

**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 багатofункціонального ватметра з гальванічною розв'язкою

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

Спеціальність: 172 «Електронні комунікації та радіотехніка»

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

_____ Соловський В.С.
(прізвище та ініціали)

Керівник Приймак В.А.
(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, автоматизація та електронні комунікації»
Спеціальність 172 «Електронні комунікації та радіотехніка»
Спеціалізація «Конструювання, виробництво та технічне обслуговування
радіотехнічних пристроїв».**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова циклової комісії
телекомунікацій та радіотехніки
_____ Ольга ВАСИЛИШИН
“12” _____ травня 2025 року

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

_____ Соловський Володимир Сергійович _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Розробка конструкції багатofункціонального ватметра з гальванічною розв'язкою _____
керівник кваліфікаційної роботи Приймак Віктор Адамович,

ДП затверджені наказом закладу фахової передвищої освіти від 20.01.2025 року №4/9-21.

2. Строк подання студентом проекту: 16.06.2025 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: вхідна напруга живлення 220-240 В; напруга живлення 5В для цифрової частини; 220В (через трансформатор) – вимірювана напруга. Діапазон вимірювання: напруга 150-250 В змінного струму; Струм: - слабострумний канал: 0,01-2 А; сильнострумний канал: 2-4 А.

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

Анотація

Вступ. Призначення і область застосування радіопристрою

Розділ 1 Загальна частина

1.1 Розробка технічного завдання

1.2 Вибір і опис структурної схеми виробу

1.3 Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз

Розділ 2 Спеціальна частина

2.1 Розрахунково-конструкторська частина

2.1.1 Опис компонування виробу. Обґрунтування вибору конструкційних матеріалів і покрить

2.1.2 Обґрунтування вибору конструкції.

2.1.3 Опис і обґрунтування вибору елементної бази

2.1.4 Розрахунок електричних параметрів окремих каскадів

- 2.1.5 Опис конструкції друкованої плати. Розрахунок параметрів друкованого монтажу
- 2.1.6 Оцінка теплових режимів роботи виробу (розрахунок площі радіатора при необхідності)
- 2.1.7 Розрахунок надійності проектного виробу
- 2.1.8 Техніко-економічний аналіз конструкції виробу. Розрахунок споживаної потужності.
- 2.2 Технологічна частина
 - 2.2.1 Загальні відомості про складання і монтаж проектного виробу. Вибір типу технології
 - 2.2.2 Якісна оцінка технологічності конструкції. Вибір інструментів, пристосувань, оснастки
 - 2.2.3 Опис технології виготовлення друкованої плати. Вибір основних та допоміжних матеріалів
 - 2.2.4 Кількісна оцінка технологічності друкованого вузла
 - 2.2.5 Розробка і оформлення маршрутно-операційної технології складання і монтажу виробу
- Розділ 3 Економічна частина
 - 3.1 Розрахунок обсягу інвестицій, необхідних для реалізації проектних рішень.
 - 3.2 Визначення собівартості спроектованого виробу.
 - 3.3 Оцінка економічної ефективності та доцільності впровадження проектних рішень.
- Розділ 4 Охорона праці
 - 4.1 Стаціонарні засоби гасіння пожежі на виробництві
 - 4.2 Ультрафіолетове випромінювання та особливості його дії на людину
- Висновки
- Перелік посилань
- Додатки

Додаткові вказівки:

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

без виготовлення макета

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

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Отримання і аналіз технічного завдання	05.05	
2	Збір і узагальнення інформації для кваліфікаційної роботи	13.05	
3	Написання першого розділу	25.05	
4	Розробка технічного та робочого проекту	30.05	
5	Написання спеціального розділу	29.05	
6	Розрахунок економічної частини	24.05	
7	Написання розділу охорони праці	26.05	
8	Виконання графічної частини	19.05	
9	Оформлення кваліфікаційної роботи	06.06	
10	Погодження нормоконтролю	12.06	
11	Попередній захист кваліфікаційної роботи	16.06	
12	Захист кваліфікаційної роботи		

7. Дата видачі завдання 12 травня 2025р.

Студент

_____ (підпис)

Володимир СОЛОВСЬКИЙ
(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ (підпис)

Віктор ПРИЙМАК _____

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	
ВСТУП. Призначення і область застосування радіопристрою.....	
РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....	
1.1 Розробка технічного завдання	
1.2 Вибір і опис структурної схеми виробу	
1.3 Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз.....	
РОЗДІЛ 2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	
2.1 Розрахунково-конструкторська частина.....	
2.1.1 Опис компонування виробу. Обґрунтування вибору конструкційних матеріалів і покриттів	
2.1.2 Обґрунтування вибору конструкції.	
2.1.3 Опис і обґрунтування вибору елементної бази	
2.1.4 Розрахунок електричних параметрів окремих каскадів	
2.1.5 Опис конструкції друкованої плати. Розрахунок параметрів друкованого монтажу	
2.1.6 Розрахунок надійності проектного пристрою.....	
2.1.7 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.	
2.2.3 Опис технології виготовлення друкованої плати. Вибір основних та допоміжних матеріалів	

					25KBP172.403.011.000.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Соловський			Розробка конструкції Багатофункціональний ватметр з гальванічною розв'язкою Пояснювальна записка	Лім.	Арк.
Перевір.		Приймак					Аркуші
Рецензент							
Н. Контр.		Задорожний				ВСП ТФК ТНТУ ТР-403	
Затверд.						м. Тернопіль	

2.2.4	Кількісна оцінка технологічності друкованого вузла.....
2.2.5	Розробка і оформлення маршрутно-операційної технології складання і монтажу виробу.....

РОЗДІЛ 3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....

3.1	Розрахунок обсягу інвестицій, необхідних для реалізації проектних рішень
3.2	Розрахунок собівартості продукції.....
3.3	Оцінка економічної ефективності та доцільності впровадження проектних рішень.....

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....

4.1	Стаціонарні засоби гасіння пожежі на виробництві.....
4.2	Ультрафіолетове випромінювання та особливості його дії на людину.....

ВИСНОВКИ.....

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....

ДОДАТКИ.....

					25KBP172.403.011.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

АНОТАЦІЯ

Соловський В.С. Розробка конструкції багатофункціонального ватметра з гальванічною розв'язкою: кваліфікаційна робота на здобуття освітньо-професійного ступеня фаховий молодший бакалавр, за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка. Тернопіль: ВСП «ТФК ТНТУ», 2025.

Корпус пристрою виготовлений із міцної електроізоляційної пластмаси. Він складається з двох основних частин — верхньої та нижньої кришок, які мають форму корита. На верхній кришці передбачено місця для встановлення захисного скла індикатора, кнопки керування та світлодіодних індикаторів. Друкована плата монтується до верхньої кришки за допомогою чотирьох гвинтів, шайб і пластикових або металевих стійок.

Між кришками корпусу розташовані:

- мережевий шнур живлення;
- тримач запобіжника з установленим запобіжником;
- перемикач режимів роботи;
- вихідна розетка для підключення навантаження.

На нижню кришку встановлюються два трансформатори (TV1 і TV2), які кріпляться до неї за допомогою гвинтів, шайб та стійок.

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

Ключові слова: багатофункціональний, ватметр, потужність, гальванічна розв'язка, напруга робоча.

					25KBP172.403.011.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ABSTRACT

Solovsky V.S. Development of a design for a multifunctional wattmeter with galvanic isolation: qualification work for obtaining the educational and professional degree of a junior bachelor, specialty 172 Telecommunications and radio engineering. Ternopil: VSP "TFK TNTU", 2025.

The device housing is made of durable electrically insulating plastic. It consists of two main parts - the upper and lower covers, which have the shape of a trough. The upper cover has places for installing the protective glass of the indicator, control buttons and LED indicators. The printed circuit board is mounted to the upper cover using four or five screws, washers and plastic or metal racks.

Between the housing covers are located:

- power cord;
- fuse holder with installed fuse;
- operating mode switch;
- output socket for connecting the load.

Two transformers (TV1 and TV2) are installed on the bottom cover, which are attached to it with screws, washers and racks.

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

Keywords: multifunctional, wattmeter, power, galvanic isolation, operating voltage.

					<i>25KBP172.403.011.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

У сучасних умовах зростаючої енергоефективності та автоматизації побутових і промислових систем виникає необхідність у точному, надійному та безпечному контролі електричних параметрів споживачів. Одним із ключових приладів для таких задач є ватметр — пристрій для вимірювання потужності в електричних колах.

Проте традиційні ватметри, особливо у бюджетному сегменті, часто не забезпечують достатньої функціональності, точності або безпеки. В умовах нестабільного електропостачання та збільшення кількості електроніки, що потребує точного моніторингу споживання енергії, особливої важливості набувають багатофункціональні ватметри з гальванічною розв'язкою.

Гальванічна розв'язка забезпечує електричну безпеку як для користувача, так і для мікроконтролерної частини пристрою, ізолюючи низьковольтну схему керування від високовольтної частини мережі.

Це критично важливо для захисту мікроконтролера та підключених до нього модулів, особливо при використанні в умовах промислових завод або побутових перевантажень.

Крім того, впровадження багатофункціональних вимірювальних систем — із можливістю обробки кількох каналів, вимірювання активної, реактивної потужності, струму, напруги, обліку спожитої енергії, а також відображення даних на дисплеї чи передачі через інтерфейси (UART, I²C, SPI тощо) — відкриває широкі перспективи для інтеграції у системи "розумного дому", промислову автоматизацію, енергетичний моніторинг і технічну діагностику.

Таким чином, розробка багатофункціонального ватметра з гальванічною розв'язкою є актуальним завданням, що поєднує в собі аспекти енергоефективності, електробезпеки, гнучкості застосування та технологічної інтеграції. [1].

					25KBP172.403.011.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Розробка технічного завдання

Технічні характеристики пристрою:

1. Вхідна напруга живлення.....~220-240В;
2. Напруга живлення..... 5 В— для цифрової частини;
220 В (через трансформатор) — вимірювана напруга;
3. Діапазон вимірювання:
Напруга: 150–250 В змінного струму;
Струм: - Слабострумний канал: 0.01–2 А; Сильструмний канал: 2–4 А;
4. Точність вимірювання:
Напруга:±1%;
Струм:±2%;
Потужність:..... ±2.5%;
5. Індикація:
 - Вбудований індикатор подачі живлення;
 - Відображення основних параметрів на дисплеї (струм, напруга, потужність, енергія);
6. Температурний діапазон роботи:.....від 0°C до +40°C.

1.2 Вибір і опис структурної схеми виробу

Опис структурної схеми багатофункціонального ватметра Ось розгорнутий опис структурної схеми багатофункціонального ватметра, в якому пояснюються основні функціональні блоки пристрою:

1. Живлення (~220 В)

Пристрій живиться від стандартної мережі змінного струму напругою ~220 В. Це вхідна напруга, яка подається як для вимірювання, так і для живлення окремих вузлів пристрою. Через потенційну небезпеку роботи з такою напругою вона не надходить безпосередньо на електронні компоненти, а обробляється у наступному блоці.

					25KBP172.403.011.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Понижувальний трансформатор

Цей блок призначений для зниження мережевої напруги до безпечного рівня. Він виконує дві основні функції: Живлення схеми: трансформатор понижує 220 В до рівня, придатного для подальшого випрямлення, стабілізації та живлення цифрових компонентів (наприклад, 5 В або 3.3 В після стабілізації). Вимірювання напруги: одночасно трансформатор може використовуватися для ізолюваного вимірювання напруги на вході, забезпечуючи гальванічну розв'язку.

3. Операційний підсилювач (ОП)

Цей блок обробляє аналогові сигнали, отримані з трансформаторів струму та напруги: Підсилює слабкі сигнали для подальшого перетворення. Формує середню точку для подачі синусоїдального сигналу в межах робочого діапазону АЦП. Забезпечує узгодження рівнів сигналу між аналоговими датчиками та мікроконтролером. Операційні підсилювачі відіграють важливу роль у точності вимірювання та стабільності роботи пристрою.

4. Мікроконтролер

Центральний елемент пристрою, що виконує наступні функції:

Оцифровує аналогові сигнали напруги та струму через вбудовані АЦП.

Обчислює миттєві, середні, активні та реактивні потужності.

Керує відображенням інформації на дисплеї.

Реалізує логіку управління, наприклад, перемикання режимів або калібрування.

У даному випадку використовується AtMega16 або аналогічний мікроконтролер з необхідними ресурсами.

5. Блок управління

Складається з кнопок, DIP-перемикачів або інших органів керування, які дозволяють:

Обирати режими роботи пристрою.

Виконувати налаштування чи калібрування.

					25KBP172.403.011.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Керувати підсвіткою, обнуленням тощо.

Цей блок пов'язаний безпосередньо з мікроконтролером і забезпечує зручну взаємодію користувача з пристроєм.

6. Індикація

Інформаційний блок, що включає символно-цифровий LCD-дисплей:

Відображає значення напруги, струму, потужності, енергії.

Показує повідомлення (текстові або числові) кирилицею.

Має регулювання контрасту та підсвітки, що адаптується до умов освітлення.

7. Вихід на навантаження

Це елемент схеми, через який фактично проходить струм, що вимірюється:

Може бути представлений як розетка, клема або інтерфейс підключення. Забезпечує безпечне підключення зовнішнього навантаження (приладів, пристроїв). Не виконує керування навантаженням (як у реле або контролерах), а лише забезпечує точне вимірювання його параметрів.

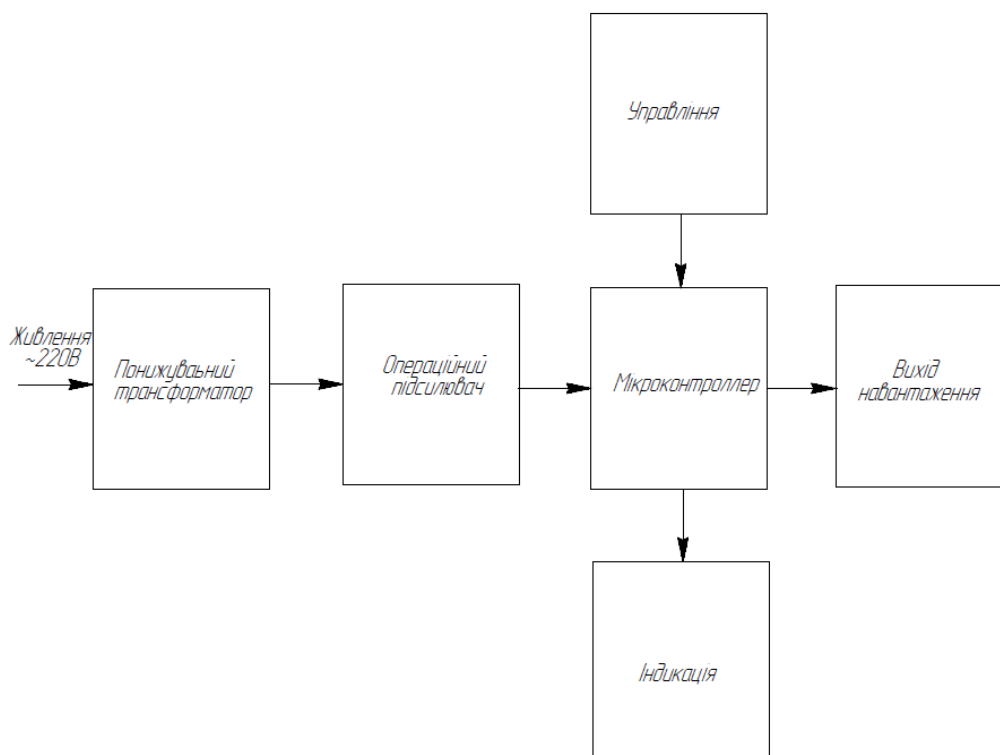


Рисунок 1.1-Схема електрична структурна

					25KBP172.403.011.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз

Схема пристрою умовно поділяється на дві основні частини: аналогову, яка знаходиться ліворуч від DIP-перемикача SW1, та цифрову, розташовану праворуч.

