

Міністерство освіти і науки України

Відокремлений структурний підрозділ
«Тернопільський фаховий коледж
Тернопільського національного технічного університету імені Івана
Пулюя»

(повне найменування вищого навчального закладу)

відділення телекомунікацій та електронних систем

(назва відділення)

циклова комісія телекомунікацій та радіотехніки

(повна назва циклової комісії)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до кваліфікаційної роботи

фаховий молодший бакалавр

(освітньо-професійний ступінь)

на тему: Розробка конструкції таймера зворотного відліку на енкодері

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

Спеціальність: 172 «Електронні комунікації та
радіотехніка»

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

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Пастух Р.Б.

(прізвище та ініціали)

Керівник

Крочак В.І.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(прізвище та ініціали)

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

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

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

Пастух Роман Богданович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Розробка конструкції таймера зворотного відліку на енкодері

керівник кваліфікаційної роботи Крочак В.І.,
(прізвище, ім'я, по батькові)

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

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи: 16.06.2026 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:

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

Анотація

Вступ. Призначення і область застосування електронного пристрою

Розділ 1 Загальна частина

1.1. Розробка технічного завдання.

1.2. Вибір і опис структурної схеми виробу.

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

Розділ 2 Спеціальна частина

2.1. Розрахунково-конструкторська частина.

2.1.1. Опис конструювання 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. 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. Категорії поділу фізичної роботи
 - 4.2. Види виробничого освітлення
- Висновки
- Перелік посилань
- Додатки

Додаткові вказівки:

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

без виготовлення макета

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

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

7. Дата видачі завдання 27 квітня 2026 р.

Студент

_____ (підпис)

Пастух Р.Б.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ (підпис)

Крочак В.І.

_____ (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	6
ВСТУП. Призначення і область застосування радіопристрою	8
РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	10
1.1 Розробка технічного завдання	10
1.2 Вибір і опис структурної схеми виробу	10
1.3 Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз.....	13
РОЗДІЛ 2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	17
2.1 Розрахунково-конструкторська частина.....	17
2.1.1 Опис компонування виробу. Обґрунтування вибору конструкційних матеріалів і покриттів	17
2.1.2 Обґрунтування вибору конструкції.....	19
2.1.3 Опис і обґрунтування вибору елементної бази.....	22
2.1.4 Опис конструкції друкованої плати	33
2.1.5 Розрахунок параметрів друкованого монтажу.....	35
2.1.6 Оцінка теплових режимів роботи виробу.....	40
2.1.7 Розрахунок надійності проектного виробу	42
2.1.8 Техніко-економічний аналіз конструкції виробу. Розрахунок споживаної потужності.....	45
2.2 Технологічна частина.....	47
2.2.1 Загальні відомості про складання і монтаж проектного виробу. Вибір типу технології	47
2.2.2 Якісна оцінка технологічності конструкції.	49
2.2.3 Опис технології виготовлення друкованої плати. Вибір основних та допоміжних матеріалів	52
2.2.4 Розробка і оформлення маршрутно-операційної технології складання і монтажу виробу	53

					<i>26 КР 172.403.023.000 ПЗ</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Пастух Р.Б.</i>				<i>Розробка конструкції таймера зворотного відліку на енкодері</i>		<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>							<i>4</i>	<i>82</i>
<i>Реценз.</i>						<i>ВСП "ТФК ТНТУ ім. І. Пулюя" ТР-403ск м. Тернопіль</i>		
<i>Н.контр.</i>								
<i>Затверд.</i>								

РОЗДІЛ 3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	54
3.1 Розрахунок обсягу інвестицій, необхідних для реалізації проектних рішень... ..	54
3.2 Визначення собівартості спроектованого виробу.....	56
3.3 Оцінка економічної ефективності та доцільності впровадження проектних рішень	62
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ	66
4.1 Категорії поділу фізичної праці.....	66
4.2 Види виробничого освітлення.	70
ВИСНОВКИ	76
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	78
ДОДАТКИ.....	82

АНОТАЦІЯ

[Пастух Р.Б.] Розробка конструкції таймера зворотного відліку з енкодером: кваліфікаційна робота на здобуття освітньо-професійного ступеня фаховий молодший бакалавр, за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка. Тернопіль: ВСП «ТФК ТНТУ», 2026.

У даній кваліфікаційній роботі розглянуто розробку конструкції таймера зворотного відліку з енкодером. Пристрій призначений для встановлення та відліку заданого проміжку часу з подальшим керуванням зовнішнім навантаженням через релейний виконавчий вузол. Таймер може застосовуватися в побутових електронних пристроях, системах автоматики, навчальних макетах та інших схемах, де потрібне керування навантаженням за часом.

Основу виробу становить мікроконтролер ATmega168, який обробляє сигнали з енкодера та кнопки, формує часові інтервали, керує дисплеєм Nokia 5110, світловою і звуковою індикацією та релейним виходом. Живлення пристрою здійснюється від мережі 230 В через трансформатор, випрямляч і стабілізатор напруги L7805, що формує робочу напругу 5 В.

Конструктивно таймер виконано у прямокутному корпусі з діелектричного матеріалу. Основні елементи розміщено на друкованій платі з використанням переважно вивідної елементної бази, що спрощує монтаж, перевірку та ремонт виробу. Для виготовлення плати прийнято хімічний метод формування провідникового рисунка.

У роботі виконано аналіз принципової схеми, вибір елементної бази, технічне обґрунтування конструкції, розрахунок надійності та параметрів друкованого монтажу, а також розглянуто питання технологічності виготовлення і застосування САПР для проєктування друкованої плати.

Ключові слова: таймер зворотного відліку, енкодер, мікроконтролер, дисплей Nokia 5110, реле, друкована плата.

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		6

ABSTRACT

[Pastukh R.B.] Design of a countdown timer with an encoder: qualification thesis for obtaining the educational and professional degree of Professional Junior Bachelor in specialty 172 Telecommunications and Radio Engineering. Ternopil: VSP “TFK TNTU”, 2026.

This qualification thesis considers the design of a countdown timer with an encoder. The device is intended for setting and counting a specified time interval with further control of an external load through a relay output stage. The timer can be used in household electronic devices, automation systems, educational models, and other circuits where time-based load control is required.

The device is based on the ATmega168 microcontroller, which processes signals from the encoder and button, forms time intervals, controls the Nokia 5110 display, light and sound indication, and the relay output. The device is powered from a 230 V mains supply through a transformer, rectifier, and L7805 voltage regulator, which provides a 5 V operating voltage.

Structurally, the timer is made in a rectangular dielectric enclosure. The main components are placed on a printed circuit board using mainly through-hole components, which simplifies assembly, testing, and repair of the device. A chemical method is used for forming the conductive pattern of the printed circuit board.

The thesis includes the analysis of the circuit diagram, selection of the component base, technical justification of the design, reliability calculation, calculation of printed circuit board parameters, as well as consideration of manufacturability and the use of CAD software for PCB design.

Keywords: countdown timer, encoder, microcontroller, Nokia 5110 display, relay, printed circuit board.

					<i>26 KP 172.403.023.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		7

ВСТУП

Сучасні електронні пристрої керування часом широко використовуються у побутовій техніці, системах автоматики, навчальних макетах, лабораторному обладнанні та різних пристроях керування навантаженням. У багатьох випадках виникає потреба не лише у ручному вмиканні або вимиканні електричного кола, а й у виконанні цієї дії через заданий проміжок часу. Для цього застосовують таймери зворотного відліку, які дають змогу автоматизувати роботу електронних і електротехнічних пристроїв.

Актуальність розробки таймера зворотного відліку з енкодером полягає у потребі створення простого, зручного та надійного пристрою, який дозволяє користувачу швидко встановлювати необхідний часовий інтервал і керувати зовнішнім навантаженням без постійного контролю з боку людини. Використання енкодера робить налаштування часу зручнішим порівняно зі звичайними кнопками, а наявність дисплея забезпечує наочне відображення режимів роботи та встановлених параметрів.

Проектований пристрій призначений для встановлення і відліку заданого проміжку часу з подальшим керуванням зовнішнім навантаженням через релейний виконавчий вузол. Основу схеми становить мікроконтролер ATmega168, який обробляє сигнали з енкодера та кнопки, формує часові інтервали, керує дисплеєм Nokia 5110, світловою і звуковою індикацією, а також релейним виходом. Живлення пристрою здійснюється від мережі 230 В через трансформатор, випрямляч і стабілізатор напруги L7805, який формує робочу напругу 5 В для цифрової частини схеми.

Об'єктом розробки у даній кваліфікаційній роботі є таймер зворотного відліку з енкодером. Предметом розробки є його конструкція, елементна база, друкований вузол, принцип роботи та технологічні рішення, які забезпечують виготовлення і подальшу експлуатацію виробу.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка конструкції таймера зворотного відліку з енкодером, який забезпечує встановлення заданого часу, його відлік, відображення інформації на дисплеї та керування зовнішнім навантаженням за

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		8

допомогою релейного виконавчого каскаду.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити такі завдання:

- розглянути призначення та область застосування проектного виробу;
- розробити технічне завдання на пристрій;
- проаналізувати структурну та електричну принципову схеми таймера;
- описати принцип роботи основних вузлів пристрою;
- обґрунтувати вибір елементної бази;
- розробити конструктивне виконання виробу та друкованого вузла;
- виконати необхідні конструкторські розрахунки;
- оцінити технологічність виготовлення і складання пристрою;
- розглянути використання САПР для проектування друкованої плати;
- розробити основні конструкторські документи.

У результаті виконання кваліфікаційної роботи має бути розроблена конструкція таймера зворотного відліку з енкодером, придатна до практичної реалізації. Прийняті схемні, конструктивні та технологічні рішення повинні забезпечити зручність користування, ремонтпридатність, достатню надійність і можливість виготовлення пристрою як окремого електронного виробу.

