живлення;
- кріплення скла під індикатор та накладок під кнопки;

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- фіксація кришок та ніжок за допомогою гвинтів.

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

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

					26 КР 172.402.015.000.000 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:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

При цьому вартість обладнання складає:

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

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

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

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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

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

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

4) Загальний обсяг виробничих інвестицій розраховується за формулою:

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

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

5) Величина амортизаційних відрахувань розраховується за формулою:

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

$$A = \frac{3300 \times 25}{100} = 1031,25 \text{ (грн.)}$$

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

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

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

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 - Розрахунок річних амортизаційних відрахувань

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

3.2 Розрахунок собівартості продукції

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

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

Виробнича собівартість

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

Повна собівартість

Рекомендації щодо розрахунку статей калькуляції собівартості продукції.

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

$$B_M = 603 \times 1,04 = 627,12 \text{ (грн.)}$$

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

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

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

K_{Tp} - коефіцієнт, що враховує транспортні витрати на доставку матеріалів до підприємства (для розрахунку приймається в розмірі 4 % від вартості матеріалів: $K_{Tp}=1.04$). 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	80	80
3	Кришка верхня	1	80	80
4	Мікросхема	4	40	160
5	Конденсатори електролітичні	1	10	10
6	Конденсатори постійні	4	1	4
7	Резистори постійні	18	0,5	9
8	Індикатор	1	100	100
9	Резистор змінний	2	10	20
10	Кнопка	2	10	20
11	Роз'єм	4	20	40
12	Діод	1	5	5
				603

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

3) Витрати на основну заробітну плату виробничих працівників ($B_{o.z.pl.}$):

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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

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

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

Таблиця 3.3- Розрахунок основної заробітної плати

№ з/п	Назва операції	$T_{\text{шт}}$, хв.	Розряд	Годинна тарифна ставка, $(C_{\text{г}})$, грн/год
1	Пайка	14	V	220
2	Регулювання	10	V	220
3	Складання	8	V	220
	Всього	32		

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

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

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

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

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

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

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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

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

$$B_{\text{уео}} = \frac{82}{100} \times (117,33 + 12,91) = 106,8 \text{ (грн.)}$$

де $\alpha_{\text{уео}}$ - відсоток витрат на утримання та експлуатацію обладнання (приймається 82%);

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

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

$$B_{\text{зв}} = \frac{170}{100} \times (117,33 + 12,91) = 221,41 \text{ (грн.)}$$

де $\alpha_{\text{зв}}$ - відсоток загальновиробничих витрат (приймають 170%).

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

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

$$S_{\text{вир}} = 627,12 + (117,33 + 12,91 + 28,65) + 106,8 + 221,41 = 1114,22 \text{ (грн.)}$$

					26 КР 172.402.015.000.000 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	627,12
2	Основна заробітна плата виробничих робітників	117,33
3	Додаткова заробітна плата виробничих робітників	12,91
4	Відрахування на соціальні заходи	28,65
5	Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	106,8
6	Загальновиробничі витрати	221,41
Разом виробнича собівартість (сума 1-6), в тому числі:		1114,22
7	-змінні (сума 1-4) $B_{зм.од}$	786,01
8	-умовно-постійні (сума 5-6) $B_{уп.од}$	328,21

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

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

$$C_{од}_{пр} = 1114,22 \times \frac{100 + 37}{100} = 1526,48 \text{ (грн.)}$$

де $\alpha_{пр}$ —відсоток запланованого прибутку (приймається 37%);

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:

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

$$П_p = (1526,48 - 1114,22) \times 1500 = 618390 \text{ (грн),}$$

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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

2) Чистий прибуток від реалізації проекту розраховується за формулою:

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

$$\text{ЧП} = 618390 - 618390 \times \frac{18}{100} = 507079,8 \text{ (грн.)}$$

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:

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

$$S_{повq} = 1114,22 \times 1500 = 1671330 \text{ (грн.)}$$

4) Рентабельність продукції визначається за формулою:

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

$$P_{п} = \frac{507079,8}{1671330} \times 100\% = 30,34 \%$$

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:

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

$$\Gamma\Pi = 507079,8 + 1031,25 = 508111,05 \text{ (грн.)},$$

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

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

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

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

за формулою:

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

$$\text{ЧТВ} = 461919,14 - 229125 = 232794,14 \text{ (грн.)}$$

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:

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

$$\text{ТВ} = \frac{508111,05}{(1 + 0,1)^1} = 461919,14 \text{ (грн.)}$$

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:

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

$$\text{ІП} = \frac{461919,14}{229125} = 2,02$$

					26 КР 172.402.015.000.000 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:

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

$$\text{Ток}_{\text{диск}} = \frac{229125}{461919,14} = 0,45р$$

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

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

$$\text{ГП}_{\text{диск}} = \frac{461919,14}{1} = 461919,14 \quad (\text{грн.})$$

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.	1500
2	Собівартість виробу	грн./од.	1114,22
3	Ціна одиниці виробу	грн./од.	1526,48
4	Початкові інвестиції для реалізації інвестиційного проекту	грн.	229125
5	Чистий прибуток	грн.	507079,8
6	Рентабельність виробу	%	30,34
8	Чиста теперішня вартість проекту	грн.	232794,14
9	Індекс прибутковості	-	2,02
10	Дисконтований термін окупності інвестицій	років	0,45

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Інструкції з охорони праці, їх поділ

Інструкції з охорони праці є важливим елементом системи управління охороною праці на підприємстві. Вони встановлюють обов'язкові для виконання вимоги безпеки під час виконання робіт, користування обладнанням, перебування на робочому місці, а також визначають правила поведінки працівників у небезпечних ситуаціях. Саме інструкції забезпечують практичну реалізацію законодавчих та нормативних вимог у сфері охорони праці на рівні конкретного підприємства.

Інструкції з охорони праці розробляються на основі чинного законодавства України, державних стандартів, правил безпеки, санітарних норм, а також з урахуванням специфіки діяльності підприємства, умов праці та використовуваного обладнання. Вони затверджуються роботодавцем або уповноваженою особою і є обов'язковими для виконання всіма працівниками без винятку.

Основною метою інструкцій з охорони праці є запобігання виробничому травматизму, професійним захворюванням, аваріям та іншим небезпечним подіям. Вони також сприяють формуванню у працівників відповідального ставлення до власної безпеки та безпеки оточуючих.

Зміст інструкцій, як правило, має чітко визначену структуру. У більшості випадків вони включають такі розділи: загальні положення, вимоги безпеки перед початком роботи, вимоги безпеки під час виконання роботи, вимоги безпеки після закінчення роботи та вимоги безпеки в аварійних ситуаціях. Така структура дозволяє системно викласти правила безпечної поведінки на всіх етапах трудового процесу.

У розділі «Загальні положення» зазначаються основні вимоги до працівника, його права та обов'язки, а також умови допуску до роботи. Тут

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

можуть бути визначені вимоги щодо проходження медичних оглядів, навчання, інструктажів, використання засобів індивідуального захисту.

Розділ «Вимоги безпеки перед початком роботи» містить перелік дій, які працівник повинен виконати перед початком роботи: перевірка справності обладнання, інструментів, засобів захисту, підготовка робочого місця.

У розділі «Вимоги безпеки під час роботи» визначаються правила безпечного виконання робіт, порядок користування обладнанням, заборонені дії, а також заходи щодо запобігання небезпечним ситуаціям.

Розділ «Вимоги безпеки після закінчення роботи» включає правила вимкнення обладнання, прибирання робочого місця, здачі інструментів та повідомлення про виявлені недоліки.

У розділі «Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях» описуються дії працівника у разі виникнення пожежі, аварії, нещасного випадку або інших небезпечних ситуацій.

Інструкції з охорони праці поділяються за кількома ознаками. Найбільш поширеним є поділ за сферою застосування. За цією ознакою виділяють типові та місцеві інструкції. Типові інструкції розробляються на державному або галузевому рівні і мають рекомендаційний характер. Вони є основою для створення місцевих інструкцій на підприємстві. Місцеві інструкції розробляються безпосередньо на підприємстві з урахуванням конкретних умов праці.

Іншим важливим критерієм є поділ за професіями та видами робіт. Відповідно до цього виділяють:

- інструкції для окремих професій (наприклад, для електромонтера, зварювальника, оператора верстатів);
- інструкції для окремих видів робіт (наприклад, роботи на висоті, роботи з електроінструментом, вантажно-розвантажувальні роботи).

Такий поділ дозволяє максимально точно врахувати специфіку виконуваних робіт і забезпечити належний рівень безпеки.

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Існує також поділ інструкцій за характером їх дії. За цією ознакою вони можуть бути постійними та тимчасовими. Постійні інструкції діють безстроково або протягом визначеного періоду до їх перегляду. Тимчасові інструкції розробляються для виконання разових або тимчасових робіт, а також у разі впровадження нових технологій або обладнання.

Ще одним критерієм поділу є рівень затвердження. Інструкції можуть бути затверджені керівником підприємства або керівниками структурних підрозділів у межах їх повноважень. Водночас усі інструкції повинні відповідати вимогам чинного законодавства.

Важливим аспектом є порядок розроблення, погодження та перегляду інструкцій. Вони розробляються службою охорони праці або відповідальними спеціалістами, погоджуються з профспілкою (за її наявності) та затверджуються керівником підприємства. Перегляд інструкцій здійснюється не рідше одного разу на 3–5 років або у разі зміни умов праці, технології, обладнання чи законодавства.

Ознайомлення працівників з інструкціями є обов'язковим. Кожен працівник повинен бути ознайомлений з інструкцією під підпис перед початком роботи. Крім того, інструкції використовуються під час проведення інструктажів з охорони праці.

Особливе значення має контроль за дотриманням вимог інструкцій. Порушення інструкцій може призвести до нещасних випадків, аварій, травмування працівників, а також до притягнення винних осіб до дисциплінарної, адміністративної або кримінальної відповідальності.

Інструкції з охорони праці є не лише формальним документом, а й важливим інструментом забезпечення безпеки праці. Їх ефективність залежить від якості розроблення, актуальності, доступності для працівників та рівня контролю за їх виконанням.

Підсумовуючи, можна зазначити, що інструкції з охорони праці відіграють важливу роль у системі забезпечення безпечних умов праці. Вони

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

визначають конкретні вимоги безпеки для працівників, враховують особливості виробничого процесу та сприяють запобіганню травматизму. Їх поділ за різними ознаками дозволяє систематизувати вимоги та забезпечити їх ефективне застосування на практиці.

4.2 Електробезпека. Види ураження людини електричним струмом.

Електротравми умовно поділяють на місцеві та загальні. Місцеві електротравми викликають місцеве ушкодження організму – електричний опік, металізацію шкіри, механічні пошкодження, викликані мимовільними скороченнями м'язів під дією струму і електроофтальмія (запалення зовнішніх оболонок очей під дією електричної дуги).

