

Міністерство освіти і науки України
Відокремлений структурний підрозділ
«Тернопільський фаховий коледж
Тернопільського національного технічного університету імені Івана
Пулюя»

(повне найменування вищого навчального закладу)
відділення телекомунікацій та електронних систем
(назва відділення)
циклова комісія телекомунікацій та радіотехніки
(повна назва циклової комісії)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

	фаховий молодший бакалавр
	(освітньо-професійний ступінь)
на тему:	Розробка конструкції тестер для транзисторів

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

Спеціальність: 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

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

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

	Вітенько Д.О.
	(прізвище та ініціали)
Керівник	Задорожний В.Ю,
	(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
Вітенько Дем'ян Олегович**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи :
Розробка конструкції тестер для транзисторів

керівник кваліфікаційної роботи Задорожний В.Ю.
(прізвище, ім'я, по батькові)

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

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи: 16.06.2026 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:

Напруга живлення тестера +9В; Споживаний струм становить приблизно 150 мА;
Температура роботи від -5 до +35°C; Відносна вологість не більше 86%; Індикація
семисигментний індикатор;

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 спроектного виробу.
 - 3.3 Оцінка економічної ефективності та доцільності впровадження проектних рішень.
- Розділ 4 Охорона праці
 - 4.1 Гарантія прав на охорону праці.
 - 4.2 Які шкідливі речовини виділяються при паянні, які вимоги до вентиляції робочого місця.
- Висновки
- Перелік посилань
- Додатки

Додаткові вказівки:

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

без виготовлення макета

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

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Отримання і аналіз технічного завдання	20.04	19.04
2	Збір і узагальнення інформації по проекту	13.05	12.05
3	Написання першого розділу	25.05	25.05
4	Розробка технічного та робочого проекту	29.05	28.05
5	Написання спеціального розділу	29.05	28.05
6	Розрахунок економічної частини	25.05	24.05
7	Написання розділу охорони праці	26.05	25.05
8	Виконання графічної частини	19.05	18.05
9	Оформлення проекту	08.06	07.06
10	Погодження нормоконтролю	12.06	11.06
11	Попередній захист проекту	16.06	15.6
12	Захист проекту		

7. Дата видачі завдання 20 квітня 2026 р.

Студент

_____ (підпис)

Вітенько Д.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту

_____ (підпис)

Задорожний В.Ю.
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	7
ВСТУП. Призначення і область застосування радіопристрою.....	9
РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....	10
1.1 Розробка технічного завдання	10
1.2 Вибір і опис структурної схеми виробу	11
1.3 Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз.....	12
РОЗДІЛ 2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	15
2.1 Розрахунково-конструкторська частина.....	15
2.1.1 Опис компонування виробу. Обґрунтування вибору конструкційних матеріалів і покриттів	15
2.1.2 Обґрунтування вибору конструкції.	16
2.1.3 Опис і обґрунтування вибору елементної бази	19
2.1.4 Розрахунок електричних параметрів окремих каскадів	27
2.1.5 Опис конструкції друкованої плати. Розрахунок параметрів друкованого монтажу	30
2.1.6 Оцінка теплових режимів роботи виробу (розрахунок площі радіатора при необхідності).....	33
2.1.7 Розрахунок надійності проектного пристрою.....	34
2.1.8 Техніко-економічний аналіз конструкції виробу. Розрахунок споживаної потужності.....	36
2.2 Технологічна частина.....	38
2.2.1 Загальні відомості про складання і монтаж проектного виробу. Вибір типу технології.....	38
2.2.2 Якісна оцінка технологічності конструкції.	39

					26 КР 172.402.007.000.000 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Вітенькр			Розробка конструкції тестер для транзисторів Пояснювальна записка			Лім.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Задорожний							5	69
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	41
2.2.4 Кількісна оцінка технологічності друкованого вузла.....	42
2.2.5 Розробка і оформлення маршрутно-операційної технології складання і монтажу виробу.....	45
РОЗДІЛ 3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	47
3.1 Розрахунок обсягу інвестицій, необхідних для реалізації проектних рішень	47
3.2 Розрахунок собівартості продукції.....	49
3.3 Оцінка економічної ефективності та доцільності впровадження проектних рішень.....	53
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	57
4.1Гарантія прав на охорону праці.....	57
4.2 Які шкідливі речовини виділяються при паянні, які вимоги до вентиляції робочого місця.....	61
ВИСНОВКИ.....	65
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	66
ДОДАТКИ.....	

АНОТАЦІЯ

Вітенько Д.О. Розробка конструкції тестер для транзисторів: 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 105*95 мм. Всі елементи розташовані на одній стороні, на іншій стороні знаходиться індикатор HG1, світлодіод HL1 та кнопка SB1, роз'єм XS2. Індикатор HG1 розміщено на краю плати, тому що він має габаритні розміри, кнопка SB1 також знизу плати для кращого управління приладом, світлодіод HL1 справа на краю плати, мікросхема мікроконтроллер по середині плати, для кращого друкованого монтажу.

У даному виробі використано корпус із пластмаси, розміри 128*118*52мм, що характеризується хорошими діелектричними властивостями, достатньою механічною міцністю та технологічністю у виготовленні. Конструктивно корпус складається з верхньої та нижньої кришок коритоподібної форми. У верхній кришці передбачено отвори для встановлення індикатора, кнопки керування, світлодіода та роз'єму. До неї закріплено захисне скло індикатора та декоративну накладку кнопки, при цьому самі елементи розміщені на друкованій платі.

Роз'єм живлення у пристрої встановлено між двома кришками у спеціально передбаченому пазі, що забезпечує його надійну фіксацію. Нижня кришка разом із опорними ніжками з'єднується з верхньою за допомогою гвинтів, що забезпечує жорсткість конструкції та можливість багаторазового складання і розбирання. Друкований вузол у виробі закріплено до верхньої кришки за допомогою чотирьох гвинтів і шайб, що гарантує його надійне положення та стійкість до механічних впливів.

Ключові слова: тестер, транзистори, вимірювання, полярність .

					26 КР 172.402.007.000.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ABSTRACT

Vitenko D.O. Design development of a transistor tester: qualification work for obtaining the educational and qualification level of a junior specialist, specialty 172 Telecommunications and Radio Engineering. Ternopil: VSP "TFK TNTU", 2026.

The elements on the board are located very compactly, and therefore the board dimensions are minimal 105*95 mm. All elements are located on one side, on the other side there is an HG1 indicator, an HL1 LED and an SB1 button, an XS2 connector. The HG1 indicator is placed on the edge of the board, because it has overall dimensions, the SB1 button is also at the bottom of the board for better control of the device, the HL1 LED is on the right at the edge of the board, the microcontroller chip is in the middle of the board, for better printed circuit board mounting.

This product uses a plastic case, dimensions 128*118*52mm, which is characterized by good dielectric properties, sufficient mechanical strength and manufacturability in manufacturing. Structurally, the case consists of upper and lower covers of a trough shape. The upper cover has holes for installing an indicator, a control button, an LED and a connector. The protective glass of the indicator and a decorative button cover are attached to it, while the elements themselves are placed on the printed circuit board.

The power connector in the device is installed between two covers in a specially provided groove, which ensures its reliable fixation. The lower cover together with the support legs is connected to the upper one using screws, which ensures structural rigidity and the possibility of multiple assembly and disassembly. The printed circuit board in the product is attached to the upper cover using four screws and washers, which guarantees its reliable position and resistance to mechanical influences.

Keywords: tester, transistors, measurement, polarity.

					26 КР 172.402.007.000.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Проектований виріб – універсальний тестер транзисторів та дискретних напівпровідникових елементів – призначений для автоматичної ідентифікації типу радіоелектронних компонентів та вимірювання їх основних електричних параметрів.

Прилад забезпечує визначення типу елемента, розташування виводів, а також вимірювання ключових характеристик без необхідності попереднього знання його структури. Тестер відзначається компактністю, низькою вартістю реалізації, невибагливістю до точності номіналів елементів схеми та зручністю експлуатації.

Тестер може застосовуватись:

- у навчальних лабораторіях закладів освіти;
- у радіоаматорській практиці;
- при ремонті електронної апаратури;
- у сервісних центрах;
- для вхідного контролю радіоелементів.

Завдяки автоматичному визначенню типу компонента та його параметрів, прилад суттєво спрощує процес перевірки справності радіоелементів та скорочує час діагностики [1].

					26 КР 172.402.007.000.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Розробка технічного завдання

Технічні дані проєктованого пристрою:

1. Напруга живлення тестера.....+9В;
2. Споживаний струм становитьприблизно 150 мА;
3. Температура роботи.....-5.....+35°C;
4. Відносна вологість не більше86%;
5. Індикація.....семисигментний індикатор;

Пристрій підтримує автоматичне визначення та індикацію на дисплеї наступних компонентів:

- біполярні транзистори NPN та PNP;
- MOSFET транзистори:
- N-канальні збагаченого типу (N-E-MOS);
- P-канальні збагаченого типу (P-E-MOS);
- N-канальні збідненого типу (N-D-MOS);
- P-канальні збідненого типу (P-D-MOS);
- JFET транзистори:
- N-канальні (N-JFET);
- P-канальні (P-JFET);
- тиристори;
- симістори (TRIAC);
- діоди;
- двокатодні та двоанодні діодні збірки;
- послідовно з'єднані діоди;
- симетричні (зустрічно ввімкнені) діоди;
- резистори в діапазоні від 1 Ом до 10 МОм;
- конденсатори в діапазоні від 0,2 нФ до 5000 мкФ.

Окрім визначення типу елемента, тестер забезпечує вимірювання таких параметрів:

					26 КР 172.402.007.000.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- коефіцієнт підсилення струму біполярних транзисторів (H21е) до 1000;
- порядок підключення виводів (нумерація 1–2–3);
- наявність вбудованого захисного діода;
- пряме падіння напруги на р-n переході (U_f), мВ;
- порогову напругу відкриття MOSFET (V_t), мВ;
- ємність затвора MOSFET (C), нФ.

1.2 Вибір і опис структурної схеми виробу

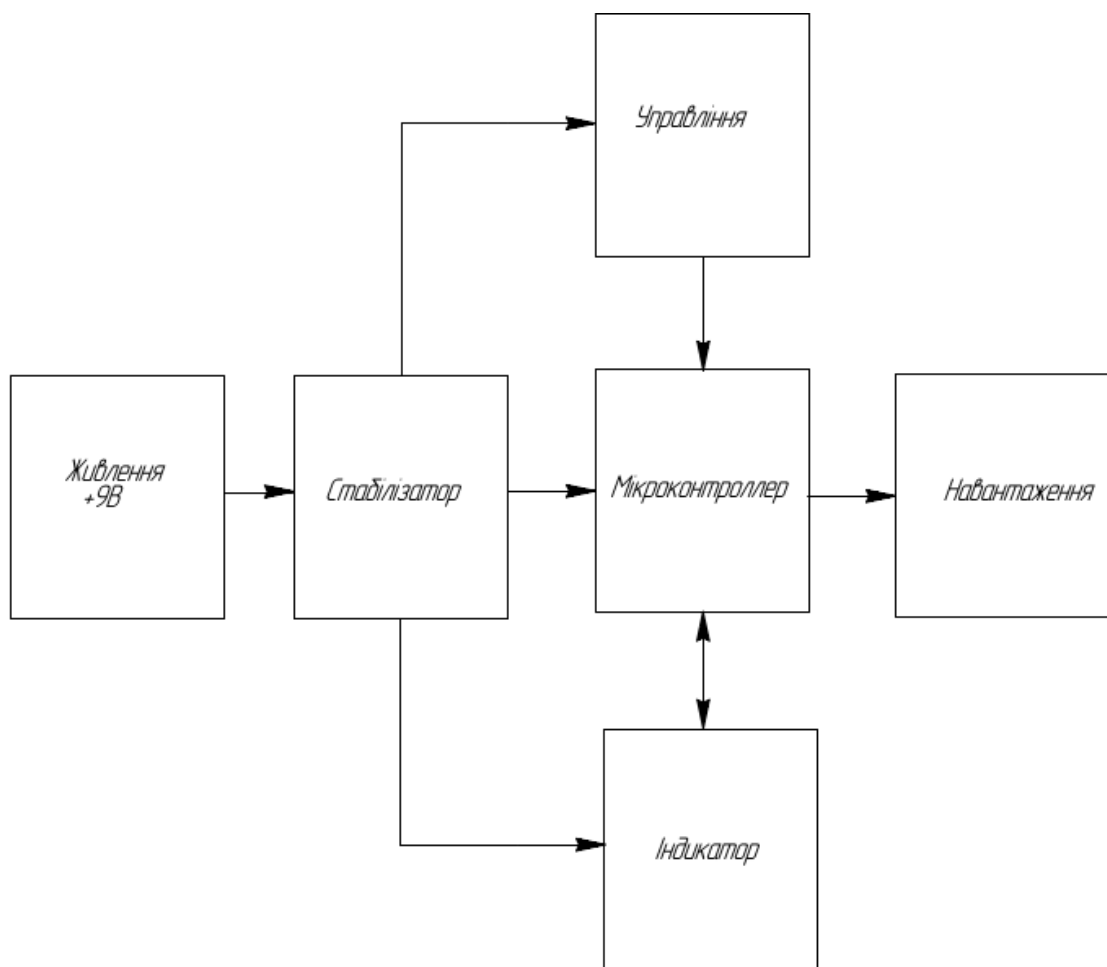


Рисунок 1.1- Схема електрична структурна

Структурна схема тестера для транзисторів являє собою послідовність функціональних блоків, які забезпечують живлення, формування тестових сигналів, керування процесом перевірки та індикацію результатів.

- Живлення - джерело постійної напруги (наприклад, батарея 9 В або стабілізований блок живлення).
- Стабілізатор - формує робочу напругу (наприклад, +5 В) для мікроконтролера та допоміжних вузлів.
- Мікроконтролер - керує алгоритмом тестування, генерує тестові сигнали для перевірки транзистора, виконує аналіз отриманих даних.
- Управління - кнопки або перемикачі для вибору режиму перевірки (NPN, PNP, MOSFET, визначення h_{FE} тощо).
- Навантаження - імітаційні резистивні та активні елементи, що дозволяють оцінити параметри транзистора під час роботи.
- Індикатор - відображає результати перевірки — тип транзистора, коефіцієнт підсилення, наявність дефектів. Це може бути LCD-екран, світлодіодна матриця або семисегментний індикатор.

1.3 Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз

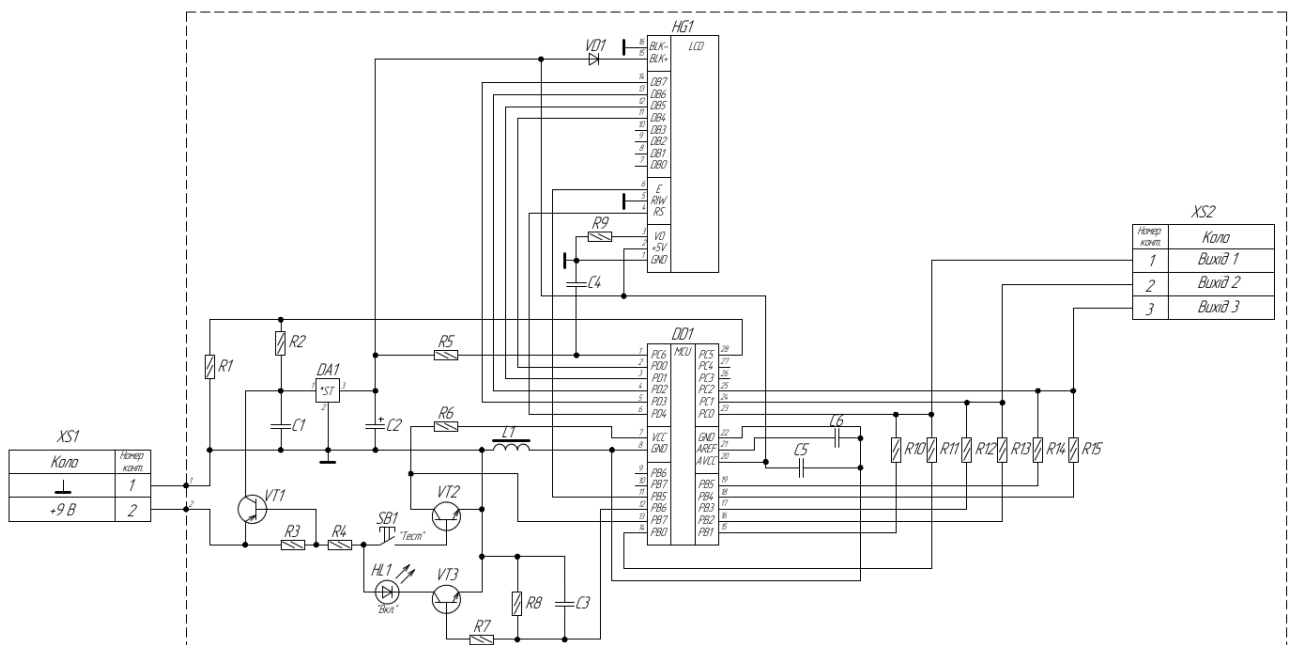


Рисунок 1.2- Схема електрична принципова

Проектований тестер транзисторів є мікроконтролерним вимірювальним пристроєм, принцип роботи якого базується на подачі тестових сигналів на досліджуваний елемент, вимірюванні електричних параметрів та подальшій програмній обробці отриманих даних

Живлення приладу здійснюється від джерела постійної напруги +9 В.

Для забезпечення стабільної роботи електронних компонентів використовується лінійний стабілізатор напруги L7805ABV, який перетворює вхідну напругу 9 В у стабілізовану напругу +5 В.

Конденсатори:

100 нФ (NPO) — виконують функцію високочастотної фільтрації та подавлення імпульсних перешкод;

10 мкФ (електролітичні) — згладжують пульсації напруги та забезпечують стабільність живлення.

Основним елементом пристрою є мікроконтролер ATmega8-16PU, який виконує такі функції:

- формування тестових сигналів;
- комутацію вимірювальних каналів;
- аналіз напруг та струмів через досліджуваний елемент;
- розрахунок параметрів (H_{21e} , U_f , V_t , C тощо);
- визначення типу компонента;
- виведення інформації на дисплей.

Мікроконтролер по черзі подає сигнали на всі можливі комбінації виводів досліджуваного елемента та аналізує відповідь, що дозволяє автоматично визначити структуру та тип підключеного компонента.

Резистори використовуються для: формування вимірювальних струмів, обмеження струму через тестований елемент, створення дільників напруги.

Транзистори BC547A (NPN) та BC557A (PNP) застосовуються як:

- ключові елементи для комутації сигналів;

- формувачі тестових струмів;
- допоміжні підсилювальні каскади.

Завдяки комбінації резисторів і транзисторів мікроконтролер може вимірювати падіння напруги, струми та реакцію елемента при різних режимах полярності.

Результати вимірювань відображаються на рідкокристалічному дисплеї SDCB2004BWE-R07 (20×4 символи).

На дисплей виводиться:

- тип елемента (NPN, PNP, MOSFET, діод тощо);
- розташування виводів;
- електричні параметри.

Світлодіод L-1503GT виконує функцію індикації роботи приладу (живлення або процес вимірювання).

Запуск вимірювання здійснюється за допомогою тактової кнопки KLS7-TS6601, яка подає сигнал на відповідний вхід мікроконтролера.

Після натискання кнопки мікроконтролер ініціалізує вимірювальний цикл, послідовно подаються тестові сигнали на всі контакти досліджуваного елемента, виконується аналіз струмів і напруг за допомогою АЦП мікроконтролера, програмно визначається структура та тип компонента, розраховуються електричні параметри, результат виводиться на дисплей.

Таким чином, принцип роботи приладу базується на мікроконтролерному аналізі електричних характеристик радіоелементів шляхом автоматичної комутації вимірювальних сигналів та цифрової обробки результатів, що забезпечує універсальність, точність та зручність використання пристрою [1].

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 до компактності, надійності, технологічності складання та зручності експлуатації. Основним конструктивним елементом є двостороння друкована плата розміром 105×95 мм, на якій розміщені всі електронні компоненти пристрою. Компоненти розташовані таким чином, щоб забезпечити мінімальну довжину друкованих провідників, знизити рівень електромагнітних завад та спростити процес монтажу.

Мікроконтролер розташовано в центральній частині плати, що дозволяє раціонально організувати з'єднання з іншими елементами схеми. Індикатор HG1 встановлено поблизу краю друкованої плати для забезпечення його суміщення з вікном корпусу та зручного зчитування інформації користувачем. Світлодіод HL1 і кнопка керування SB1 також розміщені біля країв плати відповідно до їх функціонального призначення та вимог ергономіки. Роз'єми встановлені таким чином, щоб забезпечити зручне підключення зовнішніх пристроїв та джерела живлення.

Для розміщення електронного вузла використовується пластмасовий корпус розміром 128×118×52 мм. Вибір пластмаси як конструкційного матеріалу обумовлений її високими діелектричними властивостями, малою масою, достатньою механічною міцністю, стійкістю до впливу навколишнього середовища та простотою виготовлення. Пластмасовий корпус забезпечує електричну ізоляцію внутрішніх елементів і підвищує безпеку експлуатації виробу.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

26 КР 172.402.007.000.000 ПЗ

Арк.

15

Друкована плата виготовляється зі склотекстоліту, який характеризується високою механічною міцністю, стабільністю геометричних розмірів, добрими електроізоляційними властивостями та стійкістю до температурних впливів під час паяння. Провідний рисунок плати формується з мідної фольги, що забезпечує низький електричний опір провідників та високу надійність електричних з'єднань.

Для захисту мідних провідників від окиснення та підвищення якості паяння на поверхню друкованої плати наноситься захисне покриття у вигляді паяльної маски. Контактні площадки покриваються шаром припою або іншим захисним покриттям, що запобігає корозії та покращує технологічність монтажу. На поверхню плати також наноситься маркування методом шовкографії для позначення елементів і полегшення процесу складання та технічного обслуговування виробу.

Кріпильні елементи виробу (гвинти, шайби та інші металеві деталі) виготовляються зі сталі з антикорозійним покриттям, що забезпечує їх довговічність та стійкість до впливу вологи. Використані матеріали та покриття відповідають вимогам надійності, довговічності, технологічності виготовлення та умовам експлуатації виробу.