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Розробка технічного завдання

Основні технічні характеристики виробу

Напруга живлення.....	230 В
Частота мережі	50 Гц
Робоча напруга цифрової частини	5 В
Максимальний струм споживання	1 А
Діапазон встановлення часу.....	від 1 с до 24 год
Точність відліку часу	1 с
Органи керування.....	енкодер, кнопка
Органи індикації.....	дисплей Nokia 5110
Світлова індикація	світлодіод
Звукова індикація	бузер
Вихідний виконавчий елемент	реле
Габаритні розміри	160×90×46 мм

1.2 Вибір і опис структурної схеми виробу

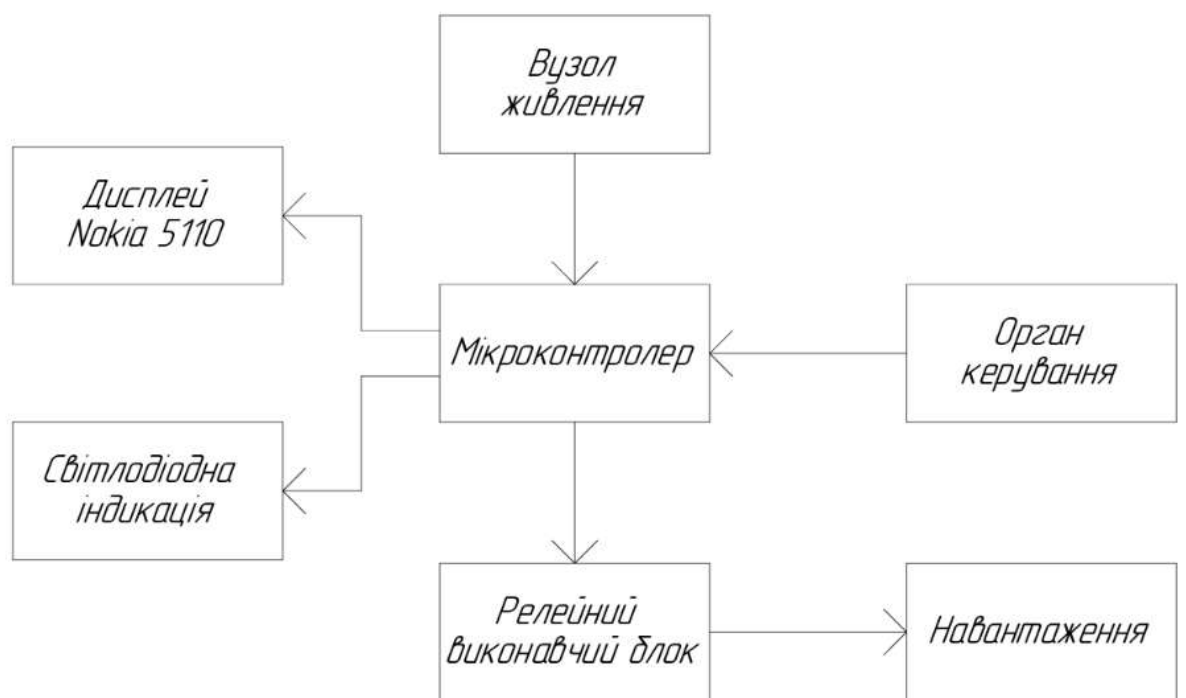


Рисунок 1.1- Схема електрична структурна

Структурна схема проектованого таймера зворотного відліку з енкодером наведена на рисунку 1.1

Для проектованого таймера було обрано мікроконтролерну структуру побудови. Такий варіант є найбільш доцільним для даного пристрою, оскільки мікроконтролер дозволяє реалізувати відлік часу, обробку сигналів з органів керування, виведення інформації на дисплей та керування виконавчим релейним блоком. Завдяки цьому схема залишається відносно простою, а функціональні можливості пристрою можна розширювати програмним способом.

Центральним вузлом структурної схеми є мікроконтролер. Він виконує основну логічну обробку сигналів і координує роботу всіх інших блоків. До нього надходять сигнали від органу керування, після чого мікроконтролер визначає вибраний режим роботи, змінює встановлений часовий інтервал, запускає або зупиняє відлік. Також він формує сигнали для дисплея, світлодіодної індикації та релейного виконавчого блока.

Живлення всіх вузлів пристрою забезпечує вузол живлення. Він призначений для перетворення мережевої напруги у стабілізовану напругу, необхідну для роботи цифрової частини таймера. До складу цього вузла входять понижувальний трансформатор, випрямляч, фільтрувальні елементи та стабілізатор напруги. Вузол живлення подає напругу на мікроконтролер, дисплей, індикацію та інші електронні елементи схеми. Стабільність живлення є важливою умовою правильної роботи пристрою, оскільки від неї залежить коректність відліку часу та надійність керування реле.

Орган керування призначений для взаємодії користувача з таймером. У даному виробі основним елементом керування є енкодер з кнопкою, а також додаткова кнопка керування. За допомогою енкодера користувач може задавати потрібний часовий інтервал, змінювати значення часу та переходити між окремими режимами роботи. Сигнали з енкодера надходять до мікроконтролера, де обробляються програмно. Такий спосіб керування є

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		11

зручним, оскільки дозволяє швидко змінювати налаштування без використання великої кількості кнопок.

Для відображення інформації у структурній схемі передбачено дисплей Nokia 5110. Він використовується для виведення встановленого часу, поточного стану відліку та режимів роботи пристрою. Застосування графічного дисплея робить користування таймером більш зручним, оскільки користувач може безпосередньо бачити задані параметри та контролювати роботу пристрою під час експлуатації. Керування дисплеєм здійснює мікроконтролер, який передає на нього необхідні дані.

Світлодіодна індикація використовується як додатковий засіб відображення стану таймера. Вона може сигналізувати про робочий режим пристрою, активний відлік або спрацювання вихідного релейного вузла. Такий елемент є простим, надійним і зручним для швидкого візуального контролю роботи виробу. Світлодіодна індикація не замінює дисплей, а доповнює його, оскільки дозволяє користувачу швидко оцінити стан пристрою без детального перегляду інформації на екрані.

Релейний виконавчий блок призначений для керування зовнішнім навантаженням. Після завершення встановленого проміжку часу мікроконтролер формує керуючий сигнал, який надходить на виконавчий каскад. У цьому блоці сигнал мікроконтролера підсилюється транзисторним ключем і подається на котушку реле. Після спрацювання реле його контакти змінюють стан зовнішнього кола, у результаті чого навантаження вмикається або вимикається. Зворотний сигнал від релейного блока до мікроконтролера у даній структурі не передбачений, оскільки схема не містить окремого вузла контролю стану реле.

Блок навантаження є зовнішнім відносно основної схеми таймера. До нього може належати освітлювальний прилад, сигнальний пристрій, невеликий електропривід або інший виконавчий елемент, роботою якого потрібно керувати за часом. Релейний вихід дозволяє розділити низьковольтну

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		12

цифрову частину таймера та коло зовнішнього навантаження, що підвищує безпеку і універсальність використання виробу.

Загальний принцип роботи структурної схеми можна описати так. Після подачі живлення вузол живлення формує необхідну стабілізовану напругу для електронної частини пристрою. Мікроконтролер переходить у початковий режим роботи та відображає інформацію на дисплеї. Користувач за допомогою енкодера встановлює потрібний час і запускає відлік. Під час роботи мікроконтролер постійно оновлює інформацію на дисплеї та за потреби керує світлодіодною індикацією. Після завершення відліку він формує сигнал на релейний виконавчий блок, який перемикає зовнішнє навантаження.

Обрана структурна схема є раціональною для даного виробу, оскільки всі основні вузли мають чітко визначене призначення і логічно взаємодіють між собою. Мікроконтролерна побудова дає можливість реалізувати точний відлік часу, зручне керування, індикацію параметрів і релейне керування навантаженням без значного ускладнення схеми. Така структура є зручною для подальшої розробки електричної принципової схеми, друкованої плати та конструкції таймера.

1.3 Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз

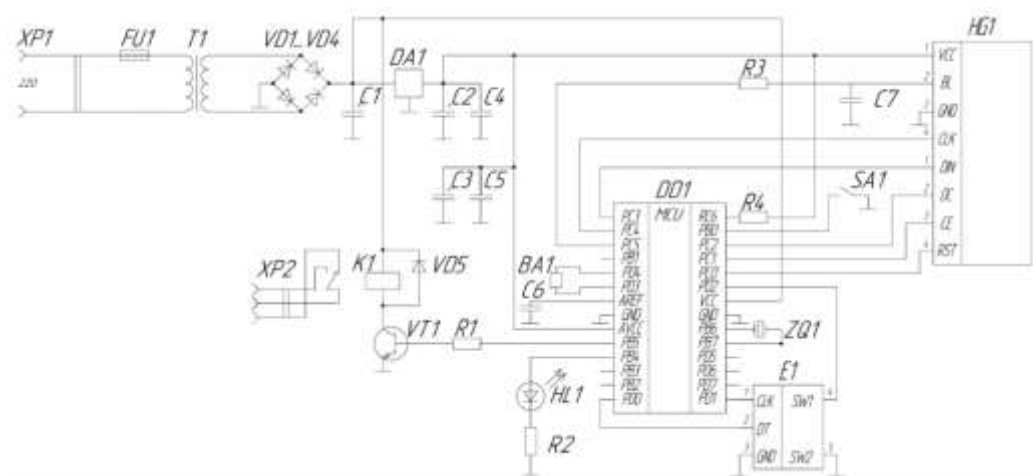


Рисунок 1.2- Схема електрична принципова

Проектований таймер зворотного відліку з енкодером призначений для встановлення користувачем заданого проміжку часу, його відліку та подальшого керування зовнішнім навантаженням через релейний виконавчий вузол. Основними частинами схеми є вузол живлення, мікроконтролерний блок, органи керування, дисплейний вузол, світлова та звукова індикація, а також релейний вихідний каскад.

Живлення пристрою подається через вхідний роз'єм XP1. У вхідному колі встановлено запобіжник FU1, який захищає схему від перевантаження та короткого замикання. Далі мережева напруга надходить на понижувальний трансформатор Т1. Його призначення полягає у зниженні напруги мережі до безпечного рівня, придатного для подальшого випрямлення та живлення електронної частини пристрою.

З вторинної обмотки трансформатора Т1 змінна напруга подається на діодний міст VD1-VD4. Цей вузол виконує випрямлення змінної напруги та формує пульсуючу постійну напругу. Для згладжування пульсацій після випрямляча використовується електролітичний конденсатор С1. Після фільтрації напруга надходить на інтегральний стабілізатор DA1, який формує стабілізовану напругу живлення для мікроконтролера та інших низьковольтних вузлів схеми.

Конденсатори С2, С3, С4 та С5 виконують функцію додаткової фільтрації та розв'язки по живленню. Вони зменшують рівень залишкових пульсацій і перешкод, які можуть впливати на роботу мікроконтролера, дисплея та органів керування. Завдяки цьому забезпечується стабільна робота цифрової частини таймера.