Аналогова частина включає трансформатори для вимірювання напруги (T1) та струму (T2), а також елементи узгодження сигналів. Потенціометр R2 забезпечує точне регулювання рівня напруги, що подається на аналогово-цифровий перетворювач (АЦП).

Трансформатор струму T2 (типу Talema AC1025) працює із шунтовим резистором номіналом 100 Ом та потужністю 0,125 Вт. Такі параметри відповідають рекомендаціям виробника для досягнення найкращої лінійності сигналу. Компоненти R3, C1, C2 та DA1.1 формують зміщення сигналу — середній рівень, який дозволяє подавати синусоїду в центр діапазону АЦП. Як операційний підсилювач DA1 можна застосовувати будь-який сумісний чип, зокрема LM358 або MCP601 із rail-to-rail виходом. Усі вони мають однакову розпіновку в DIP-корпусі.

Для вимірювання великих струмів у схемі використовується подільник напруги на резисторах R5, R6 та R7. Схема захисту АЦП реалізована за допомогою діодних пар VD1–VD2, VD3–VD4, VD5–VD6 у поєднанні з резистором R8. Вони захищають АЦП від перенапруг, коли сигнал виходить за межі робочого діапазону 0–5 В. Для цього бажано застосовувати діоди Шотткі або відповідні збірки, наприклад, BAV199.

Потенціометри R3, R4 та R6 рекомендується використовувати багатооборотні — це дає змогу точно налаштовувати параметри. Вхідні фільтри в аналоговій частині відсутні, оскільки трансформатори працюють лише в частотному діапазоні 50/60 Гц і природно пригнічують високочастотні перешкоди.

Цифрова частина побудована на базі мікроконтролера AtMega16 у поєднанні з символьно-цифровим LCD-дисплеєм з контролером GNQ-2841AS-21, а

					25KBP172.403.011.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

також іншими типовими елементами. Підключення дисплея здійснюється згідно з його технічною документацією, оскільки існують різні варіанти розпіновки. У проєкті використано повну конфігурацію. Основна вимога до дисплея — підтримка кирилиці, адже виведення даних відбувається російською мовою.

Резистор R10 (звичайний) призначений для регулювання контрастності дисплея. Підсвітка реалізована елементами R12 та кнопкою SB1. Оскільки струм підсвітки залежить від моделі дисплея, номінал R12 підбирається індивідуально за законом Ома. Для індикації живлення використовуються резистор R1 і світлодіод HL1.

Цифровий модуль не потребує жодного додаткового налаштування. За умови правильного монтажу, справних компонентів та наявності прошивки мікроконтролера, пристрій запускається автоматично після подачі живлення [1].

					25KBP172.403.011.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунково-конструкторська частина

2.1.1 Опис компонування виробу. Обґрунтування вибору кон- структорських матеріалів і покриттів.

Компонування багатофункціонального ватметра охоплює кілька ключових етапів: розміщення електронних компонентів на друкованій платі, вибір матеріалів для корпусу та контактних елементів, а також обґрунтоване застосування захисних покриттів і теплоізоляційних засобів. Усі ці заходи спрямовані на підвищення надійності, довговічності та безпеки експлуатації пристрою [22].

Проектування друкованої плати розпочинається з визначення оптимального положення мікроконтролера (AtMega16), який встановлюється у центральній частині плати для зручного підключення до інших функціональних блоків — аналогової частини, інтерфейсів керування та індикації. Це зменшує довжину сигнальних доріжок і, відповідно, знижує рівень електромагнітних завад.

Навколо мікроконтролера групуються пасивні компоненти — резистори, конденсатори, потенціометри. Їх розміщення продумано з урахуванням логіки сигналів і мінімізації паразитних параметрів. Операційні підсилювачі та елементи АЦП розташовані неподалік, що дозволяє ефективно узгодити аналогові сигнали [24].

Джерела живлення, стабілізатори та трансформаторні вузли винесено до країв плати, що знижує термічне навантаження на чутливі мікросхеми та спрощує монтаж. Інтерфейсні компоненти — дисплей, кнопки, перемикачі — орієнтовані ближче до меж плати та виводяться на передню або верхню панель пристрою для зручного доступу користувача.

Корпус пристрою виготовляється з якісної технічної пластмаси, яка має хороші діелектричні властивості, стійка до механічних пошкоджень і відповідає вимогам електробезпеки. Такий матеріал дозволяє реалізувати ергономічну форму корпусу, мінімізувати вагу пристрою та забезпечити його естетичний вигляд.

					25KBP172.403.011.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Металеві деталі, такі як кріплення або роз'єми, виготовляються зі сталі або латуні. Контактні елементи виконано з мідних сплавів — це забезпечує добру електропровідність і корозійну стійкість.

Для захисту друкованої плати та електронних компонентів використовуються такі технічні рішення:

Ізоляційні покриття: монтажна сторона плати покривається захисним лаком або епоксидною смолою для запобігання впливу вологи, пилу та механічних ушкоджень.

Теплопровідні матеріали: між енергетичними елементами (наприклад, стабілізаторами напруги) і корпусом використовуються термопрокладки або теплопровідна паста для ефективного відведення тепла.

Антикорозійний захист: металеві частини вкриваються цинковим або нікелевим покриттям для підвищення довговічності в умовах підвищеної вологості чи агресивного середовища.

Компетентне компонування друкованої плати, ретельний вибір матеріалів корпусу та елементної бази, а також застосування сучасних методів захисту дозволяють досягти високих експлуатаційних характеристик багатофункціонального ватметра. Пристрій має надійну конструкцію, відповідає вимогам безпеки, зручний у користуванні та демонструє стабільну роботу в умовах реальної експлуатації [27].

2.1.2 Обґрунтування вибору конструкції

Корпус пристрою виготовлений із міцної електроізоляційної пластмаси. Він складається з двох основних частин — верхньої та нижньої кришок, які мають форму корита. На верхній кришці передбачено місця для встановлення захисного скла індикатора, кнопки керування та світлодіодних індикаторів. Друкована плата монтується до верхньої кришки за допомогою чотирьох гвинтів, шайб і пластикових або металевих стійок.

Між кришками корпусу розташовані:

					25KBP172.403.011.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- мережевий шнур живлення;
- тримач запобіжника з установленим запобіжником;
- перемикач режимів роботи;
- вихідна розетка для підключення навантаження.

На нижню кришку встановлюються два трансформатори (TV1 і TV2), які кріпляться до неї за допомогою гвинтів, шайб та стійок.

Корпус виконує кілька важливих функцій:

- захищає внутрішні компоненти приладу від пилу, вологи та прямого сонячного світла;
- забезпечує електробезпеку, запобігаючи випадковому контакту користувача з елементами під напругою;
- створює механічну базу для надійного закріплення усіх вузлів і компонентів пристрою.

При розробці друкованої плати враховано наступні вимоги:

- забезпечено оптимальну щільність розміщення електронних компонентів;
- мінімізовано паразитні зв'язки, які можуть впливати на електричні характеристики пристрою;
- компоненти розміщено так, щоб спростити процес складання і регулювання.

Габарити плати визначені на основі вимог до її виготовлення — дотримано принципу економічної доцільності. Уникається складна геометрія зовнішнього контуру (пази, заокруглення), оскільки це збільшує витрати на виробництво та знижує коефіцієнт використання матеріалів.

Відповідно до стандарту, рекомендовані пропорції сторін плати — від 1:1 до 2:1. Максимальна ширина не повинна перевищувати 500 мм. Стандартні товщини плати — 0,8; 1; 1,5; 2; 2,5; 3 мм.

Монтаж електрорадіоелементів

					25KBP172.403.011.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для елементів зі штировими виводами використовується наскрізний монтаж:

- виводи вставляються в монтажні отвори
- загинаються під кутом близько 60°;
- обрізаються в межах контактних площадок;
- паяються методом «хвилі припою».

Такий підхід забезпечує високу щільність компонування і дозволяє розмістити більшу кількість елементів на одній платі.

Під час компонування плати враховано такі рекомендації:

- Необхідно забезпечити вільну циркуляцію повітря навколо елементів, що нагріваються.

- Напівпровідникові прилади, мікросхеми та чутливі елементи не розміщують поблизу джерел тепла або магнітних полів (трансформаторів, магнітів).

Елементи, що потребують підстроювання або регулювання, мають бути легкодоступні для інструментів та обслуговування [25].

2.1.3 Опис і обґрунтування вибору елементної бази

Таблиця 2.1 - Конденсатор типу b41828 [2]

Позиційне позначення	C1, C5
Назва компонента	Конденсатор ЕСАР
Виробник	Jamicon
Критерії вибору	ємність, температурний коефіцієнт розширення, габарити, параметри
Параметри та характеристики	
Номінальна напруга	16В
Параметри конструкції	Див.рис.1.1
Номінальна ємність	10мкФ
Допуск ємності	± 20%
Робоча температура	-55 ... 105 ° С
Тангенс кута втрат	0,14%

					25KBP172.403.011.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

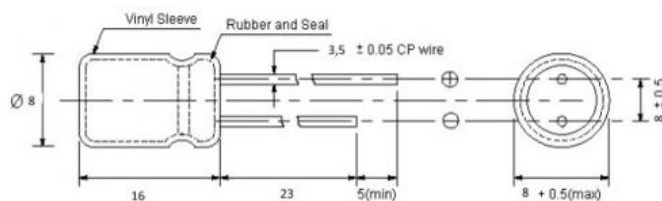


Рисунок 2.1-Габаритні розміри конденсатора типу ЕСАР

Таблиця 2.2 - Резистор MFP Yageo [3]

Позиційне позначення	R1-R2, R5, R7-R9, R11-R12
Назва компонента	Резистор MFP
Виробник	Yageo
Критерії вибору	Опір, відхилення від номіналу, розміри.
Параметри конструкції	Див.рис.2.2
Параметри та характеристики	
номінальна потужність	0,25 Вт
діапазон номінальних опорів	1...10·10 ⁶ Ом
допустиме відхилення опору	±10%
максимальна робоча напруга	200В
діапазон робочих температур	-60.....+70° C

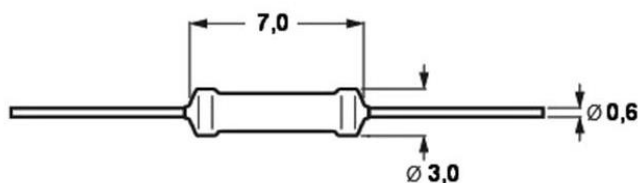


Рисунок 2.2- Габаритні розміри резисторів MFP Yageo

Таблиця 2.3 - Конденсатор b37979 [4]

Позиційне позначення	C2-C4,C6
Назва компонента	Конденсатор b37979
Виробник	Ерcos
Критерії вибору	Малі струми витоку, габариті, 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

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

25KBP172.403.011.000.000 ПЗ

Арк.

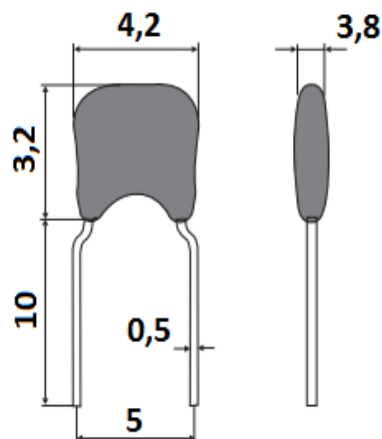


Рисунок 2.3- Габаритні розміри конденсатора b37979

Таблиця 2.4- Мікросхема LM358P "Texas Instruments" [5]

Позиційне позначення	DA1
Назва компонента	LM358P
Виробник	"Texas Instruments"
Критерії вибору	напруга живлення, вихідний струм, кількість операційних підсилювачів
Параметри та характеристики	
Тип	Подвійний операційний підсилювач
Напруга живлення	Мінімальна 3 В, максимальна: 32 В
Вихідний струм	Макс. 20 мА
Тип корпусу:	DIP-8
Кількість операційних підсилювачів	2 канали в одній мікросхемі
Вхідний опір	Високий вхідний опір (від 1 МΩ до 10^{12} Ω)

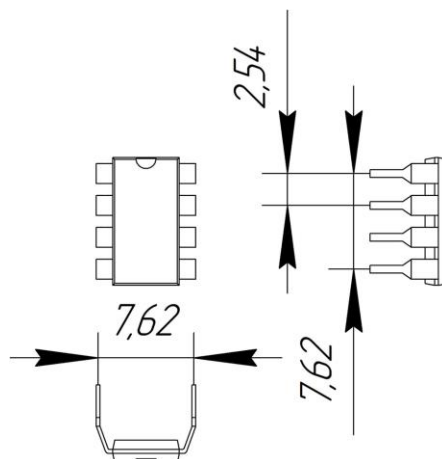


Рисунок 2.4- Габаритні розміри мікросхеми LM358P

Таблиця 2.5- Кнопка KLS7-TS6601-13.0-180 "KLS" [6]

Позиційне позначення	SB1-SB5
Назва компонента	Кнопка тактова KLS7-TS6601-13.0-180
Виробник	"KLS"
Критерії вибору	розміри, технічні характеристики, спосіб монтажу, функціональне призначення
Параметри конструкції	Див.рис.2.5
Параметри та характеристики	
Спосіб монтажу	в отвори на плату
Робоча напруга	12В
Робочий струм	0.05А
Висота	13мм
Типорозмір	6x6
Вага	0.33г

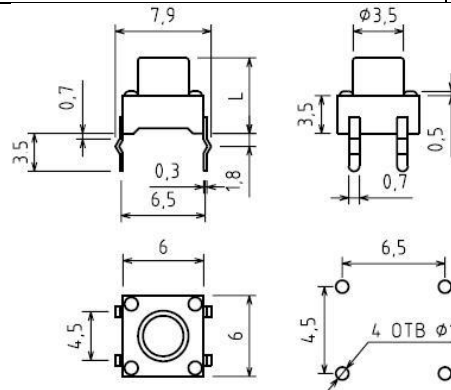


Рисунок 2.5- Габаритні розміри кнопки KLS7-TS6601-13.0-180

Таблиця 2.6- Діод 1N4148 "Diodec" [7]