2.1.2 Обґрунтування вибору конструкції

У розробленому пристрої корпус виконує важливу функцію захисту внутрішніх елементів від впливу зовнішніх факторів, зокрема пилу, вологи та прямого сонячного випромінювання. Крім того, корпус забезпечує електробезпеку користувача під час експлуатації, запобігаючи можливому ураженню електричним струмом при взаємодії з приладом. Також корпус виступає основною несучою конструкцією, у межах якої розміщено та закріплено всі функціональні вузли та компоненти пристрою.

У даному виробі використано корпус із пластмаси, що характеризується хорошими діелектричними властивостями, достатньою механічною міцністю та

					26 КР 172.402.007.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

технологічністю у виготовленні. Конструктивно корпус складається з верхньої та нижньої кришок коритоподібної форми. У верхній кришці передбачено отвори для встановлення індикатора, кнопки керування, світлодіода та роз'єму. До неї закріплено захисне скло індикатора та декоративну накладку кнопки, при цьому самі елементи розміщені на друкованій платі.

Роз'єм живлення у пристрої встановлено між двома кришками у спеціально передбаченому пазі, що забезпечує його надійну фіксацію. Нижня кришка разом із опорними ніжками з'єднується з верхньою за допомогою гвинтів, що забезпечує жорсткість конструкції та можливість багаторазового складання і розбирання. Друкований вузол у виробі закріплено до верхньої кришки за допомогою чотирьох гвинтів і шайб, що гарантує його надійне положення та стійкість до механічних впливів.

У процесі розробки друкованого вузла в пристрої реалізовано основні вимоги компонування. Зокрема, забезпечено оптимальну щільність розташування компонентів, що дозволило досягти компактності конструкції. При цьому мінімізовано паразитні електричні взаємозв'язки між елементами, що позитивно впливає на технічні характеристики виробу. Взаємне розміщення компонентів також забезпечує зручність складання, налагодження та обслуговування пристрою.

Плата приладу двостороння і виконана комбінованим методом. Габаритні розміри друкованої плати 95мм*85мм, у виробі визначено з урахуванням технології виготовлення та економічної доцільності. Плата виконана прямокутної форми без складних конструктивних елементів, що дозволило зменшити витрати матеріалів та спростити процес її виготовлення. Розміри плати відповідають вимогам стандартів щодо співвідношення сторін і товщини, що забезпечує уніфікацію та сумісність із типовими технологічними процесами. Всі елементи розташовані на одній стороні, на іншій стороні знаходиться індикатор HG1, світлодіод HL1 та кнопка SB1, роз'єм XS2. Індикатор HG1 розміщено на краю плати, тому що він має габаритні розміри,

					26 КР 172.402.007.000.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кнопка SB1 також знизу плати для кращого управління приладом, світлодіод HL1 справа на краю плати, мікросхема мікроконтроллер по середині плати, для кращого друкованого монтажу.

Монтаж електрорадіоелементів у даному пристрої виконано з використанням компонентів зі штировими виводами. Їх встановлено у наскрізні отвори друкованої плати з подальшим загинанням виводів, обрізанням у межах контактних площадок та паянням методом «хвилі припою». Такий підхід дозволив забезпечити високу щільність монтажу, надійність електричних з'єднань та ефективне використання площі плати.

При розміщенні елементів на друкованій платі у виробі враховано умови теплового режиму та електромагнітної сумісності. Забезпечено можливість природної конвекції повітря для охолодження елементів, що нагріваються. Напівпровідникові прилади та інтегральні мікросхеми розташовано на достатній відстані від джерел тепла та сильних магнітних полів. Також передбачено зручний доступ до елементів, що потребують регулювання.

Крок встановлення інтегральних мікросхем обрано з урахуванням щільності компонування, температурних режимів роботи та особливостей електричної схеми. Дотримано необхідні зазори між корпусами компонентів, що забезпечує надійність роботи пристрою та зменшує взаємний вплив елементів. Мікросхеми розміщено з одного боку друкованої плати відповідно до технології монтажу в наскрізні отвори, що забезпечує їх надійне механічне кріплення.

Отже, у розробленому пристрої реалізовано раціональне компонування та конструктивні рішення, які забезпечують високу технологічність виготовлення, зручність експлуатації, надійність роботи та відповідність сучасним вимогам до радіоелектронної апаратури. [14].

2.1.3 Опис і обґрунтування вибору елементної бази

Таблиця 2.1- Конденсатор ЕСАР [2]

Позиційне позначення	C2
Назва компонента	Конденсатор ЕСАР
Виробник	"Jamicon"
Критерії вибору	Напруга робоча, струм, розміри, тангенс кута втрат
Параметри та характеристики	
Параметри конструкції	Див.рис.2.1
Номінальна напруга	16В
Номінальна ємність	4,7...2200 мкФ
Допуск ємності	± 20%
Термін служби	2000 г
Робоча температура	-55 ... 105 ° С
Тангенс кута втрат,%	0,14

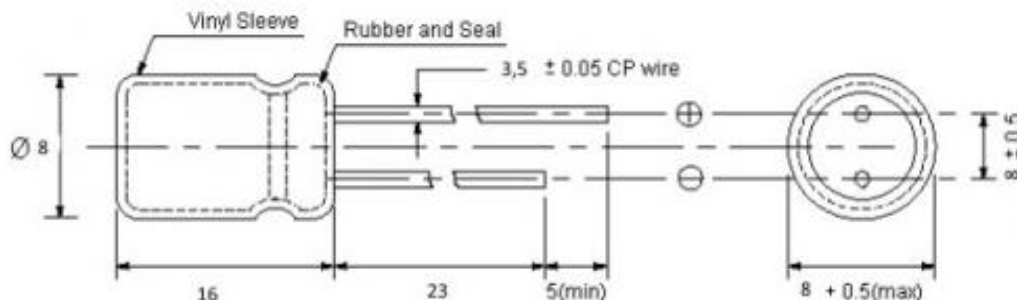


Рисунок 2.1- Габаритні розміри конденсатора типу ЕСАР

Таблиця 2.2- Резистор MFP [3]

Позиційне позначення	R1...R15
Назва компонента	MFP
Виробник	Yageo
Критерії вибору	Потужність розсіювання, максимальна робоча напруга, діапазон опорів, габаритні розміри
Параметри конструкції	Див.рис.2.2
Параметри та характеристики	
номінальна потужність	0,125 Вт
діапазон номінальних опорів	1...10·10 ⁶ Ом
допустиме відхилення опору	±10%
максимальна робоча напруга	200В
діапазон робочих температур	-60.....+70°C

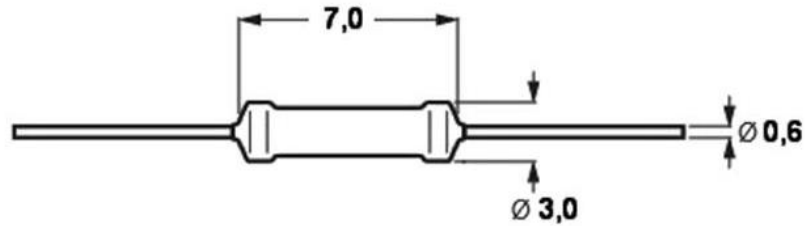


Рисунок 2.2- Габаритні розміри резисторів MFP " Yageo "

Таблиця 2.3- Конденсатор NPO [4]

Позиційне позначення	C1,C3....C16
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

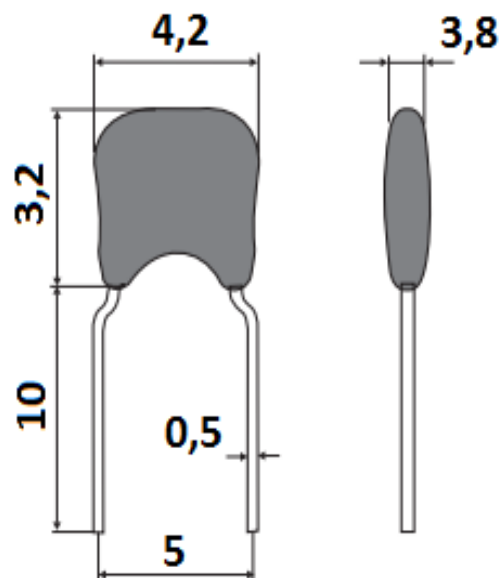


Рисунок 2.3- Габаритні розміри конденсатора NPO

Таблиця 2.4- Діод 1N4148 "Diotec" [5]

Позиційне позначення	VD1
Назва компонента	Діод 1N4148
Виробник	"Diotec"
Критерії вибору	напруга випрямлення, максимальний струм, робоча частота
Параметри та характеристики	
матеріал	кремній
корпус	DO-35
максимальна постійна зворотна напруга	75В
максимальна імпульсна зворотна напруга	120В
максимальний час зворотного відновлення	0,004мкс
діапазон робочих температур	-65...+150°C
максимально допустимий прямий імпульсний струм	0,45А
максимальний зворотній струм	5 мкА

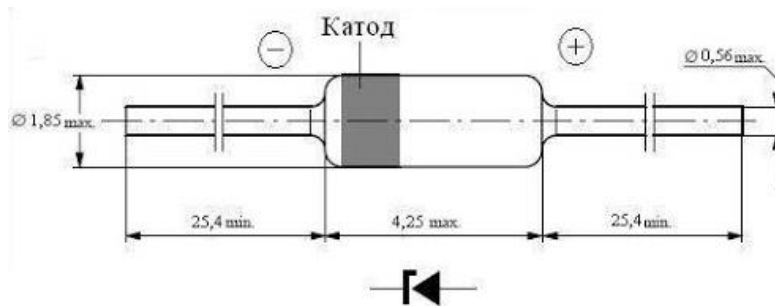


Рисунок 2.4 – Габаритні розміри діода 1N4148

Таблиця 2.5 – Дросель FWDRI1415B [6]

Позиційне позначення	L1
Назва компонента	Дросель FWDRI1415B
Виробник	"Epcos"
Критерії вибору	Номінал індуктивності, робоча напруга, струм
Параметри та характеристики	
Індуктивність	60мГн
Допуск	±10 %
Максимальний струм	≈ 0.95 А
Опір обмотки (RDC)	до 1.2 Ω
Частота вимірювання	1 кГц
Тип сердечника	феритовий
Тип монтажу	ТНТ (вивідний, через отвори

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

26 КР 172.402.007.000.000 ПЗ

Арк.

21

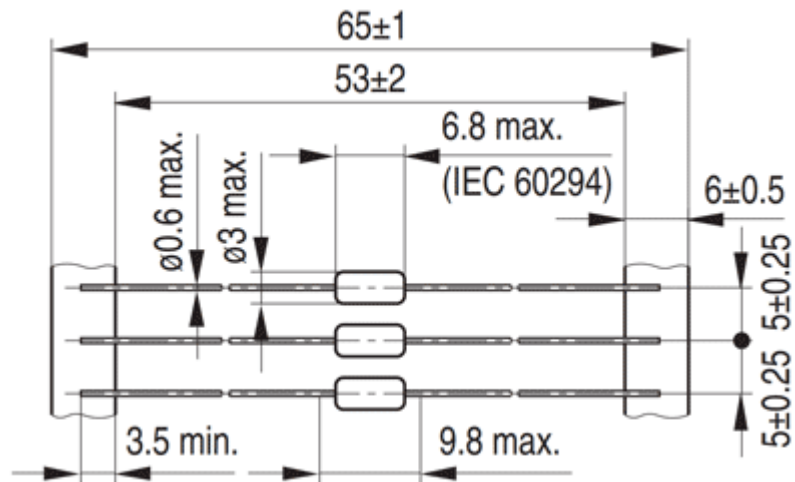


Рисунок 2.5 – Габаритні розміри дросель FWDR11415B

Таблиця 2.6 - Транзистор BC557A [8]

Позиційне позначення	VT1
Назва компонента	Транзистор BC557A
Виробник	LGE
Критерії вибору	Структура, коефіцієнт підсилення, потужність,
Параметри та характеристики	
Тип провідності	NPN
Максимальна напруга колектор-емітер	80 В
Максимальна напруга колектор-база	100 В
Розсіювана потужність	0.8 Вт
Коефіцієнт підсилення	від 40 до 160
Гранична частота	від 100 до 200 МГц.
Корпус	TO-92

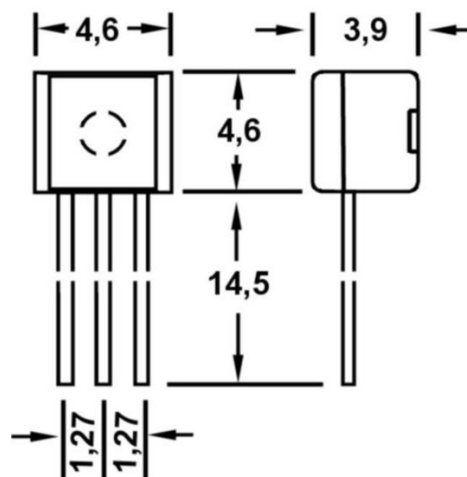


Рисунок 2.6 – Габаритні розміри транзистора BC557A

Таблиця 2.7- Мікросхема L7805ABV "ST Microelectronics" [8]

Позиційне позначення	DA1
Назва компонента	Мікросхема L7805ABV
Виробник	"ST Microelectronics"
Критерії вибору	Вхідна та вихідна напруги, вихідний струм
Параметри та характеристики	
Корпус	TO220
Максимальний вихідний струм	до 1.5 А
Максимальна вхідна напруга, В	40
Діапазон вхідної напруги	від 7 В до 35 В.
Точність вихідної напруги	$\pm 2\%$
Робоча температура	від -40°C до $+125^{\circ}\text{C}$
Струм власного споживання	близько 4.3 мА

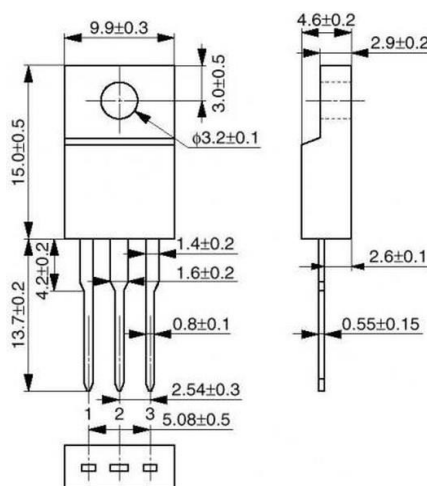


Рисунок 2.7 –Габаритні розміри стабілізатора 78L05 ABV

Таблиця 2.8 - Мікросхема ATmega8-16PU "Microchip" [9]

Позиційне позначення	DD2
Назва компонента	Мікросхема ATmega8-16PU
Виробник	"Microchip"
Критерії вибору	Вхідна та вихідна напруги, струм, принцип роботи
Параметри та характеристики	
Корпус	DIP-28
Ядро	8-бітне AVR RISC.
Flash (прошивка)	8 КБ
SRAM	1 КБ
Тактова частота	від 0 до 16 МГц
Робоча напруга	від 4.5 В до 5.5 В

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

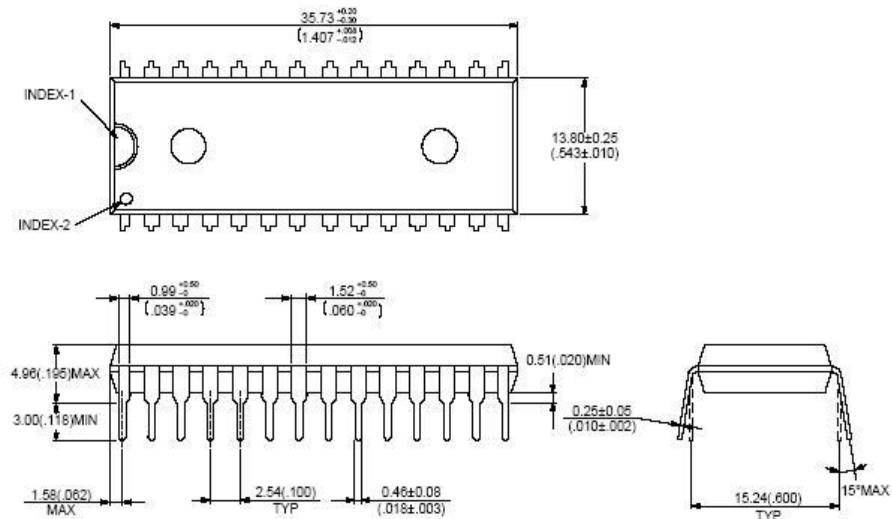


Рисунок 2.8 - Зовнішній вигляд мікросхеми ATmega8-16PU

Таблиця 2.9 - Кнопка тактова KLS7-TS6601-13.0-180 "KLS" [10]

Позиційне позначення	SB1
Назва компонента	Кнопка тактова KLS7-TS6601-13.0-180
Виробник	"KLS"
Критерії вибору	Розмір, принцип роботи, струм, напруга
Параметри та характеристики	
Робоча напруга, В	12
Робочий струм, А	0.05
Розмір, мм	6x6
Висота / довжина кнопки з штовхачем (до контактів), мм	9.5
Висота / довжина штовхальника, мм	6
Напруга живлення	2.7...5.5 В
Кількість виводів	28 (корпус DIP)

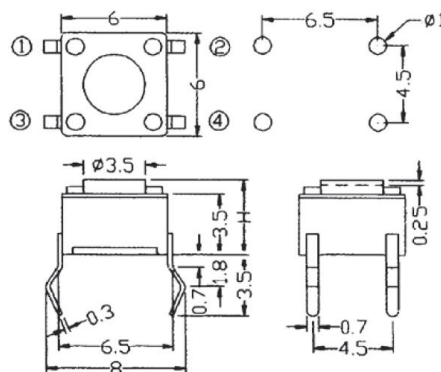


Рисунок 2.9 – Габаритні розміри кнопки KLS7-TS6601-13.0-180

Таблиця 2.10 - Транзистор BC547A "LGE" [11]

Позиційне позначення	VT2-VT3
Назва компонента	Транзистор BC547A
Виробник	"LGE"
Критерії вибору	Тип, структура, струм, напруга, підсилення
Параметри та характеристики	
Структура	pnp
Макс. напр. к-е при заданому струмі до і розімкнутої ланцюга б. (Uкео макс), В	45
Максимально допустимий струм до (Iк макс.)	0.1
Статичний коефіцієнт передачі струму h21е хв	200 ... 450
Гранична частота коефіцієнта передачі струму fгр.МГц	150
Максимальна потужність, що розсіюється, Вт	0.5
Корпус	to-92
Вага, г	0.3

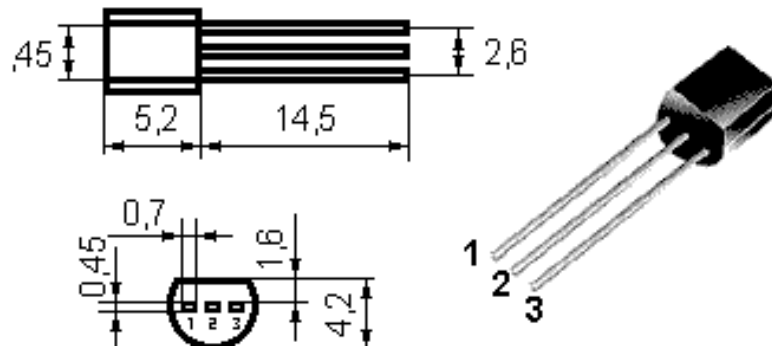


Рисунок 2.10 – Габаритні розміри транзистора BC547A

Таблиця 2.11 - Світлодіод типу L-1503GT [12]

Позиційне позначення	HL1
Назва компонента	L-1503GT
Виробник	Kingbright
Критерії вибору	Розмір, колір свічення, струм та напруга живлення
Параметри та характеристики	
Колір свічення	червоний
Довжина хвилі	663нм
Колір лінзи	червоний
Максимальна пряма напруга	1,9 В
Максимальний імпульсний прямий струм	30мА
Робоча температура	-10...+70°C
Максимальна зворотня напруга	2В

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

26 КР 172.402.007.000.000 ПЗ

Арк.

25

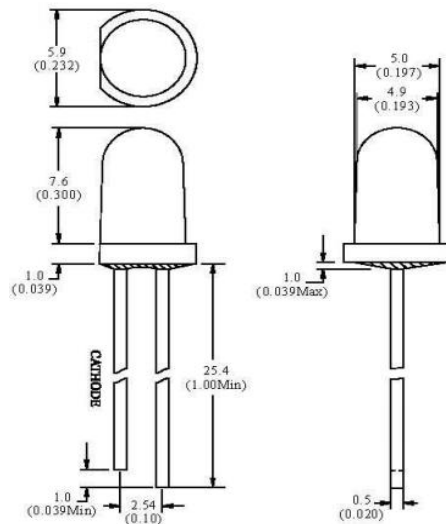


Рисунок 2.11 - Зовнішній вигляд світлодіода типу L-1503GT "Kingbright"

Таблиця 2.12 - Дисплей SDCB2004BWE-R07 "Sinda" [13]

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

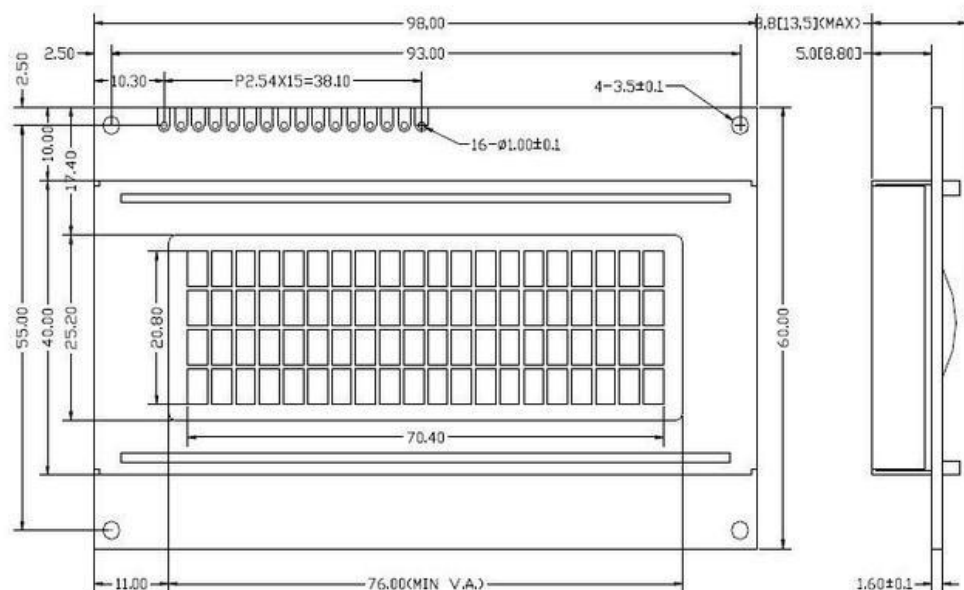


Рисунок 2.12- Зовнішній вигляд дисплей SDCB2004BWE-R07 "Sinda"

2.1.4 Розрахунок електричних параметрів окремих каскадів

Для розрахунку стабілізаторів напруги на ІМС (див.рис.2.14), як правило, необхідні наступні початкові дані: номінальне значення вихідної напруги $U_{\text{СТ ВИХ НОМ}}$; граничні значення вихідної напруги $U_{\text{СТ ВИХ min}}$, $U_{\text{СТ ВИХ max}}$; мінімальний і максимальний струми навантаження $I_{\text{Н min}}$, $I_{\text{Н max}}$; температурна нестабільність напруги вхідної α_U ; нестабільність вихідної напруги $K_{\text{НСТУ}}$ або коефіцієнт пульсацій вихідної напруги $K_{\text{П}}$; коефіцієнт стабілізації напруги $K_{\text{СТУ}}$; внутрішній опір стабілізатора $R_{\text{СТ ВИХ}}$; температурний коефіцієнт γ .