Центральним елементом схеми є мікроконтролер DD1. Він виконує основну обробку сигналів, формує часові інтервали, керує індикацією та релейним вихідним каскадом. Після подачі живлення мікроконтролер переходить у початковий режим роботи, опитує органи керування, виводить інформацію на дисплей і очікує введення потрібного часу користувачем.

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

Тактування мікроконтролера DD1 здійснюється за допомогою кварцового резонатора ZQ1. Його використання забезпечує стабільну частоту роботи мікроконтролера, що важливо для точного відліку часу. Коло скидання мікроконтролера реалізоване з використанням резистора R4, який забезпечує правильний запуск програми після вмикання живлення та утримує вхід скидання у потрібному логічному стані.

Органи керування представлені енкодером E1 та кнопкою SA1. Енкодер формує два імпульсні сигнали CLK і DT, які надходять на входи мікроконтролера. За послідовністю цих імпульсів мікроконтролер визначає напрямок обертання енкодера і змінює значення встановлюваного часу. Контакти SW1 і SW2 утворюють кнопку енкодера, яка може використовуватися для підтвердження вибору, запуску або зміни режиму роботи. Кнопка SA1 виконує додаткову функцію керування, наприклад для переходу між режимами, паузи або зупинки відліку.

Для відображення інформації у схемі використовується графічний дисплей HG1 типу Nokia 5110. На ньому відображається встановлений час, поточний стан зворотного відліку та режим роботи пристрою. Обмін даними між мікроконтролером DD1 і дисплеєм HG1 здійснюється по сигнальних лініях CLK, DIN, DC, CE та RST. Живлення дисплея подається на виводи VCC і GND, а вивід BL використовується для підсвічування. Резистор R3 обмежує струм у колі підсвітки, а конденсатор C7 додатково фільтрує напругу живлення дисплейного вузла.

Звукова індикація реалізована за допомогою звукового випромінювача BA1. Він використовується для подачі коротких звукових сигналів під час натискання кнопок, зміни режимів або завершення відліку. Конденсатор C6 встановлений у колі звукового вузла і зменшує вплив імпульсних перешкод, які можуть виникати під час роботи випромінювача.

Світлова індикація виконана на світлодіоді HL1. Він може сигналізувати про активний режим роботи таймера, стан релейного виходу або завершення заданого часового інтервалу. Резистор R2 обмежує струм через світлодіод до

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		15

безпечного значення, що забезпечує його нормальну роботу і захист від перевантаження.

Виконавчий каскад побудований на транзисторі VT1, резисторі R1, реле K1 та захисному діоді VD5. Керуючий сигнал з мікроконтролера DD1 через резистор R1 подається на базу транзистора VT1. Транзистор працює у ключовому режимі. Коли на його базу надходить керуючий сигнал, він відкривається і вмикає котушку реле K1. Після спрацювання реле його контакти перемикають зовнішнє коло навантаження, підключене через роз'єм ХР2.

Діод VD5 увімкнений паралельно котушці реле K1 і виконує захисну функцію. У момент вимикання реле в котушці виникає імпульс самоіндукції, який може пошкодити транзистор VT1 або створити перешкоди в роботі схеми. Діод VD5 шунтує цей імпульс і підвищує надійність роботи виконавчого каскаду.

Загальний алгоритм роботи схеми такий. Після вмикання живлення вузол живлення формує стабілізовану напругу для електронної частини пристрою. Мікроконтролер DD1 запускає програму, ініціалізує дисплей HG1 та переходить у режим очікування налаштування часу. Користувач за допомогою енкодера E1 задає потрібний інтервал. Після запуску мікроконтролер починає зворотний відлік, відображає його на дисплеї та за потреби керує світловою і звуковою індикацією. Після завершення відліку мікроконтролер формує сигнал на транзисторний ключ VT1, реле K1 спрацьовує і змінює стан зовнішнього навантаження.

Аналіз принципової електричної схеми показує, що пристрій має раціональну побудову. Мікроконтролер виконує основні функції керування, індикації та відліку часу, а релейний виконавчий блок забезпечує комутацію зовнішнього навантаження. Наявність захисного діода в колі реле підвищує надійність роботи вихідного каскаду.

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

РОЗДІЛ 2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунково-конструкторська частина

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

Таймер зворотного відліку з енкодером реалізовано як стаціонарний електронний пристрій у прямокутному корпусі. Його компонування сформовано з урахуванням зручності експлуатації, безпечного підключення до мережі та можливості обслуговування. До складу входять корпус, друкований вузол, дисплей, енкодер, кнопка керування, блок живлення та релейний вихід.

За кресленням корпус має габарити 160×90×46 мм. Такий об'єм дозволяє розмістити плату, дисплей, органи керування, реле, трансформатор та інші елементи, зберігаючи компактність пристрою. Його можна встановлювати на робочому місці або використовувати як частину невеликої системи автоматики.

На передній панелі розташовано дисплей і органи керування. Дисплей відображає встановлений час, стан відліку та режим роботи. Енкодер слугує для зміни параметрів, а кнопка — для запуску, зупинки та перемикання режимів. Таке розміщення забезпечує швидкий доступ до керування.

Релейний вихід винесено на бокову частину корпусу, що спрощує підключення навантаження та відокремлює силову частину від керуючої. Монтаж виконують відповідно до принципової електричної схеми, що гарантує коректне з'єднання всіх вузлів.

Основою конструкції є друкована плата розміром 135×77,5 мм і товщиною 1,5 мм. Вона виготовлена зі склотекстоліту СФ1-35-15, який забезпечує достатню міцність, електроізоляцію та стійкість до температур під час паяння. Це сприяє стабільності геометрії плати та надійності монтажу.

Плата відповідає 3 класу точності. Крок координатної сітки становить 2,5 мм, що узгоджується з вивідними компонентами. Мінімальна ширина провідників — 0,8 мм, відстань між ними — 0,2 мм. Такі параметри є

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		17

достатніми для даної схеми, оскільки вона не містить високочастотних або надто щільних вузлів.

На платі розміщено трансформатор, діодний міст, стабілізатор, конденсатори, мікроконтролер, кварцовий резонатор, реле, транзисторний ключ, бузер, світлодіоди, дисплей і енкодер. Елементи згруповано так, щоб вузол живлення та релейна частина були відокремлені від цифрових кіл, що зменшує вплив завад.

Трансформатор, випрямляч і стабілізатор розташовані разом як частина блоку живлення. Мікроконтролер, резонатор, енкодер і дисплей знаходяться ближче до передньої панелі. Реле та вихідний роз'єм винесені до краю плати для скорочення довжини силових ліній.

Передбачено монтажні отвори діаметром 0,7 мм і 0,9 мм. Для них використовуються контактні площадки відповідно 1,5 мм і 4 мм, що забезпечує надійність монтажу та міцність паяних з'єднань.

Застосовано переважно вивідні компоненти, що спрощує складання, паяння та контроль якості. У разі несправності елемент легко замінити без спеціального обладнання, що зручно для навчальних і дрібносерійних виробів.

Формування виводів виконують з кроком 2,5 мм. Паяння здійснюється припоєм ПОС61, а контактні площадки покриваються припоєм ПОС-60 для покращення якості з'єднань.

Після складання плати покривають лаком АКА-113, який захищає від вологи, пилу та окиснення, а також підвищує електроізоляційні властивості.

Маркування наносять фарбою: на платі — білою, на складальному кресленні — білою або чорною. Це полегшує складання, перевірку та ремонт.

Корпус виготовляють з ударостійкого діелектричного пластику, що забезпечує малу масу, міцність і електробезпеку. Він захищає користувача від контакту з внутрішніми елементами та надає виробу охайного вигляду.

Конструкція передбачає доступ до плати для обслуговування. Кріплення здійснюється гвинтами на стійках, що забезпечує надійну фіксацію та зручність демонтажу.

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		18

Обране компонування відповідає функціональному призначенню таймера, забезпечує зручність керування, чітку індикацію, розділення силових і сигнальних кіл та можливість ремонту. Використання склотекстоліту СФ1-35-15, пластикового корпусу, припою ПОС61, покриття ПОС-60 і лаку АКА-113 є виправданим з точки зору технологічності, безпеки та довговічності виробу.

2.1.2 Обґрунтування вибору конструкції

Конструкція таймера зворотного відліку з енкодером вибрана з урахуванням призначення пристрою, складу електричної схеми, умов експлуатації та вимог до зручності користування. Виріб призначений для роботи в закритих сухих приміщеннях, тому для нього доцільно застосувати корпусне виконання з розміщенням основних вузлів на друкованій платі. Такий варіант забезпечує захист елементів схеми, акуратне розташування компонентів і безпечніше користування пристроєм.

Для даного виробу прийнято блочну конструкцію, в якій основним несучим елементом є друкований вузол. На платі розміщуються елементи живлення, мікроконтролерний блок, індикація, органи керування та релейний виконавчий каскад. Таке конструктивне рішення є доцільним, оскільки зменшує кількість навісних провідників, спрощує монтаж і робить електричні з'єднання більш надійними.

Друкована плата має розміри 135×77,5 мм, що дозволяє розмістити всі необхідні елементи без надмірного ущільнення монтажу. Її габарити узгоджуються з розмірами корпусу 160×90×46 мм, тому всередині виробу залишається простір для встановлення плати, підключення проводів, розміщення органів керування та виходу реле. Це спрощує складання виробу і забезпечує зручний доступ до основних вузлів під час ремонту.

Вибір друкованої плати як основи конструкції обґрунтований тим, що схема містить значну кількість вивідних компонентів. Для таких елементів зручно використовувати плату з кроком координатної сітки 2,5 мм. Це

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		19

відповідає корпусам більшості застосованих радіоелементів і полегшує їх встановлення. Крім того, використання вивідного монтажу забезпечує добру ремонтпридатність, оскільки несправний компонент можна демонтувати і замінити без складного обладнання.

Конструкцію плати прийнято за 3 класом точності. Для даного пристрою цього достатньо, оскільки схема не є високочастотною і не потребує дуже малих зазорів між провідниками. Мінімальна ширина друкованих провідників 0,8 мм і мінімальна відстань між ними 0,2 мм забезпечують нормальне трасування схеми та достатню технологічність виготовлення. Такий вибір дозволяє уникнути зайвого ускладнення плати і зменшити ризик помилок під час виготовлення.

Компонування елементів на платі виконано з урахуванням функціонального поділу схеми. Вузол живлення, до якого входять трансформатор, випрямляч, фільтрувальні конденсатори та стабілізатор, розташовується окремо від мікроконтролера і сигнальних кіл. Це зменшує вплив пульсацій та електромагнітних завад на цифрову частину пристрою. Релейний вузол розміщується ближче до вихідного роз'єму, що дає змогу скоротити довжину силових з'єднань.