Позиційне позначення	VD4-VD5
Назва компонента	1N4148
Виробник	"Diodec"
Критерії вибору	Діапазон стабілізації, потужність розсіювання
Параметри конструкції	див. рисунок 2.6
Параметри та характеристики	
Потужність розсіювання	0.5 Вт
Мінімальна напруга стабілізації	9.4 В
Номінальна напруга стабілізації	10 В
Максимальна напруга стабілізації	10,6 В
Статичний опір R _{ст}	-55 ... 105 ° С
Максимальний струм стабілізації I _{ст.Макс}	40мА
Робоча температура	-55 ... 200 °С
Корпус	do35

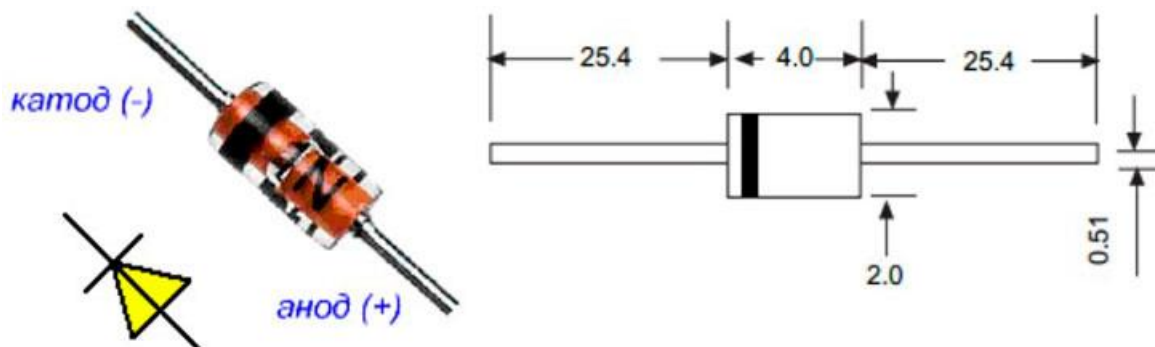


Рисунок 2.6- Габаритні розміри діода 1N4148

Таблиця 2.7- Діод SR110 "Semiconductor" [8]

Позиційне позначення	VD1-VD3,VD6
Назва компонента	Діод SR110
Виробник	"Semiconductor"
Критерії вибору	Діапазон стабілізації напруги, пікова потужність розсіювання
Параметри конструкції	Див.рис.2.7
Параметри та характеристики	
Тип	Шоттки-діод
Номінальна напруга (U_f)	0.45–0.50 В
Максимальний зворотний струм (I_R)	100 мкА при 100 В
Максимальна зворотна напруга (U_R)	100 В
Максимальний прямий струм (I_f)	1 А
Тип корпусу	DO-41
Захист від перенапруги	Так (добра захищеність від зворотних перенапруг)

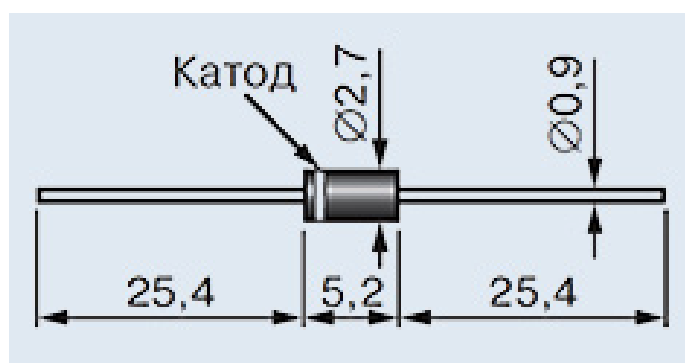


Рисунок 2.7 – Габаритні розміри діода SR110

Таблиця 2.8- Кварцовий резонатор HC-49U [9]

Позиційне позначення	ZQ1
Назва компонента	Кварцовий резонатор HC-49U
Виробник	"АСТ"
Критерії вибору	Виділення електричних коливань певної частоти або смуги частот 16,0МГц
Параметри конструкції	Див.рис.2.8
Параметри та характеристики	
точність налаштування	0,5%;
діапазон робочих температур	-20...+80°C
вбудований конденсатор	ні
максимальний резонансний опір	200м

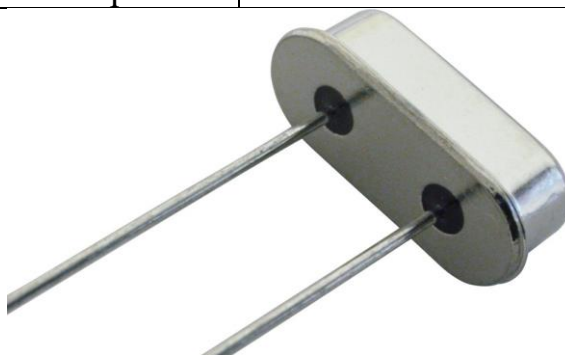


Рисунок 2.8– Зовнішній вигляд кварцовий резонатор HC-49U

Таблиця 2.9- Світлодіод L-1503GT [10]

Позиційне позначення	HL1-HL5
Назва компонента	L-1503GT
Виробник	Kingbright
Критерії вибору	свічення, максимальна напруга, струм
Параметри конструкції	Див.рис.2.9
Параметри та характеристики	
пряма напруга	1,9В
прямий струм	30мА
кут випромінювання	180°
колір свічення	червоний
довжина хвилі	660nm

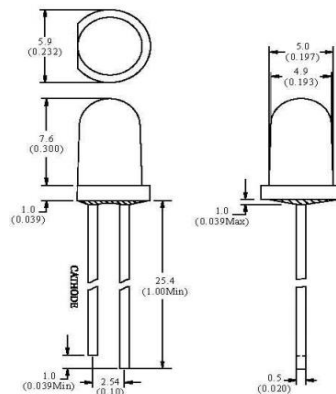


Рисунок 2.9 – Габаритні розміри світлодіода L-1503GT

Таблиця 2.10- Мікросхема АТmega16 "Microchip" [11]

Позиційне позначення	DD1
Назва компонента	Мікросхема АТmega16
"Maxim"	"Microchip"
Критерії вибору	напруга живлення, тип виходу, максимальний струм, час затримки
Параметри конструкції	див. рисунок 2.10
Параметри та характеристики	
Тип ядра	8-біт AVR RISC
Частота роботи	До 16 МГц
Пам'ять програм (Flash)	16 КБ
Пам'ять даних (SRAM)	1 КБ
Пам'ять EEPROM	512 байт
Кількість входів/виходів (I/O)	32 (по 8 пінів на 4 портах: A, B, C, D)
Тип корпусу	DIP-40, TQFP-44, або MLF-44
Живлення	2.7–5.5 В
Споживання струму	~1 мА при 1 МГц, 3 В
Кількість таймерів	3 (один 8-бітний, два 16-бітні)

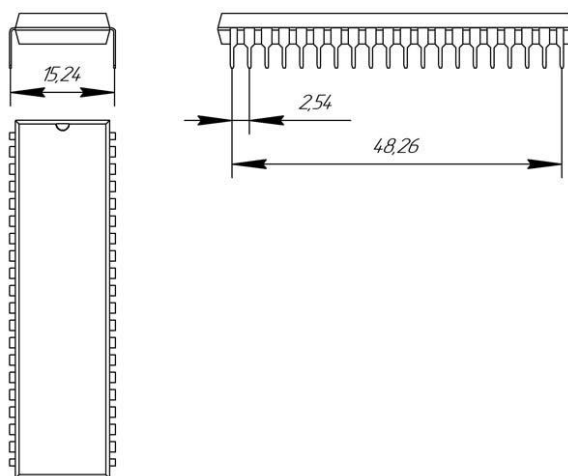


Рисунок 2.10- Зовнішній вигляд мікросхеми АТmega16

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	25KBP172.403.011.000.000 ПЗ					

Таблиця 2.11- Перемикач A14B1K11 "EMAS" [12]

Позиційне позначення	SA1
Назва компонента	перемикач A14B1K11
Виробник	"EMAS"
Критерії вибору	Максимальні струм та напруга, робоча напруга
Параметри конструкції	Див.рис2.11
Параметри та характеристики	
Робоча напруга постійна	12В
Максимальний комутований постійний струм	35А
Колір	червоний
Алгоритм роботи	on-off
Робоча напруга	250
Робочий струм	15А
Вага	7.2г

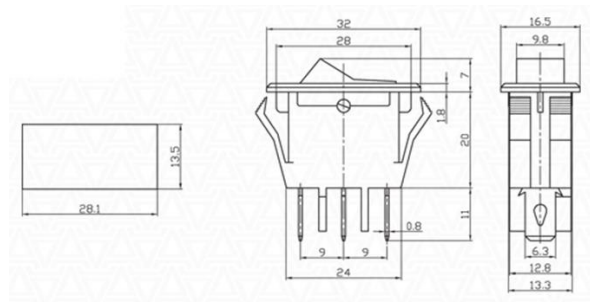


Рисунок 2.11-Зовнішній вигляд перемикача A14B1K11

Таблиця 2.12- Трансформатор В78386-Р1116-А [13]

Позиційне позначення	TV2
Назва компонента	Трансформатор В78386-Р1116-А
Виробник	Ерсос
Критерії вибору	Вхідна, вихідна напруга, вихідний струм, робоча частота, максимальний струм
Параметри конструкції	див. рисунок 2.12
Параметри та характеристики	
вихідна напруга	40В
вихідний струм	2А
електрична міцність первинної-вторинної ізоляції	4000В
електрична міцність вторинної-вторинної ізоляції	600В
напруга живлення	220В
допустимі відхилення вторинних напруг	±5%

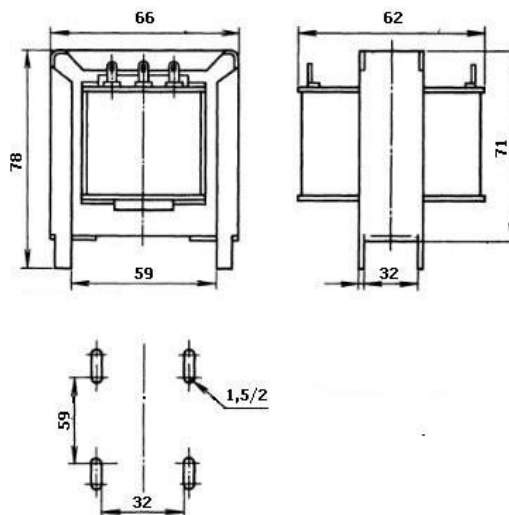


Рисунок 2.12– Габаритні розміри трансформатора В78386-Р1116-А

Таблиця 2.13- Запобіжник ZH214 [14]

Позиційне позначення	FU1
Назва компонента	Запобіжник ZH214-015-10A-250 В
Виробник	"Zhenhui"
Критерії вибору	номінальна напруга, номінальна напруга, габаритні розміри
Параметри конструкції	див. рисунок 2.13
Параметри та характеристики	
номінальна напруга	240 В
номінальна напруга	1 А
контакти	циліндричні
довжина корпусу	30 мм
діаметр корпусу	6мм
робоча температура	-60...+100 °С

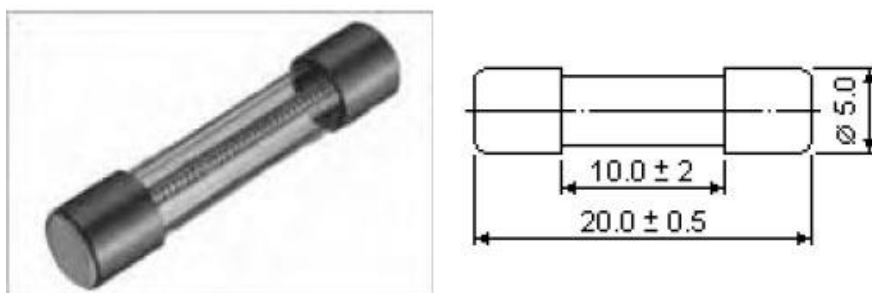


Рисунок 2.13 - Зовнішній вигляд і габаритні розміри запобіжника ZH214-015 10A-250 В

					25KBP172.403.011.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.14- Резистор 3329Н [15]

Позиційне позначення	R3,R4, R6, R10
Назва компонента	Резистор 3329Н
Виробник	Bourns
Критерії вибору	потужність розсіювання, функціональний тип, діапазон опорів, відхилення від номіналу
Параметри конструкції	див. рисунок 2.14
Параметри та характеристики	
Номінальне відхилення	10%
Опір	1кОм. 10кОм
Максимальна постійна напруга	500В
Температурний коефіцієнт	250+/-
Робоча температура	-55 ... +125°C
Спосіб монтажу	в отвір

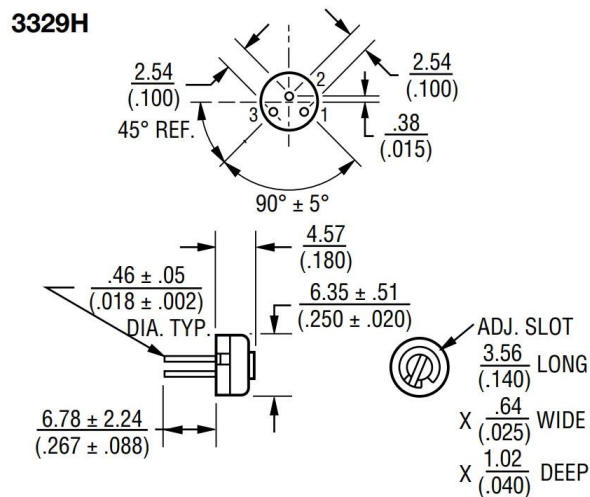


Рисунок 2.14- Габаритні розміри резистора 3329Н-1-3,3 кОм "Bourns"

Таблиця 2.15 – Транзистор 2SC3205 "КЕС" [16]

Позиційне позначення	VT3
Назва компонента	Транзистор 2SC3205
Виробник	"КЕС"
Критерії вибору	Полярність, вихідна напруга, максимальний струм навантаження, максимальна вхідна напруга
Параметри конструкції	див.рисунок 2.15
Параметри та характеристики	
Корпус:	to-92
Вага, г:	0.3

Структура :	NPN
Напруга колектора-емітера $U_{кэо}$ (макс.) :	30 В
Напруження колектор-бази $U_{кбо}$ (макс.) :	30 В
Напруга емітер-бази $U_{эбо}$ (макс.) :	5 В
Допустимий ток колектора I_k (max) :	2.00 А
Коефіцієнт посилення транзистора по току $h_{fэ}$:	від 100 до 320
Гранична частота коефіцієнта передачі току $f_{гр}$:	120.0 МГц
Розсіювана потужність колектора P_k (макс.) :	1,00 Вт
Діапазон робочої температури T_{max} :	від -55 до +150 °C