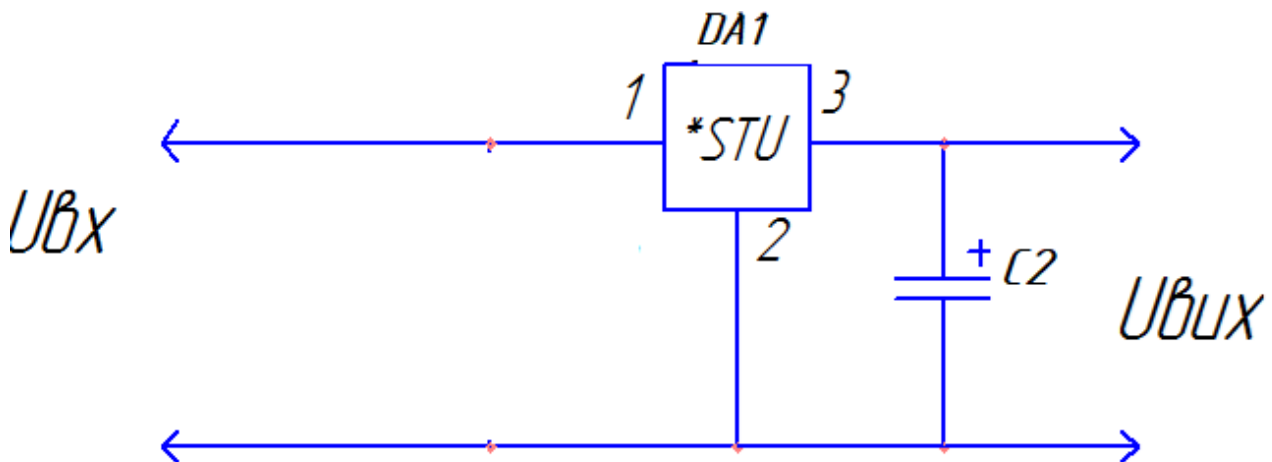


Рисунок 2.13 – Схема стабілізатора і конденсатора

Вибір ІМС виконується за заданими $U_{\text{СТ ВИХ}}$, $I_{\text{СТ ВИХ max}}$, $K_{\text{СТУ}}$, γ , $R_{\text{СТ ВИХ}}$ із табл. 2.13. Бажано віддавати перевагу тим ІМС, які працюють з меншою кількістю зовнішніх елементів. При цьому повинні виконуватися наступні умови

$$U_{\text{ІМС ВИХ}} \geq U_{\text{СТ ВИХ}}$$

$$I_{\text{ІМС ВИХ max}} \geq I_{\text{Н max}}$$

$$K_{\text{ІМС СТУ}} \geq K_{\text{СТУ}}$$

Таблиця 2.13 - Параметри стабілізаторів

Тип ІМС	$U_{CT BX}$, В (min... max)	$U_{CT ВИХ}$, В (min... max)	$K_{НСТУ}$, % $\frac{B}{A}$ не більше за	$K_{НСТУ}$, % $\frac{A}{B}$ не більше за	$K_{СТ СТ}$, дБ на 1кГц не більше за	α_U , % °C не більше за	$I_{СТ ВИХ}$, А (max)	$P_{СТ РОЗ}$, Вт без радіатора/з радіатором	$I_{СТ СП}$, мА	$U_{СТ ПД}$, В не більше за
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
K142EH A	9...20	3...12	0,5	0,5	-	0,01	0,15	0,7/0,8	4	4
K142EH1B	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
K142EH2B	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
K142EH5B	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
KP142EH5B	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
KP142EH6B	-...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
142EH8B	11,5...35	11,64...12,36	-	-	-	-	-	-	-	-

Було обрано стабілізатор "L7805ABV "ST Microelectronics"", який має параметри такі як в KP142EH5A (див.табл.2.13).

Незалежно від типу обраної ІМС визначаємо наступні параметри

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

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

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

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

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

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

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

Можливі граничні значення ККД

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

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

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

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

Передбачається, що струм споживаний стабілізатором є малим

$$I_{CT ВЛХ} \equiv I_{CT BX} \cdot$$

Визначення ємності конденсатора за формулою:

$$C_0 = \frac{H}{rK_I 0} \quad (2.6)$$

де C_0 – ємність, мкФ;

Коефіцієнт пульсацій $K_{п0}=0,03$ %;

r – опір, Ом.

H -коефіцієнт, що визначається за графіком 2.12.

$$C_0 = \frac{3}{10 \cdot 0,03} = 10(\text{мкФ})$$

Розраховуємо робочу напругу:

					26 КР 172.402.007.000.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

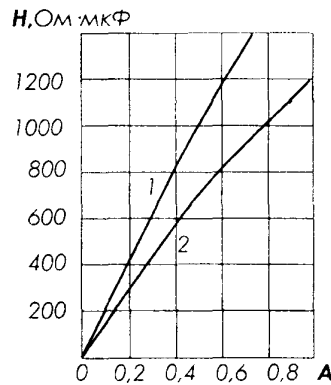


Рисунок 2.14 – Графік для визначення коефіцієнта Н:

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

$$U_{роб} = 1,4 \cdot 10 = 14(B)$$

Вибираємо тип конденсатора з довідника за параметрами $C_{0\text{ ном}}$ і $U_{роб}$.
Вибираємо електролітичний конденсатор типу ЕСАР-16 В-10 мкФ 20% "Epcos" номінальною ємністю 10 мкФ та на робочу напругу 16 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 [16].

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

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

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

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

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

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

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

$$b_{\min 2} = \frac{\rho * I_{\max} * l}{U_{\text{д}} * t} = \frac{0,0175 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}} * 0,2 \text{А} * 0,5 \text{м}}{0,9 \text{В} * 0,035 \text{м}} = 0,3 \text{мм} \quad (2.9)$$

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

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

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

Визначаємо номінальні значення діаметрів монтажних отворів d :

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

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

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

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, діодів, світлодіода;

$d_{E2} = 1,0$ – для індикатора НГ1 та мікросхеми DA1.

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

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

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

Розраховуємо діаметр контактних площадок.

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

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

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

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

$$b_m = 0,06 \text{ мм.}$$

					26 КР 172.402.007.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

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.

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

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

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

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

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

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

Максимальний діаметр контактної площадки:

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

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

$$D_{\max 2}=3+0,02=3,02\text{мм}$$

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

$$b_{\min}=b_{1\min}+1.5h\phi+0,03 \quad (2.15)$$

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

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

Визначаємо мінімальну відстань між елементами провідного матеріалу.

Мінімальна відстань між провідником і контактною площадкою:

$$S_{1\min}=L_0-\left[\left(\frac{D_{\max}}{2}+\delta p\right)+\left(\frac{d_{\max}}{2}+\delta 1\right)\right] \quad (2.16)$$

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

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

де: L_0 – відстань між центрами відповідних елементів;

Мінімальна відстань між двома контактними площадками:

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

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

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

Мінімальна відстань між двома провідниками:

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

$$S_{3\min 1} = 2,5 - (2,82 + 2 \cdot 0,05) = -0,42\text{мм}$$

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

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, діодів, транзисторів.

2.1.6 Оцінка теплових режимів роботи виробу

Тепловий режим роботи виробу є одним із важливих факторів, що визначають його надійність, довговічність та стабільність функціонування. У процесі роботи електронні компоненти споживають електричну енергію, частина якої перетворюється на тепло. Основними джерелами тепловиділення у пристрої є мікроконтролер, індикатор, стабілізатор напруги та інші напівпровідникові елементи.

Проектований пристрій характеризується невеликою споживаною потужністю, тому сумарне тепловиділення електронних компонентів є незначним. Розташування елементів на друкованій платі виконано таким чином, щоб забезпечити рівномірний розподіл тепла по її поверхні та виключити локальні перегріву окремих вузлів. Центральне розміщення мікроконтролера сприяє ефективному відведенню тепла через друковану плату,

а достатні відстані між елементами покращують природну циркуляцію повітря всередині корпусу.

Корпус виробу виготовлений із пластмаси, яка має низьку теплопровідність, однак завдяки невеликій потужності розсіювання тепла це не призводить до перевищення допустимих температур. Відведення тепла здійснюється переважно через друковану плату, виводи компонентів та внутрішній об'єм корпусу шляхом природної конвекції повітря.

Оцінка теплового режиму показує, що за нормальних умов експлуатації температура електронних компонентів не перевищує гранично допустимих значень, установлених виробниками елементної бази. Запас за температурою забезпечує стабільність електричних параметрів компонентів і зменшує ймовірність виникнення відмов, пов'язаних із перегрівом.

Таким чином, конструкція виробу та прийняте конструювання елементів забезпечують сприятливий тепловий режим роботи без застосування додаткових засобів охолодження. Природне охолодження є достатнім для підтримання працездатності пристрою в усьому діапазоні передбачених умов експлуатації.

2.1.7 Розрахунок надійності проектного пристрою

Надійність характеризується рядом розрахункових показників, найбільш важливими з яких є інтенсивність відмов, середнє напрацювання до відмови, імовірність безвідмовної роботи.

Надійність – це властивість виробу виконувати задані функції в певних умовах експлуатації при збереженні значень основних параметрів в заданих межах.

Імовірність безвідмовної роботи вказує на те, яка частина виробів із заданої їх кількості буде працювати безвідмовно протягом заданого часу. Інтенсивністю відмов називають кількість відмов за одиницю часу, що приходить на один виріб, який продовжує працювати в даний момент часу.

					26 КР 172.402.007.000.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 [15]:

Таблиця 2.14 - Вихідні дані для розрахунку надійності

п/п	Назва групи елементів	К-сть шт.	К _{нопр}	I _{відм} *1e-06	К-сть*К _{нав від} *1e-06
1	Мікросхеми	2	1	0,03	0,06
2	Діоди	1	0,35	0,7	0,245
3	Конденсатори електролітичні	1	0,4	2,4	0,96
4	Конденсатори керамічні	5	0,1	1,4	0,7
5	Резистори постійні	15	0,42	0,8	5,04
6	Резистори змінні	1	0,1	3,2	0,32
7	Дросель	1	0,1	1	0,1
8	Друкована плата	1	1	0,1	0,1
9	Пайки	111	1	0,02	2,22
10	Світлодіод	1	1	4	4
11	Індикатор	1	1	40	40
12	Роз'єм	2	1	0,05	0,1

Коефіцієнти впливу:

Коефіцієнт механічних впливів: 1;

Коефіцієнт впливу вологості і температури: 1;

Коефіцієнт атомосферних впливів: 1;

Результати розрахунку:

Інтенсивність відмов: 5.7725e-005 1/год

Середня наробка до відмови: 17323.5 год

Розрахунок ймовірності безвідмовної роботи P(t):

t = 10 год. P(t) = 0.999423

t = 100 год. P(t) = 0.994244

t = 1000 год. P(t) = 0.943909

t = 10000 год. P(t) = 0.561440

t = 100000 год. P(t) = 0.003112

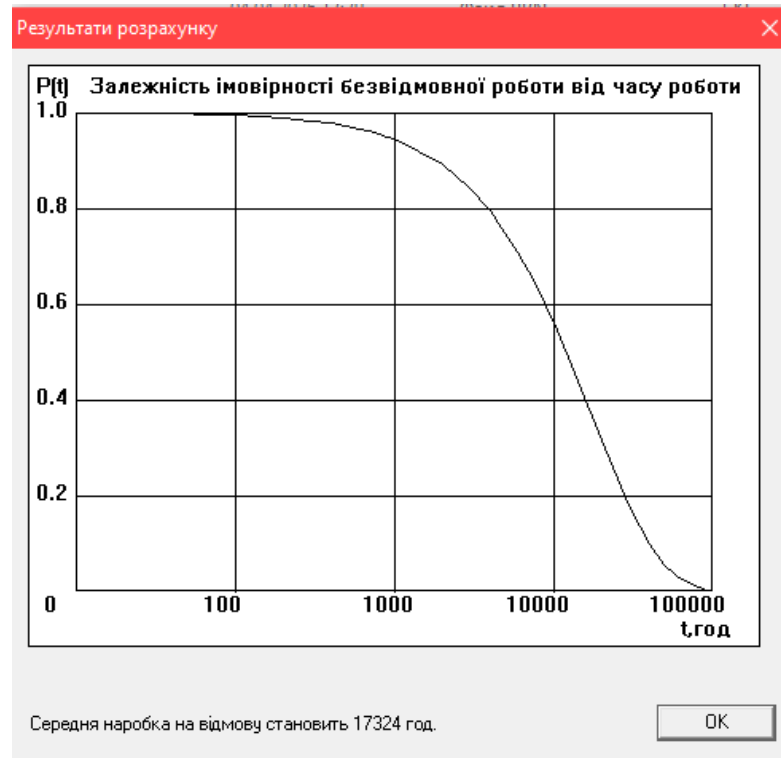


Рисунок 2.15 - Графік залежності імовірності безвідмовної роботи від часу

Напрацювання на відмову становить 17324 год. Надійність виробу є досить високою, що супроводжується якісною роботою приладу довго та надійно.

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

Техніко-економічний аналіз конструкції виробу проводиться з метою оцінки його технологічності, надійності, економічної доцільності виготовлення та відповідності вимогам експлуатації. Проектований виріб являє собою електронний пристрій, побудований на базі сучасної елементної бази з використанням друкованого монтажу, що забезпечує високу якість електричних з'єднань, компактність конструкції та зниження трудомісткості складання.

Конструкція виробу характеризується раціональним компонованням елементів на друкованій платі розміром 105×95 мм. Компактне розташування компонентів дозволяє зменшити габарити виробу та скоротити витрати матеріалів на виготовлення друкованої плати і корпусу. Використання двосторонньої друкованої плати забезпечує оптимальне розведення провідників, підвищує щільність монтажу та покращує електричні характеристики пристрою.

Для виготовлення друкованої плати застосовано склотекстоліт, який є одним із найбільш поширених і економічно вигідних матеріалів у виробництві електронної апаратури. Він забезпечує необхідну механічну міцність, стабільність параметрів та високу надійність роботи виробу. Використання стандартних радіоелектронних компонентів знижує собівартість виробництва, спрощує закупівлю комплектуючих і ремонт виробу в процесі експлуатації.

Корпус пристрою виготовляється з пластмаси, що дозволяє зменшити масу виробу, забезпечити необхідні електроізоляційні властивості та знизити витрати на виготовлення. Конструкція корпусу складається з двох частин, які з'єднуються гвинтами, що спрощує складання, технічне обслуговування та ремонт виробу. Усі органи керування та індикації виведені на передню панель, що підвищує зручність експлуатації.

З технологічної точки зору конструкція виробу є достатньо простою у виготовленні та складанні. Монтаж компонентів виконується на друкованій платі з мінімальною кількістю механічних з'єднань, що зменшує трудомісткість виробництва та підвищує надійність пристрою. Застосування стандартних кріпильних елементів і типових конструкційних рішень сприяє скороченню часу складання та зниженню виробничих витрат.

Економічна ефективність конструкції досягається за рахунок використання доступних матеріалів, стандартної елементної бази, простоти технологічних операцій та відсутності необхідності у складних системах охолодження або спеціальних конструктивних елементах. Це дозволяє

					26 КР 172.402.007.000.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зменшити собівартість виробу при збереженні необхідних технічних характеристик і високої надійності роботи.

Таким чином, розроблена конструкція виробу є технічно обґрунтованою та економічно доцільною. Вона забезпечує необхідні функціональні характеристики, зручність експлуатації, технологічність виготовлення та конкурентоспроможну собівартість.

Даний пристрій відноситься до вимірювальних приладів. Його напруга живлення становить +9В, а струм споживання 0,2А. Тому потужність буде рівна:

$$P=I*U=0,2*9=1,8 \text{ (Вт)} \quad (2.19)$$

2.2 Технологічна частина

2.2.1 Загальні відомості про складання і монтаж проектованого виробу

Складання і монтаж проектованого виробу здійснюється на основі друкованої плати розміром 105×95 мм, на якій електронні компоненти розташовані компактно з урахуванням вимог до мінімізації габаритів пристрою та забезпечення зручності монтажу. Основна частина елементів встановлюється на одній стороні друкованої плати, що спрощує процес складання та паяння. На протилежній стороні розміщені індикатор HG1, світлодіод HL1, кнопка керування SB1 та роз'єм XS2.

Монтаж елементів виконано з урахуванням їх функціонального призначення та конструктивних особливостей. Індикатор HG1 встановлено біля краю плати через його значні габаритні розміри та необхідність забезпечення зручного зчитування інформації. Кнопка SB1 розташована в нижній частині плати для підвищення зручності керування пристроєм. Світлодіод HL1 розміщено на краю плати для забезпечення хорошої видимості світлової індикації. Мікроконтролер розташований у центральній частині плати, що сприяє оптимізації друкованого монтажу та зменшенню довжини провідників.

					26 КР 172.402.007.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Конструкція виробу передбачає використання пластмасового корпусу розміром 128×118×52 мм, який характеризується високими діелектричними властивостями, достатньою механічною міцністю та технологічністю виготовлення. Корпус складається з верхньої та нижньої кришок коритоподібної форми. У верхній кришці виконані отвори для встановлення індикатора, кнопки керування, світлодіода та роз'єму. Для захисту індикатора передбачено прозоре захисне скло, а для кнопки керування — декоративну накладку.

Процес складання виробу передбачає встановлення та закріплення друкованого вузла на верхній кришці корпусу за допомогою чотирьох гвинтів і шайб. Такий спосіб кріплення забезпечує надійну фіксацію плати та стійкість конструкції до механічних впливів. Роз'єм живлення монтується у спеціально передбаченому пазі між верхньою та нижньою кришками корпусу, що гарантує його надійне закріплення. Після встановлення всіх складових частин нижня кришка разом з опорними ніжками з'єднується з верхньою за допомогою гвинтів, забезпечуючи необхідну жорсткість конструкції та можливість багаторазового розбирання і складання виробу під час технічного обслуговування або ремонту.

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

Технологічність конструкції виробу характеризує її пристосованість до виготовлення, складання, монтажу, контролю та ремонту з мінімальними витратами праці, матеріалів і часу при забезпеченні необхідної якості та надійності. Проведений аналіз показує, що розроблена конструкція виробу має високий рівень технологічності завдяки використанню стандартних матеріалів, уніфікованих комплектуючих та типових конструктивних рішень.

					26 КР 172.402.007.000.000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Конструкція виробу базується на двосторонній друкованій платі зі склотекстоліту, що виготовляється за відпрацьованою технологією хімічного травлення. Використання стандартної елементної бази дозволяє спростити процес комплектації виробництва та знизити витрати на закупівлю компонентів. Усі елементи розташовані компактно та раціонально, що забезпечує зручність монтажу й контролю якості виконаних робіт.

Конструкція корпусу також є технологічною, оскільки складається з двох основних деталей — верхньої та нижньої кришок, які з'єднуються стандартними гвинтами. Таке рішення спрощує складання виробу, його технічне обслуговування та ремонт у процесі експлуатації. Кріплення друкованої плати здійснюється за допомогою стандартних гвинтів і шайб, що не потребує застосування складних спеціальних пристосувань.

Для виготовлення друкованої плати використовуються такі інструменти та обладнання: установки для різання заготовок склотекстоліту, свердлильні верстати для виконання монтажних отворів, обладнання для нанесення фоторезисту, експонування та проявлення, ванни для хімічного травлення мідної фольги, а також пристрої для очищення та контролю якості плати.

Монтаж радіoeлектронних компонентів виконується за допомогою електричного паяльника або паяльної станції з регулюванням температури, пінцетів, кусачок для обрізання виводів, викруток та інших ручних монтажних інструментів. Для забезпечення високої якості паяння використовуються припій і флюс відповідного типу.

Під час складання виробу застосовуються складальні пристосування для фіксації друкованої плати, а також стандартний слюсарно-монтажний інструмент для встановлення кріпильних елементів. Для проведення електричного контролю використовуються мультиметри, осцилографи та джерела живлення, що дозволяють перевірити правильність монтажу та працездатність пристрою.

					26 КР 172.402.007.000.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, конструкція виробу відповідає основним вимогам технологічності, забезпечує простоту виготовлення, монтажу та складання, не потребує застосування складної спеціальної оснастки і дозволяє організувати виробництво з мінімальними витратами часу та ресурсів.

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

Виготовлення друкованої плати проектного виробу здійснюється за двосторонньою комбінованою технологією, яка поєднує механічні та хімічні методи обробки провідникових шарів. Така технологія забезпечує високу точність відтворення друкованого рисунка, стабільність електричних параметрів провідників, а також дає можливість реалізувати щільне компонування елементів на обмеженій площі плати.

Процес виготовлення починається з підготовки основи — заготовки з фольгованого діелектрика. Як базовий матеріал зазвичай використовується склотекстоліт типу FR-4, який відзначається високою механічною міцністю, термостійкістю та стабільними електроізоляційними властивостями. На цьому етапі виконується ретельне механічне очищення поверхні та її хімічна обробка з метою видалення окислів, забруднень і забезпечення якісного зчеплення подальших технологічних шарів.