Загальні електротравми, які частіше називають електричними ударами, викликають порушення звичайної діяльності життєво важливих органів або призводять до ураження всього організму.

Людині, що потрапив під напругу, треба негайно, до прибуття лікаря, надати першу допомогу, попередньо звільнивши його від дії електричного струму. Порятунк потерпілого при ураженні електричним струмом в основному залежить від швидкості звільнення його від дії струму і надання першої допомоги. Дорога кожна секунда! Звільнення потерпілого від електричного струму і надання йому першої допомоги до прибуття лікаря може безпечно і швидко зробити тільки людина, що знає відповідні правила. Перш за все необхідно швидко звільнити потерпілого від дії електричного струму, тобто відключити ланцюг струму за допомогою найближчого штепсельні рознімання, вимикача (рубильника) або шляхом викручування пробок на щитку.

У разі віддаленості вимикача від місця події можна перерізати дроти або перерубати їх (кожен дріт окремо) сокирою або іншим ріжучим інструментом з сухою ручкою з ізолюючого матеріалу. При неможливості швидкого

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розриву кола необхідно відтягнути потерпілого від провідника або ж відкинути сухою палицею обірвався кінець дроту від потерпілого.

Необхідно пам'ятати, що потерпілий сам є провідником електричного струму. Тому при звільненні потерпілого від струму який надає допомогу необхідно вжити заходів обережності, щоб самому не виявитися під напругою: надіти калоші, гумові рукавички або обернути свої руки сухою тканиною, підкласти собі під ноги ізолюючий предмет-суху дошку, гумовий килимок або, в крайньому випадку, згорнуту сухий одяг.

Відтягувати потерпілого від провідника слід за кінці його одягу, до відкритих частин тіла торкатися не можна. Якщо людина потрапила під напругу вище 1000 В, такі запобіжні заходи недостатні. Необхідно звернутися до фахівців, які негайно знімуть напругу. Коли звільнення від зіткнення з ланцюгом електричного струму пов'язано з небезпекою падіння з висоти, необхідно вжити заходів для запобігання постраждалого від удару при падінні. При відділенні потерпілого від струмоведучих частин рекомендується діяти однією рукою. Заходи першої допомоги залежать від стану потерпілого після звільнення від струму.

Для визначення цього стану необхідно: - Негайно укласти потерпілого на спину; - Розстебнути стискує подих одяг; - Перевірити з підйому грудної клітини, дихає він; - Перевірити наявність пульсу (на променевій артерії у зап'ястя або на сонній артерії на шиї); - Перевірити стан зіниці (вузький або широкий). Широкий нерухомий зіницю вказує на відсутність кровообігу мозку.

Визначення стану потерпілого повинно бути проведено швидко, протягом 15-20 секунд. 1. Якщо потерпілий у свідомості, але до того був у непритомності або тривалий час перебував під електричним шоком, то йому необхідно забезпечити повний спокій до прибуття лікаря і подальше спостереження протягом 2-3 годин. 2. У разі неможливості швидко викликати лікаря необхідно терміново доставити потерпілого в лікувальну установу. 3.

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При важкому стані або відсутності свідомості потрібно викликати лікаря (Швидку допомогу) на місце події. 4. Ні в якому разі не можна дозволяти потерпілому рухатися: відсутність важких симптомів після поразки не виключає можливості подальшого погіршення його стану. 5. При відсутності свідомості, але зберігся дихання, потерпілого треба зручно укласти, створити приплив свіжого повітря, давати нюхати нашатирний спирт, кропити водою, розтирати і зігрівати тіло. Якщо потерпілий погано дихає, дуже рідко, поверхнево або, навпаки, судорожно, як вмираючий, треба робити штучне дихання. 6. При відсутності ознак життя (дихання, серцебиття, пульсу) не можна вважати постраждалого мертвим. Смерть у перші хвилини після поразки - позірна і оборотна при наданні допомоги. Ураженому загрожує наступ незворотною смерті в тому випадку, якщо йому негайно не буде надана допомога у вигляді штучного дихання з одночасним масажем серця. Цей захід необхідно проводити безперервно на місці пригоди до прибуття лікаря. 7. Переносити потерпілого слід тільки в тих випадках, коли небезпека продовжує загрожувати потерпілому або надавати допомогу.

До недавнього часу штучне дихання проводилося ручними методами (за Шефер або за Сильвестру). Проте ці методи не забезпечують надходження достатньої кількості повітря в легені потерпілого. Тому останнім часом стали застосовувати більш ефективний метод штучного дихання: вдування повітря з легень (з рота) надає допомогу в рот чи ніс поживляється - "з рота в рот" ("з рота в ніс"), при цьому можна забезпечити надходження в легені постраждалого значно більшої кількості повітря (приблизно в 4 рази).

Техніка вдування повітря в рот або в ніс полягає в наступному. Потерпілий лежить на спині. Надає допомогу до початку штучного дихання повинен забезпечити вільне проходження повітря в легені через дихальні шляхи. Голову потерпілого треба закинути назад, для чого підкладають одну руку під шию, а другою рукою натискають на лоб. Цим забезпечується

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відходження кореня язика від задньої стінки гортані та відновлення прохідності дихальних шляхів.

При зазначеному положенні голови зазвичай рот розкривається. Якщо в роті є слиз, її витирають хусткою чи краєм сорочки, натягнутим на вказівний палець, ще раз перевіряють, чи немає в роті сторонніх предметів, які повинні бути вилучені, після чого приступають до вдуння повітря в рот або ніс.

При вдунні повітря в рот надає допомогу щільно (можна через марлю або хустку) притискає свій рот до рота постраждалого, а своїм обличчям (щокою) або пальцями руки, що знаходиться на лобі, затискає йому ніс, щоб забезпечити надходження всього вдувається повітря в його легені.

При неможливості повного охоплення рота постраждалого варто вдувають повітря в ніс, щільно закривши при цьому рот потерпілого. Маленьким дітям вдувається повітря одночасно в рот і в ніс, охоплюючи своїм ротом рот і ніс поживляється. Вдуння повітря проводять кожні 5-6 сек, що відповідає частоті дихання 10-12 разів на хвилину. Після кожного вдуння ("вдиху") звільняють рот і ніс потерпілого для вільного виходу повітря з його легень. Зовнішній (непрямий) масаж серця підтримує кровообіг як при зупиненому серці, так і при порушеному ритмі його скорочень.

Для проведення непрямого масажу серця потерпілого слід укласти на спину на жорстку поверхню (лаву або стіль). Оголити у нього грудну клітку: вся утруднюючий одяг, пояс розстібаються або знімаються. Надає допомогу стає збоку від потерпілого так, щоб мати можливість нахилитися над ним (якщо потерпілий лежить на підлозі - стає поруч на коліна).

Визначивши місце розташування нижньої третини грудини, накладають на неї підставу долоні (подушечку) розігнути кисті. Пальма іншої руки накладають поверх першої і починають ритмічно натискати на нижній край грудини. Натискати на грудину треба різкими поштовхами, при цьому грудина зміщується вниз (до спини) у бік хребта на 3-5 см.

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Серце стискається, і з його порожнини вичавлюється кров у кровоносні судини. Натискання необхідно повторювати приблизно 1 раз на секунду. Слід остерігатися натискання на закінчення ребер, так як це може привести до їх перелому. Не можна натискати нижче за край грудини на м'які тканини: цим можна пошкодити розташовані в черевній порожнині органи і в першу чергу печінку.

Обов'язковою умовою забезпечення організму киснем за відсутності роботи серця є одночасне з масажем серця проведення штучного дихання. Оскільки натискання на грудну клітку ускладнює її розширення при вдиху, вдування повітря проводиться під час паузи, яка спеціально дотримується через кожні чотири-шість натиснень на грудину.

Як правило, проводити пошавлення повинні два спеціально навчених людей, кожен з яких може по черзі проводити штучне дихання і масаж серця, змінюючи один одного через кожні 5-10 хв. Це менш утомливо, ніж безперервне проведення однієї і тієї ж процедури (особливо масажу серця). У крайньому випадку допомога може бути надана і однією людиною, який чергує штучне дихання і масаж серця в наступному порядку: після двох-трьох глибоких вдування повітря в рот (або в ніс) потерпілого, він проводить 15 натиснень на грудину (масажем серця), після чого знову виробляє два-три глибоких вдування повітря і приступає до масажу серця і т. д.

При правильному проведенні штучного дихання кожне вдування викликає розширення грудної клітки, припинення вдування викликає опадання, що супроводжується характерним шумом при виході повітря з легенів потерпілого через рот і ніс. При утрудненні вдування треба перевірити, чи вільні дихальні шляхи у постраждалого. Ефект зовнішнього масажу серця виявляється в першу чергу в тому, що кожне натискання на грудину викликає появу пульсу - на променевій артерії у зап'ястя або на сонній артерії на шиї.

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При правильному проведенні штучного дихання і масажу серця у потерпілого з'являються ознаки поживлення: - Поліпшується колір обличчя - воно набуває рожевий відтінок замість сіро-землистого кольору з синюватим відтінком, який був до надання допомоги; - З'являються самостійні дихальні рухи, які стають все більш і більш рівномірними у міру продовження заходів з поживлення; - Звужуються зіниці.

Ступінь звуження зіниць може служити найбільш суворим показником ефективності допомоги, що надається. Вузькі зіниці вказують на достатню постачання мозку киснем. Навпаки, що починається розширення зіниць вказує на погіршення кровообігу мозку та необхідність покращення якості заходів з поживлення організму.

Штучне дихання та зовнішній масаж серця слід проводити до появи самостійного дихання і відновлення роботи серця у потерпілого. Заходи з поживлення потерпілого необхідно проводити безперервно, поки не будуть досягнуті позитивні результати або не прибуде лікар.

Слід пам'ятати, що навіть короткочасне (протягом кількох секунд) припинення оживляючих заходів може призвести до непоправних наслідків. При ураженні електричним струмом в жодному разі не можна заривати потерпілого в землю, так як це принесе йому тільки шкоду.