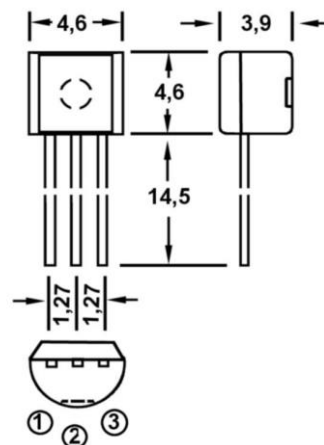


Рисунок 2.15- Габаритні розміри транзистора 2SC3205

Таблиця 2.16 – Транзистор IRF3205 "Kersemi" [17]

Позиційне позначення	VT5-VT6
Назва компонента	Транзистор IRF3205
Виробник	"Kersemi"
Критерії вибору	Вхідна та вихідна напруга, параметри
Параметри конструкції	див.рисунок 2.16
Параметри та характеристики	
Тип транзистора	N-канальний MOSFET
Максимальна напруга стік-витік	55 В
Максимальний струм через стік	110 А (при $T_{case} = 25^{\circ}\text{C}$)
Опір відкритого каналу	$\sim 0.008 \Omega$ (при $V_{GS} = 10 \text{ В}$)
Потужність розсіювання	200 Вт
Максимальна напруга затвор-стік	$\pm 20 \text{ В}$
Порогова напруга затвору	2.0–4.0 В
Частота перемикування (типова)	Висока (десятки кГц – сотні кГц)
Тип корпусу	TO-220
Температура експлуатації	$-55^{\circ}\text{C} \dots +175^{\circ}\text{C}$

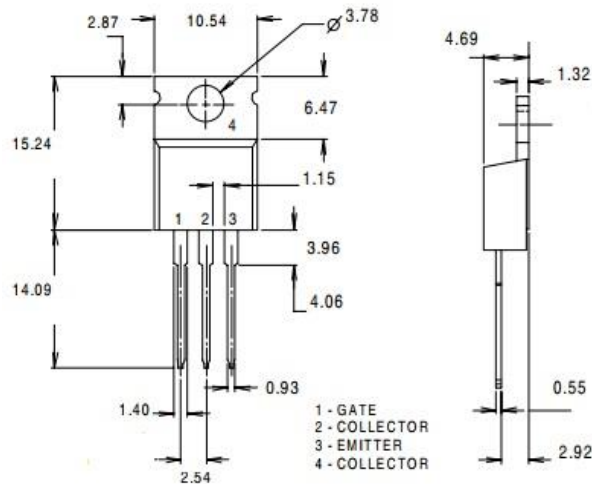


Рисунок 2.16- Габаритні розміри транзистора IRF3205

2.1.4 Розрахунок електричних параметрів окремих каскадів

Схема електрична принципова RC-фільтра зображена на рисунку 2.17 [33].

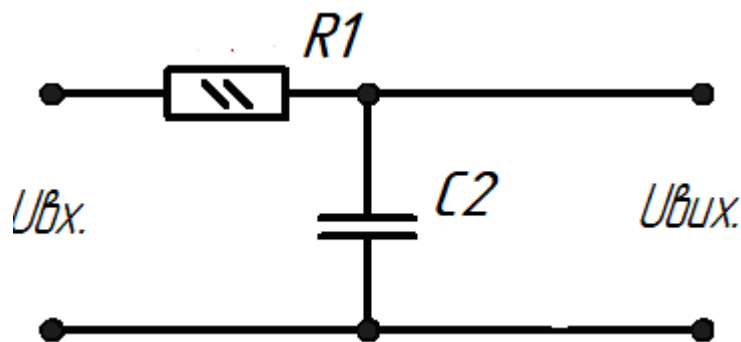


Рисунок 2.17- Схема електрична принципова RC-фільтра

1. Вихідні дані для проведення розрахунку:

$$C = 0,1 \text{ мкФ}$$

$$F_c = 10 \text{ кГц}$$

2. Розрахунок частоти зрізу проводиться за формулою:

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

де C – ємність конденсатора;

R – опір резистора;

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

					25KBP172.403.011.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Розрахунок опору резистора:

$$R = \frac{1}{2\pi C f_c}, \quad (2.2)$$

де f_c – частота зрізу, становить 10кГц.

$$R = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 10000 \cdot 10} = 0,8 \text{ кОм}$$

Вибираємо резистор з опором 10 Ом та потужністю розсіювання 0,25Вт.

$$R1 = 1 \text{ кОм}$$

Обрано резистор MFP-0,25-1 кОм $\pm 10\%$ "Yageo".

2.1.5 Опис конструкції друкованої плати. Розрахунок параметрів друкованого монтажу

Визначаємо мінімальну ширину друкованого провідника, мм., по постійному струму для кіл живлення і заземлення [19]:

$$b_{\min 1} = \frac{I_{\max}}{i_{\text{доп}} \cdot t} = \frac{0,5 \text{ А}}{48 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2} \cdot 0,035 \text{ м}} = 0,3 \text{ мм} \quad (2.3)$$

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

Визначається із аналізу принципової схеми, $I_{\max} = 0,5 \text{ А}$;

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

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

$$b_{\min 2} = \frac{\rho \cdot I_{\max} \cdot l}{U_{\text{д}} \cdot t} = \frac{0,0175 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}} \cdot 0,5 \text{ А} \cdot 0,5 \text{ м}}{0,9 \text{ В} \cdot 0,035 \text{ м}} = 0,2 \text{ мм} \quad (2.4)$$

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

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

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

					25KBP172.403.011.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо номінальне значення діаметрів монтажних отворів d :

$$d = d_E + |\Delta d_{н.в.}| + r \quad (2.5)$$

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

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

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

d_{E1} = 0,8-для мікросхем, конденсаторів, резисторів, діодів, підпаювання провідників, світлодіодів та трансформатора.

d_{E2} = 1,0-для HG1, R10, R3, R6, R4, SB1-SB5.

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

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

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

Розраховуємо діаметр контактних площадок.

$$D_{\min} = D_{1\min} + 1,5h\phi + 0,03 \quad (2.6)$$

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

$$D_{1\min} = 2 \left(b_m + \frac{d_{\max}}{2} + \delta d + \delta p \right) \quad (2.7)$$

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

$$b_m = 0,06 \text{ мм.}$$

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

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

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

$$d_{\max} = d + \Delta d + (0,1 \dots 0,15) \quad (2.8)$$

де: Δd – допуск на отвір.

					25KBP172.403.011.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$d_{max1} = 1,3 + 0,1 + 0,1 = 1,5 \text{ мм}$$

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

$$D_{1min2} = 2 \left(0,06 + \frac{1,5}{2} + 0,25 + 0,4 \right) = 3,02 \text{ мм}$$

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

$$D_{min2} = 3,02 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 3,0 \text{ мм}$$

Максимальний діаметр контактної площадки:

$$D_{max} = D_{min} + (0,02 \dots 0,06) \quad (2.9)$$

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

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

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

$$b_{min} = b_{1min} + 1.5h\phi + 0,03 \quad (2.10)$$

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

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

Визначаємо мінімальну відстань між елементами провідного матеріалу.

Мінімальна відстань між провідником і контактною площадкою:

$$S_{1min} = L_0 - \left[\left(\frac{D_{max}}{2} + \delta p \right) + \left(\frac{d_{max}}{2} + \delta 1 \right) \right] \quad (2.11)$$

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

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

де: L_0 – відстань між центрами відповідних елементів;

Мінімальна відстань між двома контактними площадками:

$$S_{2min} = L_0 - (D_{max} + 2\delta p) \quad (2.12)$$

					25KBP172.403.011.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

Мінімальна відстань між двома провідниками:

$$S_{3min} = L_0 - (D_{max} + 2\delta_1) \quad (2.13)$$

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

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

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

2.1.6 Розрахунок надійності проектного пристрою

Вихідні дані для розрахунку надійності показані у таблиці 2.17

Розрахунок надійності проектного виробу проводимо за допомогою спеціальної програми NAD_Release [18].

Таблиця 2.17- 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	Індикатор	1	1	40	40
3	Діоди	6	0,35	0,7	1,47
4	Світлодіоди	2	1	4	8
5	Індикатор	1	1	4	40
6	Конденсатори керамічні	4	0,1	1,4	0,56
7	Конденсатори електролітичні	2	0,4	2,4	1,92
8	Резистори постійні 0.125 - 0.5 Вт	9	0,42	0,8	3,024
9	Трансформатори	2	0,1	2,1	0,42
10	Резистори змінні	3	0,1	3,2	0,96
11	Резонатори кварцові	1	1	0,2	0,2
12	Запобіжник	1	1	0,5	0,5
13	Друкована плата	1	1	0,1	0,1
14	Пайки	142	1	0,02	2,84
15	Гнізда	1	1	0,05	0,05

					25KBP172.403.011.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнти впливу:

Коефіцієнт механічних впливів: 1;

Коефіцієнт впливу вологості і температури: 1;

Коефіцієнт атомосферних впливів: 1;

Результати розрахунку:

Інтенсивність відмов: 7.1104×10^{-5} 1/год

Середня наробка до відмови: 14063.9 год.

Розрахунок ймовірності безвідмовної роботи $P(t)$:

$t = 10$ год. $P(t) = 0.999289$

$t = 100$ год. $P(t) = 0.992915$

$t = 1000$ год. $P(t) = 0.931365$

$t = 10000$ год. $P(t) = 0.491133$

$t = 100000$ год. $P(t) = 0.000817$

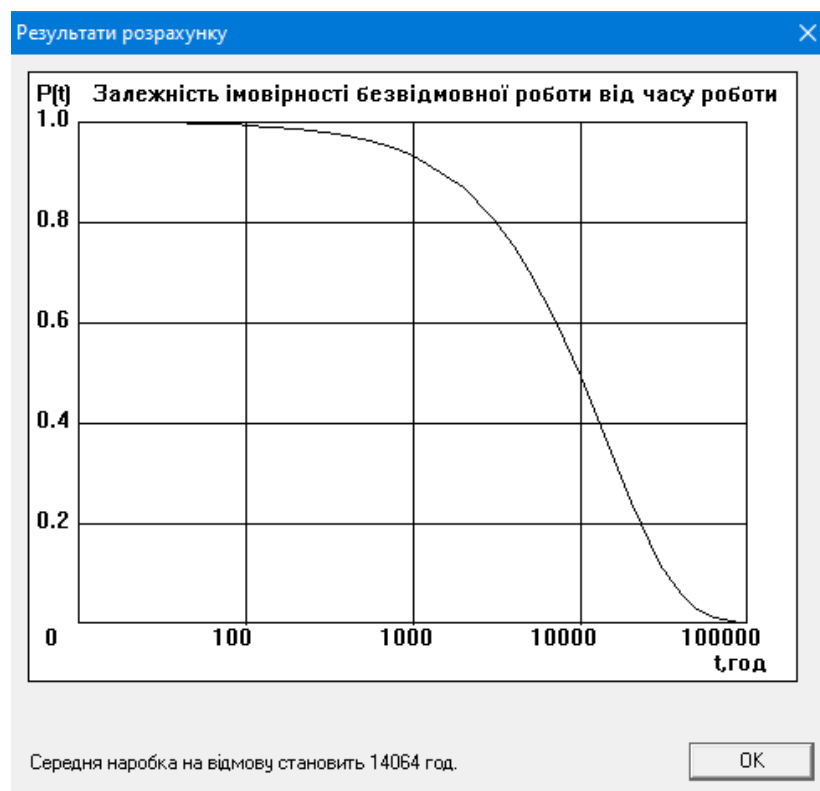


Рисунок 2.18 - Графік залежності ймовірності безвідмовної роботи від часу

Напрацювання на відмову становить 14064 год.

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

Розрахуємо споживану потужність пристрою [34]:

Для розрахунку споживаної потужності, яка носить активний характер використовується формула:

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi, \quad (2.14)$$

де U – напруга живлення пристрою, становить $\sim 220\text{В}$ змінної напруги;

I – струм споживання пристрою, становить $0,5\text{А}$;

$$P = 220\text{В} \cdot 0,5\text{А} \cdot 1 = 110\text{Вт}$$

2.2 Технологічна частина

2.2.1 Загальні відомості про складання і монтаж проектованого виробу

Складання та монтаж багатофункціонального ватметра передбачають комплекс взаємопов'язаних етапів, що забезпечують перетворення електронної схеми у працездатний технічний пристрій. Ці процеси охоплюють виготовлення та монтаж друкованої плати, встановлення електронних компонентів, з'єднання інтерфейсів, складання корпусу та кінцеву перевірку функціональності.

Монтаж друкованої плати.

Монтаж починається з підготовки друкованої плати, на якій формуються доріжки для електричних сигналів. З огляду на компактність пристрою та вимоги до електромагнітної сумісності, використовується одностороння або двостороння плата з маскувальним лаком. Розміщення елементів на платі виконується відповідно до принципової та монтажною схем, з дотриманням таких правил:

Мікроконтролер AtMega16 розміщується в центрі плати — це зменшує довжину сигнальних ліній та знижує вплив перешкод [25].

Пасивні компоненти (резистори, конденсатори, потенціометри) розташовуються навколо мікросхем відповідно до логіки схеми.

					25KBP172.403.011.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Аналогові вузли, зокрема операційні підсилювачі та елементи АЦП, встановлюються на мінімальній відстані від відповідних сенсорів (струмових і напружових трансформаторів).

Блоки живлення (з понижувальним трансформатором і стабілізатором) розміщуються по краях плати для зменшення теплового навантаження на основні вузли.

Електромонтажні роботи.

Після монтажу елементів на друкованій платі здійснюється пайка контактів. Для цього застосовується безсвинцевий припій та флюси, що відповідають екологічним вимогам (наприклад, RoHS). Особлива увага приділяється надійності з'єднань у зонах, де протікають великі струми або діють імпульсні навантаження.

Інтерфейсні компоненти — РК-дисплей, кнопки, DIP-перемикачі — підключаються до плати через роз'єми або шлейфи, що полегшує обслуговування і дає змогу замінювати елементи без демонтажу всієї плати.

Складання корпусу та інтеграція.

Змонтована плата встановлюється у пластмасовий корпус, який має підвищені діелектричні властивості та стійкий до механічного впливу. Кріплення здійснюється за допомогою гвинтів або пластикових фіксаторів. Отвори корпусу передбачають вихід елементів індикації (екрана), елементів керування (кнопок, перемикачів) та роз'ємів живлення й навантаження.

На завершальному етапі корпус герметизується або комплектується ущільненнями для захисту від пилу та вологи. За потреби в пристрої використовуються вентиляційні отвори або встановлюється теплозахист (термопрокладки, теплопровідна паста) під високонагрівальні компоненти.

Контроль і перевірка [25].