Мікроконтролер, кварцовий резонатор, дисплейний вузол, енкодер і кнопка розташовані так, щоб забезпечити зручну взаємодію з передньою панеллю корпусу. Дисплей виведено на лицьову частину виробу, оскільки він використовується для контролю режиму роботи і відображення часу. Енкодер також розміщується на передній панелі, бо саме ним користувач задає часовий інтервал та виконує основне керування таймером.

Корпус виробу має прямокутну форму, що спрощує його виготовлення і розміщення внутрішніх вузлів. Таке виконання є зручним для стаціонарного пристрою, який встановлюється на робочій поверхні або в складі іншого обладнання. Прямокутна форма дозволяє раціонально використати внутрішній об'єм, а також забезпечити зручне розташування дисплея, енкодера, кнопки та виходу реле.

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

Вибір пластикового корпусу є обґрунтованим з точки зору електробезпеки. Оскільки пристрій живиться від мережі 230 В, корпус повинен мати добрі ізоляційні властивості. Ударостійкий пластик забезпечує захист користувача від випадкового дотику до внутрішніх елементів, має невелику масу і достатню механічну міцність. Крім того, такий матеріал зручний для виготовлення отворів під дисплей, енкодер, кнопку та роз'єми.

Для підключення зовнішнього навантаження використовується релейний вихід. Його винесення на бокову частину корпусу є зручним з практичної точки зору, оскільки дроти навантаження не заважають користувачу працювати з органами керування. Також таке розміщення допомагає відокремити силові кола від елементів індикації та керування.

Конструкція виробу повинна забезпечувати можливість розбирання без пошкодження основних деталей. Друкований вузол доцільно кріпити до корпусу гвинтами на стійках. Це забезпечує надійну фіксацію плати та дозволяє за потреби швидко отримати доступ до елементів. Такий спосіб кріплення є простим, дешевим і зручним для обслуговування.

Захист друкованого вузла лаком АКА-113 підвищує довговічність конструкції. Лакове покриття зменшує вплив пилу, вологи та окиснення на провідники і паяні з'єднання. Це особливо важливо для пристрою, який може працювати тривалий час і містить як низьковольтні, так і мережеві кола.

Обрана конструкція є достатньо простою у виготовленні, зручною для складання та придатною до ремонту. Вона не потребує складних корпусних деталей, надмірно щільного монтажу або спеціального обладнання для встановлення компонентів. Прийняті конструктивні рішення забезпечують компактність виробу, зручність керування, надійність електричних з'єднань і безпечну експлуатацію таймера зворотного відліку з енкодером.

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		21

2.1.3 Опис і обґрунтування вибору елементної бази

Таблиця 2.1 – Мікроконтролер ATmega168 [1]

Позиційне позначення	DD1
Назва та тип компонента	Мікроконтролер ATmega168
Виробник	Atmel Corporation
Критерії виробу	напруга живлення, кількість портів вводу/виводу, об'єм пам'яті програм, оперативної пам'яті,
Параметри конструкції	DIP-28, див. рисунок 2.1
Параметри та характеристики	
Розрядність	8-канальний 10біт
Діапазон напруги живлення	2,7 В – 5,5В
Діапазон робочої температури	Від -55°C до +125°C
Об'єм пам'яті програм	16 кБ
Об'єм SRAM	512 Б
Тактова частота	До 20 МГц
Кількість вводу/виводу	23

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

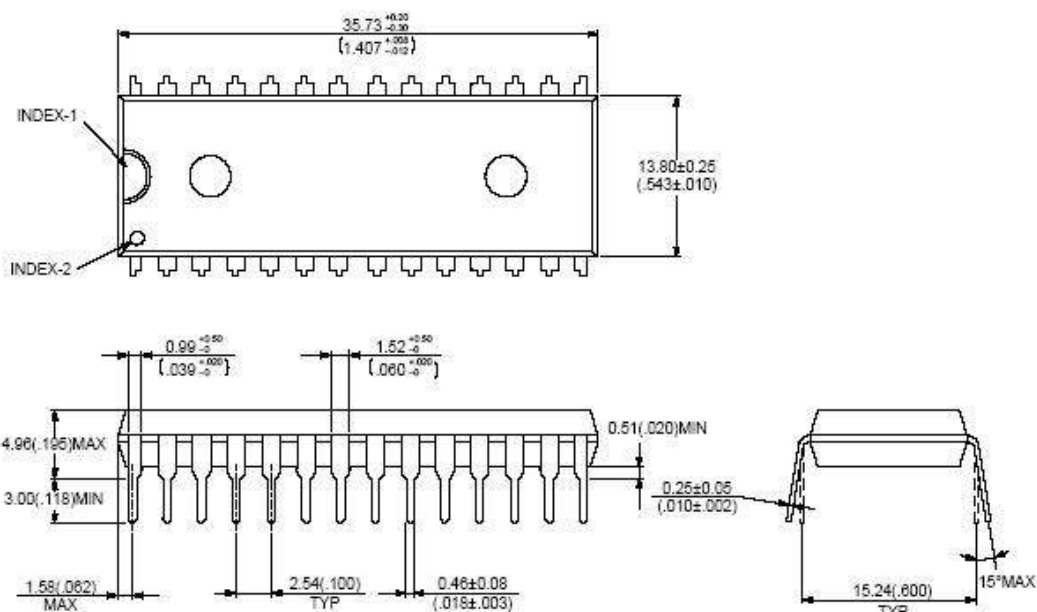


Рисунок 2.1 – Габаритні розміри мікроконтролера ATmega168

Таблиця 2.2 – Лінійний стабілізатор напруги L7805 [2]

Позиційне позначення	DA1
Назва та тип компонента	Лінійний стабілізатор напруги L7805
Виробник	STMicroelectronics
Критерії виробу	Електричні та теплові обмеження, вихідна напруга, потужність розсіювання, низький рівень шумів
Параметри конструкції	TO-220, див. рисунок 2.2
Параметри та характеристики	
Вихідна напруга	5В
Вхідна напруга	До 35В
Максимальний вихідний струм	1.5А
Діапазон робочої температури	Від -65°C до +150°C

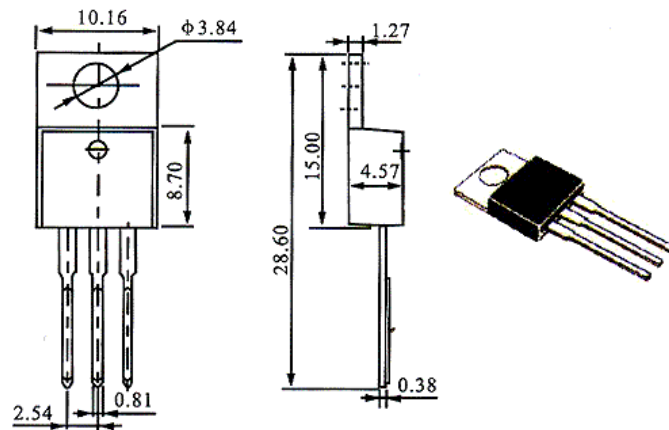


Рисунок 2.2 – Габаритні розміри лінійного стабілізатора напруги L7805

Таблиця 2.3 – Діод 1N4007 [13]

Позиційне позначення	VD1-VD4
Назва та тип компонента	Діод 1N4007
Виробник	Diodes Incorporated
Критерії виробу	Швидкодія, випрямний діод, максимальний прямий струм
Параметри конструкції	DO-41, див. рисунок 2.3
Параметри та характеристики	
Допустима напруга	1000В
Допустимий струм	1А
Діапазон робочої температури	Від -65°C до +200°C

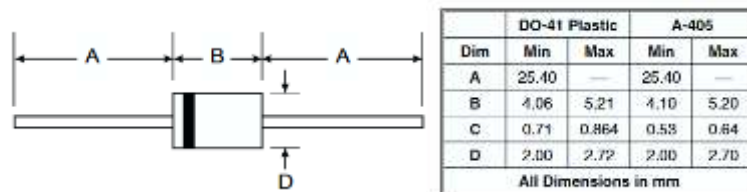


Рисунок 2.3 – Габаритні розміри діода 1N4007

Таблиця 2.4 – Діод 1N4148 [4]

Позиційне позначення	VD5
Назва та тип компонента	Діод 1N4148
Виробник	Diodes Incorporated
Критерії виробу	Швидкодія, захист від переполюсовки, випрямлення високочастотних сигналів, захист входів
Параметри конструкції	DO-35, див. рисунок 2.4
Параметри та характеристики	
Допустима напруга	100В
Допустимий струм	300мА
Діапазон робочої температури	Від -65°C до +175°C

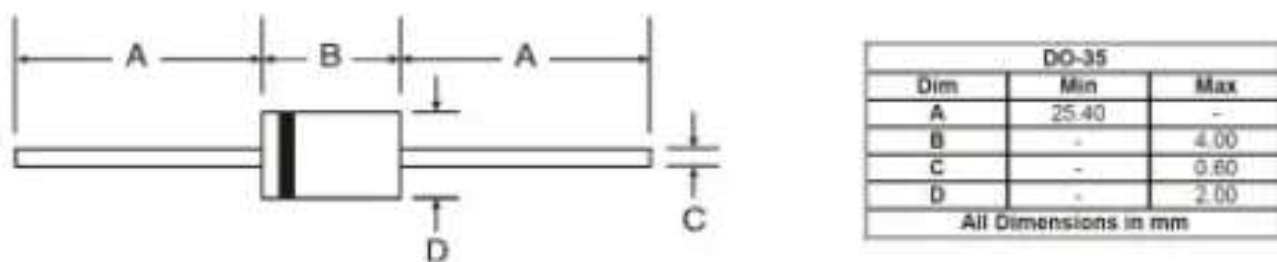
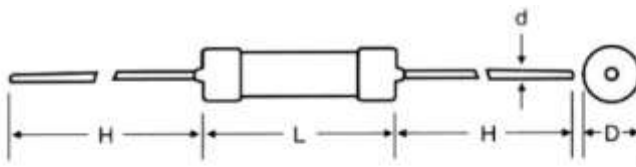


Рисунок 2.4 – Габаритні розміри діода 1N4148

Таблиця 2.5 – Постійні резистор 0.125 Вт [5]