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

Додаток А Друкована плата

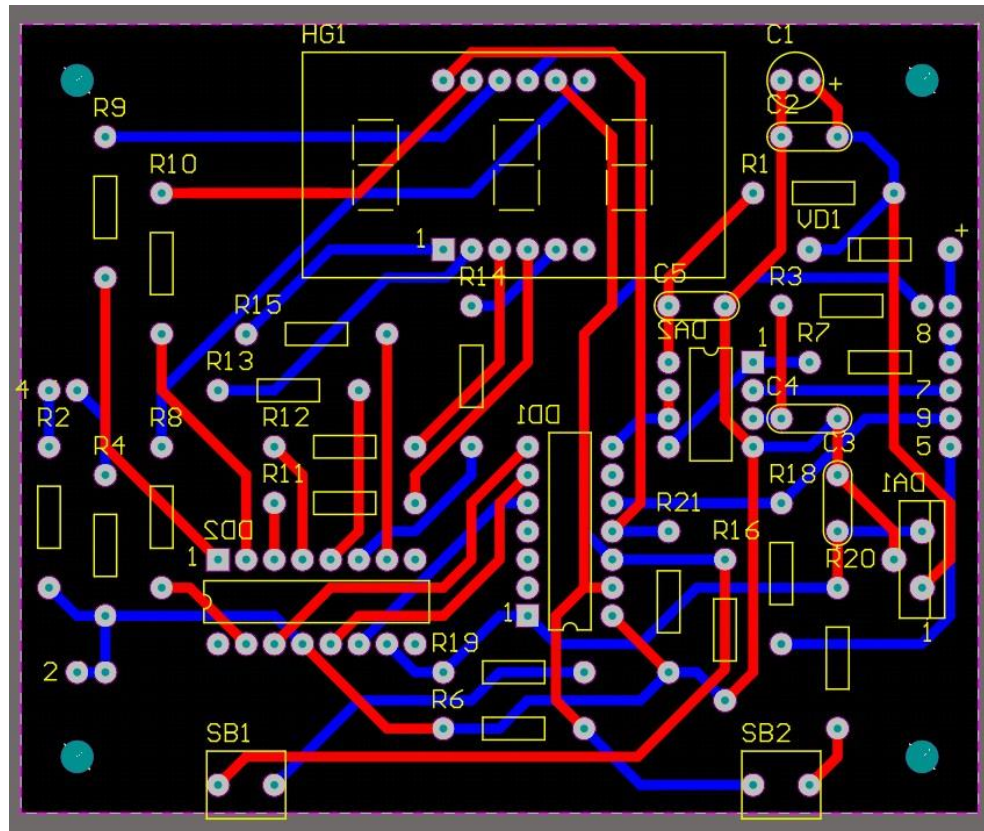


Рисунок А.1 – Друкована плата

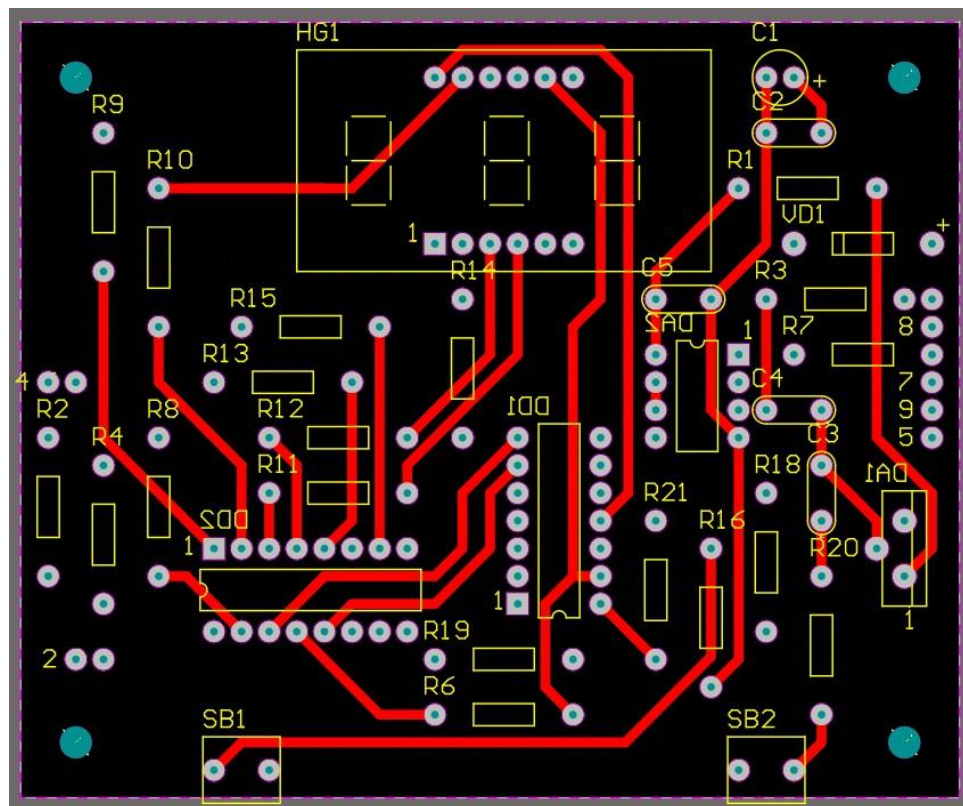


Рисунок А.2 – Друкована плата, шар Тор

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

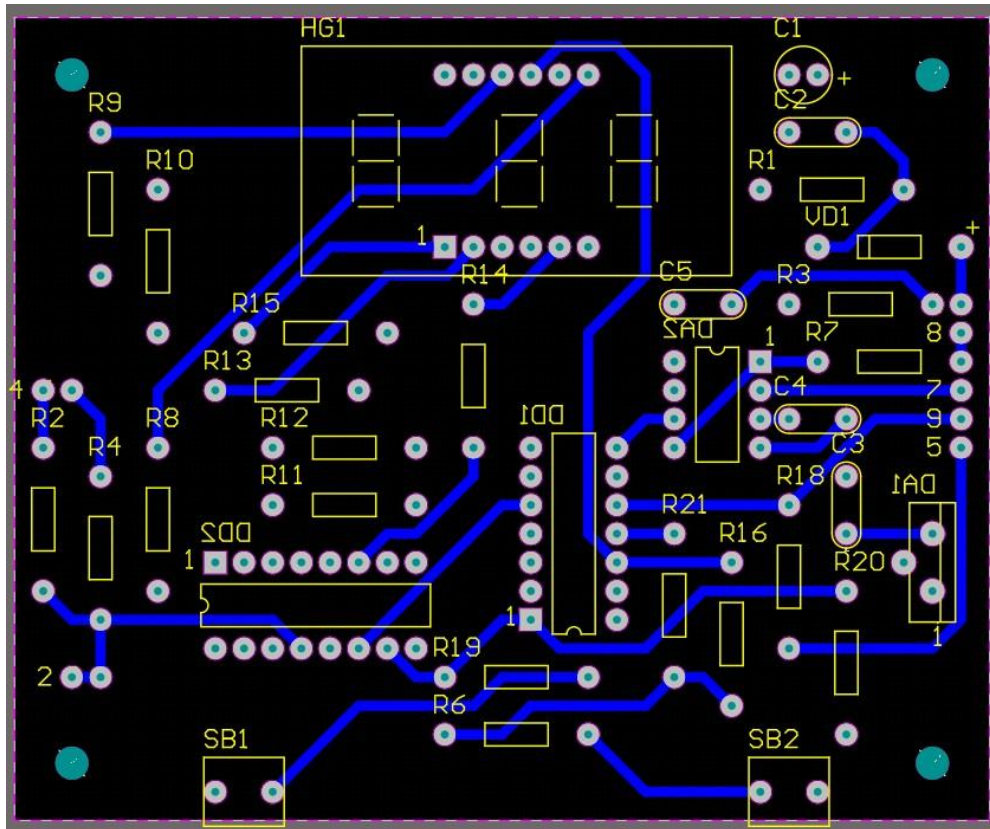


Рисунок А.3 – Друкована плата, шар Bottom

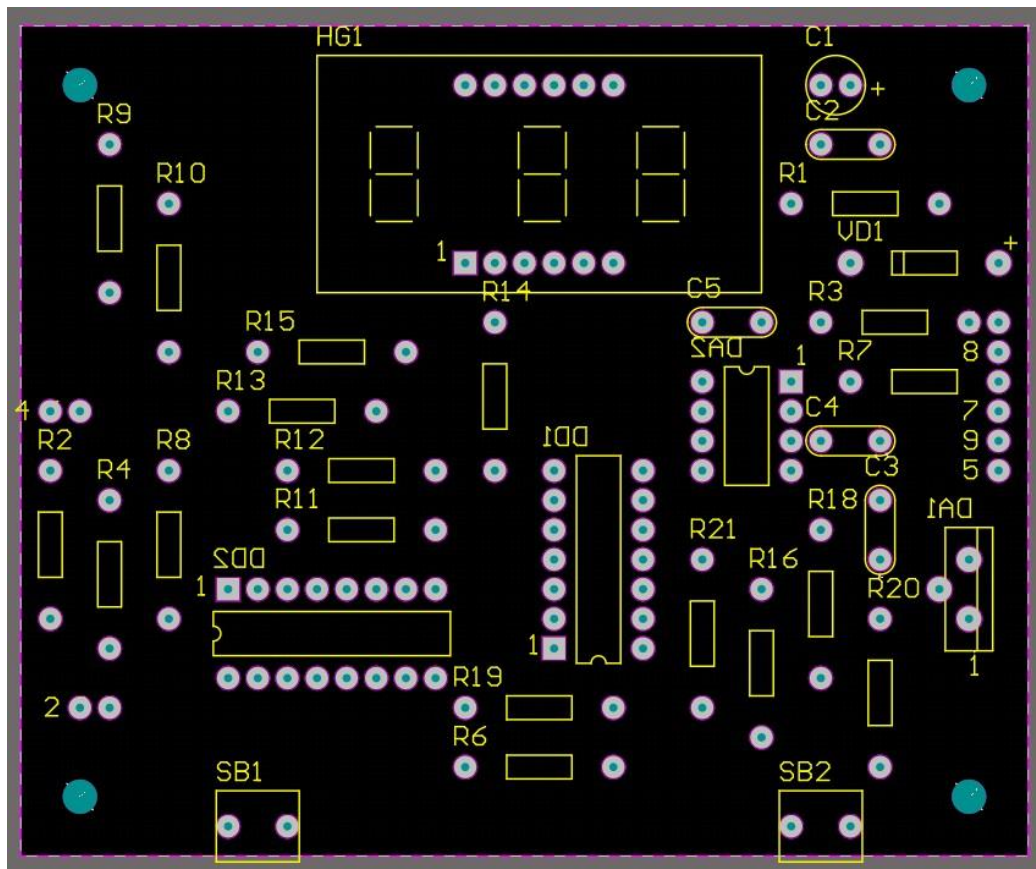


Рисунок А.4 – Друкована плата, шар Overlay

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток Б 3D модель пристрою

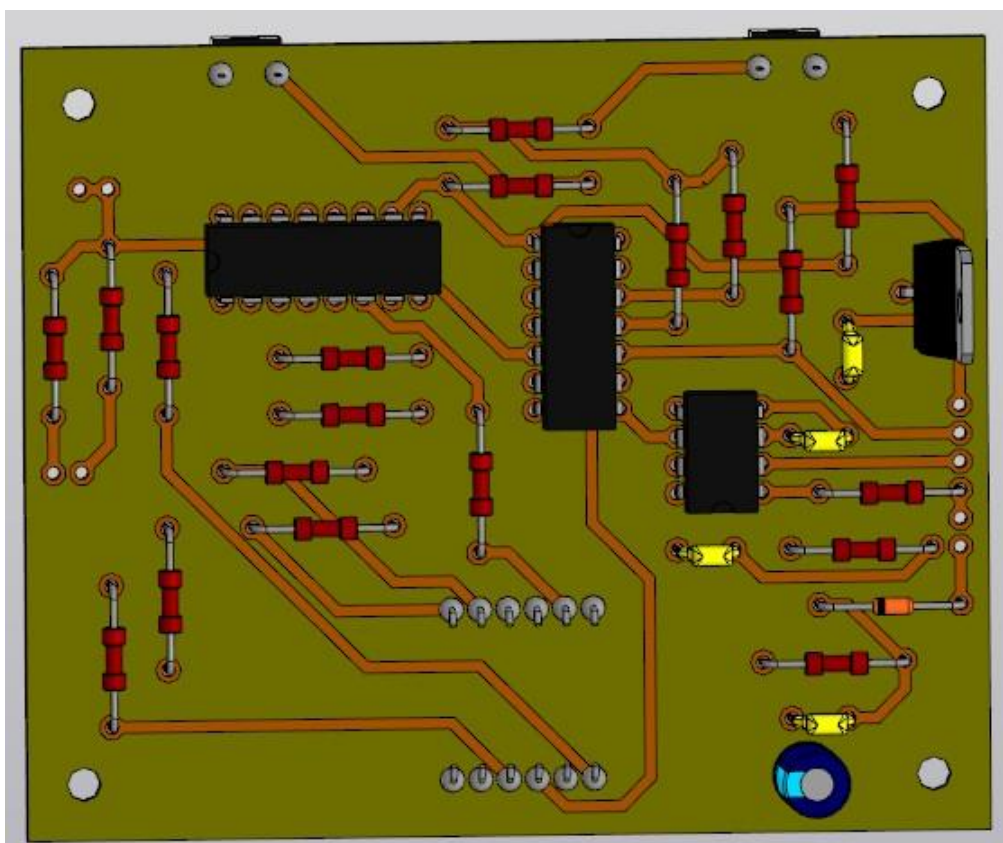


Рисунок Б.1 – 3D модель пристрою, вузол друкуваний

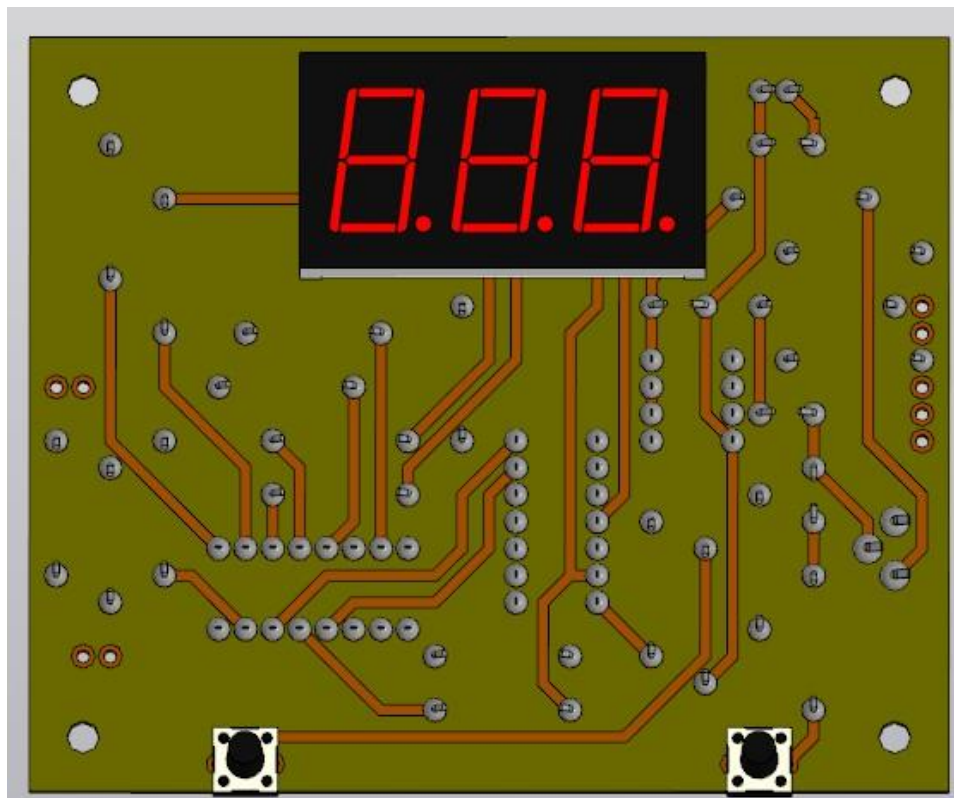


Рисунок Б.2 – 3D модель пристрою, вузол друкуваний знизу

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

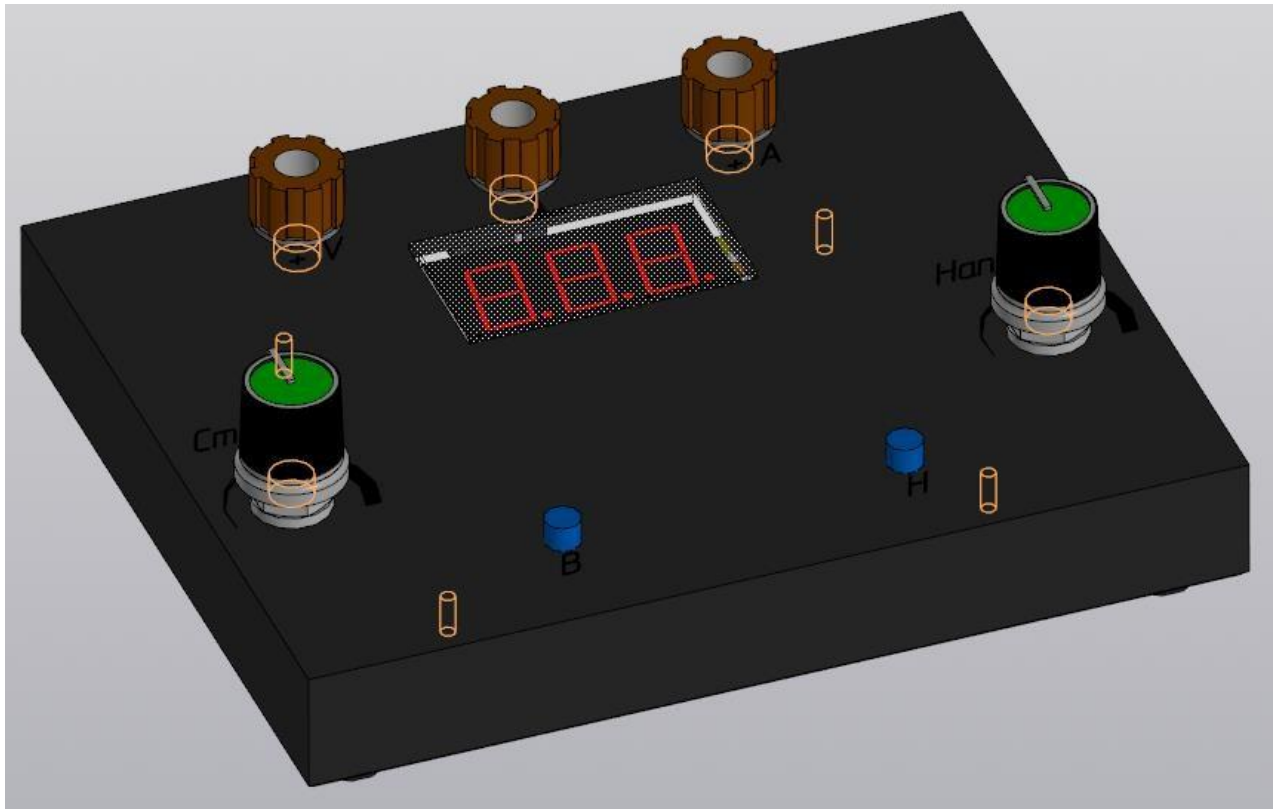


Рисунок Б.3 – 3D модель пристрою, верхня кришка

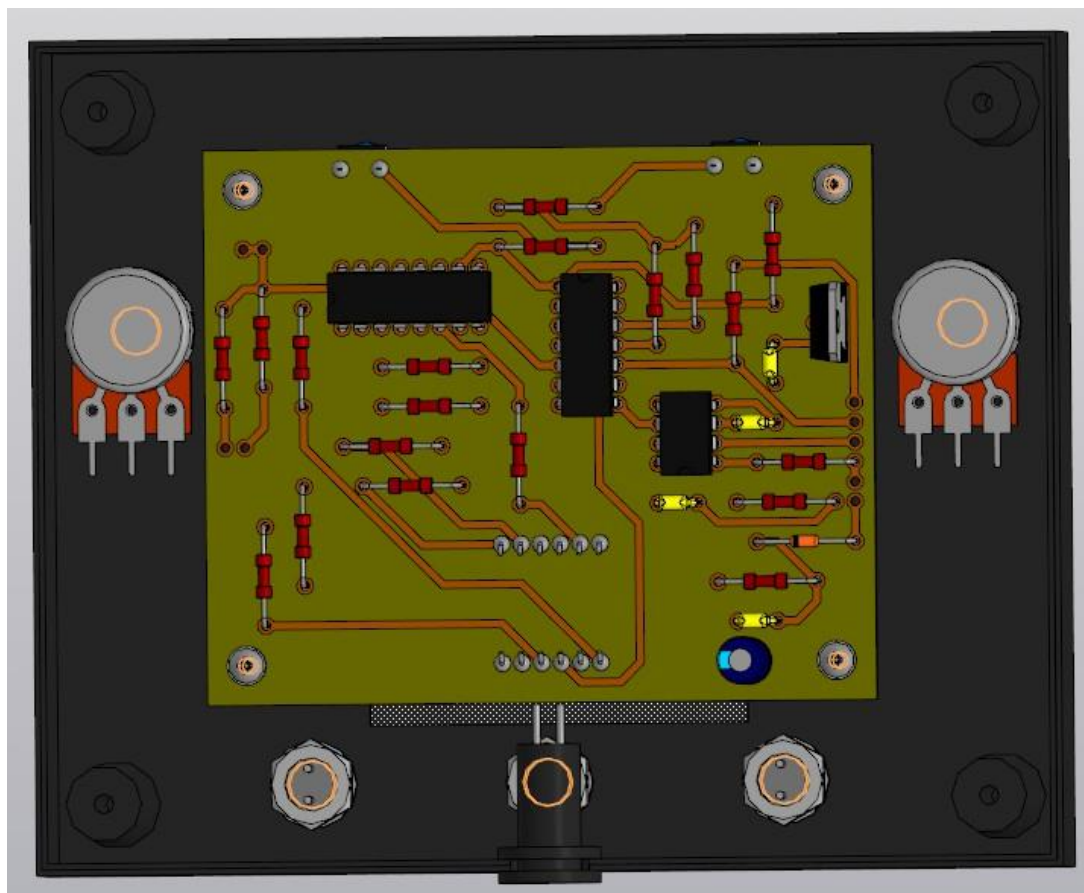


Рисунок Б.4 – 3D модель пристрою, верхня кришка знизу

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

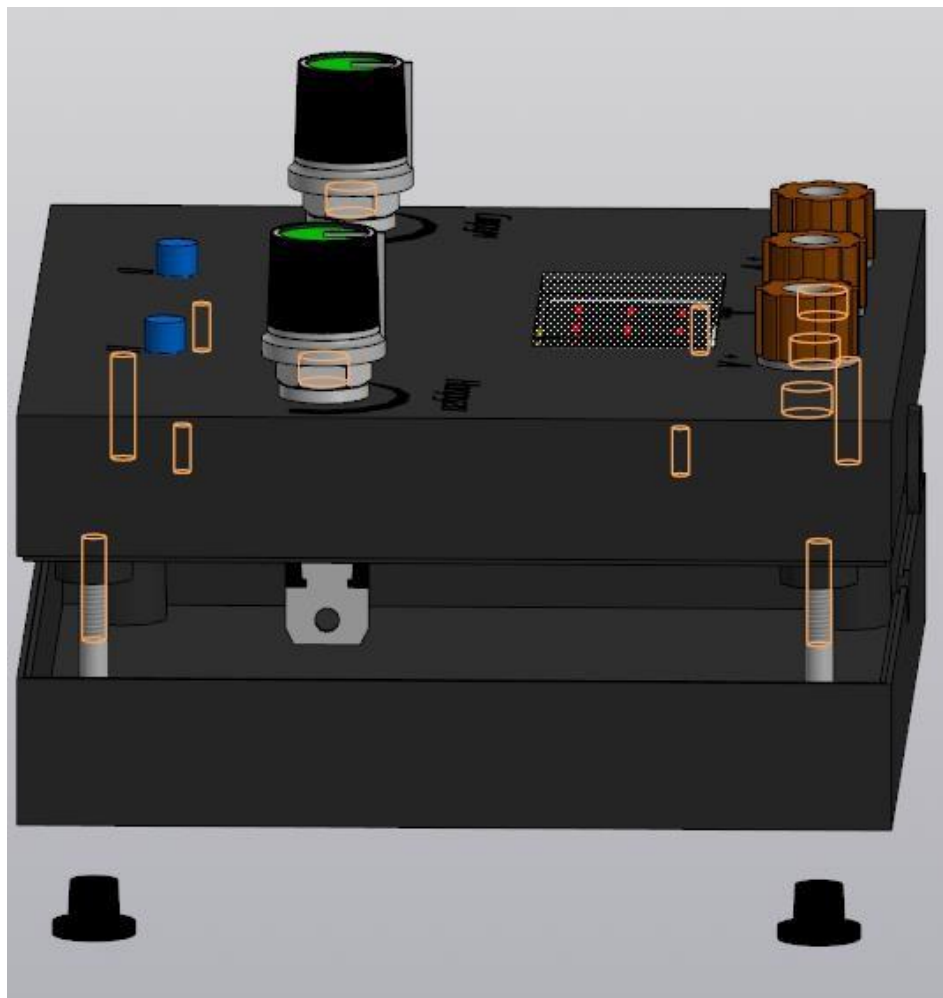


Рисунок Б.5 – 3D модель пристрою, загальний вигляд збоку

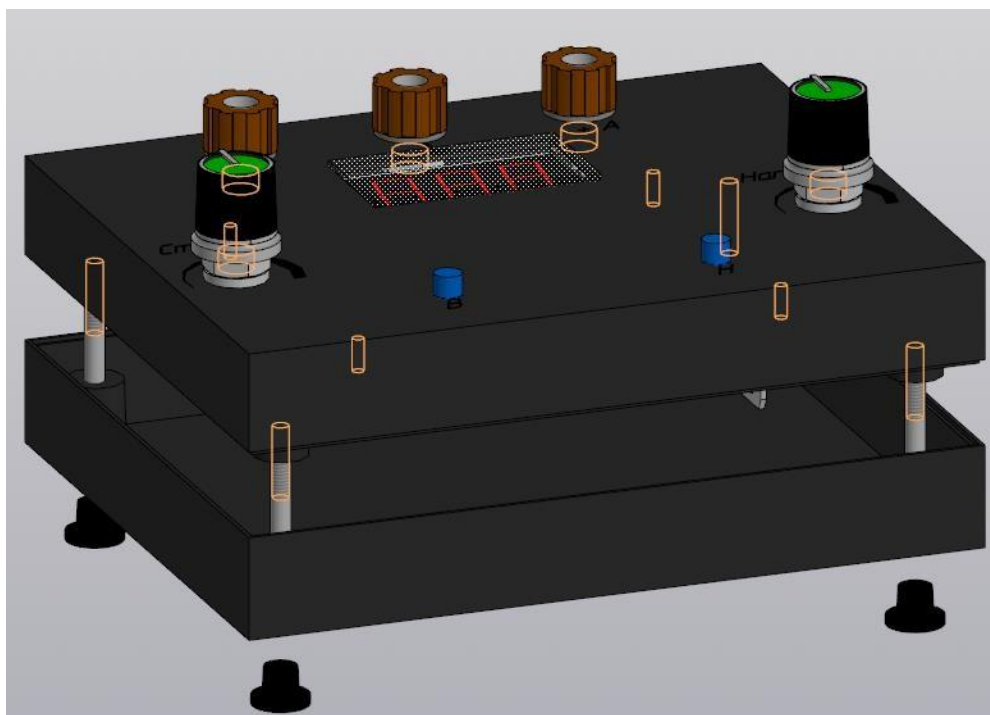


Рисунок Б.6 – 3D модель пристрою, загальний вигляд

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перш. викорис.	Довід. №	Форма	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.						
						1оёументАціў								
		A4			26 КР 172.402.015.001.000 ПЕЗ	Перелік елементів								
		A2			26 КР 172.402.015.001.000 ЕЗ	Схема електрична принципова	1							