Завершальним етапом є перевірка працездатності виробу. Вона включає:

- тестування ланцюгів живлення;
- перевірку функціонування дисплея, кнопок та перемикачів;

					25KBP172.403.011.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- подачу контрольного сигналу для перевірки АЦП;
- запуск мікроконтролера з прошитою програмою.

Після успішного проходження випробувань пристрій вважається готовим до експлуатації.

Процес складання багатофункціонального ватметра базується на поетапному виконанні механічного та електричного монтажу з дотриманням вимог ергономіки, безпеки та надійності. Використання якісних матеріалів, точна пайка, а також відповідність нормам електромонтажу гарантують стабільну роботу пристрою в реальних умовах експлуатації [24].

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

Оцінювання технологічності конструкції радіоелектронного виробу передбачає всебічний аналіз сукупності чинників, що визначають зручність виготовлення, експлуатації та обслуговування пристрою. Серед основних критеріїв — доцільність вибору матеріалів і компонентної бази, конструктивні особливості, відповідність виробничим технологіям, ергономіка, ремонтпридатність, надійність у роботі, економічність виготовлення, а також можливість здійснення контролю якості й проведення випробувань [19].

Ключовим аспектом є правильний вибір матеріалів та електронних елементів з урахуванням їх доступності на ринку, вартості й надійності в експлуатації. Перевагу надають типізованим та уніфікованим компонентам, що дозволяє спростити логістику, зменшити витрати й полегшити серійне виробництво. Загальна технологічність конструкції покращується за рахунок її спрощення: мінімальна кількість елементів та міжз'єднань сприяє прискоренню збирання. Використання модульної архітектури дозволяє легко обслуговувати чи замінювати окремі вузли без потреби демонтажу всієї системи.

Не менш важливою умовою є пристосованість конструкції до автоматизованого виробництва, зокрема застосування технології поверхневого монтажу

					25KBP172.403.011.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(SMT), яка забезпечує високу точність розміщення елементів та значне скорочення часу складання.

У процесі оцінки також враховується складність технологічних процесів. Перевага надається використанню уніфікованих, стандартизованих методів, які не потребують складного обладнання. Наприклад, друковані плати мають бути адаптовані до масового виробництва за допомогою пайки хвилею припою або ІЧ-рефлювого методу.

Конструкція пристрою повинна забезпечувати легкий доступ до основних функціональних блоків для обслуговування та ремонту. Електронні компоненти розміщуються логічно й компактно, а елементи інтерфейсу — максимально доступно та інтуїтивно зрозуміло для користувача. Водночас важливо забезпечити стійкість пристрою до впливу зовнішніх чинників — температури, вологості, механічних ударів та електромагнітних завад.

Оцінка технологічності також охоплює економічні аспекти: раціональне використання матеріалів, зниження виробничих витрат, простота збірки та можливість масштабування до серійного виробництва. Конструкція повинна передбачати можливість реалізації стандартних процедур тестування — як на рівні окремих вузлів, так і для всього пристрою в цілому.

Отже, всебічна оцінка технологічності конструкції радіопристрою спрямована на досягнення ефективного, надійного та економічно доцільного процесу виробництва із забезпеченням стабільної роботи пристрою протягом усього терміну експлуатації [25].

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

Технологічність конструкції радіоелектронного пристрою визначається комплексом характеристик, що впливають на зручність виготовлення, експлуатації та обслуговування виробу. До основних критеріїв належать обґрунтований вибір матеріалів і компонентної бази, конструктивна простота, відповідність

					25KBP172.403.011.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виробничим технологіям, ергономічність, ремонтпридатність, економічність, а також забезпечення контролю якості та можливість проведення технічних випробувань [27].

Одним із ключових чинників є використання серійних та стандартизованих елементів, що спрощує закупівлю, здешевлює виробництво та підвищує ремонтпридатність пристрою. Простота конструкції — зменшення кількості елементів та міжз'єднань — сприяє зниженню технологічних ризиків і прискоренню складання. Використання модульного принципу дозволяє швидко замінювати або ремонтувати окремі вузли без необхідності втручання в усю систему.

Конструкція має бути адаптована до сучасних методів автоматизованого монтажу, зокрема до технології поверхневого монтажу (SMT), яка забезпечує точне розміщення елементів і високу швидкість складання. Не менш важливою є адаптація пристрою до масового виробництва, що передбачає застосування стандартних методів, як-от пайка хвилею припою або інфрачервона (рефлова) пайка.

Суттєвим елементом оцінки технологічності є вибір оптимального методу виготовлення друкованої плати. У проектованому виробі застосовується комбінований метод, який інтегрує класичні та інноваційні технології. Виготовлення починається з етапу проектування плати у CAD-системах, після чого створюються трафарети для формування шарів. Основою слугує склотекстоліт FR-4, який має добрі діелектричні та механічні характеристики. Провідники формуються з мідної фольги, а фоторезист використовується для створення малюнка шляхом ультрафіолетової експозиції й подальшого травлення.

Після формування провідних шарів відбувається монтаж компонентів за технологією SMT. Елементи закріплюються паяльною пастою та фіксуються в процесі оплавлення або хвильової пайки. Для реалізації складних функціональних елементів, таких як вбудовані антени чи MEMS-структури, може застосовуватися 3D-друк. Крім того, сучасні методи дозволяють безпосередньо на пла-

					25KBP172.403.011.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ті формувати пасивні й активні елементи з використанням тонкоплівкових технологій.

Завершальний етап виготовлення включає багаторівневий контроль якості — візуальний огляд, електричне тестування, а також рентгенографічний аналіз для виявлення прихованих дефектів. Додатковий захист забезпечується нанесенням конформного покриття, яке підвищує стійкість до вологи, пилу та агресивного середовища.

Таким чином, поєднання оптимального конструктивного підходу, уніфікованих матеріалів і комбінованого методу виготовлення друкованих плат забезпечує високу технологічність проєктованого виробу, його надійність в експлуатації та відповідність вимогам сучасного електронного виробництва [24].

2.2.4 Кількісна оцінка технологічності друкованого вузла

При кількісній оцінці технологічності розраховується комплексний показник технологічності K , який враховує усереднене значення часткових показників з урахуванням коефіцієнтів, які характеризують їх значимість при розрахунку [39].

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

$$K_{\text{вик.імс}} = \frac{H_{\text{імс}}}{H_{\text{імс}} + H_{\text{ЕРЕ}}} = \frac{2}{2 + 34} = 0,1 \quad (2.15)$$

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

$$K_{\text{А.М}} = \frac{H_{\text{А.М}}}{H_{\text{М}}} = \frac{63}{95} = 0,66 \quad (2.16)$$

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.

					25KBP172.403.011.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$K_{М.П.ЕРЕ} = \frac{H_{М.П.ЕРЕ}}{H_{ЕРЕ}} = \frac{26}{34} = 0,76 \quad (2.17)$$

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

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

$$K_{ПОВТ.ЕРЕ} = 1 - \frac{H_{Т.ЕРЕ}}{H_{ЕРЕ}} = 1 - \frac{28}{34} = 0,2 \quad (2.18)$$

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

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

$$K_{ЗАСТ.ЕРЕ} = 1 - \frac{H_{Т.ОР.ЕРЕ}}{H_{Т.ЕРЕ}} = 1 - \frac{1}{34} = 0,97 \quad (2.19)$$

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

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

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

$$K_{ВСТ.Р} = 1 - \frac{H_{ВСТ.Р}}{H_{ЕРЕ}} = 1 - \frac{8}{34} = 0,76 \quad (2.20)$$

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

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

$$K_{\Phi} = \frac{D_{np}}{D} = \frac{1}{1} = 1 \quad (2.21)$$

					25KBP172.403.011.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Комплексний показник технологічності K визначається за формулою

$$K = \frac{K_1\phi_1 + K_2\phi_2 + \dots + K_i\phi_i}{\phi_1 + \phi_2 + \dots + \phi_i} = \frac{0,1*1 + 0,66*1 + 0,76*0,75 + 0,2*0,5 + 0,97*0,310 + 0,76*0,187 + 1*0,110}{1 + 1 + 0,75 + 0,5 + 0,310 + 0,187 + 0,110} = 0,51 \quad (2.22)$$

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:

$$\frac{K}{K_n} \geq 1 \quad (2.23)$$

Перевіряємо умову: $\frac{0,51}{0,5} = 1,02 \geq 1.$

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

Таблиця 2.18 -Вихідні дані для розрахунку комплексного показника технологічності

Порядковий номер в ранговій послідовності	Показники технологічності	Позначення	ϕ_i
1.	Коефіцієнт виконання мікросхеми	Квик.імс	1
2.	Коефіцієнт автоматизації і механізації монтажу	Ка.м.	1
3.	Коефіцієнт механізації підготовки ЕРЕ	Км.п.ере	0,750
4.	Коефіцієнт застосування ЕРЕ	Кповт.ере	0,500
5.	Коефіцієнт застосування ЕРЕ	Кзаст.ере	0,310
6.	Коефіцієнт встановочних розмірів ЕРЕ	Квст.р	0,187
7.	Коефіцієнт прогресивності формування	Кф	0,110

					25KBP172.403.011.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оцінка рівня технологічності виробу визначається в порівнянні розрахованого комплексного показника К з комплексним нормативним показником K_n (таблиця 2.19).

Таблиця 2.19 Комплексні показники рівня технологічності виробу

Найменування класу блоків	Стадії розробки робочої документації		
	Дослідний взірець	Установочна серія	Серійне виробництво
Електроні	0,40-0,70	0,45-0,75	0,50-0,80
Радіотехнічні	0,40-0,60	0,75-0,8	0,80-0,85
Електромеханічні	0,30-0,50	0,40-0,55	0,45-0,60

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 дисплей на верхню кришку;
- кріплення накладок на кнопки SB1-SB5;
- кріплення тримача для запобіжника та запобіжника, перемикача та шнура живлення;
- кріплення розетки навантаження;
- кріплення трансформаторів TV1-TV2 на нижню кришку за допомогою гвинтів та шайби
- фіксація кришок за допомогою чотирьох гвинтів, та кріплення заглушок.

					25KBP172.403.011.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

- розконсервація друкованої плати;
- маркування заводського номера;
- захист контактних площадок, які не підлягають автоматизованій пайці, латексом;
- сушка;
- формування виводів ЕРЕ;
- лудження виводів ЕРЕ;
- встановлення ЕРЕ;
- автоматизована пайка хвилею припою;
- рихтування;
- регулювання;
- лакування;
- технічний контроль [26].

					25KBP172.403.011.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1. Розрахунок обсягу інвестицій, необхідних для реалізації проектних рішень

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

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

Вартість будівель розраховується за формулою:

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

$$V_{\text{буд}} = 1000 \times 120 = 120000 \text{ (грн.)}$$

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

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

$S_{\text{буд}}$ – площа будівлі, м² (приймається 120м²).

Будівлі орендуються разом із обладнанням, тобто :

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

$$V_{\text{буд}\Sigma} = 120000 + 60000 = 180000 \text{ (грн.)}$$

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

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

При цьому вартість обладнання складає:

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

$$V_{\text{обл}} = 120000 \cdot 0,5 = 60000 \text{ (грн.)}$$

де K_o – коефіцієнт, що враховує вартість обладнання ($K_o = 0,4 \div 0,6$).

2) Вартість інструментів та приладів ($V_{\text{інстр}}$) складає 2% від вартості обладнання. При цьому витрати на їх доставку приймають в розмірі 10% від

					25KBP172.403.011.000.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

їх вартості. Таким чином, вартість інструментів та приладів розраховується за формулою:

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

$$V_{\text{інстр}} = 60000 \times 0,02 \times 1,1 = 1320 \text{ (грн.)}$$

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:

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

$$V_{\text{інв}} = 60000 \times 0,03 \times 1,1 = 1980 \text{ (грн.)}$$

4) Загальний обсяг виробничих інвестицій розраховується за формулою:

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

$$\text{ПІ} = 180000 + 1320 + 1980 = 183300 \text{ (грн.)}$$

5) Величина амортизаційних відрахувань розраховується за формулою:

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

$$A = \frac{3300 \times 25}{100} = 825 \text{ (грн.)}$$

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

					25KBP172.403.011.000.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 Розрахунок річних амортизаційних відрахувань

№з/ п	Найменування основних фондів	Балансова вартість основних фондів, тис. грн.	Річна сума амортизаційних відрахувань, тис. грн.
	Інструменти та прилади	1320	330
	Виробничий та господарський інвентар	1980	495
	Всього:	3300	825

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

					25KBP172.403.011.000.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рекомендації щодо розрахунку статей калькуляції собівартості продукції.

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

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

$$B_M = 751,5 \times 1,04 = 781,56 \text{ (грн.)}$$

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

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

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

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

Таблиця 3.2- Розрахунки

№ з/п	Назва матеріалу (покупного виробу)	Кількість	Ціна за одиницю	Загальна вартість
1	Плата друкована	1	50	50
2	Кришка нижня	1	45	45
3	Кришка верхня	1	45	45
4	Індикатор	1	150	150
5	Світлодіод	2	10	20
6	Конденсатори керамічні	4	1	4
7	Резистори постійні	9	0,5	4,5
8	Перемикач	6	5	30
9	Мікросхеми	2	100	200
10	Конденсатори електролітичні	2	10	20
11	Діоди	6	3	18
12	Трансформатор	2	50	100
13	Розетка	1	50	50
14	Кварц	1	15	15
				751,5

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

3) Витрати на основну заробітну плату виробничих працівників ($B_{o.z.pl.}$): для розрахунку заробітної плати працівників визначають відрядну розцінку за кожну операцію (одиницю роботи чи продукції), виконану працівником, за формулою:

$$P_{від} = \frac{\sum_{i=1}^m T_{шт.и}}{60} \times C_r, \quad (3.9)$$

$$P_{від} = \frac{35}{60} \times 170 = 99,17 (\text{грн})$$

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

C_r – 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	$T_{шт.}$, хв.	Розряд	Годинна тарифна ставка, (C_r), грн/год
1	Пайка	12	V	170
2	Регулювання	11	V	170
3	Складання	12	V	170
	Всього	35		

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

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

$$B_{дод.з.пл.} = 99,17 \times 0,11 = 10,91 (\text{грн})$$

					25KBP172.403.011.000.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

$$C_{в.с.з.} = \frac{22}{100} \times (99,17 + 10,91) = 24,22 \text{ (грн)}$$

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

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

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

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

$$B_{уео} = \frac{84}{100} \times (99,17 + 10,91) = 92,47 \text{ (грн.)}$$

де $\alpha_{уео}$ - відсоток витрат на утримання та експлуатацію обладнання (приймається 84%);

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:

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

$$B_{зв} = \frac{148}{100} \times (99,17 + 10,91) = 162,92 \text{ (грн.)}$$

де $\alpha_{зв}$ - відсоток загальновиробничих витрат (приймають 148%).