Позиційне позначення	R1-R4
Назва та тип компонента	Резистор 0.125Вт
Виробник	BoURNS
Критерії виробу	Потужність розсіювання, лінійка номіналів
Параметри конструкції	див. рисунок 2.5
Параметри та характеристики	
Номінальний опір	Від 1Ом до 1МОм
Допуск опору	±5%
Номінальна потужність	0.125 Вт
Діапазон робочої температури	Від -65°C до +350°C



POWER RATING	MAXIMUM WORKING VOLTAGE	MAXIMUM OVERLOAD VOLTAGE	DIMENSIONS(mm)				RESISTANCE RANGE
			L	D	H	d±0.02	
1/6W 1/8W	200V	400V	3.2±0.2	1.8±0.2	28±2.0	0.45	STANDARD 10-10MΩ
1/4WS	250V	500V	3.2±0.2	1.8±0.2	28±2.0	0.45	
1/4W	250V	500V	6.0±0.5	2.3±0.5	28±2.0	0.52	
1/2WS	350V	700V	6.0±0.5	2.3±0.5	28±2.0	0.52	
1/2W	350V	700V	9.0±0.5	3.2±0.5	26±2.0	0.60	
1WS	500V	1000V	9.0±0.5	3.2±0.5	26±2.0	0.60	
1W	500V	1000V	11.0±1.0	4.2±0.5	35±3.0	0.75	
2WS	500V	1000V	11.0±1.0	4.2±0.5	35±3.0	0.75	
2W	500V	1000V	15.0±1.0	5.0±0.5	33±3.0	0.75	
3W	500V	1000V	17.0±1.0	6.0±0.5	33±3.0	0.75	

Рисунок 2.5 – Габаритні розміри постійних резисторів 0.125 Вт

Таблиця 2.6 – Електролітичний конденсатор [6]

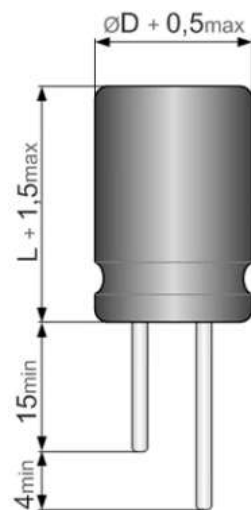
Позиційне позначення	C1
Назва та тип компонента	Електролітичний конденсатор
Виробник	JAMICON
Критерії виробу	Відповідність електричних параметрів режимам роботи схеми.
Параметри конструкції	див. рисунок 2.6
Параметри та характеристики	
Робоча температура	Від -40°C до +85°C
Номінальна напруга	25 В
Ємність	100 мкФ
Тангенс кута втрат	0.10 - 0.16



Рисунок 2.6 – Габаритні розміри електролітичного конденсатора JAMICON

Таблиця 2.7 – Електролітичний конденсатор [7]

Позиційне позначення	C2, C3
Назва та тип компонента	Електролітичний конденсатор
Виробник	JAMICON
Критерії виробу	Відповідність електричних параметрів режимам роботи схеми.
Параметри конструкції	див. рисунок 2.7
Параметри та характеристики	
Робоча температура	Від -40°C до +85°C
Номінальна напруга	16 В
Ємність	22-100 мкФ
Тангенс кута втрат	0.10 - 0.16



Виробник	Розміри (D×L, мм)
JAMICON	5×11

Рисунок 2.7 – Габаритні розміри електролітичного конденсатора JAMICON

Таблиця 2.8 – Постійний керамічний конденсатор Kemet [8]

Позиційне позначення	C4-C7
Назва та тип компонента	Постійні керамічні конденсатори
Виробник	Kemet
Критерії виробу	Номінал, допустимий відхил, ємність, номінал напруги,
Параметри конструкції	DIP, див. рисунок 2.8
Параметри та характеристики	
Діапазон робочої температури	Від -100°C до +150°C
Номінальна напруга	50 В
Ємність	100нФ
Відхилення від номіналу	±10%

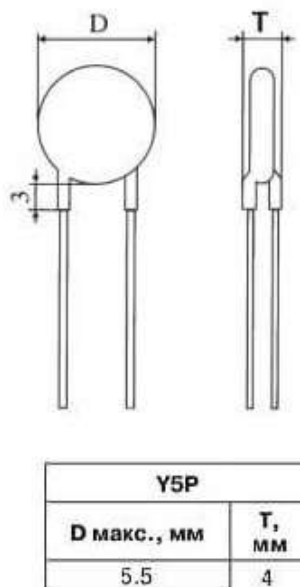


Рисунок 2.8 – Габаритні розміри постійного керамічного конденсатора
Kemet

Таблиця 2.9 – Кнопка KAN 0611-1301B [9]

Позиційне позначення	SA1
Назва та тип компонента	KAN 0611-1301B
Виробник	KAN
Критерії виробу	Спосіб монтажу, розміри корпусу,
Параметри конструкції	див. рисунок 2.9
Параметри та характеристики	
Максимальна напруга	12 В
Максимальний струм	0,2 А

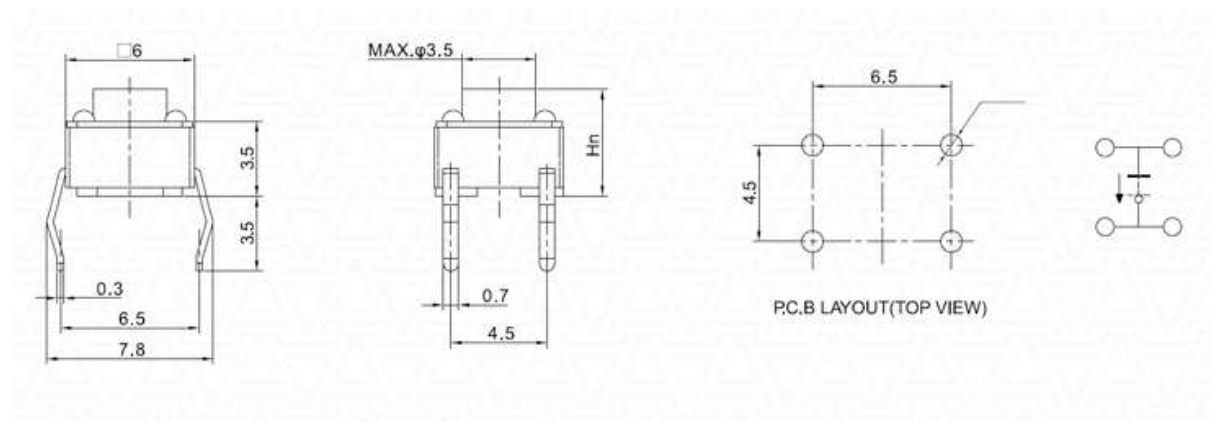


Рисунок 2.9 – Габаритні розміри кнопки

Таблиця 2.10 – Транзистор SS8050 [10]

Позиційне позначення	VT1
Назва та тип компонента	Транзистор SS8050
Виробник	Texas Instruments
Критерії виробу	Граничні значення, режим роботи та підсилення, конструкція корпусу
Параметри конструкції	ТО-92, див. рисунок 2.10
Параметри та характеристики	
Напруга колектор-база	-40В
Напруга колектор-емітер	-25В
Максимальний струм	1.5А
Структура	NPN
Потужність розсіювання	1Вт
Коефіцієнт підсилення	Від 85 до 400
Гранична частота роботи	100МГц
Діапазон робочої температури	Від -55°C до +125°C

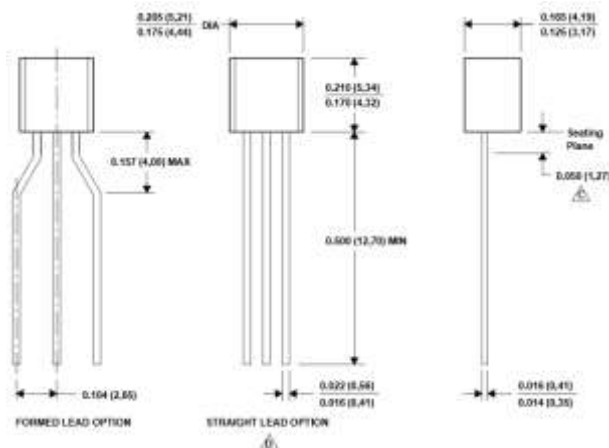


Рисунок 2.10 – Габаритні розміри транзистора SS8050

Таблиця 2.11 – Кварцовий резонатор на 8 МГц [11]

Позиційне позначення	ZQ1
Назва та тип компонента	Кварцовий резонатор на 8 МГц
Виробник	Vishey
Критерії виробу	Робоча частота
Параметри конструкції	див. рисунок 2.11
Параметри та характеристики	
Робоча частота	8 МГц
Допустима похибка	30 Гц
Робоча температура	Від -50°C до +50°C

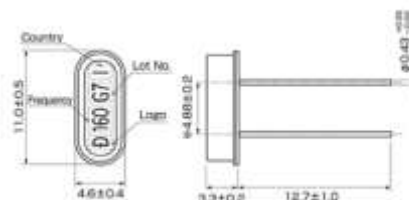


Рисунок 2.11 – Габаритні розміри кварцового резонатора на 8 МГц

Таблиця 2.12 – Відтворювач звуку KPI-2610 [12]

Позиційне позначення	BF1
Назва та тип компонента	Бузер KPI-2610
Виробник	Ningbo
Критерії виробу	Робоча напруга, габаритні розміри, частота роботи
Параметри конструкції	див. рисунок 2.12
Параметри та характеристики	
Робоча частота	110 МГц
Напруга живлення	3-24 В
Частота роботи	3,5кГц
Робоча температура	Від -50°C до +50°C

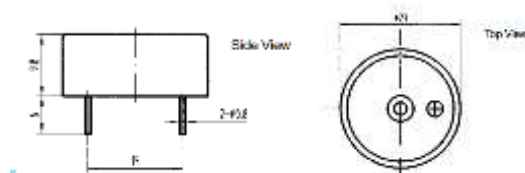


Рисунок 2.12 – Габаритні розміри бузера KPI-2610

Таблиця 2.13 – Дисплей Nokia 5110 [13]

Позиційне позначення	HG1
Назва та тип компонента	Дисплей Nokia 5110
Виробник	Nokia
Критерії виробу	Тип модуля, робоча напруга, якість контактів, контрастність, колір підсвічування
Параметри конструкції	див. рисунок 2.13
Параметри та характеристики	
Напруга живлення	5 В
Роздільна здатність	84 × 48 пікселів
Швидкість передачі даних	До 4 Мбіт/с
Інтерфейс	Послідовний SPI
Тип матриці	Монохромна графічна