		A2			26 КР 172.402.015.004.000 СК	Складальне креслення	1							
						Складальні одиниці								
		A1	1	26 КР 172.402.015.001.000 СК	Вузол друкований	1								
						Деталі								
		БК		2	26 КР 172.402.015.004.001	Верхня кришка	1							
		БК		3	26 КР 172.402.015.004.002	Нижня кришка	1							
		БК		4	26 КР 172.402.015.004.003	Скло для індикатора	1							
		БК		5	26 КР 172.402.015.004.004	Накладка для кнопки	2							
		БК		6	26 КР 172.402.015.004.005	Ручка для резистора	2							
		БК		7	26 КР 172.402.015.004.006	Ніжка	4							
						Інші вироби								
						Резистори								
				8		16K1-B50K-5 кОм "Song Huei"	1	R17						
				9		16K1-B50K-10 кОм "Song Huei"	1	R5						
						Роз'єми								
				11		DS-025B "Dragon City"	1	XS1						
				12		DS1330-01-4 "Connfly"	3	XS2...XS4						
Інв. № ориг.	Підпис і дата	Зам. інв. №	Інв. № дубл.	Підпис і дата	Зм.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата	26 КР 172.402.015.004.000	Вольтамперметр на PIC16F676 та 74НС595	Літ.	Аркуш	Аркушів
												Н	1	2
												ВСП ТФК ТР-402		
												м. Тернопіль		

[illegible]

26 KP 172.402.015.004.000

Копіював

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

ІНВ. № ориг.	Ідентифікація	Зам. ІНВ. №	ІНВ. № дубл.	Ідентифікація

Арк.
2

Дубл.																															
Замість																															
Підпис																															
													Аркушів 4			Аркуш 1															
Розробив		Дмитрук					ВСП ТФК ТНТУ			26 КР 172.402.015.001 СК						26 КР 172.402.015.001															