					25KBP172.403.011.000.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

$$S_{\text{вир}} = 781,56 + (99,17 + 10,91 + 24,22) + 92,47 + 162,92 = 1171,25 \text{ (грн.)}$$

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	781,56
2	Основна заробітна плата виробничих робітників	99,17
3	Додаткова заробітна плата виробничих робітників	10,91
4	Відрахування на соціальні заходи	24,22
5	Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	92,47
6	Загальновиробничі витрати	162,92
Разом виробнича собівартість (сума 1-6), в тому числі:		1171,25
7	-змінні (сума 1-4) $B_{\text{зм.од}}$	915,86
8	-умовно-постійні (сума 5-6) $B_{\text{уп.од}}$	255,39

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

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

$$Ц_{\text{одпр}} = 1171,25 \times \frac{100 + 37}{100} = 1604,96 \text{ (грн.)}$$

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

					25KBP172.403.011.000.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3 Оцінка економічної ефективності та доцільності впровадження проектних рішень

Розрахунок економічної ефективності інвестиційного проекту проводиться за наступними критеріями:

1) Річний прибуток від реалізації проекту розраховується за формулою:

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

$$П_p = (1604,96 - 1171,25) \times 1400 = 607187 \text{ (грн.)},$$

де $П_p$ - річний прибуток від реалізації проекту, грн.;

$Ц_{одпр.}$ - 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:

$$ЧП = П_p - П_p \times \frac{П_p}{100}, \quad (3.17)$$

$$ЧП = 607187 - 607187 \times \frac{18}{100} = 497893,34 \text{ (грн.)}$$

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

$П_p$ - ставка податку на прибуток, % (приймається відповідно до чинного законодавства – 18%).

3) Собівартість всього виробництва розраховується за формулою:

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

$$S_{повq} = 1171,25 \times 1400 = 1639750 \text{ (грн.)}$$

4) Рентабельність продукції визначається за формулою:

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

$$P_p = \frac{497893,34}{1639750} \times 100\% = 30,36 \%$$

де P_p - рентабельність продукції, %;

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

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

					25KBP172.403.011.000.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$ГП = ЧП_t + A_t, \quad (3.20)$$

$$ГП = 497893,34 + 825 = 498718,34 \text{ (грн.)},$$

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

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

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

$$ЧТВ = ТВ - \Pi \quad (3.21)$$

$$ЧТВ = 453380,31 - 183300 = 270080,31 \text{ (грн.)}$$

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:

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

$$ТВ = \frac{498718,34}{(1 + 0,1)^1} = 453380,31 \text{ (грн.)}$$

де $ЧП_t$ - 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, $t = 1, 2, \dots, n$ (приймається з розрахунку виконання умови $ТВ > \Pi$).

Якщо чиста теперішня вартість перевищує нуль, проект має бути схвалений як прибутковий, якщо ж вона має від'ємну величину або дорівнює

					25KBP172.403.011.000.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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:

$$ІП = \frac{ТВ}{ІІ} \quad (3.23)$$

$$ІП = \frac{453380,31}{183300} = 2,47$$

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:

$$Ток_{диск} = \frac{ІІ}{ГП_{диск}} \quad (3.24)$$

$$Ток_{диск.} = \frac{183300}{453380,31} = 0,4р$$

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

$$ГП_{диск} = \frac{ТВ}{t}, \quad (3.25)$$

$$ГП_{диск} = \frac{453380,31}{1} = 453380,31 \text{ (грн.)}$$

де t- кількість років інвестування. Підсумки вищенаведених розрахунків доцільно звести в табл. 3.5

					25КВР172.403.011.000.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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.	1171,25
3	Ціна одиниці виробу	грн./од.	1604,96
4	Початкові інвестиції для реалізації інвестиційного проекту	грн.	183300
5	Чистий прибуток	грн.	497893,34
6	Рентабельність виробу	%	30,36
8	Чиста теперішня вартість проекту	грн.	270080,31
9	Індекс прибутковості	-	2,47
10	Дисконтований термін окупності інвестицій	років	0,4

					25KBP172.403.011.000.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Стаціонарні засоби гасіння пожежі на виробництві

Кожний заклад, установа і організація повинні бути забезпечені зовнішнім і внутрішнім протипожежним водопостачанням згідно з вимогами будівельних норм. Керівники закладів, установ і організацій зобов'язані забезпечити технічне обслуговування, справний стан і постійну готовність до використання систем протипожежного водопостачання, які перебувають на їх балансі.

Пожежне водопостачання промислових підприємств може здійснюватись від: водогонної мережі, пожежних водоймищ, природних джерел води (рік, озер, ставків). Необхідний тиск води створюється стаціонарними пожежними насосами, котрі забезпечують подавання компактних струменів на висоту не менше 10 м або рухомими пожежними автонасосами і мотопомпами, що забирають воду із гідрантів. Найбільш надійною системою є водогінна система водозабезпечення, яка суміщається з господарським водогоном. Ця система забезпечує недоторканий запас води для гасіння пожежі протягом 3 годин.

Внутрішнє протипожежне водопостачання здійснюється пожежними кранами, які встановлюються біля основи пожежних стояків на висоті 1,35 м від підлоги всередині приміщень біля виходів, у коридорах, на сходових клітках. Кожний пожежний кран споряджається прогумованим рукавом та пожежним стволом. Довжина рукава – 10 або 20 м. Продуктивність кожного крана повинна бути не меншою, ніж 2,5 л/с.

Норма витрат води на внутрішнє пожежогасіння приймається:

- для виробничих приміщень – із розрахунку двох струменів продуктивністю не менше 2,5 л/с;
- для допоміжних споруд – із розрахунку одного струменя продуктивністю не менше 2,5 л/с;

					25KBP172.403.011.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– для складів або приватних будинків, розміщених з врахуванням протипожежних перепон і об'ємом більше 25000 м³ – із розрахунку двох струменів продуктивністю не менше 2,5 л/с кожна, а при об'ємі менше 25000 м³ – із розрахунку одного струменя продуктивністю не менше 2,5 л/с;

– для будинків, які влаштовані спринклерними і дренчер-ними системами – із розрахунку одного струменя продуктивністю не менше 2,5 л/с.

Зовнішнє протипожежне водопостачання (гідранти) розташовуються на території підприємств на віддалі не більше 100 м по периметру будівель вздовж доріг і не ближче 5 м від стін.

Водогін для зовнішнього пожежогасіння буває низького тиску і високого. Необхідний тиск води створюється стаціонарними пожежними насосами, котрі забезпечують подавання компактних струменів на висоту не менше 10 м або рухомими пожежними автонасосами і мотопомпами, що забирають воду з гідрантів.

Витрати води на зовнішнє пожежогасіння беруться в залежності від ступеня вогнестійкості будівель, їх об'єму, категорії пожежо- і вибухонебезпеки виробництва у межах від 10 до 40 л/с. Для подачі води на висоту до 50 м при системі водогону високого тиску використовують потужні рукави довжиною 125 м, діаметром 66 мм, із розбризкувачем діаметром 16 або 19 мм з витратою води на компактний струмінь 5 л/с.

З метою утримання у належному стані засобів протипожежного водопостачання слід організувати їх постійне технічне обслуговування особами зі складу інженерно-технічного персоналу. Пожежні крани через кожні шість місяців підлягають технічному огляду та перевірці. Наслідки перевірки працездатності необхідно оформляти актом. Пожежні крани внутрішнього протипожежного водопроводу обладнують однакового з ним діаметру рукавами і стволами, які вміщені у шафи, що пломбуються. У шафі міститься важіль, щоб полегшити відкривання крану. Пожежні рукави мають бути сухими, добре скатаними і приєднаними до кранів і стволів. Один раз на шість місяців по-

					25КВР172.403.011.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

трібно здійснювати перевірку рукавів шляхом пуску води під тиском і перекачувати їх. На дверях шафи пожежного крана мають бути зазначені: літерний індекс ПК, порядковий номер пожежного крана і номер телефону найближчої пожежної частини.

4.2 Ультрафіолетове випромінювання та особливості його дії на людину

Ультрафіолетовим випромінюванням (УФВ) називають електромагнітні випромінювання в оптичній ділянці з довжиною хвилі в діапазоні 200-380 нм.

За способом генерації воно належить до теплового випромінювання, але за своєю дією подібне до іонізуючого випромінювання. Природнім джерелом УФВ є сонце. Штучними джерелами є електричні дуги, лазери, газорозрядні джерела світла.

Генерація ультрафіолетового випромінювання починається при температурі тіла понад 1200 °С, а його інтенсивність зростає з підвищенням температури.

Енергетичною характеристикою УФВ є густина потоку потужності, яка вимірюється у Вт/м².

Усі УФВ прийнято поділяти на три ділянки (А, В, С) в залежності від довжини хвилі.

Інтенсивність випромінювання та його електричний спектральний склад залежить від температури поверхні, що є джерелом УФВ, наявності пилу та загазованості повітря.

Вплив УФВ на людину кількісно оцінюється за еритемною дією, тобто в почервонінні шкіри, яке в подальшому (як правило, через 48 годин) призводить до її пігментації (засмаги).

УФВ має незначну проникаючу здатність. Воно затримується верхніми шарами шкіри людини. Ультрафіолетове випромінювання необхідне для нормальної життєдіяльності людини. За тривалої відсутності УФВ в організмі

					25KBP172.403.011.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

людини розвивається негативне явище, яке отримало назву “світлового голодування”.

У той же час тривала дія значних доз УФВ може призвести до ураження очей та шкіри. Ураження очей гостро проявляються у вигляді фото – або електрофтальмії. Тривала дія УФВ довжиною хвилі 200-280 нм може призвести до утворення ракових клітин. УФВ впливає на центральну нервову систему, викликає головний біль, підвищення температури, нервові збудження, зміни у шкірі та крові.

Випромінювання ділянки 315-380 нм має слабку біологічну дію, переважно флуоресценцію. Випромінювання в ділянці 200-280 нм руйнує біологічні клітини, викликає коагуляцію білків. Короткохвильове випромінювання змінює освітлення робочих місць, іонізує повітря. Природне короткохвильове ультрафіолетове випромінювання (виходить від сонця) не потрапляє на Землю, а поглинається озоновим шаром. Для УФВ, в залежності від ділянки випромінювання, встановлена допустима густина потоку енергії у Вт/м².

До заходів захисту від УФВ належать конструкторські та технологічні рішення, які або усувають генерацію УФВ, або знижують його рівень. Застосовується екранування джерел УФВ. Екрани можуть бути хімічними (хімічні речовини, які містять інгредієнти, що поглинають УФВ) і фізичними (перепони, які віддзеркалюють або поглинають промені). Ефективним засобом захисту від дії УФВ є одяг, виготовлений зі спеціальних тканин, що затримують УФВ (наприклад, із попліну, бавовни). Для захисту очей використовують окуляри із захисним склом. Руки захищають рукавицями.

Більш широкого застосування в промисловості, науці і медицині знаходять оптичні квантові генератори (ОКГ) – лазери.

Лазери використовують при дефектоскопії матеріалів, в радіоелектронній промисловості, в будівництві, при обробці твердих і надтвердих матеріалів. За їх допомогою здійснюється багатоканальний зв'язок на великих відстанях, лазерна локація, дальнометрія, швидке опрацювання інформації.

					25КВР172.403.011.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Лазер – це генератор електромагнітних випромінювань оптичного діапазону, робота якого полягає у використанні вимушених випромінювань.

Принцип дії лазера базується на властивості атома (складної квантової системи) випромінювати фотони при переході із збудженого стану в основний (з меншою енергією).

Головною особливістю лазерного випромінювання є його чітка спрямованість, що дозволяє на великій відстані від джерела отримати точку світла майже незмінних розмірів з великою концентрацією енергії.

За характером генерації електромагнітних хвиль лазери поділяються на імпульсні (тривалість випромінювання до 0Д5с) і лазери безперервної дії (тривалість випромінювання від 0,25 с і більше).

Лазер генерує електромагнітне випромінювання з довжиною хвилі від 0,2 до 1000 мкм. Цей діапазон за довжиною хвилі та біологічною дією поділяється на три ділянки:

- ультрафіолетову (від 0,2 до 0,38 мкм);
- видиму (від 0,38 до 0,78 мкм);
- ближню інфрачервону (від 1,4 до 1000 мкм).

У зв'язку з малою довжиною хвилі лазерне випромінювання може бути сфокусоване оптичними системами невеликих геометричних розмірів (розміри обмежені дифракцією), завдяки чому на малій площі досягається велика густина енергії випромінювання.

Дія лазерного випромінювання на організм людини має складний характер і обумовлена як безпосередньою дією лазерного випромінювання на тканину, так і вторинними явищами, обумовленими змінами в організмі внаслідок опромінення. Розрізняють термічну і біологічну дію лазерного випромінювання на тканини, що може призвести до теплової, ударної дії світлового тиску, електрострикції (механічні коливання під дією електричної складової електромагнітного поля), перебудови внутрішньоклітинних структур та інше.

					25КВР172.403.011.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Уражаюча дія лазерного променя залежить від потужності, довжини хвилі випромінювання, тривалості імпульсу, частоти повторення імпульсів, часу взаємодії, біологічних та фізико-хімічних особливостей опромінюваних тканин та органів.

Термічна дія випромінювання лазерів безперервної дії має багато спільного із звичайним нагріванням. При помірній інтенсивності випромінювання на шкірі можуть з'явитися видимі зміни (порушення пігментації, почервоніння) з досить чіткими межами ураженої ділянки, а при інтенсивності випромінювання понад 100 Втс*1 виникає кратероподібний отвір внаслідок руйнування та випарювання клітинних структур.

Загалом, шкіряний покрив, який сприймає більшу частину енергії лазерного випромінювання, значною мірою захищає організм людини від серйозних внутрішніх ушкоджень. Але є відомості, що опромінення окремих ділянок шкіри викликає порушення у різних системах організму, особливо нервовій та серцево-судинній.

При великій інтенсивності і дуже малій тривалості імпульсів спостерігається біологічна дія лазерного випромінювання, обумовлена процесами, які виникають внаслідок вибіркового поглинання тканинами електромагнітної енергії, а також електричними і фотоелектричними ефектами. Тому, при відносно слабких ушкодженнях шкіри може виникати ураження внутрішніх тканин – набряки, крововиливи, змертвіння тканин, згортання крові. Результатом лазерного опромінення, навіть дуже малих доз, можуть бути такі явища, як нестійкість артеріального тиску, порушення серцевого ритму, втома, роздратування, головний біль, підвищена збудженість, порушення сну. Звичайно, такі порушення зворотні і зникають після відпочинку.

Особливо чутливі до дії лазерного випромінювання очі людини. Ураження очей виникає від влучення як прямого, так і відбитого променя лазера, навіть якщо поверхня відбиття не є дзеркальною. Характер ураження залежить від довжини хвилі. Найсерйознішу небезпеку становить випромінювання УФ

					25КВР172.403.011.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

діапазону, яке може призвести до зміни структури білка (коагуляція) рогівки та опіку слизової оболонки, що викликає повну сліпоту. Випромінювання видимого діапазону впливає на клітини сітківки, внаслідок чого настає тимчасова сліпота або втрата зору від опіку з наступною появою рубцевих ран. Випромінювання 14 діапазону, яке поглинається райдужною оболонкою, кришталіком та скловидним тілом, більш-менш безпечно, але також може спричинити сліпоту.