Далі формується захисний шар, який визначає конфігурацію майбутніх провідникових доріжок. Для цього застосовуються методи фотолітографії або трафаретного нанесення захисної маски. Після нанесення фоторезисту виконується експонування через фотошаблон і проявлення, у результаті чого на поверхні плати формується захисний малюнок, що відповідає топології друкованої схеми.

Наступним етапом є хімічне травлення мідного шару в незахищених ділянках. Для цього використовуються спеціальні травильні розчини, які забезпечують контрольоване видалення надлишкової міді. У результаті

					26 КР 172.402.007.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

формується провідникова структура друкованої плати з необхідними геометричними параметрами.

Після завершення травлення здійснюється свердління монтажних і перехідних отворів. Особлива увага приділяється точності їх розташування, оскільки вони забезпечують встановлення радіоелементів та електричні з'єднання між шарами плати. Для підвищення надійності та довговічності з'єднань виконується металізація отворів, що забезпечує електропровідність між верхнім і нижнім шарами та підвищує механічну міцність конструкції.

Завершальним етапом є очищення друкованої плати від залишків технологічних матеріалів, хімічних реагентів і забруднень. Після цього на провідникові доріжки наноситься захисне покриття у вигляді паяльної маски або лаку, яке запобігає окисненню міді, підвищує стійкість до зовнішніх впливів та покращує якість подальшого монтажу елементів.

У процесі виготовлення використовуються як основні, так і допоміжні матеріали. До основних належать фольгований склотекстоліт та мідна фольга, що забезпечує низький електричний опір і високу надійність електричних з'єднань. До допоміжних матеріалів відносяться фоторезисти, захисні плівки, хімічні розчини для травлення (наприклад, хлорне залізо або персульфат натрію), а також флюси і припої, що використовуються під час подальшого монтажу компонентів. Для очищення поверхонь застосовуються органічні розчинники, зокрема ізопропіловий спирт.

Застосування двосторонньої комбінованої технології виготовлення дозволяє отримати компактну, технологічну та надійну друковану плату з високою щільністю монтажу, стабільними електричними параметрами та відповідністю сучасним вимогам до електронних пристроїв малої потужності.

2.2.4 Кількісна оцінка технологічності друкованого вузла

При кількісній оцінці технологічності розраховується комплексний показник технологічності K , який враховує усереднене значення часткових

					26 КР 172.402.007.000.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

показників з урахуванням коефіцієнтів, які характеризують їх значимість при розрахунку.

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

$$K_{\text{вик.імс}} = \frac{H_{\text{імс}}}{H_{\text{імс}} + H_{\text{ЕРЕ}}} = \frac{2}{2 + 32} = 0,1 \quad (2.20)$$

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

$$K_{\text{А.М}} = \frac{H_{\text{А.М}}}{H_{\text{М}}} = \frac{87}{111} = 0,8 \quad (2.21)$$

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.

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

$$K_{\text{М.П.ЕРЕ}} = \frac{H_{\text{М.П.ЕРЕ}}}{H_{\text{ЕРЕ}}} = \frac{28}{32} = 0,9 \quad (2.22)$$

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

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

$$K_{\text{ПОВТ.ЕРЕ}} = 1 - \frac{H_{\text{Т.ЕРЕ}}}{H_{\text{ЕРЕ}}} = 1 - \frac{30}{32} = 0,1 \quad (2.23)$$

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

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

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

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

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

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

$$K_{\text{ВСТ.Р}} = 1 - \frac{H_{\text{ВСТ.Р}}}{H_{\text{ЕРЕ}}} = 1 - \frac{10}{32} = 0,7 \quad (2.25)$$

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

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

$$K_{\phi} = \frac{D_{\text{пр}}}{D} = \frac{1}{1} = 1 \quad (2.26)$$

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

Комплексний показник технологічності K визначається за формулою

$$K = \frac{K_1\phi_1 + K_2\phi_2 + \dots + K_i\phi_i}{\phi_1 + \phi_2 + \dots + \phi_i} = \frac{0,1*1 + 0,8*1 + 0,9*0,75 + 0,1*0,5 + 0*0,310 + 0,7*0,187 + 1*0,110}{1 + 1 + 0,75 + 0,5 + 0,310 + 0,187 + 0,110} = 0,5 \quad (2.27)$$

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 верхню частину корпусу;
- кріплення друкованого вузла до верхньої частини корпусу за допомогою чотирьох гвинтів;
- кріплення скла під індикатор та накладки під кнопку;
- кріплення роз'єму між двома кришками;
- фіксація кришок за допомогою гвинтів та кріплення ніжок [25].

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;

					26 КР 172.402.007.000.000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- лакування;
- технічний контроль [21].

					<i>26 КР 172.402.007.000.000 ПЗ</i>	Арк.
						46
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:

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

$$V_{\text{буд}} = 1500 \times 100 = 150000 \text{ (грн.)}$$

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

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

$S_{\text{буд}}$ – площа будівлі, м² (приймається 110м²).

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 172.402.007.000.000 ПЗ	Арк.
						47
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 172.402.007.000.000 ПЗ	Арк.
						48
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.

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

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

$$B_M = 627 \times 1,04 = 652,08 \text{ (грн.)}$$

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.;

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

Таблиця 3.2- Розрахунки

№ з/п	Назва матеріалу (покупного виробу)	Кількість	Ціна за одиницю	Загальна вартість
1	Плата друкована	1	100	100
2	Кришка нижня	1	80	80
3	Кришка верхня	1	80	80
4	Мікросхема	2	70	140
5	Конденсатори електролітичні	1	10	10
6	Конденсатори постійні	5	1	5
7	Резистори постійні	14	0,5	7
8	Дисплей	1	100	100
9	Світлодіод	1	10	10
10	Кнопка	1	10	10
11	Роз'єм	2	20	40
12	Транзистор	3	15	45
				627

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 ($B_{o.з.пл.}$):

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

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

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

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

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

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

Таблиця 3.3- Розрахунок основної заробітної плати

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

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

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

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

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

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

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

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

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:

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

$$V_{\text{уео}} = \frac{80}{100} \times (117,33 + 12,91) = 104,19 \text{ (грн.)}$$

де $\alpha_{\text{уео}}$ - відсоток витрат на утримання та експлуатацію обладнання (приймається 80%);

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:

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

$$B_{\text{зв}} = \frac{180}{100} \times (117,33 + 12,91) = 234,43 \text{ (грн.)}$$

де $\alpha_{\text{зв}}$ - відсоток загальновиробничих витрат (приймають 180%).

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

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

$$S_{\text{вир}} = 652,08 + (117,33 + 12,91 + 28,65) + 104,19 + 234,43 = 1149,59 \text{ (грн.)}$$

					26 КР 172.402.007.000.000 ПЗ	Арк.
						52
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	652,08
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	104,19
6	Загальновиробничі витрати	234,43
Разом виробнича собівартість (сума 1-6), в тому числі:		1149,59
7	-змінні (сума 1-4) $B_{зм.од}$	740,91
8	-умовно-постійні (сума 5-6) $B_{уп.од}$	338,62

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

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

$$Ц_{одпр} = 1149,59 \times \frac{100 + 29}{100} = 1482,97 \text{ (грн.)}$$

де $\alpha_{пр}$ —відсоток запланованого прибутку (приймається 29%);

3.3 Оцінка економічної ефективності та доцільності впровадження проектних рішень

Розрахунок економічної ефективності інвестиційного проекту проводиться за наступними критеріями:

1) Річний прибуток від реалізації проекту розраховується за формулою:

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

$$\Pi_p = (1482,97 - 1149,59) \times 1400 = 466732,00 \text{ (грн),}$$

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

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

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

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

2) Чистий прибуток від реалізації проекту розраховується за формулою:

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

$$\text{ЧП} = 466732 - 466732 \times \frac{18}{100} = 382729,24 \text{ (грн.)}$$

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:

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

$$S_{повq} = 1149,59 \times 1400 = 1609426 \text{ (грн.)}$$

4) Рентабельність продукції визначається за формулою:

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

$$P_{п} = \frac{382729,24}{1609426} \times 100\% = 23,78 \%$$

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:

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

$$\Gamma П = 382729,24 + 1031,25 = 383760,49 \text{ (грн.)},$$

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

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

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

					26 КР 172.402.007.000.000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

за формулою:

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

$$\text{ЧТВ} = 348873,17 - 229125 = 119748,17 \text{ (грн.)}$$

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:

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

$$\text{ТВ} = \frac{383760,49}{(1 + 0,1)^1} = 348873,17 \text{ (грн.)}$$

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:

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

$$\text{ІП} = \frac{348873,17}{229125} = 1,52$$

де ІІ- індекс прибутковості інвестицій.

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

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

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

$$\text{Ток}_{\text{диск}} = \frac{229125}{348873,17} = 0,66\text{р}$$

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

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

$$\text{ГП}_{\text{диск}} = \frac{348873,17}{1} = 348873,17 \quad (\text{грн.})$$

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.	1400
2	Собівартість виробу	грн./од.	1149,59
3	Ціна одиниці виробу	грн./од.	1482,97
4	Початкові інвестиції для реалізації інвестиційного проекту	грн.	229125
5	Чистий прибуток	грн.	382729,24
6	Рентабельність виробу	%	23,78
8	Чиста теперішня вартість проекту	грн.	119748,17
9	Індекс прибутковості	-	1,52
10	Дисконтований термін окупності інвестицій	років	0,66

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Гарантія прав на охорону праці.

Права громадян, у тому числі працівників, закріплені у відповідних нормативно-правових актах, можуть бути реалізовані тільки за умови, якщо в нормативному порядку буде встановлено необхідні для цього гарантії. Встановлення гарантій у нормативному порядку є однією з умов ефективної реалізації прав громадянина і людини. Законодавство України про охорону праці передбачає комплекс гарантій, спрямованих на реалізацію конституційного права на безпечні і здорові умови праці.

Законодавство України встановлює загальні гарантії права на безпечні та здорові умови праці, що надаються всім працівникам, а також передбачає спеціальні гарантії для певних категорій працівників, що зумовлено підвищеними вимогами охорони їх здоров'я. До таких категорій належать працівники, які працюють у шкідливих і небезпечних умовах праці, неповнолітні особи, жінки, особи з неповною працездатністю тощо.

Згідно зі ст. 5 Закону України «Про охорону праці» умови трудового договору не можуть містити положень, що суперечать законам та іншим нормативно-правовим актам з охорони праці. Тому у разі включення до його змісту умов, які погіршують правове становище працівників порівняно із законодавством про охорону праці, вони визнаються недійсними.

Відповідність умов трудового договору чинному законодавству про охорону праці повинна забезпечуватися і під час його реалізації. Умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, стан засобів колективного та індивідуального захисту, що використовуються працівником, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати вимогам нормативних правових актів з охорони праці.

					26 КР 172.402.007.000.000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Важливою гарантією охорони праці є обов'язкове надання працівнику інформації про умови праці на підприємстві і, зокрема, на робочому місці. Крім загальних питань з охорони праці роботодавець зобов'язаний проінформувати громадянина про наявні на майбутньому робочому місці шкідливі та небезпечні виробничі фактори, які ще не усунено. Водночас роботодавець повинен повідомити майбутнього працівника про можливі шкідливі, негативні наслідки впливу виробничих факторів на його здоров'я та ознайомити його з правом на відповідні пільги і компенсацію за роботу в таких умовах. Причому законодавець визначає форму виконаного роботодавцем обов'язку. Особа має бути проінформована роботодавцем під розписку. Оскільки в законодавстві не встановлено виду документа, у якому майбутній працівник розписується про одержання такої інформації, то його форма визначається на конкретному підприємстві, в установі, організації. Цим документом може бути спеціальний журнал, окрема розписка. Пропонується такі записи робити в особовій картці, акті атестації робочого місця.

Обов'язкове інформування працівника про зміни законодавства щодо охорони праці та приведення умов праці у відповідність до нього покладається на роботодавця. Таке інформування здійснюється шляхом проведення навчання з питань охорони праці, наприклад, позапланового інструктажу.

Надання інформації працівникові про стан охорони праці має системний характер. Роботодавець зобов'язаний інформувати працівників під час їх роботи на підприємстві не лише про стан охорони праці, а й про причини аварій, нещасних випадків і професійних захворювань та про заходи, яких вжито для їх усунення та для забезпечення на підприємстві умов і безпеки праці на рівні нормативних вимог.

Гарантією права на безпечні і здорові умови праці є виконання працівниками лише тих робіт, які не протипоказані їм за станом здоров'я, що забезпечується встановленням законодавчих обмежень при укладенні трудових договорів і переведенні працівників на легшу роботу. Забороняється

					26 КР 172.402.007.000.000 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

укладати трудовий договір з особами, яким за медичними висновками протипоказана запропонована робота за станом здоров'я.

До виконання робіт підвищеної небезпеки та тих, що потребують професійного добору, допускаються особи при наявності психофізіологічної експертизи.

З метою захисту здоров'я і збереження працездатності людини встановлюються переведення працівників на легшу роботу у тих випадках, коли працівники тимчасово або постійно не можуть здійснювати роботу, на яку приймалися. Поняття легшої роботи визнається у кожному конкретному випадку, враховуючи фізіологічні та психологічні можливості працівника належним чином виконувати роботу.

Переведення працівника на легшу роботу можливе, якщо:

а) необхідність переведення встановлюється компетентними органами лікувальних установ. Необхідність переведення працівника на іншу роботу, її тривалість та характер визначаються лікарсько-консультаційною комісією лікувальної установи за місцем проживання чи роботи працівника (ЛКК) або медико-соціальною експертною комісією (МСЕК). Висновок про необхідність тимчасового переведення на легшу роботу видається ЛКК, а переведення без обмеження строку — МСЕК у разі, якщо встановлено стійку втрату професійної працездатності;

б) працівник дав згоду на переведення. Законодавство вимагає одержання згоди працівника на переведення, що відповідає конституційним нормам про заборону примусової праці. Якщо працівник відмовляється від переведення на легшу роботу, то роботодавець може його звільнити згідно з п. 2 ст. 40 КЗпП України як такого, що не відповідає займаній посаді внаслідок стану здоров'я, що перешкоджає виконанню роботи;

в) на підприємстві наявні вакантні місця, виконання робіт на яких є рекомендованими ЛКК або МСЕК.

Роботодавець за наявності зазначених випадків видає наказ про переведення працівника. Якщо переведення було тимчасовим, то після закінчення його строку працівник має право на одержання попередньої роботи, оскільки перестали існувати причини, що перешкоджали її виконанню. Право на одержання попередньої роботи мають і ті працівники, непрацездатність яких настала внаслідок трудового каліцтва чи професійного захворювання. Місце роботи (посада) зберігаються за ними до поновлення працездатності або встановлення інвалідності.

Працівники, переведені на легшу, але нижчеоплачувану роботу, згідно з вимогами ст. 170 КЗпП України мають право на:

- а) збереження протягом двох тижнів з дня переведення попередньої середньої заробітної плати;
- б) одержання попередньої середньої заробітної плати протягом всього періоду переведення, якщо це передбачено законодавством.

Працівникам, що проходять професійне навчання або перекваліфікацію за індивідуальною програмою реабілітації внаслідок трудового каліцтва чи професійного захворювання, проводяться щомісячні страхові виплати у розмірі середньомісячного заробітку протягом строку, визначеного програмою реабілітації. Ці виплати здійснюються Фондом соціального страхування від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань України, якщо з часу встановлення ступеня втрати професійної працездатності минуло не більше одного року. Фондом оплачуються також вартість придбаних потерпілим інструментів, протезів та інших пристосувань, а також відшкодовуються інші необхідні витрати, пов'язані з його професійною підготовкою.

Законодавством України передбачено гарантії у випадках виникнення загрози життю і здоров'ю працівників, нестворення роботодавцями відповідних умов праці, що забезпечують їх безпеку та гігієну. До таких належать право працівника відмовитися від виконання роботи у разі

					26 КР 172.402.007.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

виникнення виробничої ситуації, що загрожує життю і здоров'ю, право працівника розірвати трудовий договір з власної ініціативи, встановлення юридичної відповідальності роботодавця за порушення законодавства про охорону праці. Зазначені гарантії відображають зміст одного з державних принципів у сфері охорони праці — пріоритету життя і здоров'я працівників та повної відповідальності роботодавця за створення безпечних і здорових умов праці.

Працівник має право відмовитися від дорученої роботи, якщо створилася виробнича ситуація, небезпечна для його життя чи здоров'я або для людей, які його оточують, або для виробничого середовища чи довкілля (ст. 6 Закону України «Про охорону праці»). Така відмова буде правомірною, якщо працівник негайно повідомить про цей факт безпосереднього керівника чи роботодавця. За необхідності факт її наявності підтверджується спеціалістами з охорони праці підприємства за участю представника профспілки, членом якої є працівник, або уповноваженої працівниками особи з питань охорони праці (якщо професійна спілка на підприємстві не створювалася), а також страхового агента з питань охорони праці. У випадку виникнення конфлікту факт її наявності підтверджується відповідним органом державного нагляду за охороною праці і представником профспілки. Дії працівника, який відмовився від виконання дорученої роботи з дотриманням підстав та порядку відмови, не вважаються порушенням трудової дисципліни. За ним зберігається місце праці, а за час простою, що виник не з його вини, виплачується середній заробіток.

4.2 Які шкідливі речовини виділяються при паянні, які вимоги до вентиляції робочого місця.

Під час виконання паяльних робіт у повітря робочої зони виділяється комплекс шкідливих речовин, які можуть негативно впливати на здоров'я людини при тривалому або інтенсивному впливі. Основним джерелом цих

					26 КР 172.402.007.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

речовин є припій і флюси, що використовуються для забезпечення якісного з'єднання електронних компонентів. При нагріванні вони зазнають термічного розкладу, внаслідок чого утворюються аерозолі, гази та пари, які потрапляють у дихальні шляхи працівника.

До найбільш поширених шкідливих речовин, що виділяються під час паяння, належать продукти розкладу каніфолі (флюсу), які містять альдегіди, органічні кислоти та дрібнодисперсні частинки. Особливо небезпечними є формальдегід і акролеїн — речовини з вираженою подразнюючою дією, які можуть викликати подразнення слизових оболонок очей, носа та дихальних шляхів. Крім того, в процесі паяння утворюються дрібні тверді частинки (аерозолі), які здатні проникати глибоко в легені та накопичуватися в організмі.

Якщо використовується припій, що містить свинець, у повітря можуть потрапляти сполуки свинцю. Свинець є токсичним металом, який має кумулятивну дію — тобто накопичується в організмі, впливаючи на нервову систему, кровотворення та інші органи. При систематичному впливі навіть невеликих концентрацій можливе виникнення хронічних отруєнь. Також у деяких випадках при паянні можуть виділятися пари інших металів (наприклад, олова, срібла), а також залишки розчинників, що входять до складу флюсів.

Окрему небезпеку становлять сучасні безсвинцеві припої, які хоча й не містять свинцю, але можуть включати інші компоненти, наприклад срібло або мідь, а також вимагати вищих температур паяння. Це призводить до інтенсивнішого розкладу флюсів і, відповідно, більшого виділення шкідливих речовин у повітря. Таким чином, незалежно від типу припою, питання забезпечення безпечних умов праці залишається актуальним.

Враховуючи зазначені фактори, важливу роль відіграє правильна організація вентиляції робочого місця паяльника. Основною метою вентиляції є видалення забрудненого повітря та забезпечення подачі свіжого, що

					26 КР 172.402.007.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

дозволяє знизити концентрацію шкідливих речовин до допустимого рівня. Вентиляція повинна відповідати санітарно-гігієнічним нормам і забезпечувати комфортні умови праці.

Найефективнішим рішенням є застосування місцевої витяжної вентиляції. Вона передбачає встановлення витяжних пристроїв безпосередньо в зоні утворення шкідливих речовин — тобто над місцем паяння або поруч із ним. Такі пристрої можуть бути у вигляді витяжних зондів, гнучких рукавів або спеціальних настільних витяжок із фільтрами. Основна перевага місцевої вентиляції полягає в тому, що вона захоплює забруднене повітря одразу після його утворення, не допускаючи його поширення по приміщенню.

Загальнообмінна вентиляція також є важливою складовою системи повітрообміну. Вона забезпечує циркуляцію повітря в усьому приміщенні, підтримує необхідний мікроклімат і знижує загальну концентрацію шкідливих речовин. Проте слід зазначити, що загальнообмінна вентиляція не може повністю замінити місцеву витяжну, оскільки вона не здатна ефективно видаляти забруднення безпосередньо з джерела їх утворення.

Вимоги до вентиляції робочого місця при паянні передбачають забезпечення достатньої кратності повітрообміну. Як правило, для таких приміщень рекомендується кратність повітрообміну не менше 3–5 разів на годину, залежно від інтенсивності робіт і кількості робочих місць. Швидкість руху повітря в зоні дихання працівника повинна бути оптимальною — зазвичай у межах 0,2–0,5 м/с, щоб забезпечити ефективне видалення забруднень без створення дискомфорту.

Важливим аспектом є правильне розміщення вентиляційних пристроїв. Витяжний елемент має бути розташований максимально близько до місця паяння (на відстані 10–30 см), щоб забезпечити ефективне захоплення шкідливих речовин. При цьому напрямок повітряного потоку не повинен проходити через зону дихання працівника, щоб уникнути втягування забрудненого повітря до обличчя.

					26 КР 172.402.007.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Сучасні системи місцевої витяжної вентиляції часто оснащуються фільтрами різного типу — вугільними, HEPA або комбінованими. Вони дозволяють очищати повітря перед його поверненням у приміщення або викидом назовні. Регулярне обслуговування та заміна фільтрів є обов'язковою умовою ефективної роботи таких систем.

Крім вентиляції, важливими є й організаційні заходи: використання малотоксичних флюсів, дотримання температурного режиму паяння, регулярне провітрювання приміщення, а також застосування засобів індивідуального захисту (наприклад, респіраторів) у разі необхідності. Робоче місце повинно бути організоване таким чином, щоб мінімізувати контакт працівника з шкідливими речовинами.

Отже, процес паяння супроводжується виділенням небезпечних для здоров'я речовин, що вимагає обов'язкового дотримання вимог щодо вентиляції робочого місця. Використання ефективної місцевої витяжної вентиляції в поєднанні із загальнообмінною системою дозволяє значно знизити ризик негативного впливу на організм людини та забезпечити безпечні умови праці.