Перевірів		Савчук																													
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																													
А 02		402				015		005		402.15.01		Комплектування																		0,005	
0 03		Комплектування проводити згідно ТТО 644081 (40шт)																													
04																															
А 05		402				015		010		402.15.02		Слюсарно-складальна																		0,005	
Б 06		Пневмоверт РТ 532964																													
0 07		Складання проводити по ТТП 231587(14шт)																													
08		1. Кріпити друкований вузол поз.1 до верхньої кришки поз. 2 гвинтами поз.14 (4шт) через шайбу поз.16(4шт)згідно карти ескізів по ТТП																													
09		2. Кріпити скло під індикатор поз.4(1шт) накладку під кнопки поз.5(2шт) на верхню кришку поз. 2 згідно карти ескізів по ТТП 12838374																													
10		3. Кріпити роз'єм поз.11(XS1) поз.12(XS2..XS4) гайкою поз.13 (3шт) через шайбу поз.17(3шт) на кришку верхню поз.2 згідно карти ескізів по ТТП																													
11		4. Кріпити резистор поз.8(R17), поз.9(R5) до верхньої кришки поз. 2 гайкою поз.13 (2шт) через шайбу поз.17(2шт)згідно карти ескізів по ТТП																													
12		5. Кріпити ручки для резисторів поз.6(2шт) на верхню кришку поз. 2 згідно карти ескізів по ТТП 12838374																													
К 13		1		Вузол друкований								26 КР 172.402.015.001.000 СК										796		100		100					
14		2		Кришка верхня								26 КР 172.402.015.004.001										796		100		100					