Внаслідок лазерного опромінення у біологічних тканинах організму можуть виникати вільні радикали, які активно взаємодіють з органічними молекулами та порушують нормальний хід процесів обміну на клітинному рівні. Наслідком цього є загальне погіршення стану здоров'я.

Під лазерною безпекою розуміється сукупність організаційних, технічних і санітарно-гігієнічних заходів, які забезпечують безпеку умов праці персоналу при використанні лазерів.

Прийняття тих або інших заходів лазерної безпеки залежить, перш за все, від класу лазера.

Усі лазери повинні бути марковані знаком лазерної небезпеки.

Установка лазерів дозволяється тільки у спеціально обладнаних приміщеннях. На дверях приміщення, де знаходяться лазери 2,3,4 класів, повинні бути нанесені знаки лазерної небезпеки.

Лазери 4 класу повинні бути розташовані в окремих приміщеннях. Велике значення має стан приміщення всередині. Всі предмети, за винятком спеціального устаткування, не повинні мати дзеркальної поверхні.

Розташовувати устаткування потрібно так, щоб воно стояло вільно. Для лазерів 2,3,4 класів з лицевої сторони пультів і панелей управління необхідно залишати вільний простір шириною 1,5 м – при однорядовому розташуванні лазерів, і шириною не менше 2м- при дворядовому. Із задніх та бокових сторін лазерів потрібно залишати відстань не менше 1 м.

					25KBP172.403.011.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Керування лазерами 4 класу повинно бути дистанційним, а двері приміщення, де вони знаходяться, повинні мати блокування.

При використанні лазерів 2 та 3 класів необхідно запобігати попаданню випромінювання на робочі місця. Повинні бути передбачені огороження лазерно шкідливої зони, або екранування пучка випромінювання. Для екранів та огорож потрібно вибирати вогнестійкі матеріали, які мають найменший коефіцієнт відбиття на довжину хвилі генерації лазера. Ці матеріали не повинні виділяти токсичні речовини при дії на них лазерного випромінювання.

При експлуатації лазерів 2,3,4 класів треба здійснювати періодичний дозиметричний контроль (не менше одного разу на рік), а також додатково в таких випадках: при надходженні в експлуатацію нових лазерів 2-4 класів, при зміні конструкції засобів захисту, при організації нових робочих місць.

					25KBP172.403.011.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У межах реалізації даного проєкту була розроблена конструкція «Багатофункціональний ватметр з гальванічною розв'язкою». Було підібрано елементну базу, орієнтуючись на сучасні й широко доступні радіокомпоненти. Для проєктування друкованого модуля використовувалась система автоматизованого проєктування Altium Designer, яка дозволила здійснити розміщення елементів та трасування друкованих провідників на платі приладу.

У результаті отримано двосторонню друковану плату розміром 105×105 мм з координатною сіткою 2,5 мм, що характеризується компактністю та мінімальними паразитними зв'язками. Найоптимальнішим методом виготовлення плати виявився комбінований підхід. Компоненти на платі розміщені щільно й раціонально.

Конструкція друкованого модуля та корпусу приладу є простою у виконанні. Корпус має розміри 133×133×75 мм, що забезпечує зручне розміщення пристрою в будь-якому потрібному місці. Також був проведений розрахунок параметрів друкованого монтажу, зокрема визначено ширину провідників, відстані між ними та контактними площадками, а також діаметри монтажних отворів.

					25KBP172.403.011.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Багатофункціональний ватметр з гальванічною розв'язкою [електронний ресурс] – Режим доступу: https://radiolubitel.moy.su/blog/ehlektronno_relejnyj (дата звернення 1.02.2025).
2. Конденсатор типу b41828 [електронний ресурс] Режим доступу: <https://www.chipdip./product0/39309> (дата звернення 1.02.2025).
3. Резистор MFP Yageo [електронний ресурс] Режим доступу: <https://electronoff.ua/good/kondensator-keramicheskij-mnogoslojnyj-1pf-50v-npo-0-25pf-10sht.php> (дата звернення 1.02.2025).
4. Конденсатор b37979 [електронний ресурс] Режим доступу: <https://www.tme.eu/u/details/mfp-25brd52-47k/rezistory-metallizirovannye-tht-0-4vt/yageo/> (дата звернення 1.02.2025).
5. Мікросхема LM358P "Texas Instruments" [електронний ресурс] Режим доступу: <https://www.platan./cgi-bin/qwery.pl/id=51760> (дата звернення 1.02.2025).
6. Кнопка KLS7-TS6601-13.0-180 "KLS" " [електронний ресурс] Режим доступу: <https://electronoff.ua/good/rezistor-podstroechnyj-3329h-10-kom.php> (дата звернення 1.02.2025).
7. Діод 1N4148 "Diodec" [електронний ресурс] Режим доступу: <https://www.joyta./10323-diod-1n4148-xarakteristiki-analog-datasheet/> (дата звернення 1.02.2025).
8. Діод SR110 "Semiconductor" [електронний ресурс] Режим доступу: <https://sibelcom.tech/katalog-ehlektronnyh-komponentov/diodnie-mosti-kupit-optom/2kbp01-2> (дата звернення 1.02.2025).
9. Кварцовий резонатор HC-49U [електронний ресурс] Режим доступу: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/tl431aclp_26293.html (дата звернення 1.02.2025).

					<i>25KBP172.403.011.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Світлодіод L-1503GT [електронний ресурс] Режим доступу: <https://ledjournal.info/spravochnik/ne555-datasheet.html> (дата звернення 1.02.2025).
11. Мікросхема ATmega16 "Microchip" [електронний ресурс] Режим доступу: <https://www.chipdip.by/product/h520-0.5a> (дата звернення 1.02.2025).
12. Перемикач A14B1K11 "EMAS" [електронний ресурс] Режим доступу: <https://www.chipdip./product/asw-09-102-red> (дата звернення 1.02.2025).
13. Трансформатор B78386-P1116-A [електронний ресурс] Режим доступу: <https://eandc./catalog/detail.php?ID=503> (дата звернення 1.02.2025).
14. Запобіжник ZH214 [електронний ресурс] Режим доступу: <https://eandc./catalog/detail.php?ID=10592> (дата звернення 1.02.2025).
15. Резистор 3329H [електронний ресурс] Режим доступу: <https://eandc.ru/catalog/detail.php?ID=108464> (дата звернення 1.02.2023).
16. – Транзистор 2SC3205 "KEC" [електронний ресурс] Режим доступу: <https://eandc./catalog/detail.php?ID=503> (дата звернення 1.02.2025).
17. Транзистор IRF3205 "Kersemi" [електронний ресурс] Режим доступу: <https://eandc./catalog/detail.php?ID=10592> (дата звернення 1.02.2025).
18. Програма для розрахунку надійності РЕА [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <http://eguru.tk.te.ua/mod/resource/view.php?id=60057> (дата звернення 1.02.2025).
19. Васишин О.З. Методичні вказівки до виконання практичної роботи "Конструктивний розрахунок друкованого монтажу" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2021
20. Методичні вказівки по виконанню комплексного курсового проекту для студентів спеціальності: 172 «Телекомунікації та радіотехніка» - ТК ТНТУ, 2021р.
21. Васишин О.З., Штогрин П.І. Методичні вказівки "Розробка 3D-моделей типових корпусів РЕА" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2021

					25KBP172.403.011.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

22. Васишин О.З. Методичні вказівки до виконання комплексного курсового проекту для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2021

23. Васишин О.З. Методичні вказівки до виконання графічної частини комплексного курсового проекту для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2021

24. Васишин О.З. Конспект лекцій з дисципліни "Основи конструювання та технології виробництва РЕА" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2021

25. Васишин О.З. Конспект лекцій з дисципліни "Технологія виробництва РЕА" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2021

26. Васишин О.З. Методичні вказівки для розробки маршрутно-операційної технології складання та монтажу вузлів РЕА для спеціальності 5.05090101 "Конструювання, виробництво та технічне обслуговування радіотехнічних пристроїв". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2021

27. Васишин О.З. Конспект лекцій "Поверхневий монтаж" для спеціальності 172 "Конструювання, виробництво та технічне обслуговування радіотехнічних пристроїв". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2021

28. Штогрин П.І. Навчальний посібник "Altium Designer 10 для початківців" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2021

29. Штогрин П.І. Методичні вказівки "Розробка 3D-моделей радіоелементів" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2021

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

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

					25KBP172.403.011.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

33. 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.

34. Смелянов 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.

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

36. Сайт спільноти розробників проектів на ARDUINO .URL: https://projecthub.arduino.cc/?_gl=1*4147w4*_ga*OTkyMzkzOTAwLjE3MTYwNTM3MjY.*_ga_NEXN8H46L5*MTcxNjkyMjQ4OS4yLjEuMTcxNjkyMjUzOS4wLjAuMTUxNjM0NjA3MQ..*_fplc*OUZZTmxzbGU4MkNZbiUyRkNCTHJmazAwbjdrNWNDZTc5QUV6OFRIb3A2ck5RNzhvOVY3JTJGYXhRcDNIWHAzWWxZWlJTVXkySndINXl4bUpNZCUyQkNiN29jajJqckF2c0tRMGlhdVU3SVhYRRTY4ZDdRb016bCUyRjBhZ1QwY0Z1M3hubEEIM0QlM0Q(дата звернення 28.05.2024).

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

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

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

					25KBP172.403.011.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

					25KBP172.403.011.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

Додаток Б 3D модель пристрою

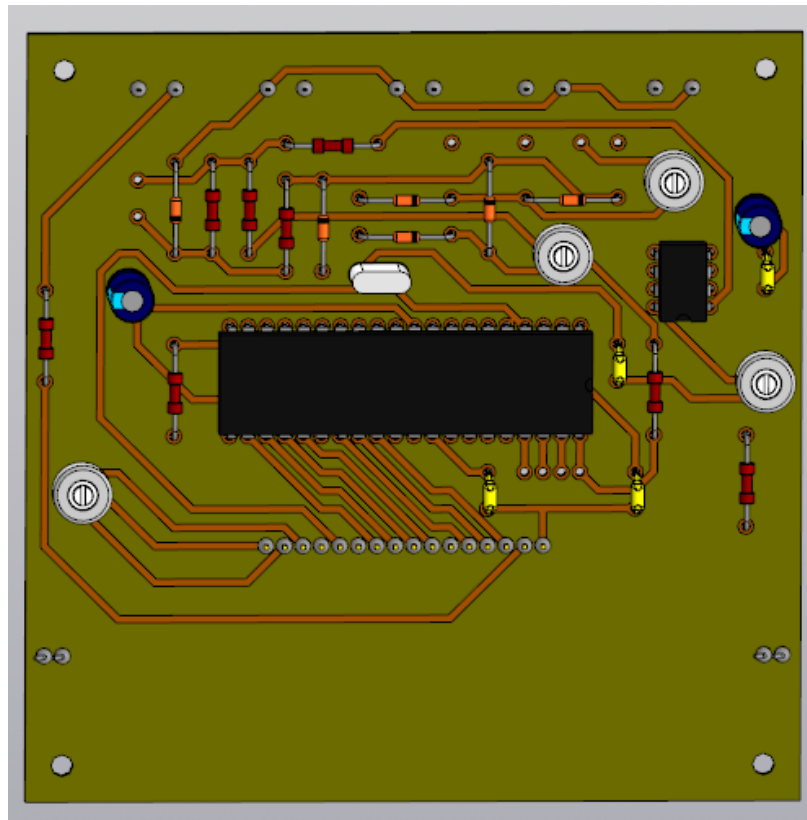


Рисунок Б.1 – 3D модель пристрою, вузол друкуваний

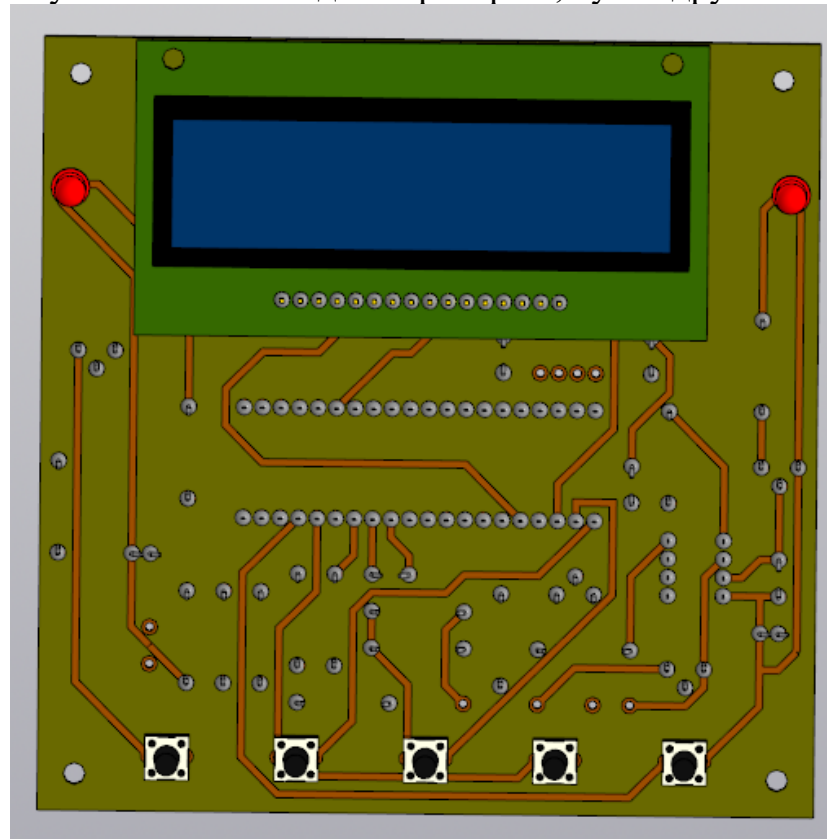


Рисунок Б.2 – 3D модель пристрою, вузол друкуваний знизу

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

25KBP172.403.011.000.000 ПЗ

Арк.