					26 КР 172.402.007.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

ВИСНОВКИ

При виконанні даного проекту було здійснено розробку конструкції «Тестер для транзисторів». Проведено вибір елементної бази на основі сучасних і поширених радіоелементів.

При проектуванні друкованого вузла була використана система автоматичного проектування Altium Designer, за допомогою якої було здійснено встановлення елементів і трасування друкованих провідників на друкованій платі приладу. В результаті отримано двосторонню друковану плату мінімальних розмірів 105×95мм 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 128x118x52, 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, електрична принципова схема, друкована плата, друкований вузол, складальне креслення виробу. Для оформлення креслень була використана програма графічного моделювання КОМПАС-3D.

					26 КР 172.402.007.000.000 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Тестер для транзисторів [електронний ресурс] – Режим доступу <https://radiolub./page/zhurnal-radio-2005-8> (дата звернення 4.02.2026).
2. Конденсатор ЕСАР [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://www.radiolibrary./reference/transformers-tn/tn20.html> (дата звернення 1.02.2026).
3. Резистор MFP [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <https://www.chipdip./product/elc10d101e> www.cityradio.narod. (дата звернення 3.02.2026).
4. Конденсатор NPO [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://ippart.com/download/3655a026-13e6-4b56-a0bb-8fd05df9b19d.pdf> www.radio-portal..www.vprl.. (дата звернення 1.02.2026).
5. Діод 1N4148 "Diotec" [електронний ресурс] – Режим доступу <http://www.platan./shop/part/PBS-4.html>. (дата звернення 3.02.2026).
6. Дросель FWDRI1415B [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://www.rct./catalog/box-header-connector/pbs-4.html>. (дата звернення 4.02.2026).
7. Запобіжник ZH214 [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://studies.in.ua/bjd-zaporojec/1211-173-osnovn-tehnchn-ta-organzacy-n-zahodi-schodo-proflaktiki-virobnichogo-travmatizmu-ta-profesynoyi-zahvoryuvanost.html> (дата звернення 4.02.2026).
8. Мікросхема L7805ABV "ST Microelectronics" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://www.chipdip./product/asw-09-102-red> (дата звернення 1.02.2026).
9. Мікросхема ATmega8-16PU "Microchip" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/leg-12_62137.html (дата звернення 1.02.2026).

					26 КР 172.402.007.000.000 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Кнопка тактова KLS7-TS6601-13.0-180 "KLS" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://eandc/catalog/detail.php?ID=3809>(дата звернення 1.02.2026).
11. Транзистор BC547A "LGE" [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. Світлодіод типу L-1503GT [електронний ресурс] – Режим доступу <http://www.platan./shop/part/PBS-4.html>. (дата звернення 3.02.2026).
13. Дисплей SDCB2004BWE-R07 "Sinda" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://www.rct./catalog/box-header-connector/pbs-4.html>. (дата звернення 4.02.2026).
14. Васишин О.З. Конспект лекцій з дисципліни "Конструювання РЕА" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2018
15. Програма для розрахунку надійності РЕА [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <http://eguru.tk.te.ua/mod/resource/view.php?id=60057>(дата звернення 4.02.2026).
16. Васишин О.З. Методичні вказівки до виконання практичної роботи "Конструктивний розрахунок друкованого монтажу" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2018
17. Програма для розробки схем "Altium Designer" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <http://eguru.tk.te.ua/course/view.php?id=819>
18. Штогрин П.І. Навчальний посібник "Altium Designer 10 для початківців" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2017
19. Штогрин П.І. Методичні вказівки "Розробка 3D-моделей радіоелементів" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2017

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

30. Сайт спільноти розробників проектів на ARDUINO .URL:
https://projecthub.arduino.cc/?_gl=1*4147w4*_ga*OTkyMzgzOTAwLjE3MTYwNTM3MjY.*_ga_NEXN8H46L5*MTcxNjkyMjQ4OS4yLjEuMTcxNjkyMjUzOS4wLjAuMTUxNjM0NjA3MQ..*_fplc*OUZZTmxzbGU4MkNZbiUyRkNCTHJmazAwbjdrNWNDZTc5QUV6OFRIb3A2ck5RNzhvOVY3JTJGYXhRcDNIWHAzWWxZWlJTVXkySndINXl4bUpnZCUyQkNiN29jajJqckF2c0tRMGlhdVU3SVhYRTY4ZDdRb016bCUyRjBhZ1QwY0Z1M3hubEElM0QlM0Q(дата звернення 28.05.2024).

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

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

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

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

					26 КР 172.402.007.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

ДОДАТКИ

Додаток А Друкована плата

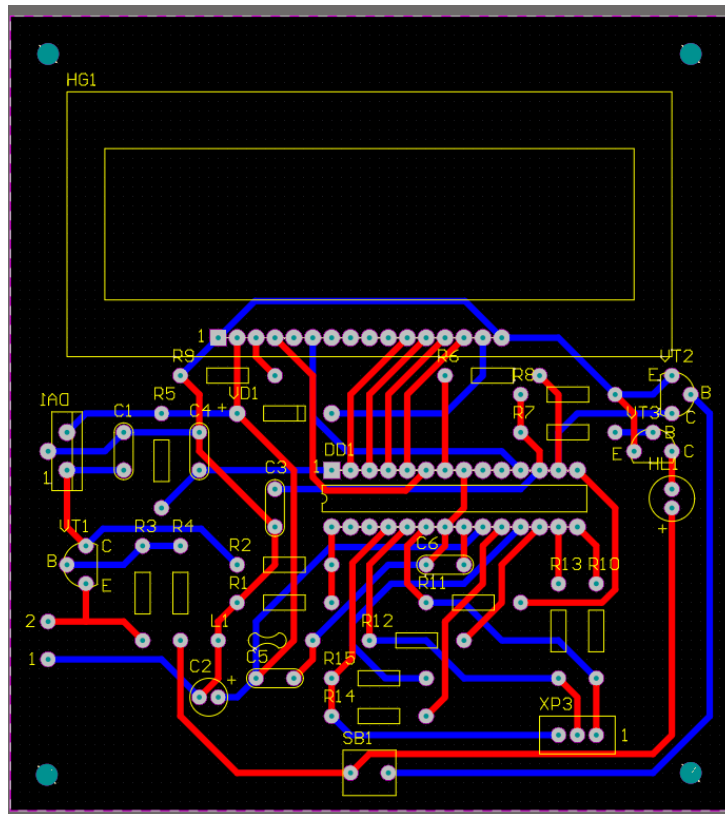


Рисунок А.1 – Друкована плата

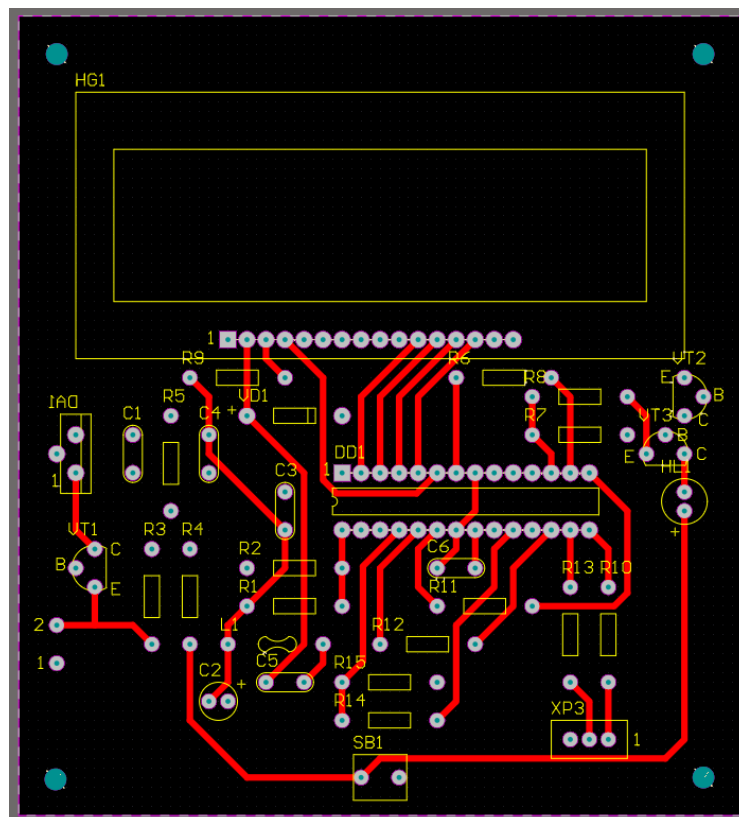


Рисунок А.2 – Друкована плата, шар Тор

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

26 КР 172.402.007.000.000 ПЗ

Арк.

1

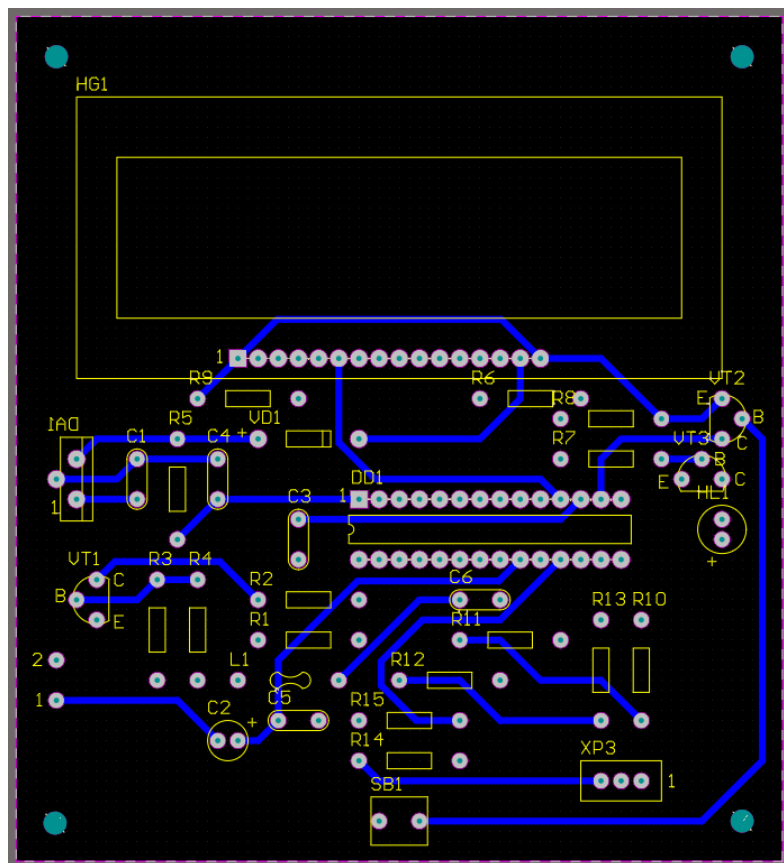


Рисунок А.3 – Друкована плата, шар Bottom

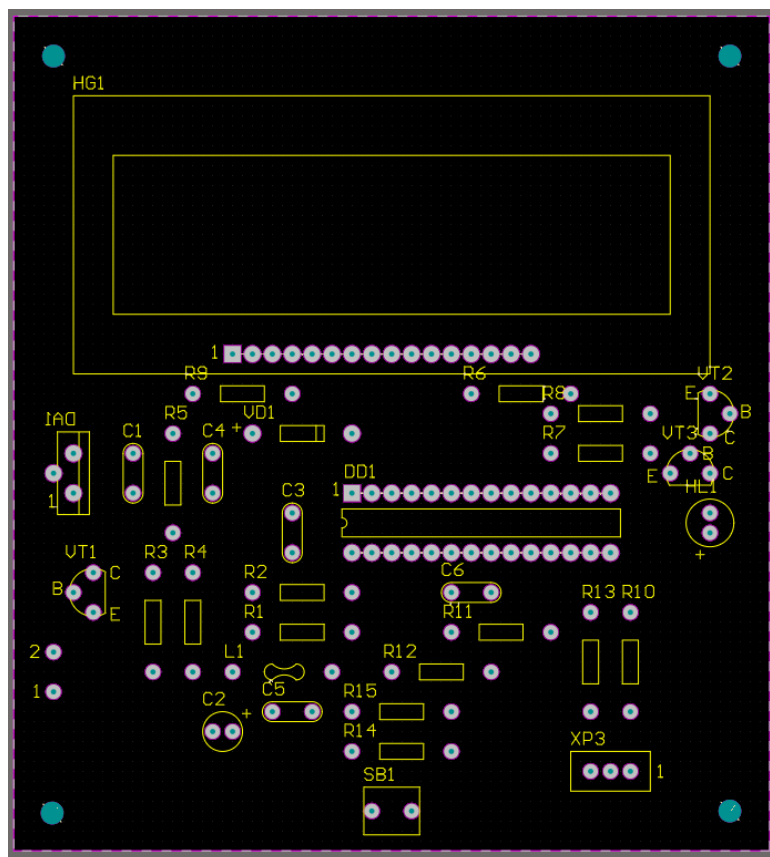


Рисунок А.4 – Друкована плата, шар Overlay

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

26 КР 172.402.007.000.000 ПЗ

Арк.

2

Додаток Б 3D модель пристрою

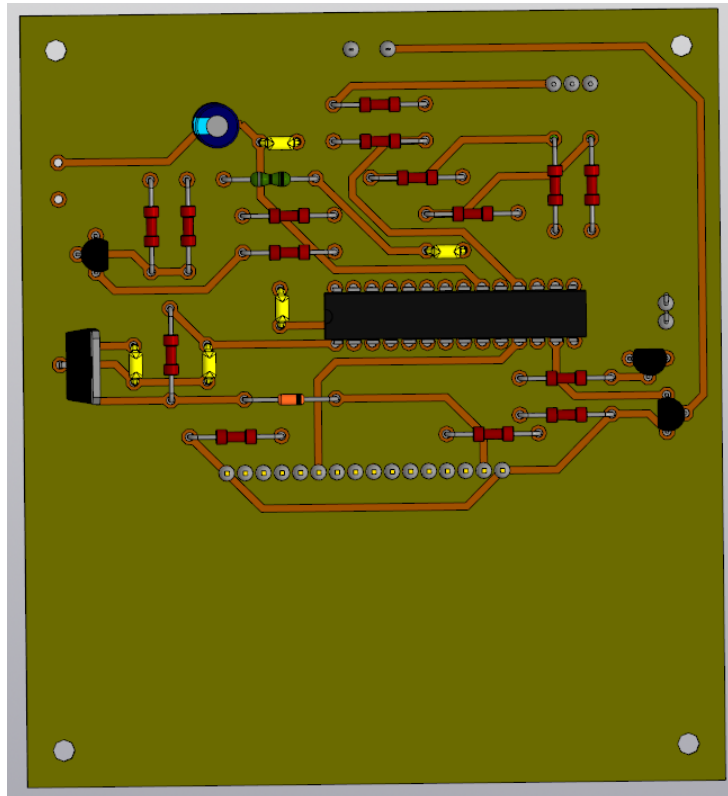


Рисунок Б.1 – 3D модель пристрою, вузол друкований

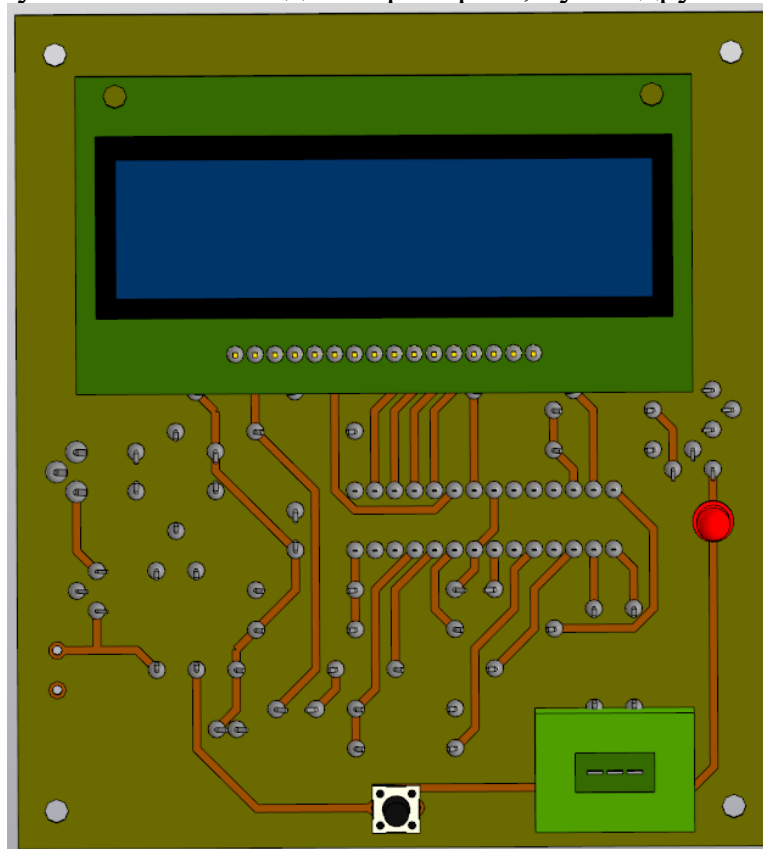


Рисунок Б.2 – 3D модель пристрою, вузол друкований знизу

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

26 КР 172.402.007.000.000 ПЗ

Арк.