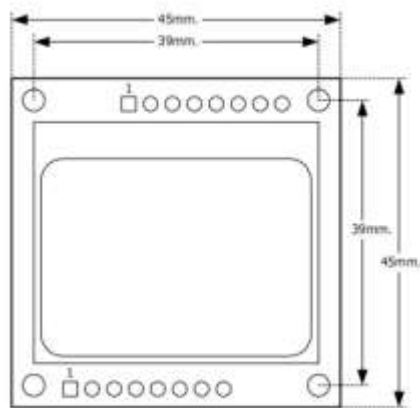


Рисунок 2.13 – Габаритні розміри дисплею Nokia 5110

Таблиця 2.14 – Запобіжник [14]

Позиційне позначення	FU1
Назва та тип компонента	Запобіжник Eaton Bussmann S506-250-R
Виробник	Eaton, серія Bussmann
Критерії виробу	Номінальна напруга, номінальний струм, конструктив
Параметри конструкції	див. рисунок 2.14
Параметри та характеристики	
Тип запобіжника	плавкий запобіжник, time-delay (уповільненої дії)
Номінальний струм	250мА
Номінальна напруга	250В
Конструктив	Скляна трубка
Робочі теператури	від -40 °С до +125 °С;
Стандарт	IEC 60127-1/2

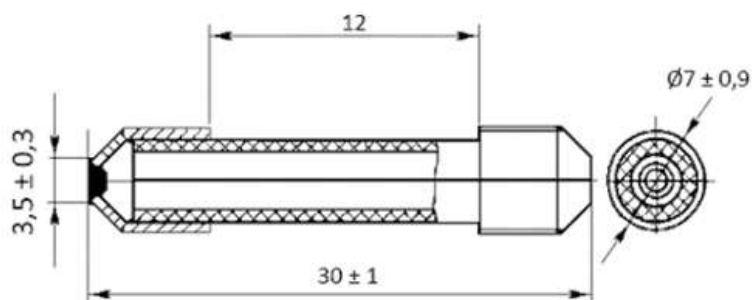


Рисунок 2.14 – Габаритні розміри запобіжника

Таблиця 2.15 – Енкодер[15]

Позиційне позначення	E1
Назва та тип компонента	Енкодер Bourns PEC11L
Виробник	Bourns
Критерії виробу	Інкrementний енкодер, вбудована кнопка, мало сигнальні контакти, дискретність
Параметри конструкції	див. рисунок 2.15
Параметри та характеристики	
Вихід	2-bit quadrature code
Капруга та струм контактів:	10 mA, 5 V DC
Кількість імпульсів	9 / 15 / 20 імп./об
Тип кнопки	моментальна, SPST
Ресурс спрацювання	$\geq 100\,000$ циклів
Робоча температура	-25...+80 °C

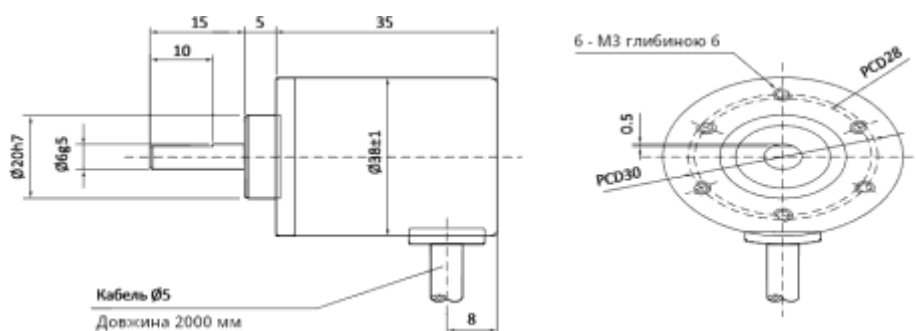


Рисунок 2.15 – Габаритні розміри енкодера

Таблиця 2.16 – Електромагнітне реле JQC-3FF [16]

Позиційне позначення	K1
Назва та тип компонента	Електромагнітне реле JQC-3FF
Виробник	Hongfa Technology
Критерії виробу	Кількість контактів, напруга спрацювання, робоча частота та тип реле
Параметри конструкції	SPDT, див. рисунок 2.16
Параметри та характеристики	
Напруга спрацювання	5 В
Максимальний струм	10 А
Максимальна напруга	240 В
Кількість контактів	5
Час спрацювання	≤ 10 мс
Час відпускання	≤ 5 мс
Тип реле	Перемикаючий
Діапазон робочої температури	Від -40°C до +85 °C

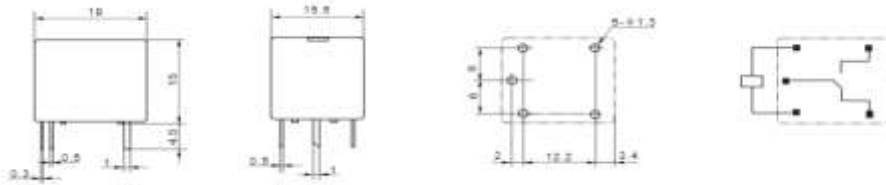


Рисунок 2.16 – Габаритні розміри електромагнітного реле JQC-3FF

Таблиця 2.17 – Трансформатор BV EI 303 2012 [17]

Позиційне позначення	T1
Назва та тип компонента	НАНН BV EI 303 2012
Виробник	НАНН
Критерії виробу	Напруга мережевої обмотки, вторинна напруга
Параметри конструкції	, див. рисунок 2.17
Параметри та характеристики	
Напруга первинної обмотки	230 В
Напруга вторинної обмотки	12В
Струм	191мА
Потужність	2,3Вт
Температурний клас	70°C/F

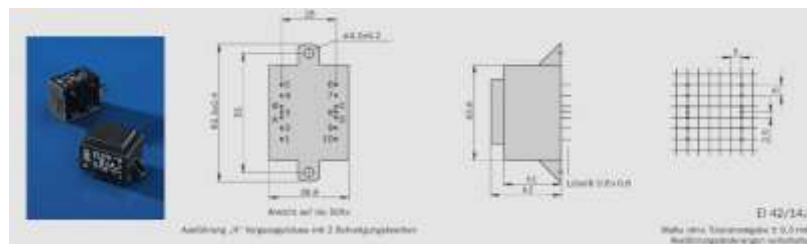


Рисунок 2.17 – Габаритні розміри тансформатора

Таблиця 2.18 – Світлодіод [18]

Позиційне позначення	HL1
Назва та тип компонента	Світлодіод типу OSN(R,G,Y)3164B
Виробник	G-Nor
Критерії виробу	Надійність, висока яскравість, малі габарити
Параметри конструкції	OSN(R,G,Y)3164B, див. рисунок 2.18
Параметри та характеристики	
Прямий постійний струм	30 мА
Прямий імпульсний струм	100 мА
Зворотна напруга	5 В
Тип корпусу	Круглий 3 мм

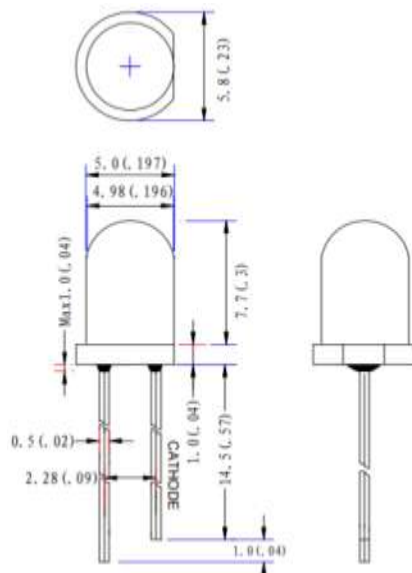


Рисунок 2.18 – Габаритні розміри світлодіодів

2.1.4 Опис конструкції друкованої плати

Друкована плата таймера зворотного відліку з енкодером є основним конструктивним елементом виробу, на якому розміщуються більшість електронних компонентів схеми. Вона забезпечує механічне кріплення радіоелементів та електричне з'єднання між ними за допомогою друкованих провідників.

Плата має прямокутну форму з габаритними розмірами 135×77,5 мм і товщиною 1,5 мм. Такі розміри дають змогу розмістити всі необхідні елементи схеми без надмірного ущільнення монтажу. На платі передбачені місця для встановлення трансформатора, діодного моста, стабілізатора напруги, конденсаторів, мікроконтролера, кварцового резонатора, реле, транзисторного ключа, дисплея, енкодера, світлодіода, бузера та роз'ємів.

Як матеріал для друкованої плати використано фольгований склотекстоліт СФ1-35-15. Цей матеріал має достатню механічну міцність, добрі електроізоляційні властивості та стійкість до температури під час паяння. Завдяки цьому плата зберігає форму під час монтажу і забезпечує надійну роботу електричних з'єднань.

Друкована плата виконана за 3 класом точності. Такий клас є достатнім для даного виробу, оскільки схема не має надто щільного монтажу і не містить

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		33

високочастотних вузлів. Крок координатної сітки становить 2,5 мм, що відповідає використанню переважно вивідних компонентів і полегшує їх розміщення на платі.

Згідно з кресленням, мінімальна ширина друкованих провідників становить 0,8 мм, а мінімальна відстань між друкованими провідниками - 0,2 мм. Такі параметри забезпечують достатню надійність провідного рисунка та зменшують імовірність коротких замикань між сусідніми провідниками. Ширина провідників вибрана з урахуванням струмів, які протікають у колах живлення, керування та індикації.

На платі передбачено металізовані монтажні отвори двох основних діаметрів: 0,7 мм і 0,9 мм. Отвори діаметром 0,7 мм використовуються для більшості вивідних компонентів, а отвори діаметром 0,9 мм - для елементів з більшими виводами або кріпильних точок. Для отворів діаметром 0,7 мм передбачено контактні площадки діаметром 1,5 мм, а для отворів діаметром 0,9 мм - контактні площадки діаметром 4 мм. Це забезпечує достатню площу для паяння і механічну міцність з'єднань.

Компонування плати виконано з урахуванням функціонального поділу схеми. Вузол живлення, до якого належать трансформатор, діоди випрямляча, фільтрувальні конденсатори та стабілізатор, розміщено окремо від мікроконтролерної частини. Такий підхід зменшує вплив пульсацій і завад на роботу цифрових кіл. Релейний вузол розташований ближче до вихідного роз'єму, що скорочує довжину силових з'єднань до навантаження.