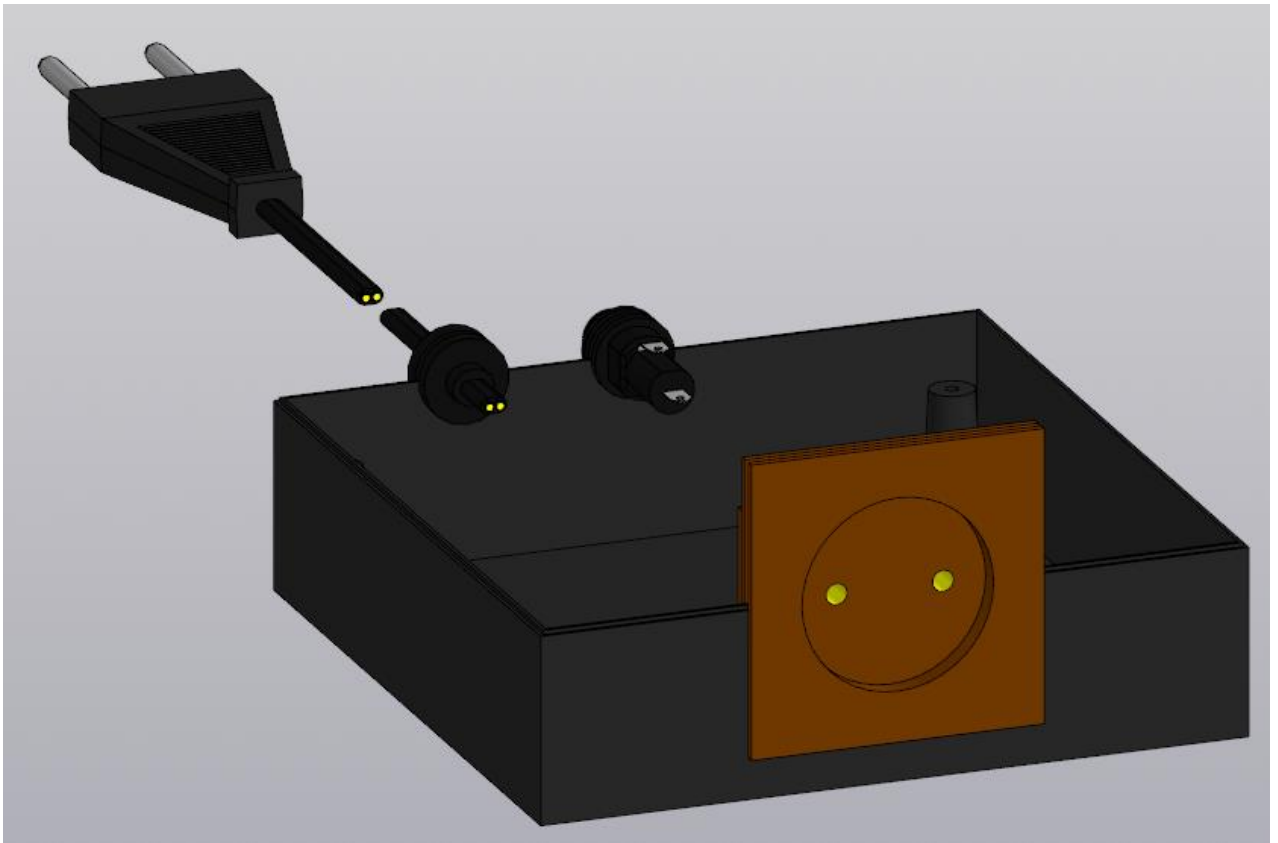


Рисунок Б.3– 3D модель пристрою, нижня кришка

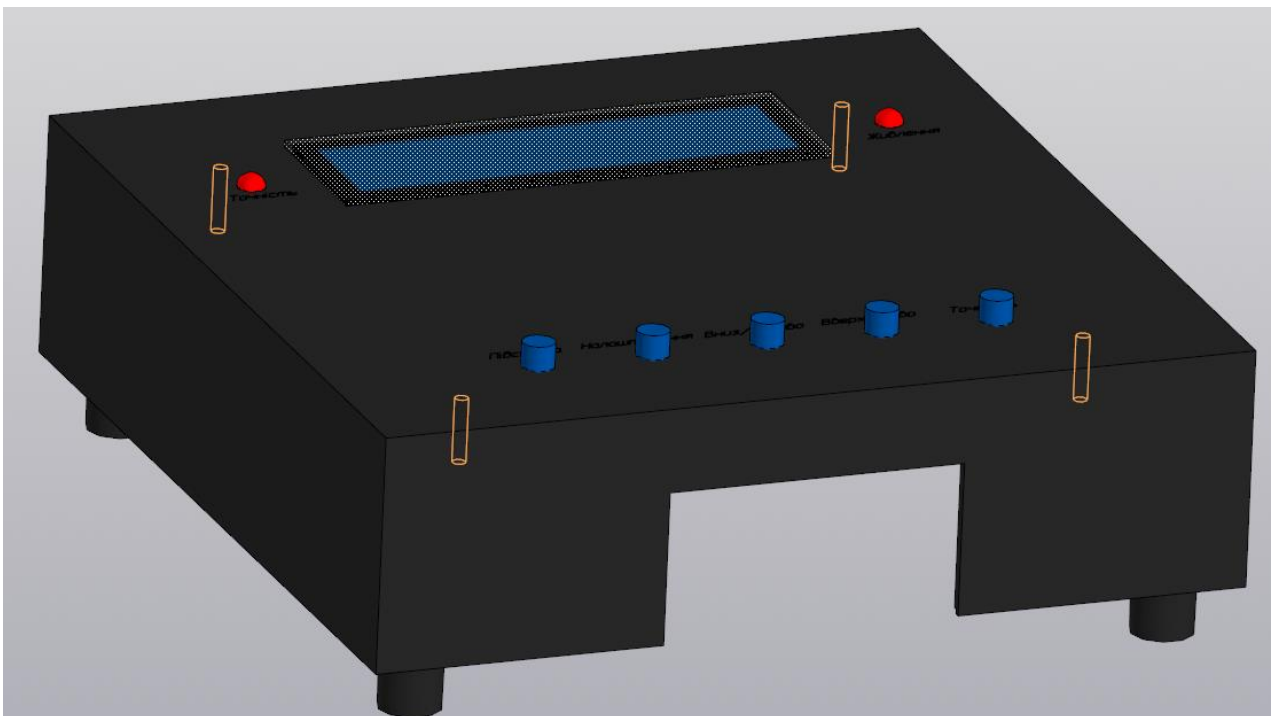


Рисунок Б.4 – 3D модель пристрою, верхня кришка

					25KBP172.403.011.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

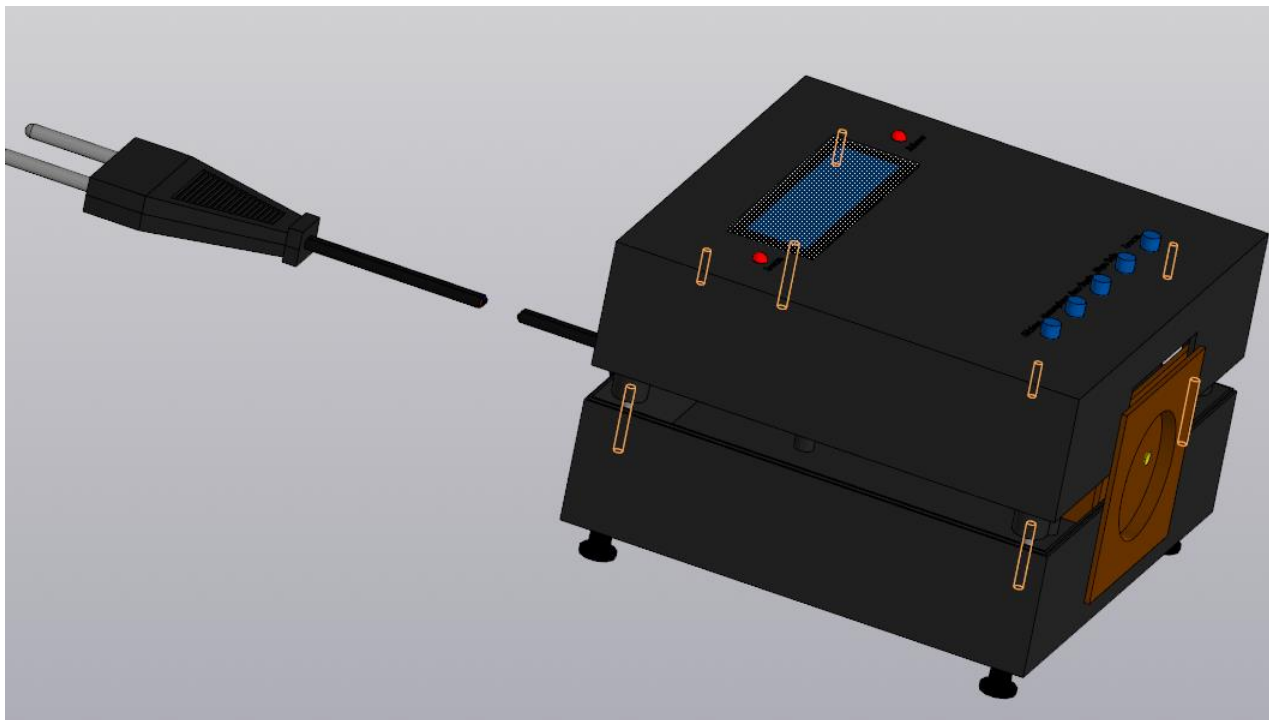


Рисунок Б.5 – 3D модель пристрою, загальний вигляд збоку

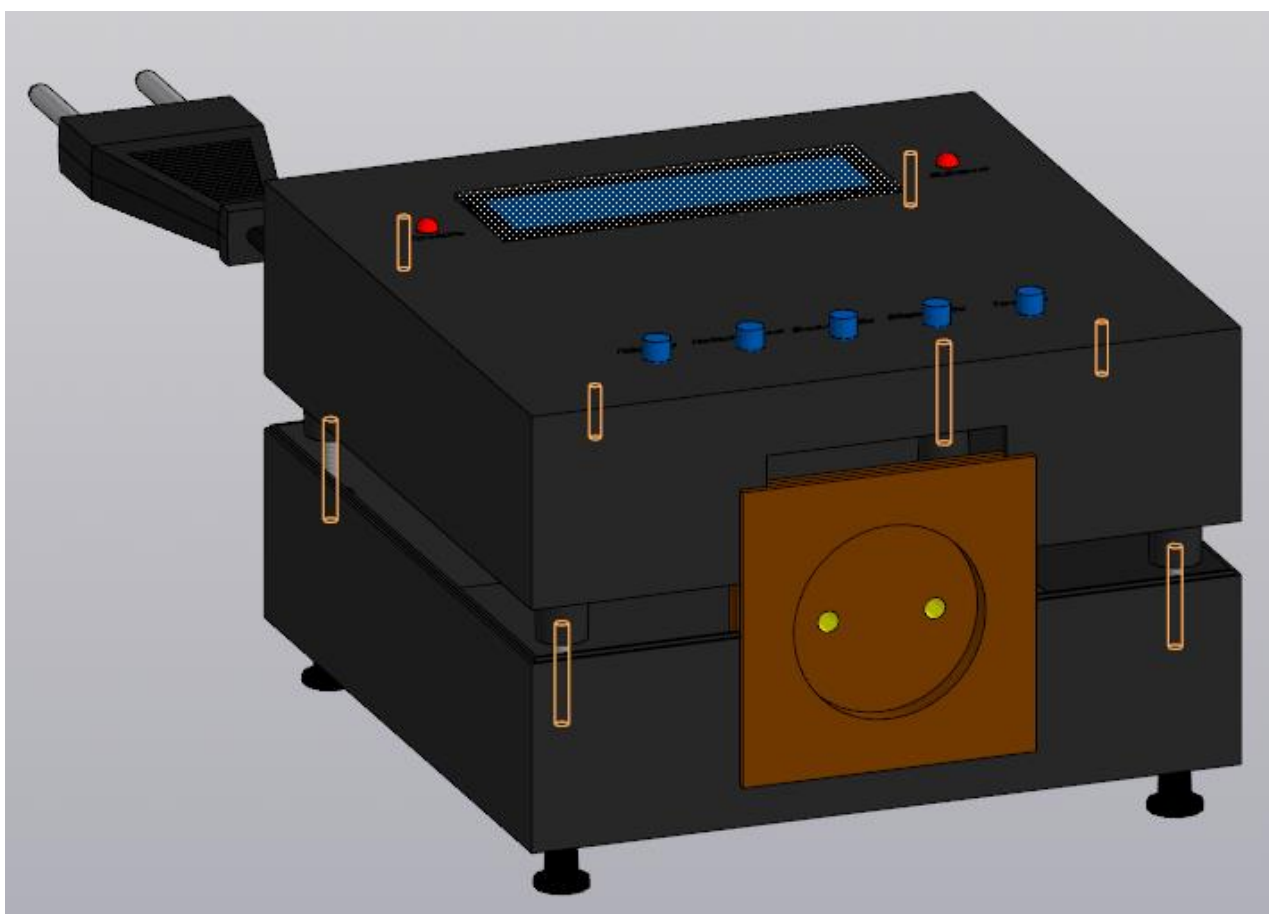


Рисунок Б.6 – 3D модель пристрою, загальний вигляд

					25KBP172.403.011.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Дубл.																																	
Замість																																	
Підпис																																	
														Аркушів 6		Аркуш 1																	
Розробив		Соловський							ВСП ТФК ТНТУ			25KBP172.403.011.001 СК					25KBP172.403.011.001																
Перевірів		Приймак																															
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		403				011		005		403.011.01 Комплектування																						0,005	
04		Комплектування проводити згідно ТТО 644081 (37шт)																															
05																																	
06		403				011		010		403.011.02 Слюсарно-складальна																						0,005	
07		Пневмоверт РД 532964																															
08		Складання проводити по ТТП 231587(28шт)																															
09		1. Кріпити друкований вузол поз.1 до верхньої кришки поз. 3 гвинтами поз.17 (4шт) через шайбу поз.20(4шт)згідно карти ескізів по ТТП137495																															
10		2. Кріпити перемикач поз.10(SW1)на верхню кришку поз. 2 тримач під запобіжник поз.2 і запобіжник поз.8(ZQ1) та шнур мережевий поз.14(XP1)згідно карти																															
11		3. Кріпити трансформатори поз.12(TV1) поз.13(TV2) на нижню кришку поз.4 гвинтами поз.18 (4шт) через шайбу поз.21(4шт)згідно карти ескізів																															
12		4. Кріпити шнур мережевий поз.14(XP1) та розетку поз.16(XS1) та скло під індикатор клеєм поз.22згідно карти ескізів по ТТП 128740																															
13		1		Вузол друкований					25KBP172.403.011.001.000 СК												796		100		100								
14		2		Тримач для запобіжника					25KBP.172.403.011.001.001												796		100		100								

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Дубл.																		
Замість																		
Підпис																		
											Аркушів 6		Аркуш 6					
Розробив		Соловський				ВСП ТФК ТНТУ		25KBP172.403.011.001 СК					25KBP172.403.011.001					
Перевірів		Приймак																
Нормував						Багатофункціональний ватметр з гальванічною розв'язкою									Н			
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			
1 * Розміри для варіант. 2 Електромонтаж здійснювати згідно з 2025KKП172.403.011001000 ЕЗ приладом ПОС-40 ГОСТ 21931-76 3 Клемми класу МАРВІ АDESILEX G19 4 Інші технічні виміри по ГОСТ 4700 700 Б																		