3

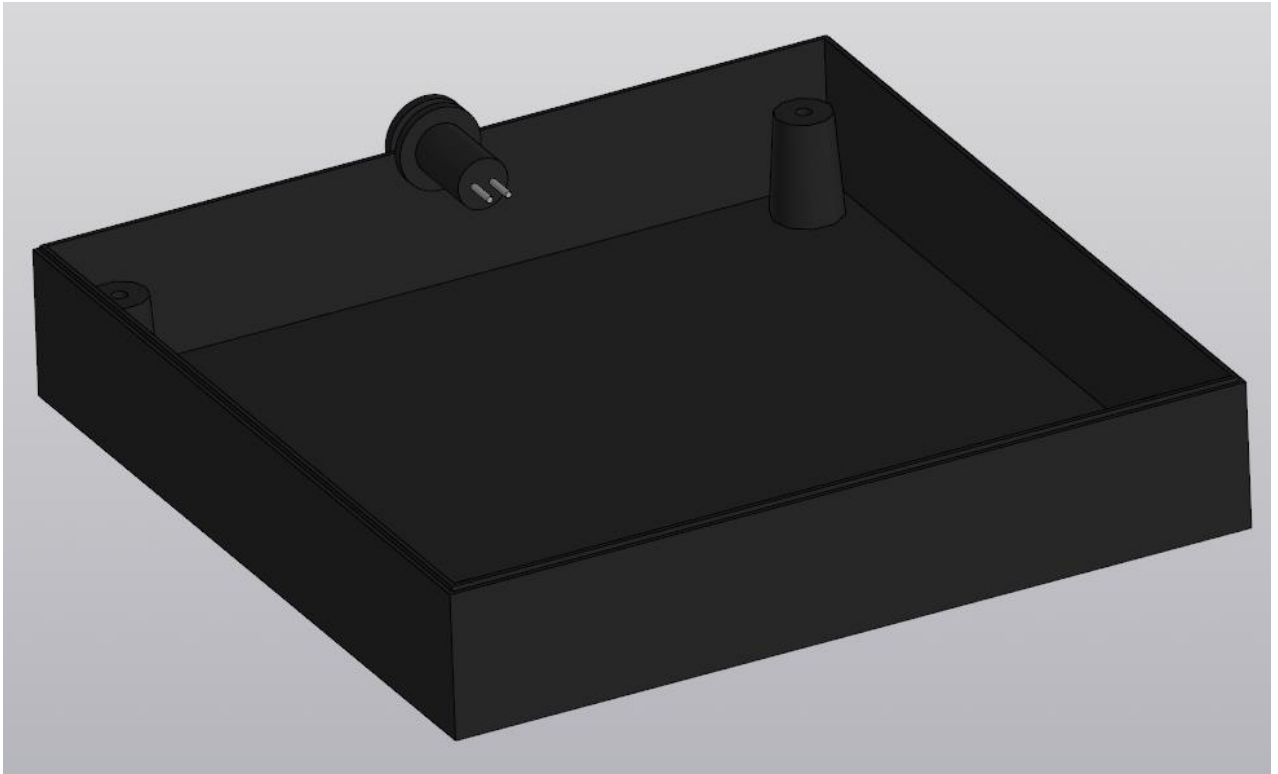


Рисунок Б.3– 3D модель пристрою, нижня кришка

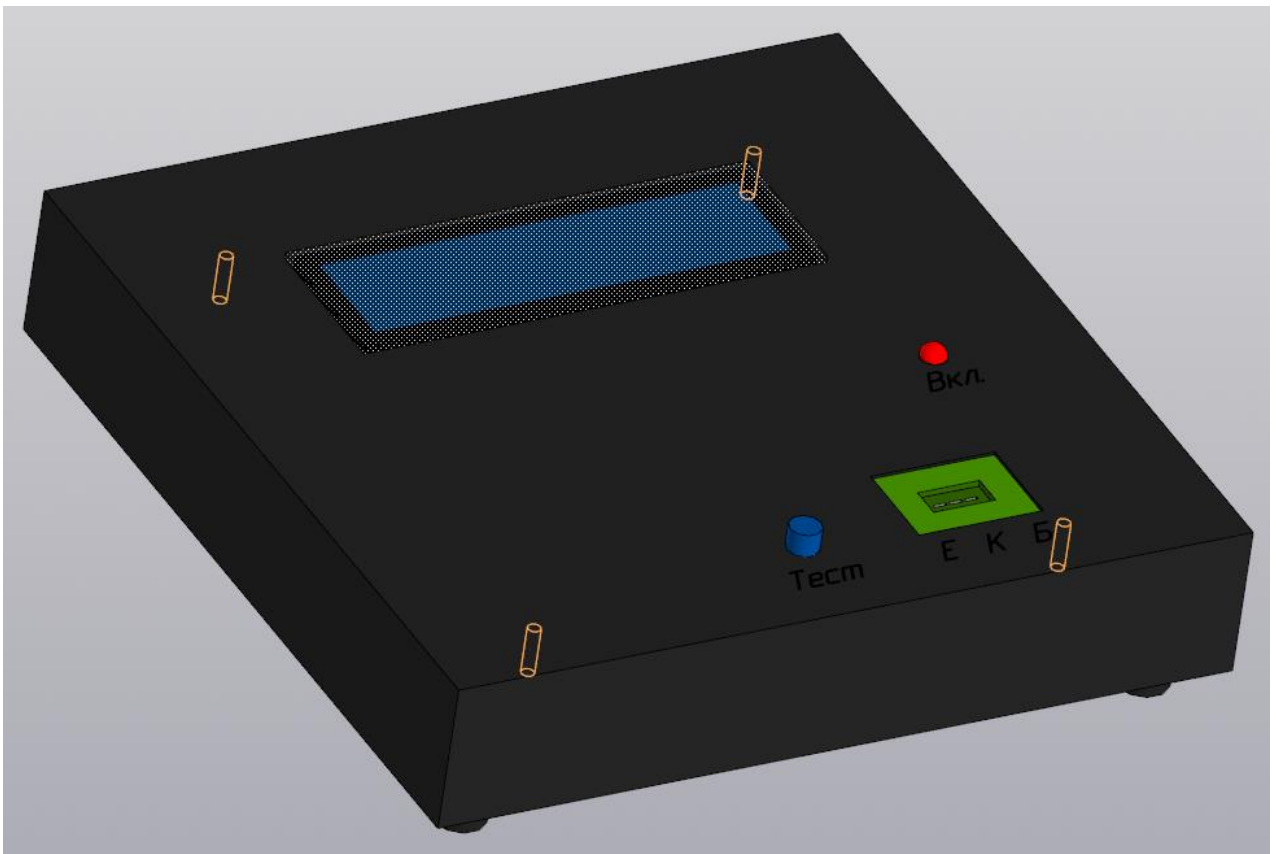


Рисунок Б.4 – 3D модель пристрою, верхня кришка

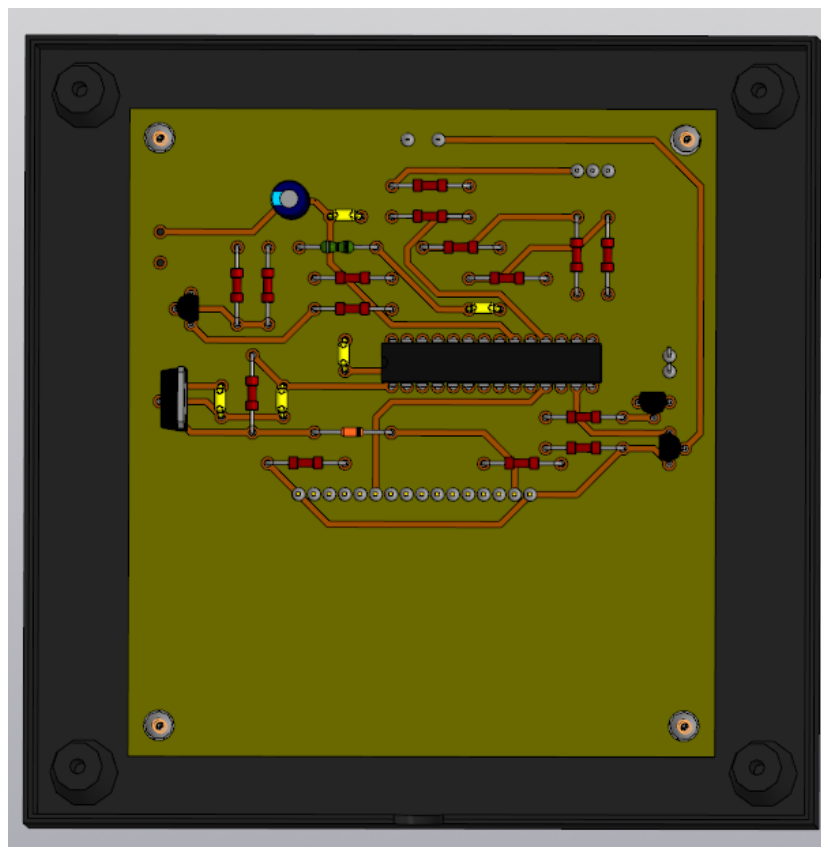


Рисунок Б.5 – 3D модель пристрою, верхня кришка знизу

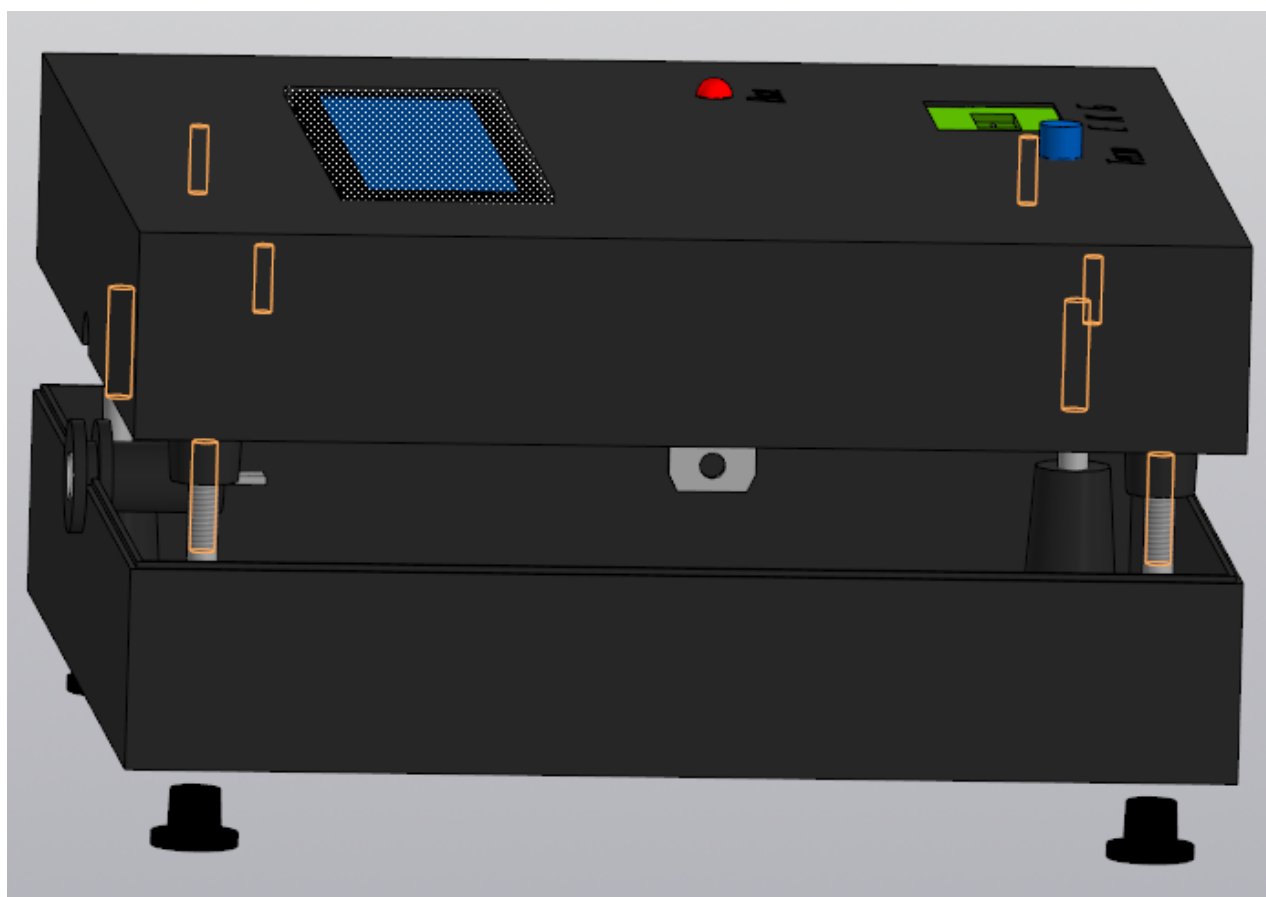


Рисунок Б.6 – 3D модель пристрою, загальний вигляд збоку

					26 КР 172.402.007.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

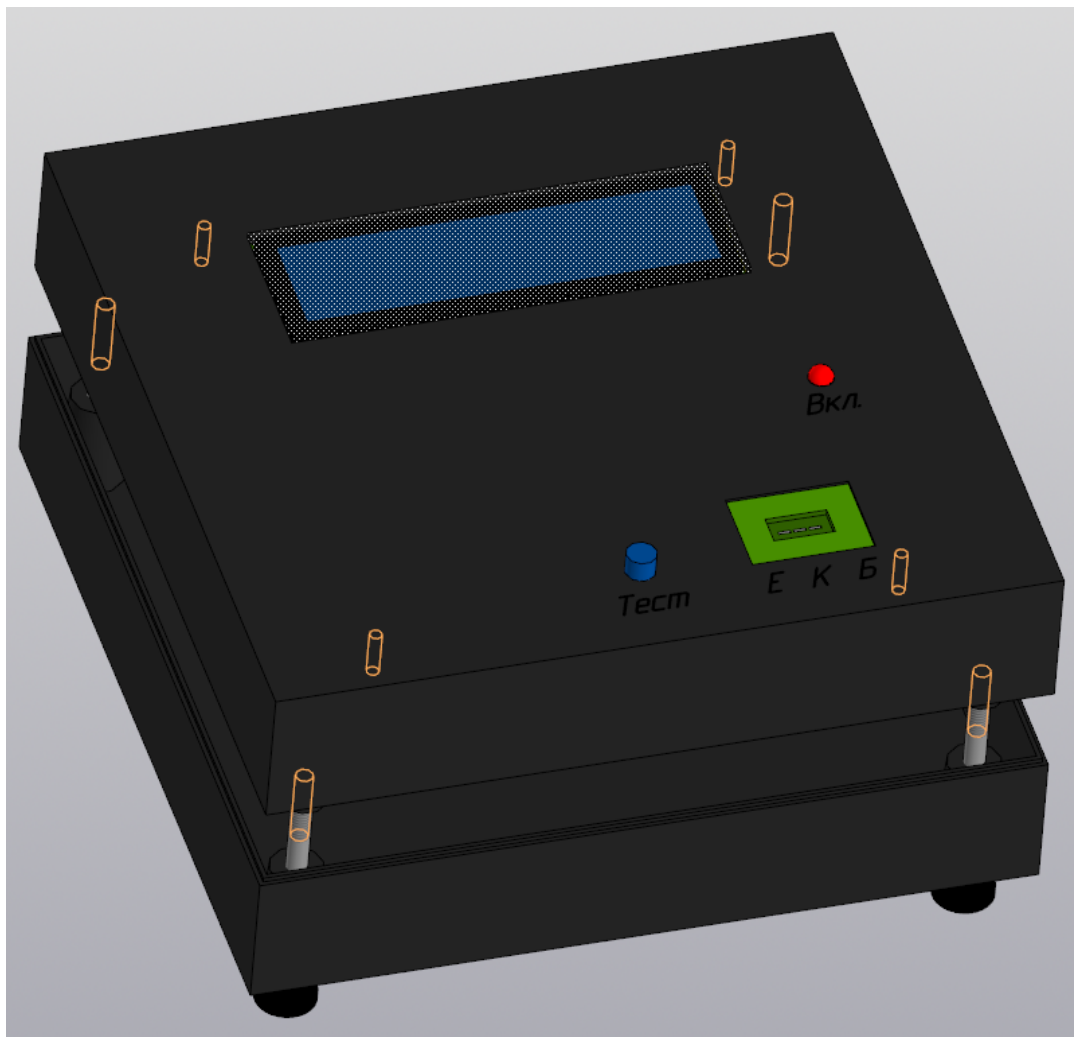
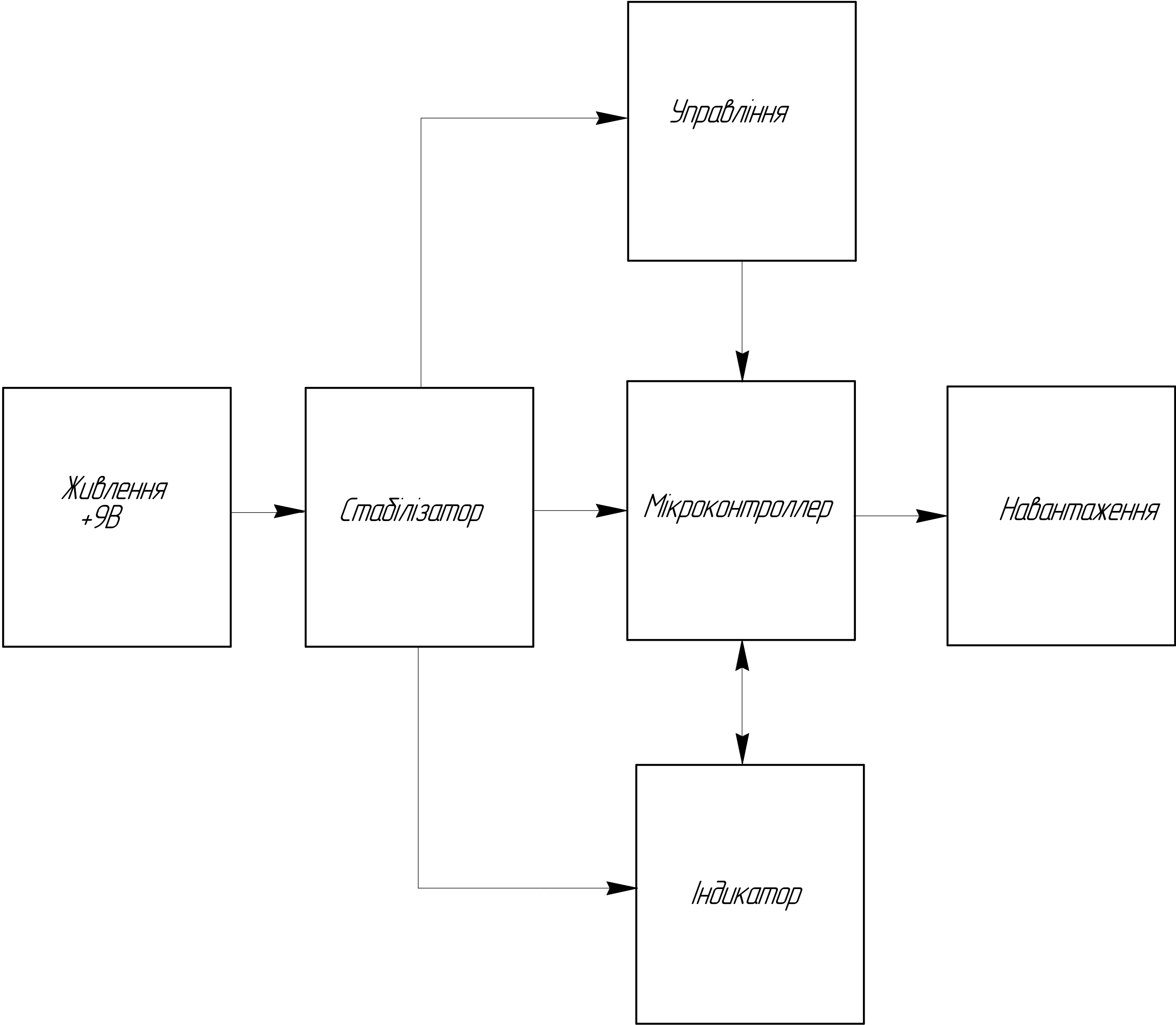


Рисунок Б.7 – 3D модель пристрою, загальний вигляд

					26 КР 172.402.007.000.000 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додат. №	Перш. викорис.

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



26 КР 172.402.007.001.000 Е1						Тестер для транзисторів		
Електрична структурна схема						Лит.	Маса	Масштаб
						- Н -	-	-
Зм. Арх. № докум. Підпис Дата Розроб. Вітенько Перевір. Задорожний І.контр. Рецензент Н.контр. Задорожний Затверд.						Аркцш		Аркцшів 1
						ВСП ТФК ТР-402		
						м. Тернопіль		
						Формат А2		

26 КР 172.402.007.001.000 Е1

Перш. викорис.	Довід. №	Поз. познач.	Найменування				Кіл.	Примітка						
			Конденсатори											
		C1	NPO-100 нФ ±5% "Murata"				1							
		C2	ECAP-16 В-10 мкФ ±20% "Jamicon"				1							
	Довід. №	C3...C6	NPO-100 нФ ±5% "Murata"				4							
			Мікросхеми											
		DA1	L7805ABV "ST Microelectronics"				1							
		DD1	ATmega8-16PU "Microchip"				1							
		HG1	Дисплеї SDCB2004BWE-R07 "Sinda"				1							
				HL1				Світлодіод L-1503GT "Kingbright"				1		
	Підпис і дата	L1	Дросель FWDR14 15В-60 мкГн ±10% "Ferriwo"				1							
			Резистори											
		R1	MFP-0,125-3,3 кОм ±10% "Yageo"				1							
		R2	MFP-0,125-10 кОм ±10% "Yageo"				1							
		R3	MFP-0,125-2,7 кОм ±10% "Yageo"				1							
		R4	MFP-0,125-3,3 кОм ±10% "Yageo"				1							
		R5, R6	MFP-0,125-10 кОм ±10% "Yageo"				2							
		R7	MFP-0,125-27 кОм ±10% "Yageo"				1							
	Зам. інв. №	R8	MFP-0,125-100 кОм ±10% "Yageo"				1							
		R9	MFP-0,125-1 кОм ±10% "Yageo"				1							
		R10	MFP-0,125-470 кОм ±10% "Yageo"				1							
							26 КР 172.402.007.001.000 ПЕЗ							
		Зм.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата								
		Інв. № ориг.	Підпис і дата	Розроб.	Вітенько			Тестер для транзисторів			Літ.	Арк-ш	Арк-шів	
				Перевір.	Задорожний						Н		1	2
				Н.контр.	Задорожний						ВСП ТФК ТР-402			
				Затверд.										м. Тернопіль
		Перелік елементів						Формат А4						

26 КР 172.402.007.001.000 ЕЗ

Перш використ.

Додат. №

Підпис і дата

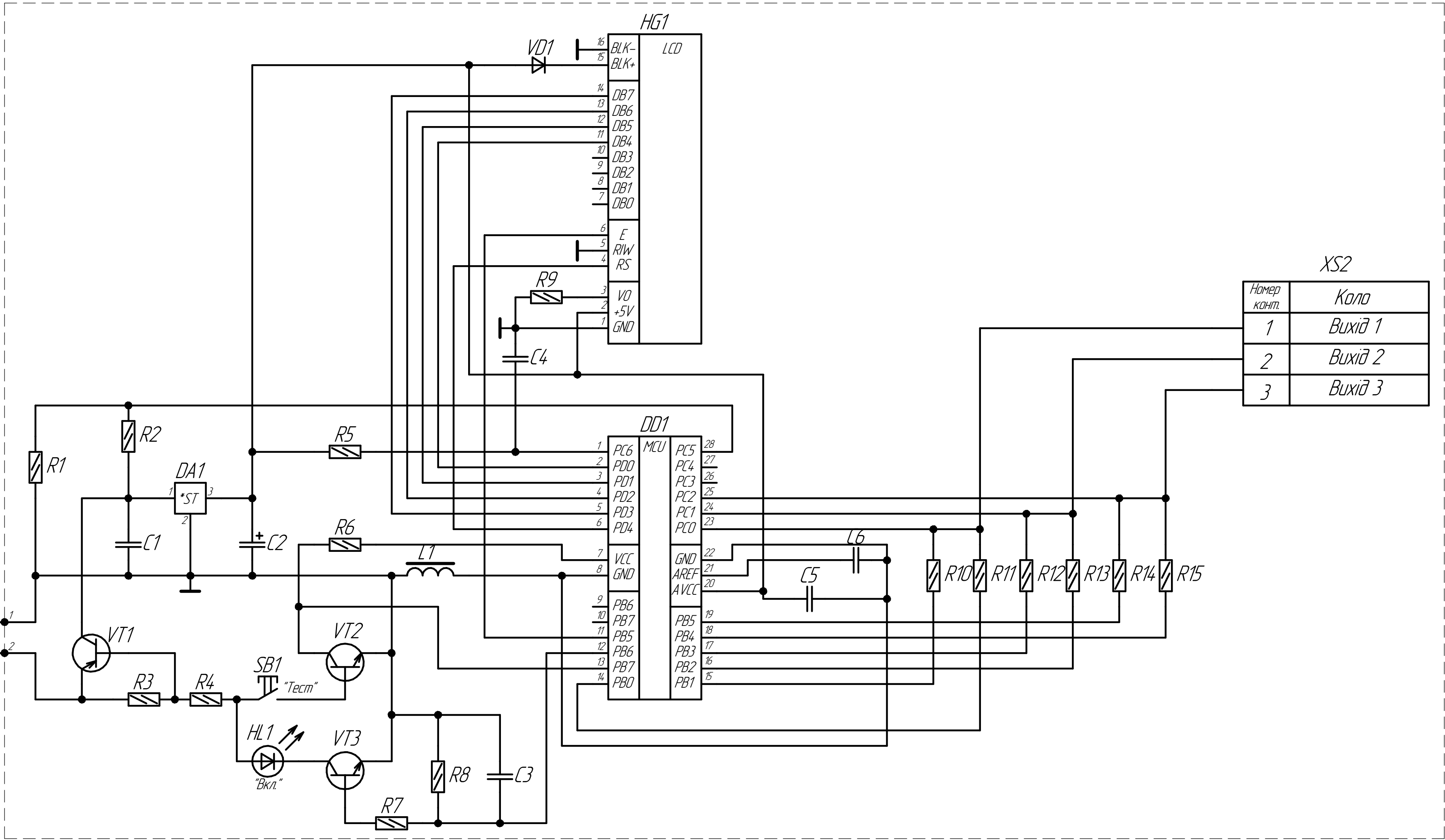
Інв. № змін.