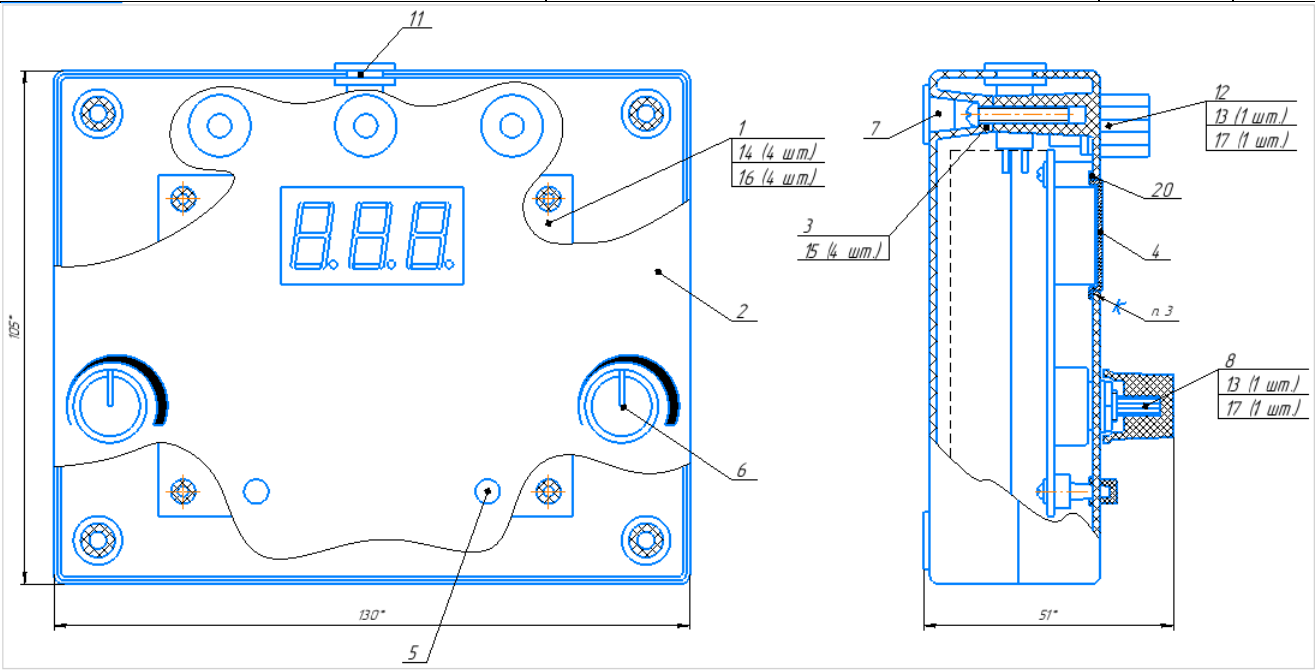
[illegible]

[illegible]

Дубл.									
Замість									
Підпис									

						Аркушів 4	Аркуш 4		
Розробив	Дмитрук			ВСП ТФК ТНТУ	26 КР 172.402.015.001 СК		26 КР 172.402.015.001		
Перевірів	Савчук								
Нормував									
Затвердив									
Н. контр.	Задорожний								
Вольтамперметр на PIC16F676 та 74НС595							Н		

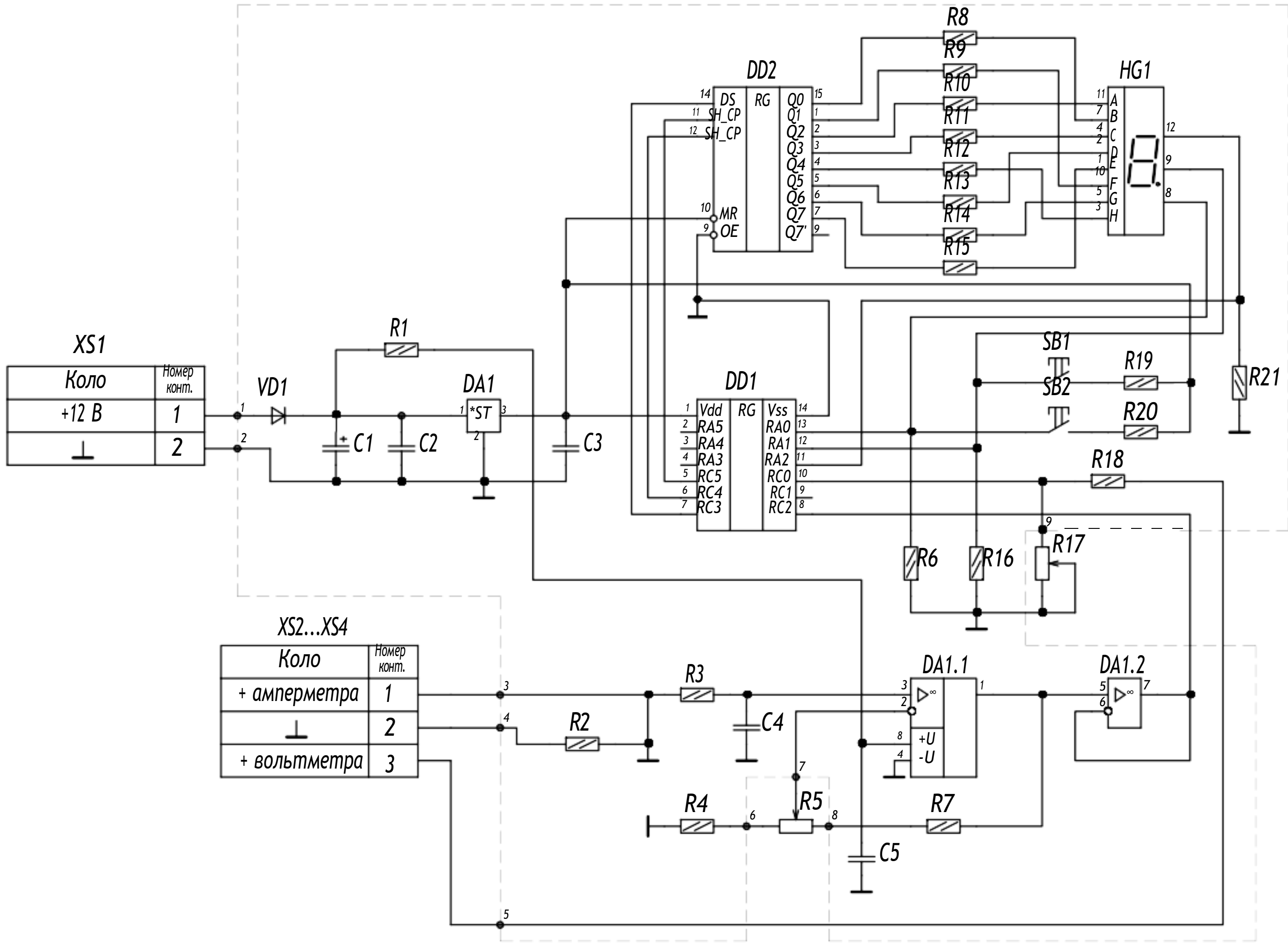
А	Цех	Діл	РМ	Опер	Код, назва операції	Позначення документау										
Б	Код, назва обладнання					СМ.	Проф	Р	УТ	КР	КОВД	ОН	ОП	К ШТ	Т ПЗ	Т ШТ
К-М	Назва деталі, скл. одиниці або матеріалу					Позначення, код						СПП	ОВ	ОН	КВ	ВНТР

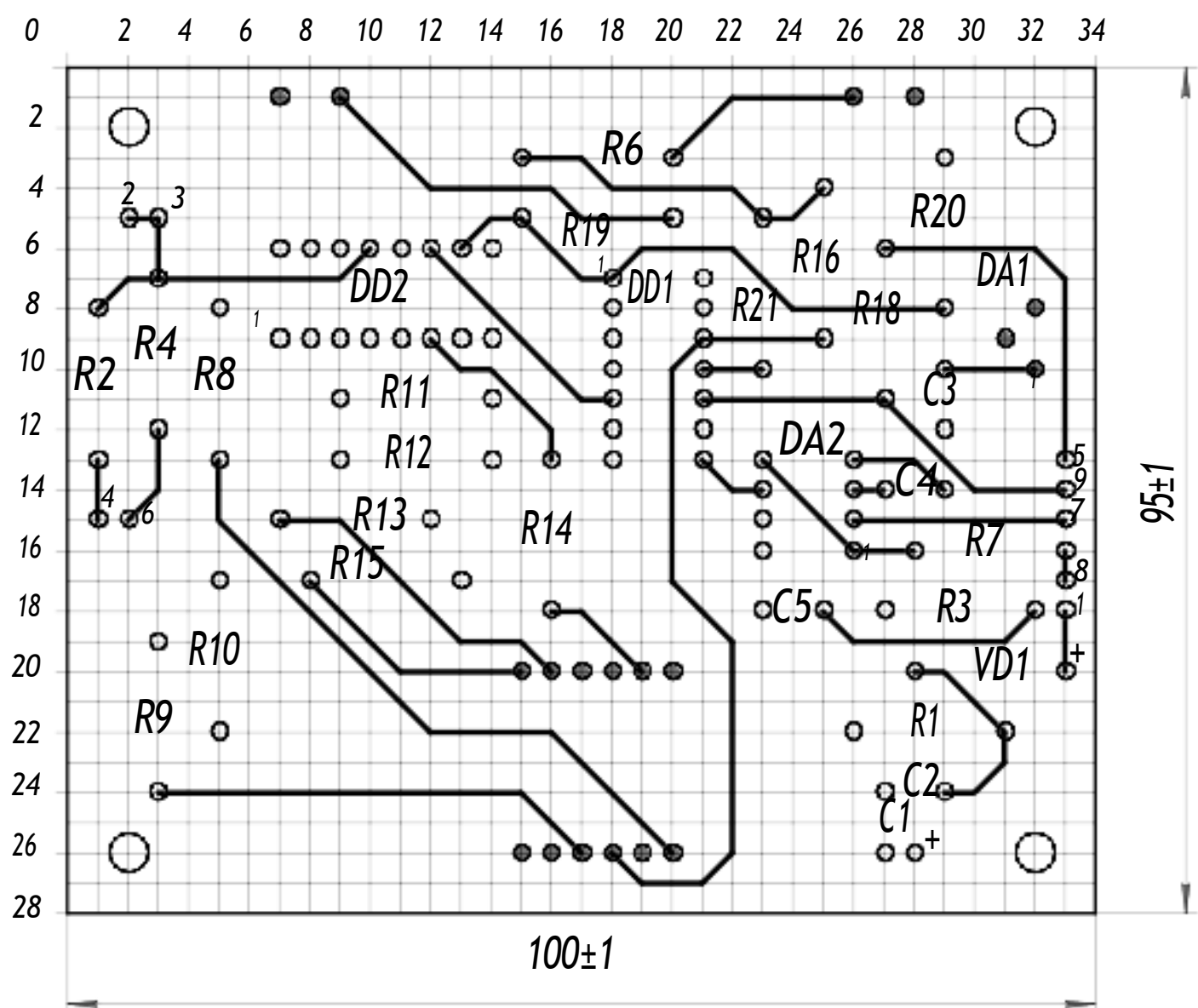
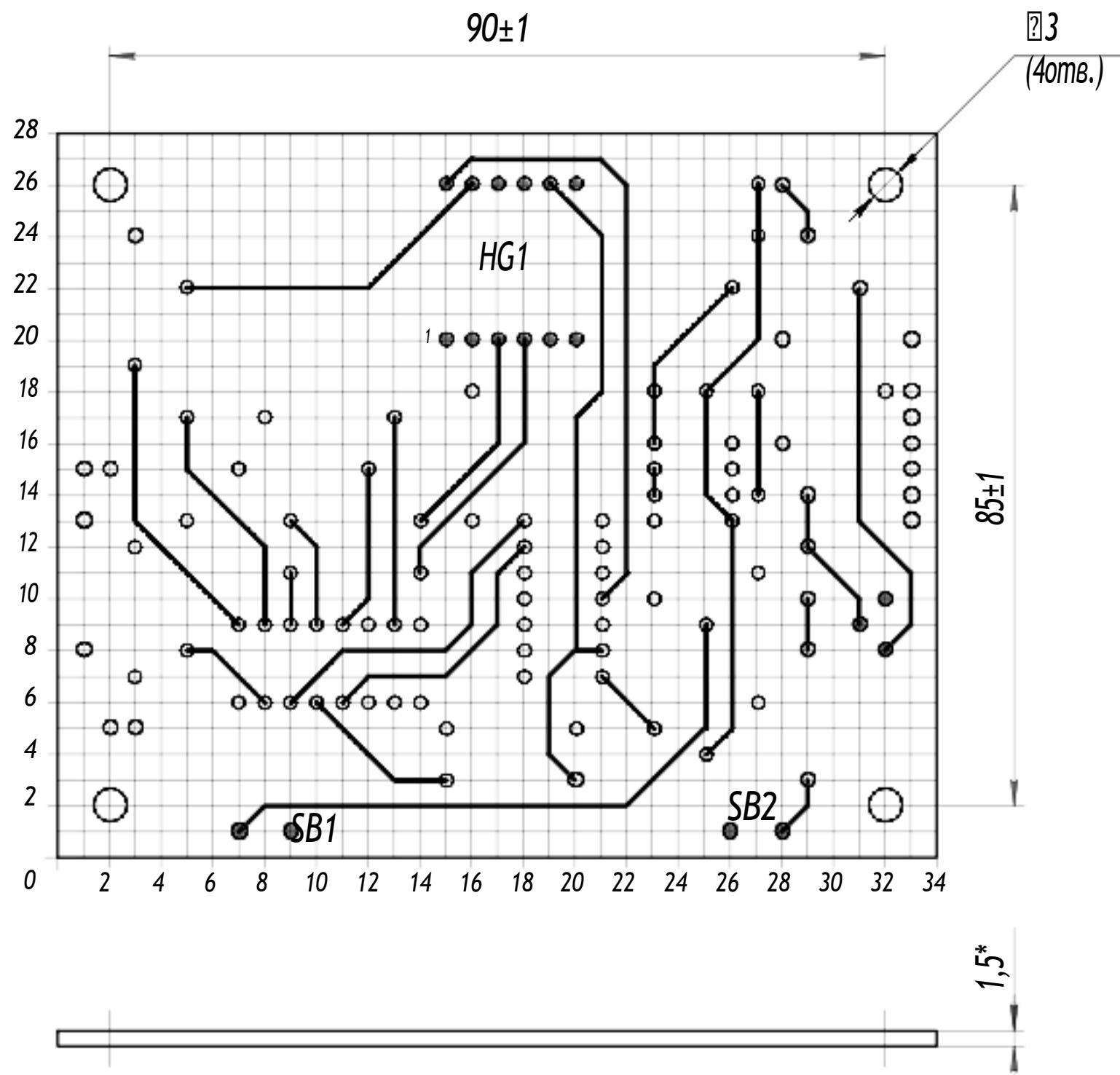