Мікроконтролер розміщено в центральній частині плати, що є зручним для підведення сигнальних ліній до дисплея, енкодера, кнопки, світлодіода, бузера та релейного каскаду. Дисплейний модуль і енкодер розташовані так, щоб їх можна було вивести на передню панель корпусу. Це забезпечує зручність користування пристроєм і спрощує складання виробу.

Друковані провідники прокладені з урахуванням мінімальної довжини з'єднань між функціонально пов'язаними елементами. Силові лінії та лінії живлення розміщені так, щоб не створювати зайвих перетинів із сигнальними

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		34

колами. Така побудова сприяє підвищенню надійності роботи пристрою та спрощує контроль правильності монтажу.

Контактні площадки друкованої плати покриваються припоєм ПОС-60. Це полегшує процес паяння, покращує змочування площадок припоєм і захищає мідні поверхні від окиснення. Маркування плати виконується білою фарбою, що допомагає швидко визначати місця встановлення елементів під час складання та ремонту.

Конструкція друкованої плати відповідає вимогам до виробу даного типу. Вона забезпечує компактне розміщення компонентів, достатню електричну ізоляцію між провідниками, зручність монтажу та ремонтпридатність. Прийняті розміри, матеріал, клас точності та параметри провідного рисунка є обґрунтованими для таймера зворотного відліку з енкодером.

2.1.5 Розрахунок параметрів друкованого монтажу

Розрахунок параметрів друкованого монтажу виконують у декілька етапів. До них належать розрахунок кіл за змінним струмом, розрахунок кіл за постійним струмом та конструктивно-технологічний розрахунок.

Послідовність виконання розрахунку така:

1.3 урахуванням технологічних можливостей виготовлення обирають метод виробництва друкованої плати та її клас точності відповідно до ОСТ 4.010.022-85. Даний виріб має односторонню друковану плату, виготовлену хімічним методом.

2. Далі визначають мінімальну ширину друкованого провідника для кіл живлення і заземлення за постійним струмом, мм.

$$b_{min1} = \frac{I_{max}}{i_{доп} \cdot t} = \frac{1A}{38 A/мм^2 \cdot 0.05мм} \approx 0,5мм \quad (1.1)$$

де I_{max} – максимальний постійний струм, який протікає в провідниках визначається із аналізу принципової схеми;

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		35

$j_{\text{доп}}$ – допустима густина струму, вибирається в залежності від методу виготовлення плати з табл.1.21

t – товщина провідника, мм.

Таблиця 1.21 Допустима густина струму в залежності від методу виготовлення

Метод виготовлення	товщина фольги t , мкм	Допустима густина струму, $j_{\text{доп}}$, А / мм ²	Питомий опір, ρ , Ом мм ² / м
Хімічний	20	75	0,0175
	35	48	
	50	38	

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

$$b_{\min 2.5V} = \frac{\rho \cdot I_{\max} \cdot l}{t \cdot U_{\text{доп}}} = \frac{0,0175 \cdot 1 \cdot 0,425\text{м}}{0,05 \cdot 0,25\text{В}} = 0,6\text{мм} \quad (1.2)$$

$$b_{\min 2.12V} = \frac{\rho \cdot I_{\max} \cdot l}{t \cdot U_{\text{доп}}} = \frac{0,0175 \cdot 10 \cdot 0,425\text{м}}{0,05 \cdot 0,6\text{В}} = 2,5\text{мм} \quad (1.3)$$

де ρ – питомий об'ємний опір

l – довжина провідника, м. (периметри плати).

$U_{\text{доп}}$ – допустиме падіння напруги, визначається з аналізу принципової схеми і не повинно перевищувати 5% від напруги живлення мікросхем і не більше запасу завадостійкості мікросхем.

2. Визначаємо номінальне значення діаметрів монтажних отворів d :

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

$$d_{SA} = 0,7 + |0,15| + 0,1 = 0,95 \text{ мм} \approx 1,1 \text{ мм} \quad (1.4)$$

$$d_{DIP-28, TO-92, R, HL} = 0,55 + |0,15| + 0,1 = 0,8 \text{ мм} \approx 0,9 \text{ мм} \quad (1.5)$$

$$d_{BA, K, T} = 0,9 + |0,15| + 0,1 = 1,15 \text{ мм} \approx 1,3 \text{ мм} \quad (1.6)$$

$$d_{C, VT} = 0,6 + |0,15| + 0,1 = 0,85 \text{ мм} \approx 0,9 \text{ мм} \quad (1.7)$$

де, d_E – максимальний діаметр виводу встановлюваного ЕРЕ

$\Delta d_{H.B.}$ – нижнє граничне відхилення від номінального діаметру монтажного отвору.

r – різниця між мінімальним діаметром отвору і максимальним діаметром вивода ЕРЕ, її вибирають в межах 0,1...0,4мм.

Розраховані значення d зводять до нормалізованого ряду отворів: 0,7; 0,9; 1,1; 1,3; 1,5мм. При цьому слід враховувати, що мінімальний діаметр монтажного отвору:

де H_{ci} – номінальна товщина i -шару;

H_{pri} – номінальна товщина матеріалу і прокладки зі склотканини;

n – число шарів;

h_n – товщина гальванічно-осаджених металів.

3. Розраховуємо діаметр контактних площадок. Мінімальний діаметр контактних площадок для ОДП і внутрішніх шарів БДП, виготовлених методом:

$$D_{min} = D_{1min} + 1.5h_{\phi} + 0.03$$

де h_{ϕ} – товщина фольги;

D_{1min} – мінімальний ефективний діаметр площадки

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

$$D_{1min} = 2 \left(0.045 + \frac{1.55}{2} + 0.15 + 0.25 \right) = 2.44 \text{ мм} \quad (1.8)$$

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

δd і δp – допуски на розташування отворів і контактних площадок(див табл. 1.51);

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

$$d_{max} = d + \Delta d + (0.1 \dots 0.15)$$

$$d_{maxBA} = 1,3 + 0,15 + 0,1 = 1,55 \quad (1.9)$$

Мінімальний діаметр, мм, контактних площадок для односторонньої

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		37

друкованої плати, виготовленої хімічним методом:

$$D_{\min} = D_{1\min} + 1.5h_{\phi} + 0.03$$

$$D_{\min BA} = 2.44 + 1.5 \cdot 0.035 + 0.03 \approx 2.52 \text{ мм} \quad (1.102)$$

односторонньої друкованої плати, виготовленої хімічним методом:

$$D_{\min} = D_{1\min} + 0.03$$

$$D_{\min BA} = 2.52 + 0.03 = 2.55 \text{ мм} \quad (1.11)$$

Максимальний діаметр контактної площадки:

$$D_{\max} = D_{\min} + (0.02 \dots 0.06)$$

$$D_{\max BA} = 2.55 + 0.05 = 2.6 \text{ мм} \quad (1.12)$$

4. Визначаю ширину провідників. Мінімальна ширина провідників для ОДП і внутрішніх шарів БДП, які виготовлені хімічним методом :

$$b_{\min} = b_{1\min} + 1.5h_{\phi}$$

де: $b_{1\min}$ – мінімальна ефективна ширина провідника, мм.

$b_{1\min} = 0,18$ мм для плат 1-, 2- і 3-го класу точності,

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

Мінімальна ширина провідників, мм,:

$$b_{\min} = 0.18 + 1.5 \cdot 0.035 = 0.2325 \text{ мм} \quad (1.13)$$

Мінімальна ширина провідників,:

$$b_{\min} = b_{1\min} + 1.5h_{\phi} + 0.03$$

$$b_{\min} = 0.18 + 1.5 \cdot 0.035 + 0.03 \approx 0.2625 \text{ мм} \quad (1.14)$$

Максимальна ширина провідників

$$b_{\max} = b_{\min} + (0.02 \dots 0.06)$$

$$b_{\max} = 0.2625 + 0.0375 = 0.3 \text{ мм} \quad (1.15)$$

Визначаю мінімальну відстань між елементами провідного малюнку.

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

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		38

$$s_{1min} = 5 - \left[\left(\frac{2.6}{2} + 0.25 \right) + \left(\frac{1.55}{2} + 0.1 \right) \right] = 2,575 \text{ мм} \approx 2,6 \text{ мм} \quad (1.16)$$

Мінімальна відстань між двома контактними площадками:

$$\begin{aligned} s_{1min} &= L_0 - (D_{max} + 2\delta p) \\ s_{3min} &= L_0 - (D_{max} + 2\delta l) \\ s_{2min} &= 5 - (2,6 + 0.5) = 1,9 \text{ мм} \end{aligned} \quad (1.17)$$

Мінімальна відстань між двома провідниками:

$$s_{3min} = 5 - (2,6 + 0.2) = 2,2 \text{ мм} \quad (1.18)$$

В результаті проведення конструктивного розрахунку друкованого монтажу були отримані такі дані:

1. Мінімальна ширина друкованого провідника по постійному струму для кіл живлення і заземлення..... $b_{min1} = 0,5 \text{ мм}$
2. Мінімальна ширина провідника виходячи з допустимого падіння напруги, мм $b_{min2} = 0,6 \text{ мм}$
3. Відповідно до ряду номінальних значень вибрано діаметр монтажних отворів для ТО-92, DIP-28, R, HL, C – 0,9мм; шлейф, SA – 1,1мм, ВА – 1,3мм,
4. Мінімальний діаметр контактних площадок для діаметру монтажних отворів 1,3 мм $D_{min} = 2,52 \text{ мм}$
5. Максимальний діаметр контактних площадок для діаметру монтажних отворів 1,3мм $D_{max} = 2,6 \text{ мм}$
6. Мінімальна ширина провідників $b_{min} = 0,23 \text{ мм}$
7. Максимальна ширина провідників..... $b_{max} = 0,3 \text{ мм}$
8. Мінімальна відстань між елементами провідного малюнку
 $s_{1min} = 2,6 \text{ мм}$
9. Мінімальна відстань між двома контактними площадками
 $s_{2min} = 1,9 \text{ мм}$
10. Мінімальна відстань між двома провідниками $s_{3min} = 2,2 \text{ мм}$

2.1.6 Оцінка теплових режимів роботи виробу

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		39

Оцінка теплового режиму роботи виробу виконується для перевірки того, чи не виникає надмірного нагрівання елементів під час експлуатації таймера зворотного відліку з енкодером. Для даного пристрою це важливо, оскільки в його складі є вузол живлення, стабілізатор напруги, релейний виконавчий блок та інші елементи, які під час роботи можуть виділяти тепло.