Зам. інв. №

Підпис і дата

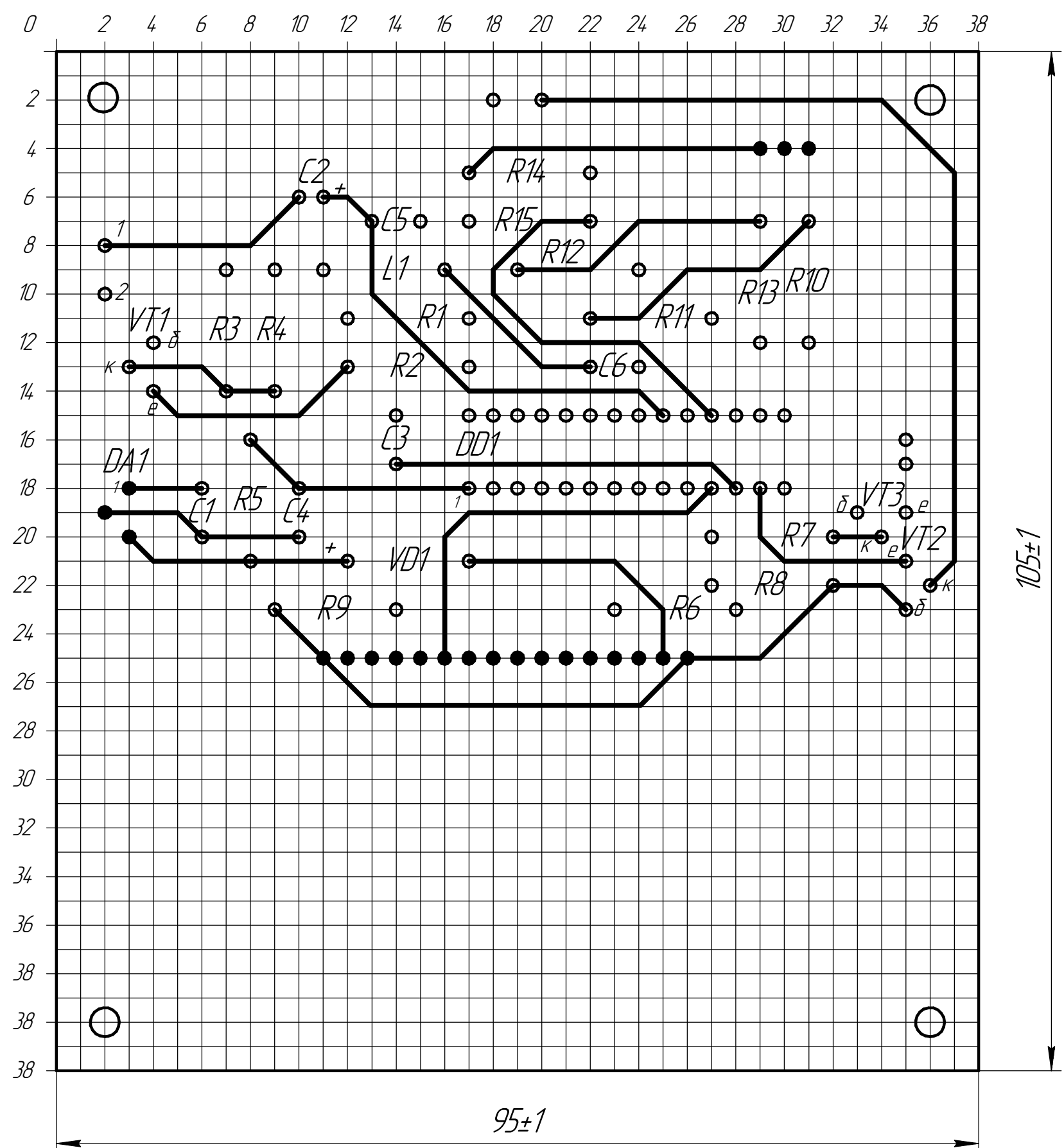
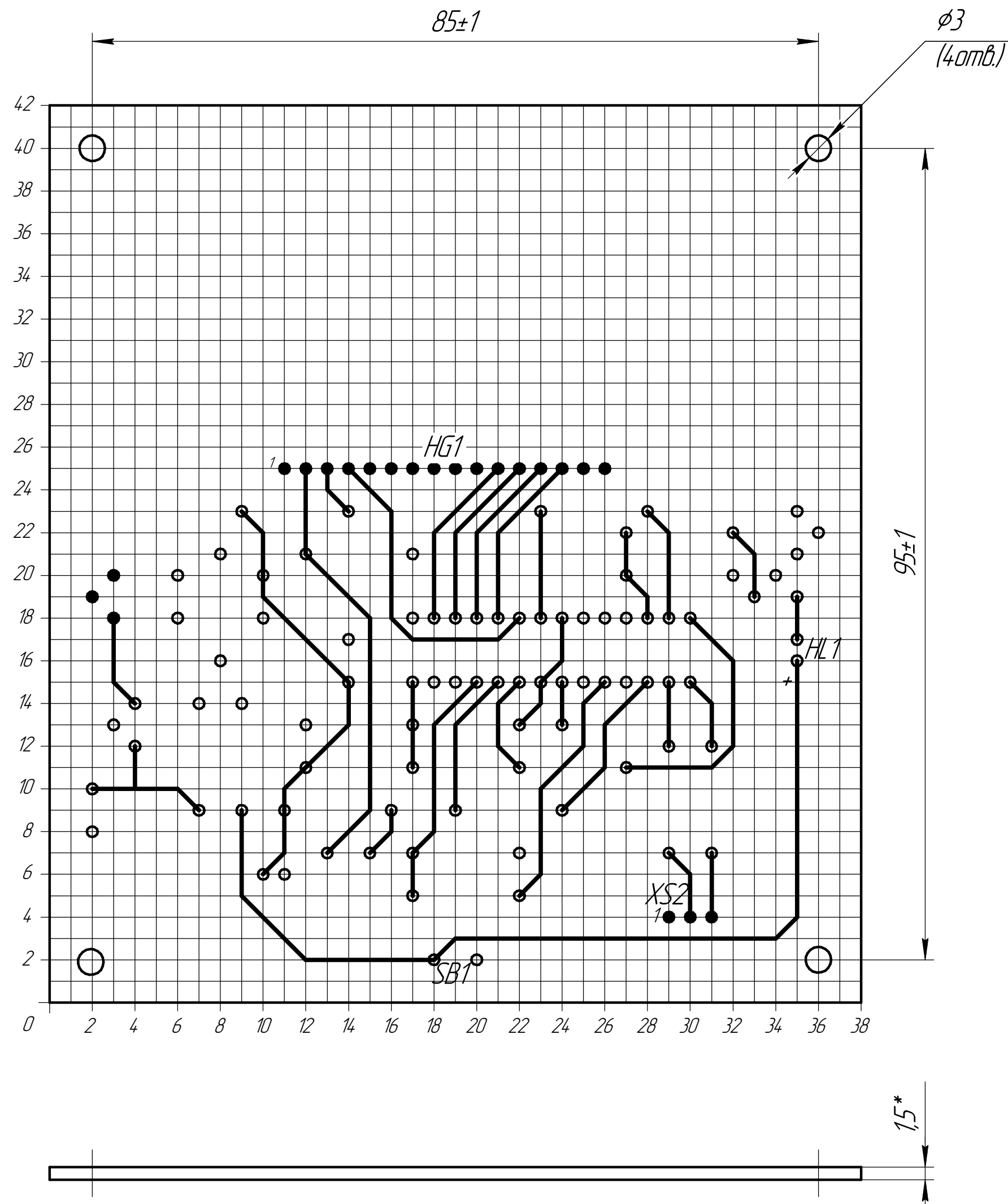
Інв. № змін.

XS1	
Коло	Номер конт.
	1
+9 В	2



26 КР 172.402.007.001.000 ЕЗ						Тестер для транзисторів		
Схема електрична принципова						Лист	Маса	Масштаб
Зм. Арк.						Н	-	-
Розроб.						Аркцш		
Перевір.						Аркцш		
Т.контр.						1		
Н.контр.						ВСП ТФК ТР-402		
Затверд.						м. Тернопіль		
Копіював						Формат А2		

26 КР 172.402.007.001.001



Таблиця отворів

Умовне позначення отворів	Діаметри отворів	Наявність металізації в отворах	Діаметри монтажних площадок	Кількість отворів	Примітка
⌀	0,8	Є	2,0	89	
⬮	1,0	Є	2,2	22	

- 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 діля ТУ 29-02-889-88 шрифтом 2,5 Пр 41 ГОСТ 26.020-80.
- Інші вимоги по ОСТ 4.ГО.005.051.

26 КР 172.402.007.001.001					
Плата друкована					
ГФ2-35-15КП ГОСТ 10316-78					
Копія					
Формат А1					

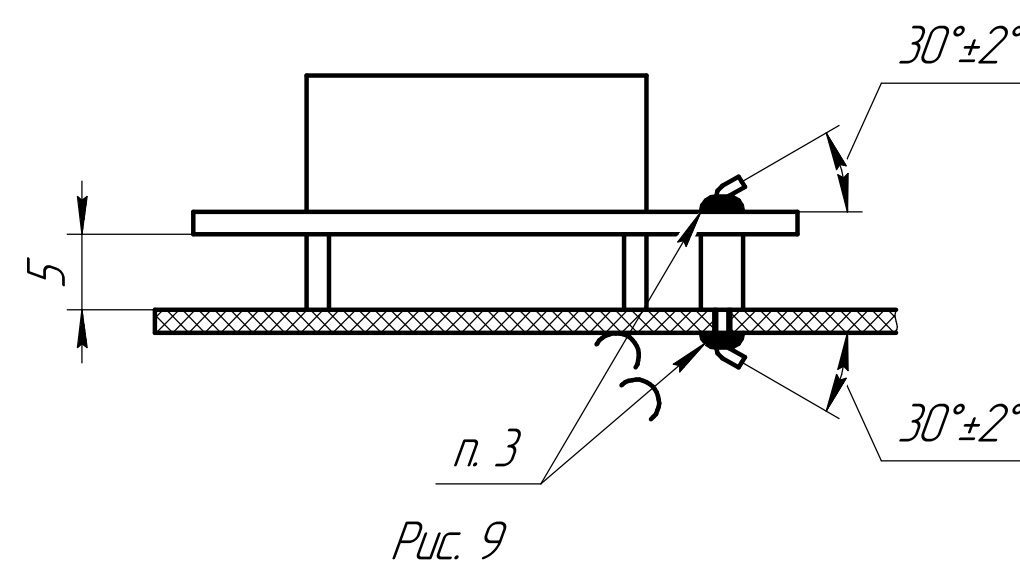
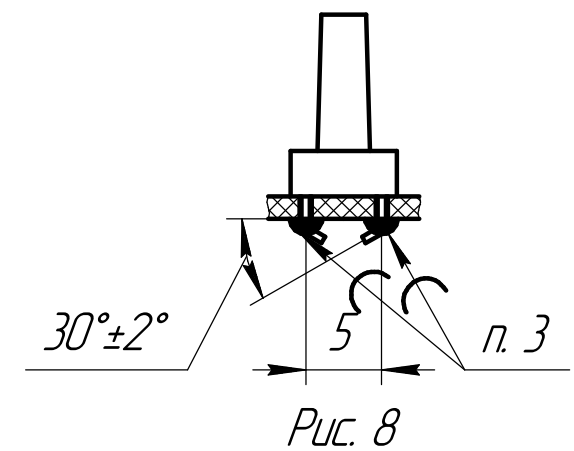
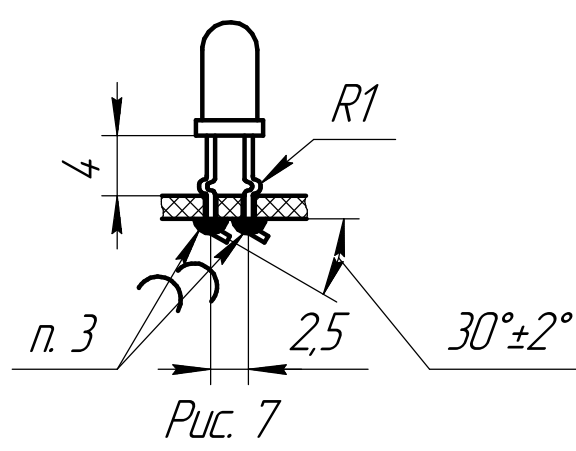
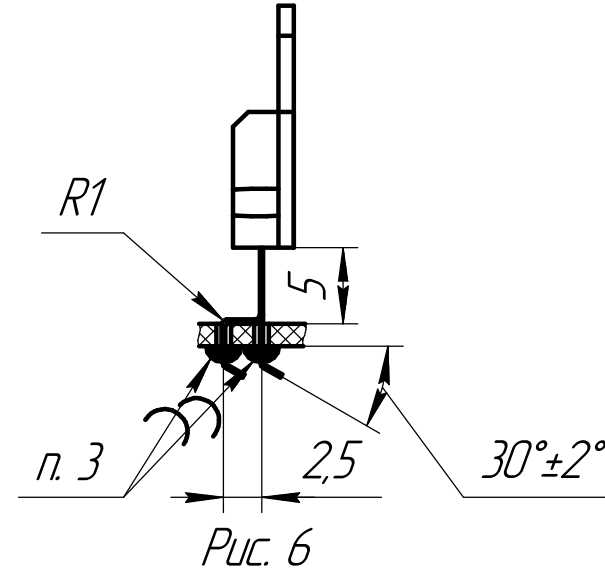
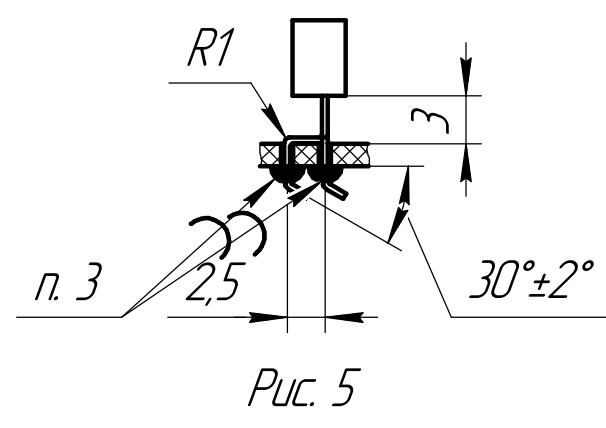
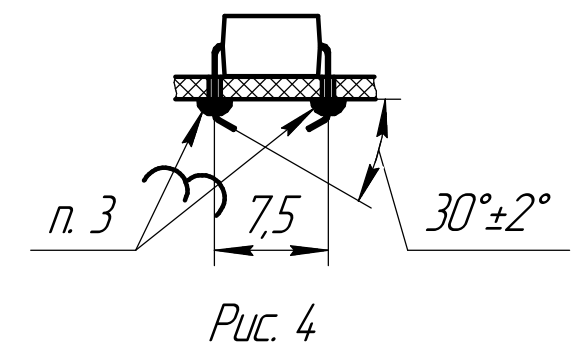
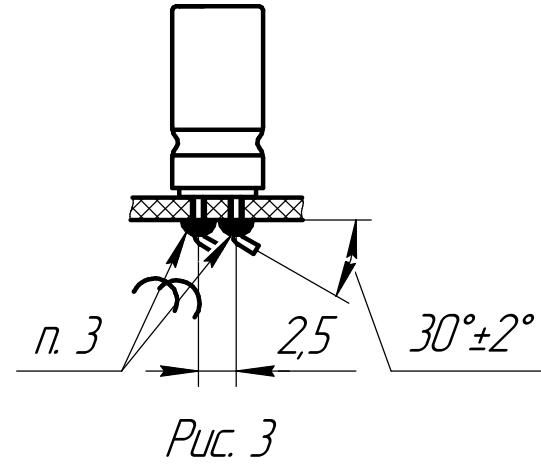
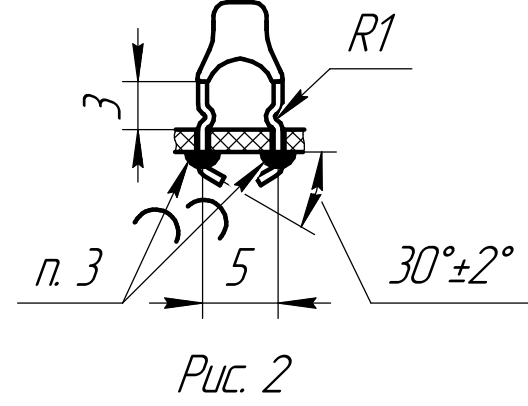
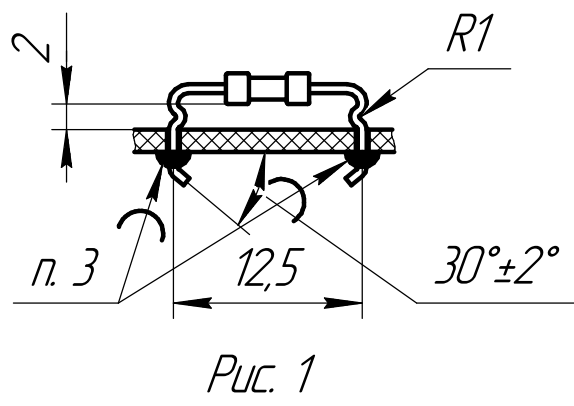
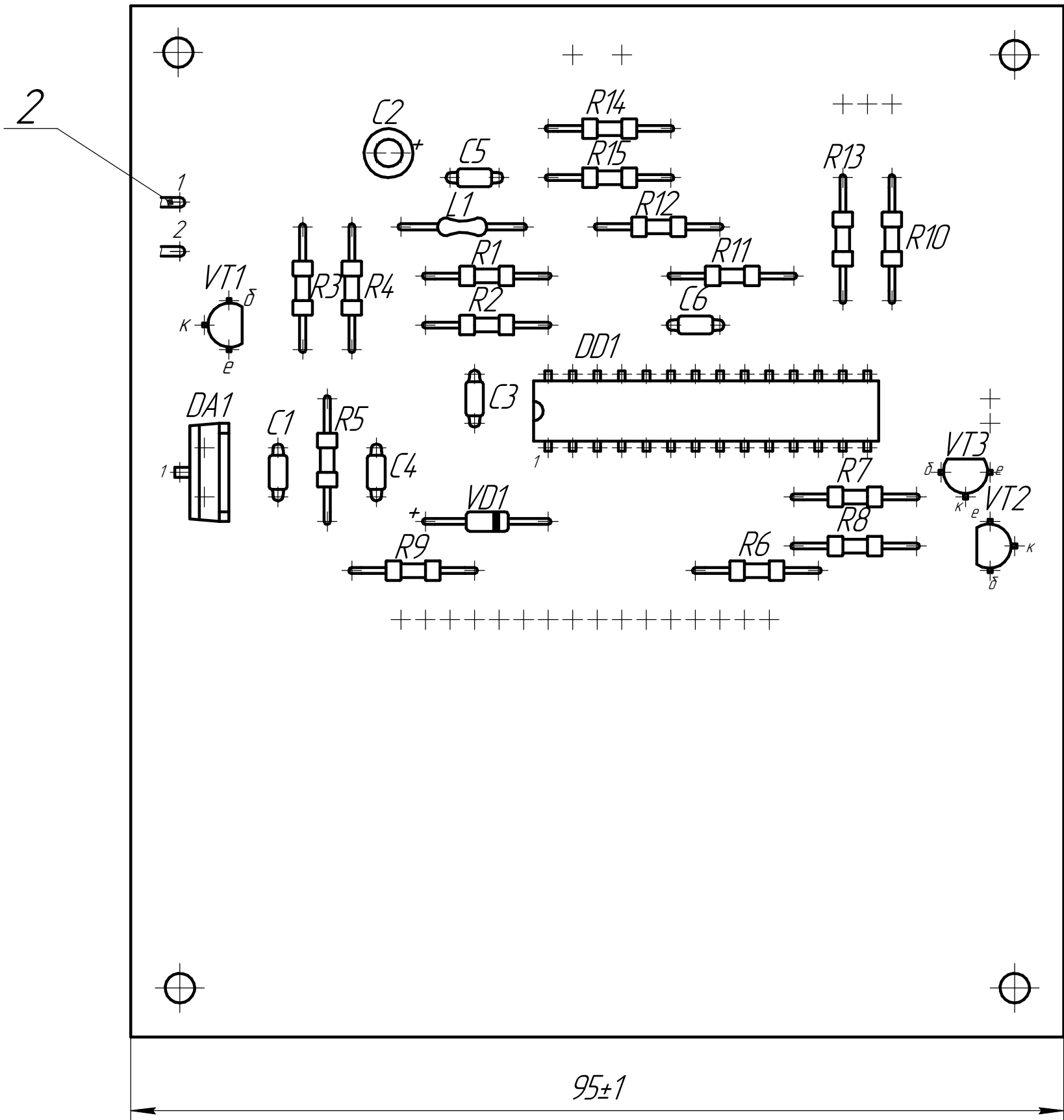
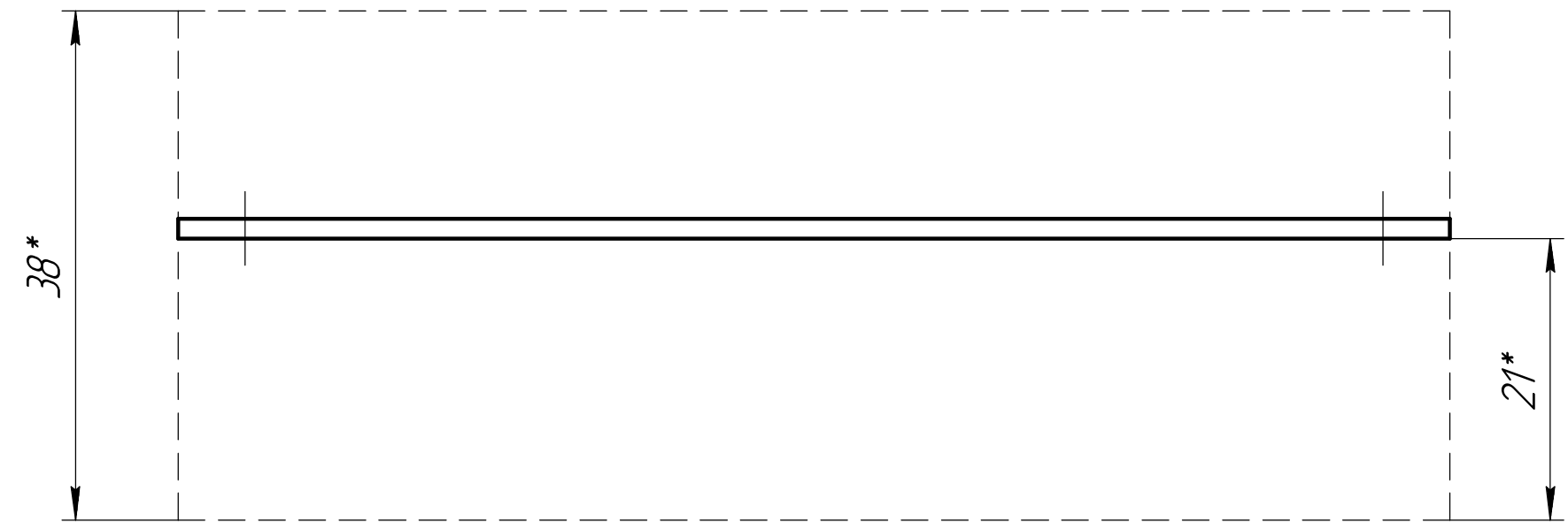
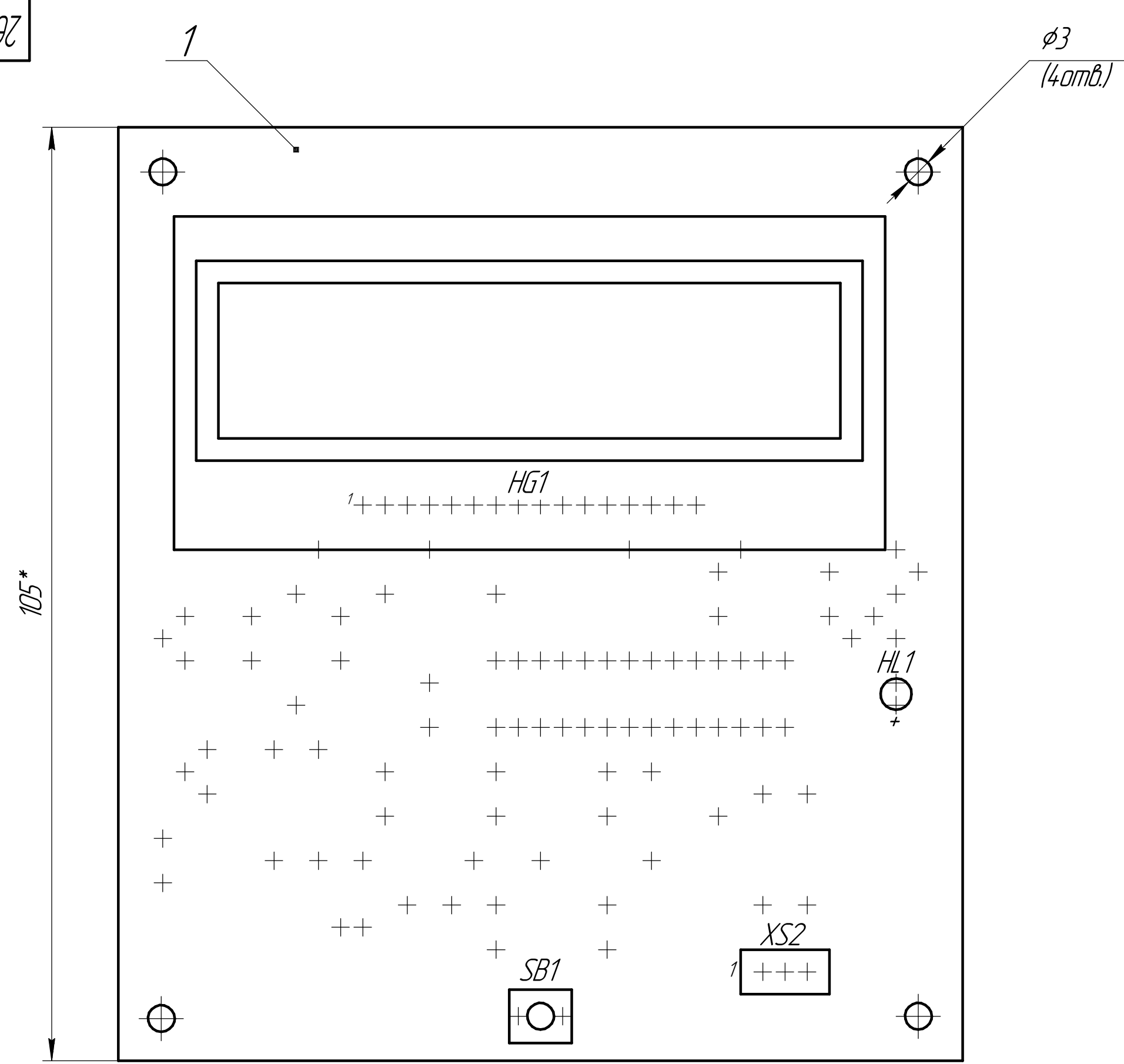
Зм.	Арх.	№ док.	Підпис	Дата	Лист	Маса	Масштаб
Розроб.	Вітенько				Н	0,03	2:1
Перевір.	Задорожний				Архив	Архив	1
Т.контр.					ВСП ТФК ТР-402		
Н.контр.	Задорожний				м. Тернопіль		
Затверд.							