1. * Розміри для довідки.
2. Електронна плата з'єднана згідно з 2026ККП172.402.015.001.000.
ЕЗ приладу: прилад ПРС-40 ГОСТ 21931-76.
3. Клітинні класи MAPB ADE'SLEY 619.
4. Інші технічні виміри по ОСТ 4.12.072.015.

Техніко - економічні показники вольтамперметра на PIC16F676 та 74НС595

	Технічні показники			Економічні показники	
1	Напруга живлення вхідна	+12В	1	Річний обсяг виробництва	1500шт.
2	Вимірювання напруги	до 50В	2	Початкові інвестиції для реалізації інвестиційного проекту	229125 грн
3	Габаритні розміри Маса	130*105 *51 мм	3	Чистий прибуток	507079,8 грн
4		0,3кг	4	Повна собівартість на виріб	1114,22 грн
5	Вимірювання струму	до 5А	5	Ціна одиниці виробу	1526,48 грн.
6	Діапазон робочих температур	-15°С ..+40°С	6	Рентабельність виробу	30,34%
7	Вимірювання ємності	0....999Агод	7	Термін окупності	0,45р
8			8	Індекс прибудковості	2,02



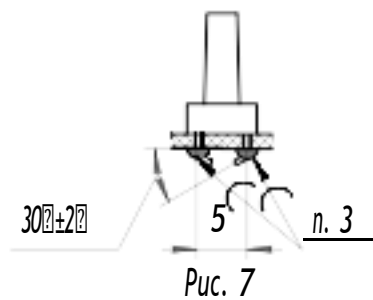
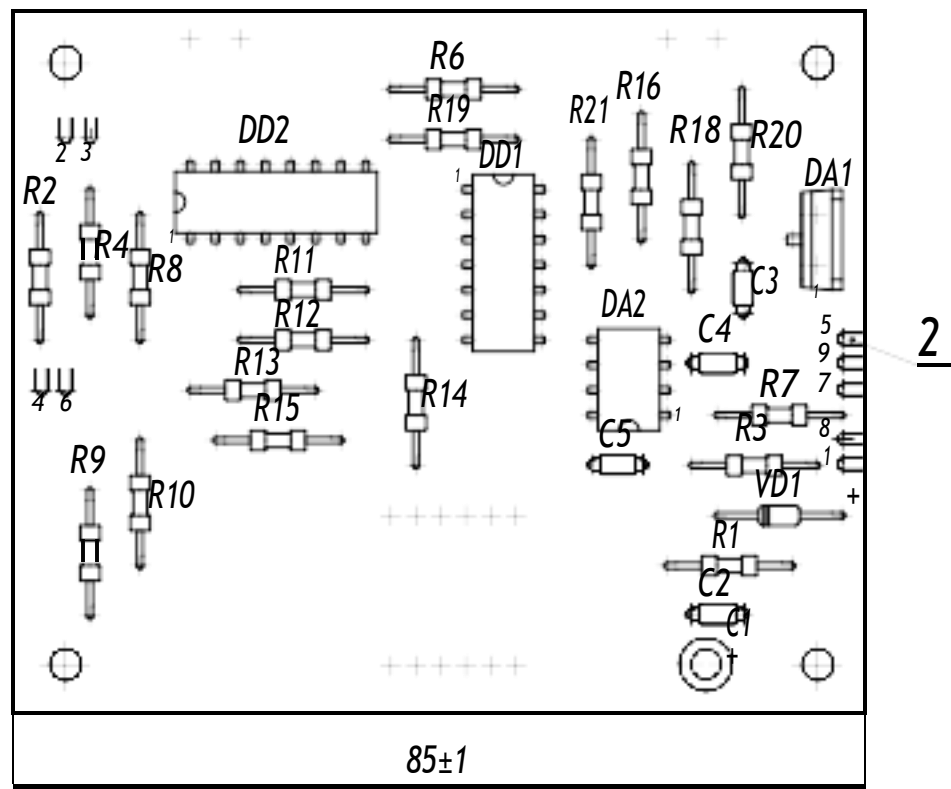


Таблиця отворів

Умове позначення отворів	Діаметри отворів	Наявність металізації в отворах	Діаметри монтажних площадок	Кількість отворів	Примітка
○	0,8	є	2,0	97	
●	1,0	є	2,2	19	

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

26 КР 172.402.015.001.001					
Зм. Арк.			Літ.		
Розроб.			Маса		
Перевір.			Масштаб		
Т.контр.			1		
Н.контр.			ВСП ТФК ТР-402		
Затверд.			м. Тернопіль		
Задорожний			Формат А2		
СФ2-35-1,5КП			Копіював		
ГОСТ 10316-78					

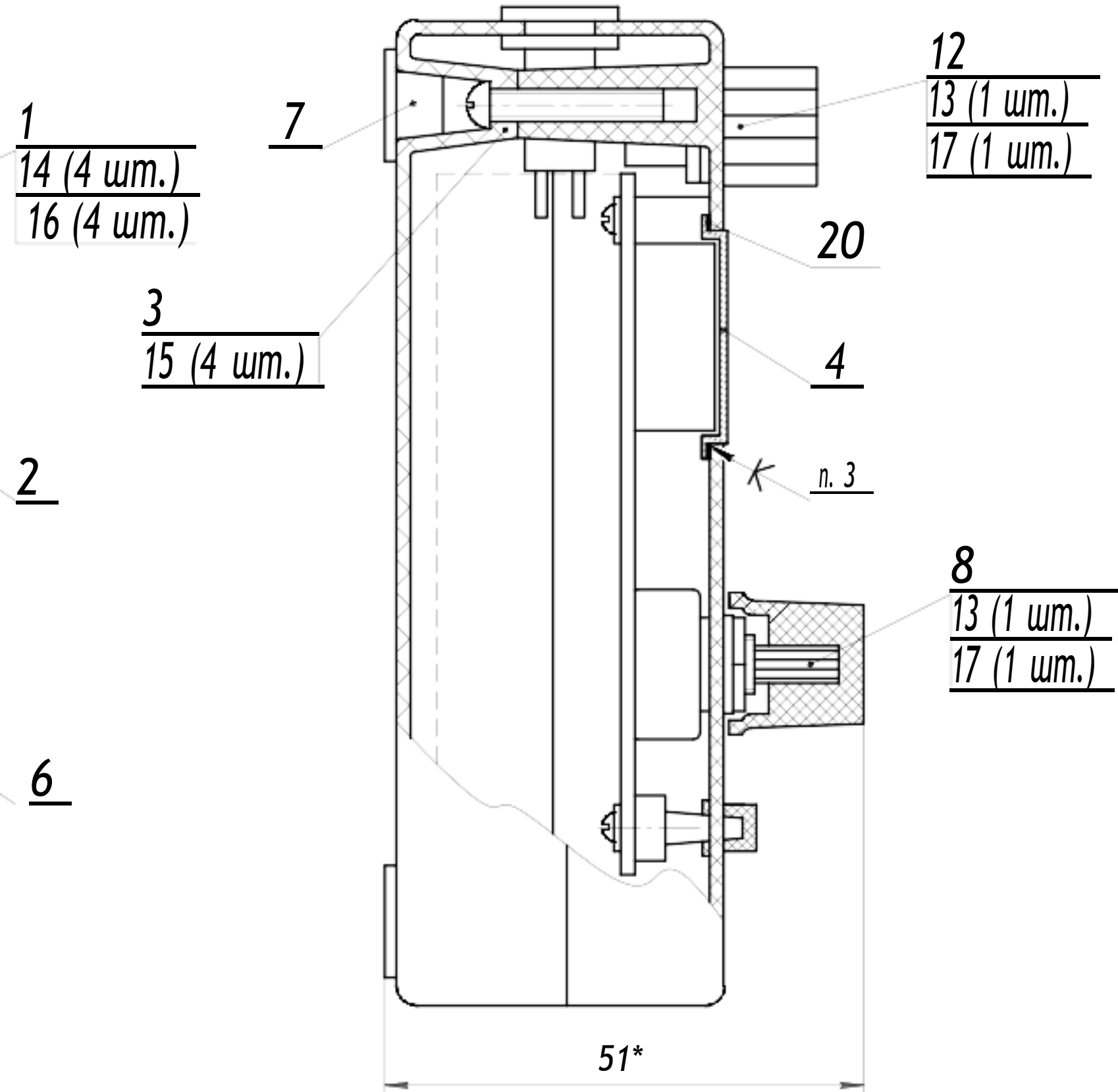
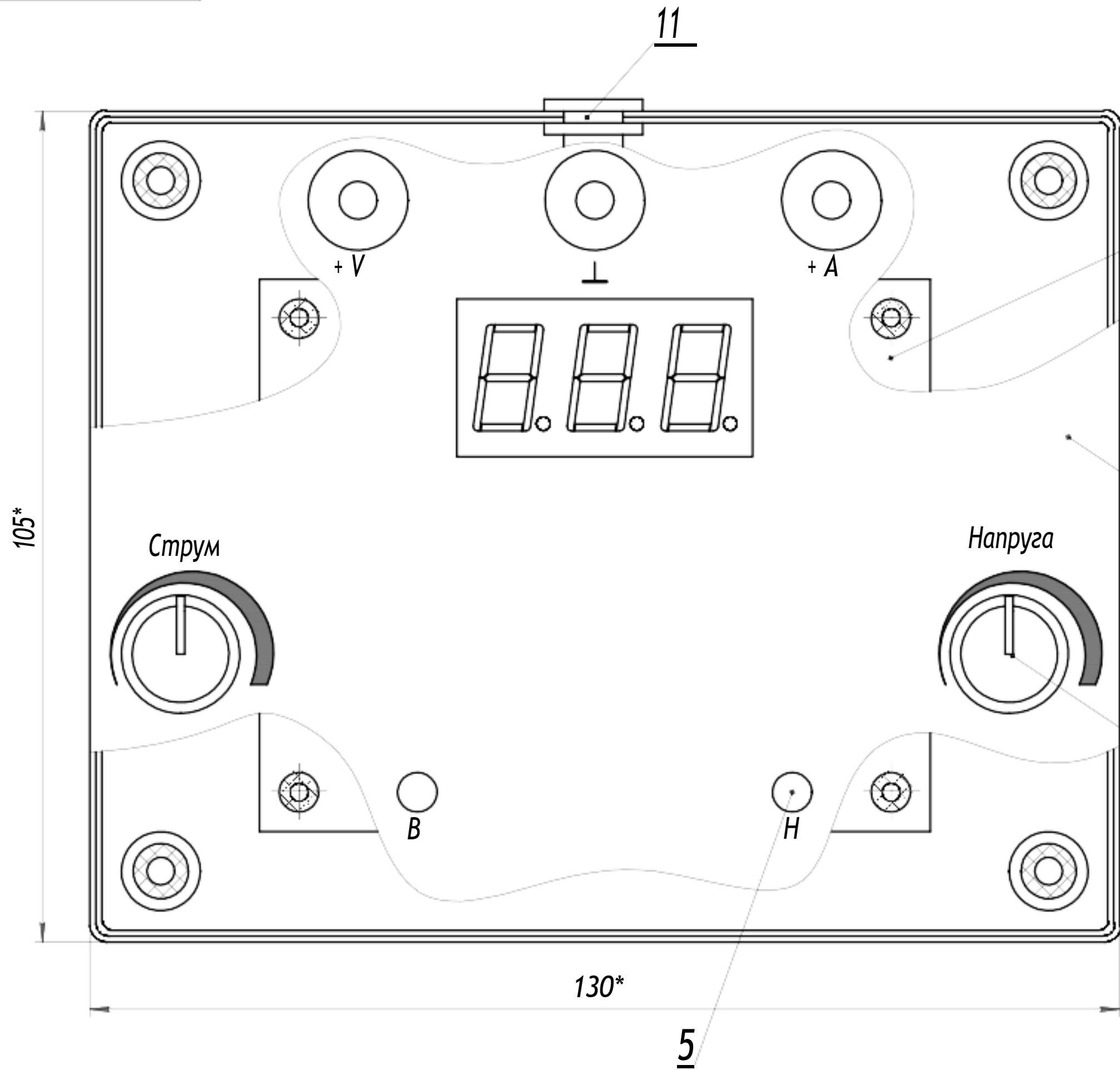


1. *Розміри для довідок.
2. Установку і формування елементів проводити з кроком координатної сітки 2,5 мм. Елементи формувати (установка і формування елементів на рисунках показані в масштабі 2:1): R1...R4, R6...R16, R18...R21, VD1-на рис. 1; C2...C5-на рис. 2; C1-на рис.3; DA2, DD1, DD2-на рис. 4; DA1-на рис. 5; HG1-на рис. 6; SB1, SB2-на рис. 7.
3. Паяти припоєм ПОС61 ГОСТ 21931-76.
4. Заводський номер, позначення елементів маркувати фарбою ЧМ, чорна, БМ, біла, ТУ029-02-859-78.
- Шрифт 2,5 по НО. 010. 007.
- Місця розміщення маркування показані умовно.
5. Лакувати лаком АКА-113.
6. Позначення елементів показано умовно.
7. Друковані провідники умовно не показані.
8. Інші вимоги по ОСТ4ГО.070.015.

				26 КР 172.402.015.001.000 СК			
				Вузол друкований			
				Літ. Маса Масштаб			
				Н 0,06 2:1			
Зм. Арк. Розроб. Перевір. Т.контр.				Аркуш Аркушів 1			
Н.контр. Затверд.				ВСП ТФК ТР-402			
				м. Тернопіль			
				Копіював Формат А1			

Перш. викорис.					
Довід. №					
Підпис і дата					
Інв. № збл.					
Зам. інв. №					
Підпис і дата					
Інв. № ориг.					

26 КР 172.402.015.004.000 СК



1. * Розміри для довідок.
2. Електромонтаж здійснювати згідно з 26 КР 172.402.015.001.000 ЕЗ припоєм припоєм ПОС-40 ГОСТ 21931-76.
3. Клеїти клеєм MAPEI ADESILEX G19.
4. Інші технічні вимоги по ОСТ.4.ГО.070.015.

26 КР 172.402.015.004.000 СК					
Вольтамперметр на PIC16F676 та 74HC595					
Складальне креслення					
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Маса
Розроб.	Дмитрук			н	0,3
Перевір.	Савчук				2:1
Т.контр.				Аркуш	Аркушів
Н.контр.	Задорожний			ВСП ТФК ТР-402	
Затверд.				м. Тернопіль	
Копіював				Формат А2	

ВИСНОВКИ

При виконанні даного проекту було здійснено розробку конструкції «Вольтамперметр на PIC16F676 та 74НС595». 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 100×95мм 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. Конструкція друкованого вузла є досить складна, конструкція корпусу виробу є також складною. Корпус має такі розміри 105х130х51мм, 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 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Вольтамперметр на PIC16F676 та 74HC595 [електронний ресурс] – Режим доступу <https://radiolub./page/zhurnal-radio-2005-8> (дата звернення 4.02.2026).
2. Конденсатор ЕСАР -"Jamicon" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://www.radiolibrary./reference/transformers-tn/tn20.html>(дата звернення 1.02.2026).
3. Резистор MFP [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <https://www.chipdip./product/elc10d101e> www.cityradio.narod. (дата звернення 3.02.2026).
4. Конденсатор NPO - "Murata" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://ipart.com/download/3655a026-13e6-4b56-a0bb-8fd05df9b19d.pdf> www.radio-portal..www.vprl.. (дата звернення 1.02.2026).
5. Змінні резистори 16K1 [електронний ресурс] – Режим доступу <http://www.platan./shop/part/PBS-4.html>. (дата звернення 3.02.2026).
6. Мікросхема LM358P "Texas Instruments" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://www.rct./catalog/box-header-connector/pbs-4.html>. (дата звернення 4.02.2026).
7. Мікросхема L7805ABV "ST Microelectronics" [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 1N4007 "Diotec" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://www.chipdip./product/asw-09-102-red>(дата звернення 1.02.2026).
9. Мікросхема 74HC595N "HGSEMI" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/leg-12_62137.html(дата звернення 1.02.2026).

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Мікросхема PIC16F676-I/P "Microchip" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://eandc./catalog/detail.php?ID=3809>(дата звернення 1.02.2026).
11. Цифровий індикатор BC56-12EWA "Kingbright" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://ipart.com/download/3655a026-13e6-4b56-a0bb-8fd05df9b19d.pdf> www.radio-portal.www.vprl. (дата звернення 1.02.2026).
12. Васишин О.З. Конспект лекцій з дисципліни "Конструювання РЕА" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2018
13. Програма для розрахунку надійності РЕА [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <http://eguru.tk.te.ua/mod/resource/view.php?id=60057>(дата звернення 4.02.2026).
14. Васишин О.З. Методичні вказівки до виконання практичної роботи "Конструктивний розрахунок друкованого монтажу" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2018
15. Програма для розробки схем "Altium Designer" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <http://eguru.tk.te.ua/course/view.php?id=819>
16. Штогрин П.І. Навчальний посібник "Altium Designer 10 для початківців" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2017
17. Штогрин П.І. Методичні вказівки "Розробка 3D-моделей радіоелементів" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2017
18. Васишин О.З., Штогрин П.І. Методичні вказівки "Розробка 3D-моделей типових корпусів РЕА" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2017
19. Програма для розробки корпусу "Kompas 3D" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <http://eguru.tk.te.ua/course/view.php?id=819>

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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

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

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

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

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

28. Сайт спільноти розробників проектів на ARDUINO .URL: https://projecthub.arduino.cc/?_gl=1*4147w4*_ga*OTkyMzkzOTAwLjE3MTYwNTM3MjY.*_ga_NEXN8H46L5*MTcxNjkyMjQ0S4yLjEuMTcxNjkyMjUzOS4wLjAuMTUxNjM0NjA3MQ.*_fplc*OUZZTmxzbGU4MkNZbiUyRkNCTHJmazAwbjdrNWNDZTc5QUV6OFRIb3A2ck5RNzhvOVY3JTJGYXhRcDNIWHAzWWxZWl

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

JTVXkySndINXl4bUpNZCUyQkNiN29jajJqckF2c0tRMGlhdVU3SVhYRTY4ZDdRb016bCUyRjBhZ1QwY0Z1M3hubEElM0QlM0Q(дата звернення 28.05.2024).

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

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

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

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

					26 КР 172.402.015.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		