Перш. викорис.	Довід. №	Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.			
						Документація					
		A4			26 КР 172.402.007.000.000 ПЕЗ	Перелік елементів					
		A2			26 КР 172.402.007.000.000 ЕЗ	Схема електрична принципова	1				
		A1			26 КР 172.402.007.001.000 СК	Вузол друкований	1				
						Деталі					
Підпис і дата	Інв. № добул.	Зам. інв. №	Підпис і дата	A1	1	26 КР 172.402.007.001.001	Плата друкована	1			
				БК	2	26 КР 172.402.007.001.002	Перемичка	2			
								Інші вироби			
								Конденсатори			
					3		NPO-100 нФ ±5% "Murata"	5	С1, С3...С6		
					4		ЕСАР-16 В-10 мкФ ±20% "Jamicon"	1	С2		
Інв. № ориг.	Затверд.	Інв. № ориг.	Затверд.				Мікросхеми				
					6		АТmega8-16PU "Microchip"	1	DD1		
					7		L7805ABV "ST Microelectronics"	1	DA1		
					9		Дисплеї SDCB2004BWE-R07 "Sinda"	1	HG1		
					11		Світлодіод L-1503GT "Kingbright"	1	HL1		
					13		Дросель FWDRI14-15В-60 мкГн ±10% "Ferriwo"	1	L1		
Інв. № ориг.	Затверд.	Інв. № ориг.	Затверд.	26 КР 172.402.007.001.000					Літ.	Аркцш	Аркцшів
				Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Н	1	2
				Розрод.	Вітенько				Вузол друкований		
				Перевір.	Задорожний						
				Н.контр.	Задорожний						
					ВСП ТФК ТР-402						
					м. Тернопіль						
					Формат А4						

Інв. № орг.з.	Підпис і дата	Зам. інв. №	Інв. № д.д.д.	Підпис і дата

[illegible]

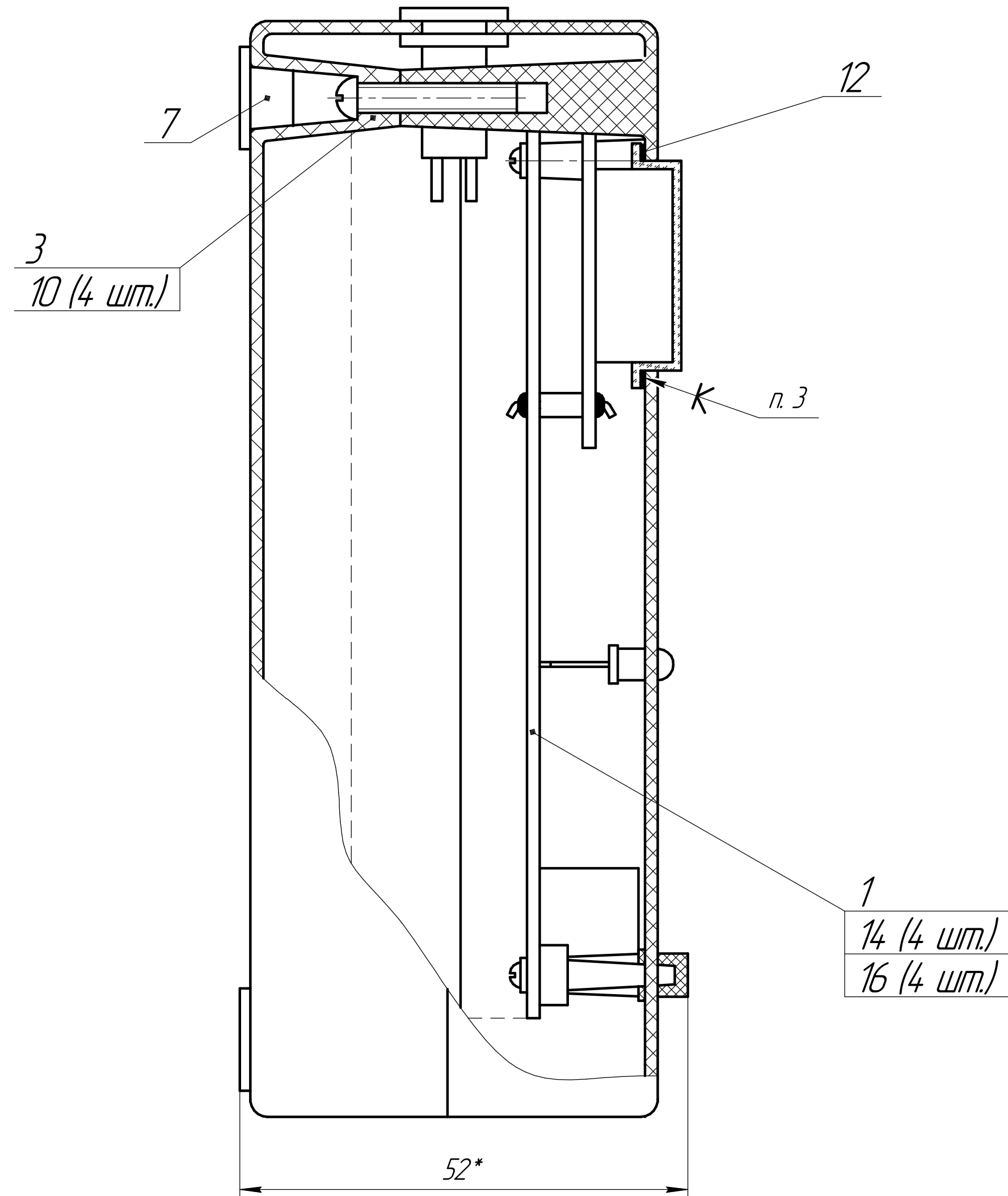
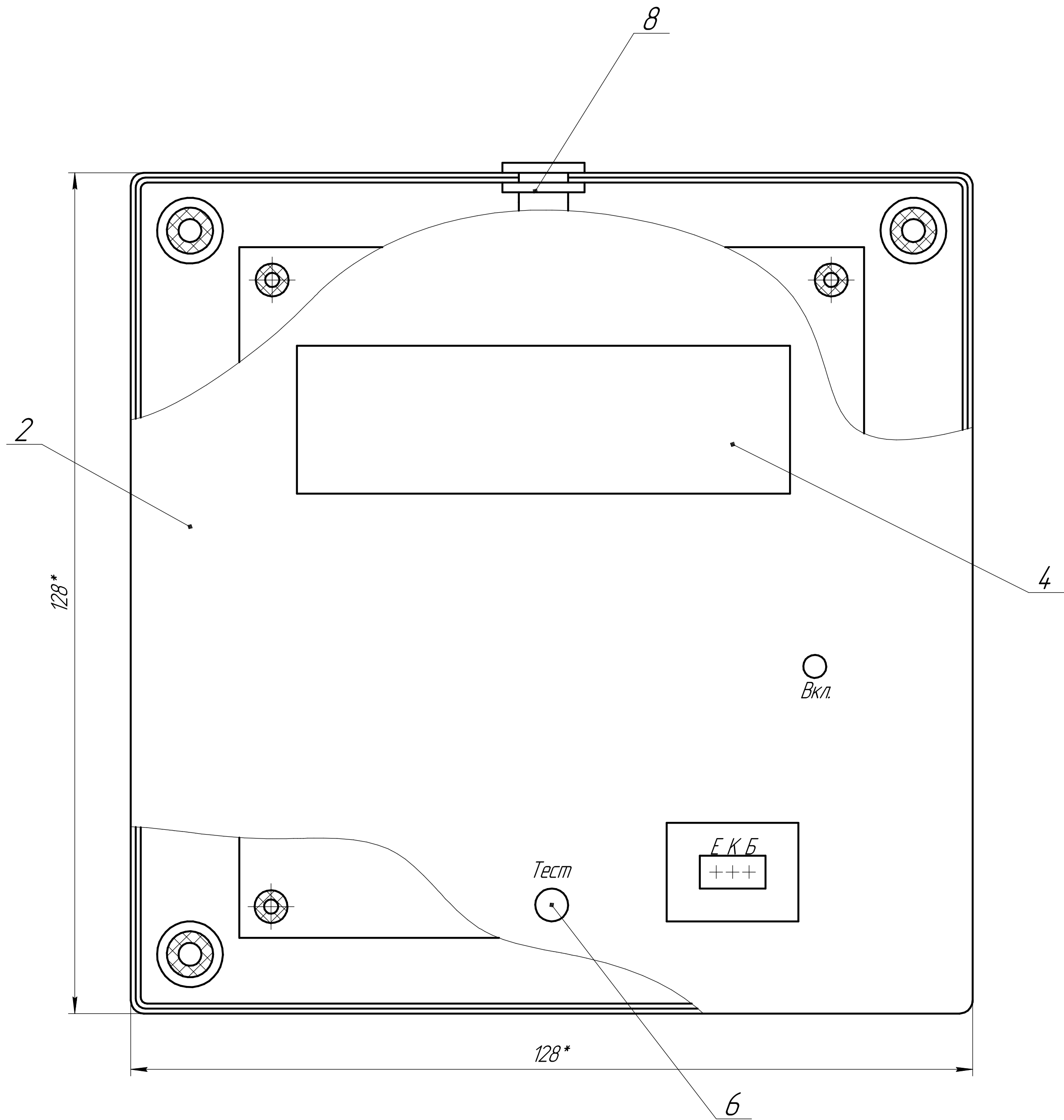
26 КР 172.402.007.001.000 СК



- *Разміри для довідок.
- Установку і формування елементів провадити з кроком координатної сітки 2,5 мм. Елементи формувати (установка і формування елементів на рисунках показані в масштабі 2:1): R1..R15, L1, VD1-на рис. 1; C1, C3..C6-на рис. 2; C2-на рис. 3; DD1-на рис. 4; VT1..VT3-на рис. 5; DA1-на рис. 6; HL1-на рис. 7; SB1-на рис. 8; H61-на рис. 9.
- Паяти припоєм ПОС61 ГОСТ 21931-76.
- Заводський номер, позначення елементів маркувати фарбою ЧМ, чорна БМ, біла, ТУ029-02-859-78. Шрифт 2,5 по НО 010.007. Місяця розміщення маркування показані умовно.
- Лакувати лаком АКА-113.
- Позначення елементів показано умовно.
- Друковані провідники умовно не показані.
- Інші вимоги по ОСТ4ГО.070.015.

				26 КР 172.402.007.001.000 СК			
				Вузол друкований			
				Складальне креслення			
				ВСП ТФК ТР-402			
				м. Тернопіль			
				Формат А1			

26 КР 172.402.007.004.000 СК



1. * Размеры для довідок.
2. Електромонтаж здійснювати згідно з 26 КР 172.402.007.001.000 ЕЗ приладом приладом ПОС-40 ГОСТ 21931-76.
3. Клеїти клеєм MAPEI ADESILEX G19.
4. Інші технічні вимоги по ОСТ.4.ГО.070.015.

26 КР 172.402.007.004.000 СК					
Тестер для транзисторів					
Складальне креслення					
Архив					
Архив					
ВСТ ТФК ТР-402					
м. Тернопіль					
Формат А1					

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Дубл																			
Замість																			
Підпис																			
																Аркуш 4			
												26 КР 172.402.007.03.000				26 КР 172.402.007.03.118			
А	Цех	Діл	РМ.	ОПЕР.	Код, назва операції				Позначення документау										
Б					Код, назва обладнання				СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОВД	ОН	ОП	К ШТ	Т ПЗ	Т ШТ
к-м					Назва деталі, скл одиниці або матеріалу				Позначення. код						СПП	ОВ	ОН	КВ	Н витр
01		Пінцет РТ 265641																	
К 02	1	Плата друкована							26 КР 172.402.007.001001							796	100	100	
03	3	Конденсатори			NPO-100 нФ ±5%				"Murata"							796	100	500	
04	4	Конденсатори			ECAP-16 В-10 мкФ ±20%				"Jamicon"							796	100	100	
05	6	Мікросхема			АТmega8-16PU				"Microchip"							796	100	100	
06	7	Мікросхема			L7805ABV				"ST Microelectronics"							796	100	100	
07	13	Дросель			FWDRI1415B-60 мкГн ±10%				"Ferriwo"							796	100	100	
08	15	Резистори			MFP-0,125-6800м ± 10%				"Yageo"							796	100	300	
09	16	Резистори			MFP-0,125-1к0м ± 10%				"Yageo"							796	100	100	
10	17	Резистори			MFP-0,125-2,7к0м ± 10%				"Yageo"							796	100	100	
11	18	Резистори			MFP-0,125-3,3к0м ± 10%				"Yageo"							796	100	200	
12	19	Резистори			MFP-0,125-10к0м ± 10%				"Yageo"							796	100	300	
13	20	Резистори			MFP-0,125-27к0м ± 10%				"Yageo"							796	100	100	
14	21	Резистори			MFP-0,125-100к0м ± 10%				"Yageo"							796	100	100	
15	22	Резистори			MFP-0,125-470к0м ± 10%				"Yageo"							796	100	300	
16	26	Діод			1N4148				"Diotec"							796	100	100	
17	28	Транзистори			BC547A				"LGE"							796	100	200	
18	29	Транзистори			BC557A				"LGE"							796	100	100	

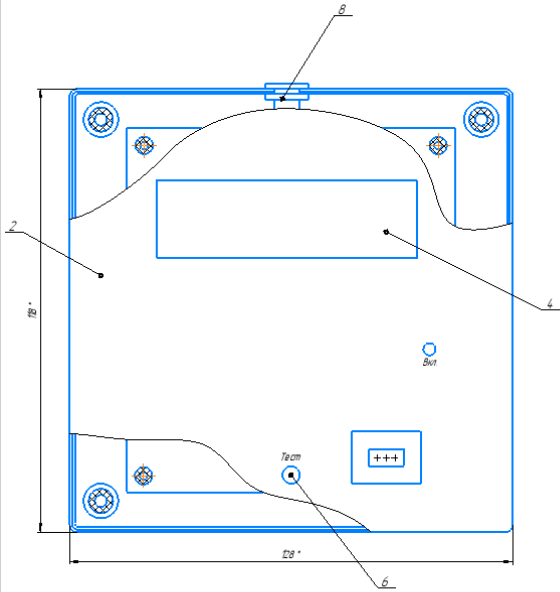
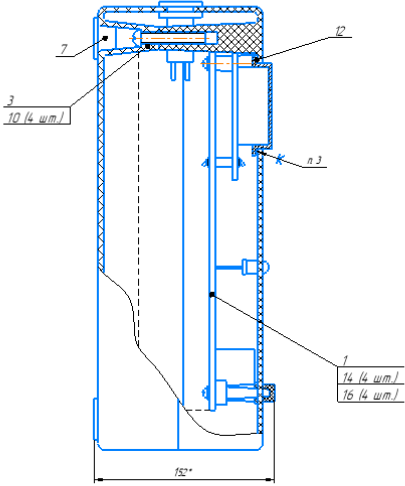
[illegible]

[illegible]

Дубл.																																	
Замість																																	
Підпис																																	
											Аркушів 4		Аркуш 1																				
Розробив		Вітенько				ВСП ТФК ТНТУ		26 КР 172.402.007.001 СК				26 КР 172.402.007.001																					
Перевірив		Задорожний																															
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																							
02																																	
03		402				007		005		402.007.01 Комплектування																				0,005			
04										Комплектування проводити згідно ТТО 644081 (22шт)																							
05																																	
06																																	
07		402				007		010		402.007.02 Слюсарно-складальна																				0,005			
08										Пневмоверт РД 532964																							
09										Складання проводити по ТТП 231587(14шт)																							
10										1. Кріпити друкований вузол поз.1 до верхньої кришки поз. 2 гвинтами поз.9 (4шт) через шайбу поз.11(4шт)згідно карти ескізів по ТТП																							
11										2. Кріпити скло під індикатор поз.4(1шт) накладку під кнопки поз.6(1шт) на верхню кришку поз. 2 згідно карти ескізів по ТТП 12838374																							
12										3. Кріпити роз'єму поз.8(XS1) між кришкою верхньою поз.2 та кришкою нижньою поз.3 згідно карти ескізів по ТТП 12838374																							
13		1								Вузол друкований		26 КР 172.402.007.001.000 СК								796		100		100									
14		2								Кришка верхня		26 КР 172.402.007.004.001								796		100		100									

[illegible]

[illegible]

Дубл.													
Замість													
Підпис													
										Аркушів 4		Аркуш 4	
Розробив		Вітенько				ВСП ТФК ТНТУ		26 КР 172.402.007.001 СК				26 КР 172.402.007.001	
Перевірів		Задорожний											
Нормував													
Затвердив													
Н. контр.		Задорожний								Тестер для транзисторів		Н	
А		Цех		Діл		РМ		Опер		Код, назва операції		Позначення документу	
Б										Код, назва обладнання		СМ. Проф Р УТ КР КОВД ОН ОП К ШТ Т ПЗ Т ШТ	
К-М										Назва деталі, скл. одиниці або матеріалу		Позначення, код СПП ОВ ОН КВ ВНТР	
 													
1 - Розміри для деталей 2 - Електроніка згідно з 2026 НКП 172.402.007.001.000 3 - Пропант, протекти 10С-40 ГОСТ 21931-76 4 - Матеріал, який використовується 5 - Матеріал, який використовується 6 - Матеріал, який використовується													

Техніко – економічні показники тестера для транзисторів

	Технічні показники			Економічні показники	
1	Напруга живлення вхідна	+9В	1	Річний обсяг виробництва	1400шт.
2	Струм споживання	150мА	2	Початкові інвестиції для реалізації інвестиційного проекту	229125 грн
3	Габаритні розміри	128*128 *52 мм	3	Чистий прибуток	382729,24 грн
4	Маса	0,3кг	4	Повна собівартість на вирід	1149,59 грн
5	Допустима вологість повітря	86%	5	Ціна одиниці виробу	1482,97 грн.
6	Вимірювання опору	від 1 Ом до 10МОм	6	Рентабельність виробу	23,78%
7	Вимірювання ємності	від 0,1 нФ до 5000мкФ	7	Термін окупності	0,66р
8			8	Індекс прибудковості	1,52