Проектований виріб живиться від мережі 230 В. Пониження напруги здійснюється трансформатором Т1, після чого напруга випрямляється діодним мостом VD1-VD4, згладжується конденсаторами та стабілізується мікросхемою DA1. Найбільше теплове навантаження у схемі припадає на трансформатор Т1, стабілізатор напруги DA1, діоди випрямляча VD1-VD4, транзистор VT1 та реле К1.

Основним джерелом нагрівання в низьковольтній частині є лінійний стабілізатор DA1 типу L7805. Він знижує напругу після випрямляча до стабілізованого рівня 5 В, необхідного для живлення мікроконтролера, дисплея та інших цифрових вузлів. Частина енергії при цьому розсіюється у вигляді тепла.

Потужність, яка розсіюється на стабілізаторі, можна оцінити за формулою:

$$P_{розс} = (U_{вх} - U_{вих}) \cdot I_n,$$

де $U_{вх}$ - напруга на вході стабілізатора, В;

$U_{вих}$ - вихідна напруга стабілізатора, В;

I_n - струм навантаження, А.

Оскільки вихідна напруга стабілізатора становить 5 В, а споживання цифрової частини пристрою є відносно невеликим, нагрівання DA1 не повинно перевищувати допустимих меж. За потреби для стабілізатора в корпусі ТО-220 можна передбачити встановлення невеликого тепловідводу або залишити навколо нього вільний простір для природного охолодження.

Додаткове тепловиділення виникає на діодах мостового випрямляча VD1-VD4. Під час проходження струму через діоди на них виникає падіння напруги, у результаті чого частина потужності перетворюється в тепло. Однак

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

струм споживання таймера є невеликим, тому нагрівання діодів не є критичним. Використання діодів із допустимим струмом 1 А забезпечує достатній запас для роботи випрямляча.

Трансформатор Т1 також є джерелом тепла, оскільки під час роботи нагріваються його обмотки та магнітопровід. Для даного пристрою застосований малопотужний понижувальний трансформатор, тому його тепловиділення є помірним. У корпусі необхідно забезпечити достатній вільний простір навколо трансформатора, щоб тепло могло відводитися природною конвекцією.

Реле К1 нагрівається під час тривалого перебування у ввімкненому стані, оскільки через його котушку протікає струм. Крім того, під час комутації навантаження можливе нагрівання контактів реле. Для зменшення впливу цього нагрівання реле розміщується ближче до вихідного роз'єму та окремо від мікроконтролерної частини. Це також зменшує вплив силового вузла на цифрові кола.

Транзистор VT1 працює у ключовому режимі та керує котушкою реле. У відкритому стані його опір є малим, тому потужність розсіювання на транзисторі незначна. Захисний діод VD5, увімкнений паралельно котушці реле, зменшує імпульсні перенапруги при вимиканні реле і тим самим підвищує надійність роботи транзисторного каскаду.

Корпус виробу має розміри 160×90×46 мм, що забезпечує достатній внутрішній об'єм для розміщення друкованого вузла та відведення тепла від основних елементів. Друкована плата розміром 135×77,5 мм дає можливість розташувати тепловиділяючі елементи не надто щільно. Це покращує умови природного охолодження і зменшує локальний перегрів.

Оскільки пристрій не містить потужних силових напівпровідникових елементів або елементів з великим тепловиділенням, примусове охолодження для нього не потрібне. Тепло відводиться природним шляхом через повітря всередині корпусу, поверхню друкованої плати та корпус виробу. Для

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		41

покращення теплового режиму бажано не розміщувати трансформатор, стабілізатор і реле впритул один до одного.

Нормальний тепловий режим виробу забезпечується за рахунок правильного вибору елементної бази, достатніх габаритів корпусу, раціонального розташування тепловиділяючих компонентів і природного охолодження. При експлуатації таймера у сухих закритих приміщеннях при допустимій температурі навколишнього середовища перегрів основних вузлів не очікується.

2.1.7 Розрахунок надійності проектного виробу

В цьому пункті здійснюється розрахунок надійності проектного таймера зворотного відліку з енкодером по раптовим експлуатаційним відмовам з використанням комп'ютерної програми NAD_Release. В якості вхідних даних використовуються показники надійності окремих радіоелементів.

Таблиця 1.19 – Вхідні дані для розрахунку надійності

№ з/п	Назва групи радіоелементів	К-сть, шт.	Кпопр	Івідм * 10–6 1/год	К-сть *Кпопр * Івідм * 10–6
1	2	3	4	5	6
1	Напівпровідникові інтегральні мікросхеми	1	1	0,03	0,03
2	Стабілітрони малої потужності	1	0,81	4,5	3,645
3	Діоди випрямляючі великої потужності	4	0,35	6	8,4
4	Діоди випрямляючі малої потужності	1	0,35	0,7	0,245
5	Резистори постійні 0.125 - 0.5 Вт	4	0,42	0,8	1,344

Продовження таблиці 2.

1	2	3	4	5	6
6	Конденсатори електролітичні	3	0,4	2,4	2,88
7	Конденсатори керамічні	4	0,1	1,4	0,56
8	Світлодіоди	1	1	4	4
9	Перемикач (на один контакт)	1	1	0,5	0,5
10	Транзистори НЧ кремнієві	1	0,35	4	1,4
11	Резонатори кварцові	1	1	0,2	0,2
12	Запобіжник	1	1	0,5	0,5
13	Головки динамічні (звук.)	1	1	6,5	6,5
14	Дисплей	1	1	0,5	0,5
15	Енкодер	1	0,42	5	2,1
16	Реле малогабаритні (на одну конт. групу)	1	1	2,2	2,2
17	Трансформатори живлення	1	0,1	3	0,3
18	Друкована плата	1	1	0,1	0,1
19	Роз'єм (на один контакт)	3	1	0,05	0,15
20	Провідники та пайки навісні	15	1	0,02	0,3

Таблиця 1.20 – Коефіцієнти впливу

№ з/п	Назва коефіцієнту	Значення
1	Коефіцієнт механічних впливів:	1
2	Коефіцієнт впливу вологості і температури:	1
3	Коефіцієнт атомосферних впливів:	1

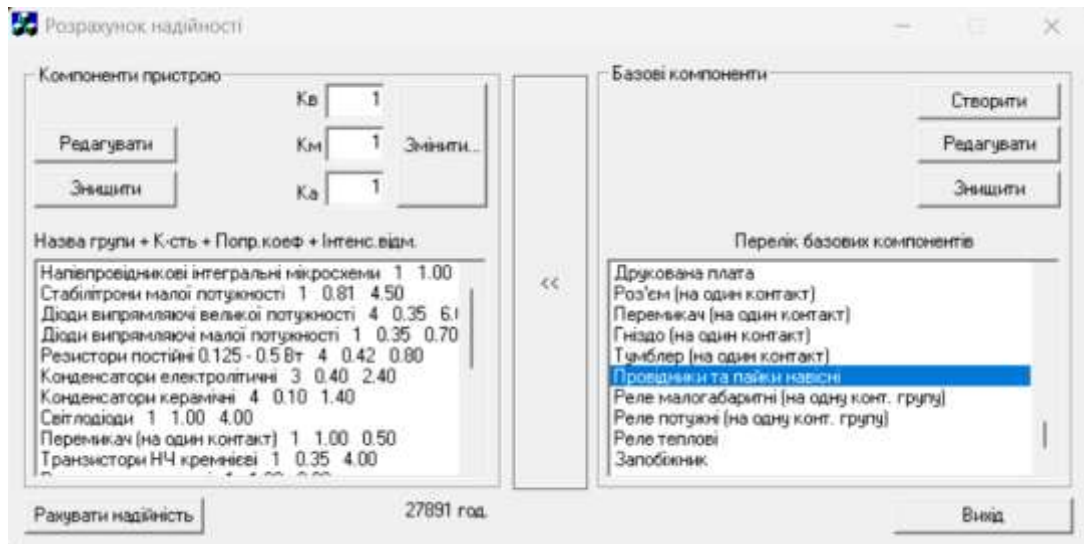


Рисунок 1.20 – Головне вікно програми для розрахунку надійності

В результаті розрахунку отриманий графік залежності імовірності безвідмовної роботи таймера зворотного відліку з енкодером від часу роботи, представлений на рисунку 1.20, при цьому отримано значення середнього напрацювання до відмови 27 891 год.

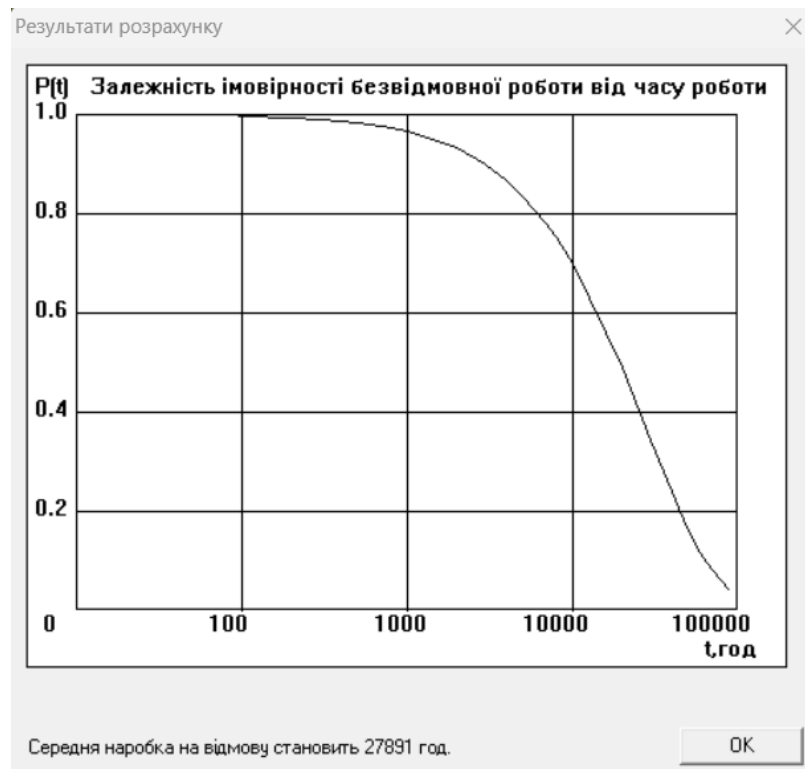


Рисунок 1.21 – Вікно програми з результатами розрахунку

Результати розрахунку:

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		44

Інтенсивність відмов: $3.5854e-005$ 1/год

Середня наробка до відмови: 27890.9 год.

Розрахунок ймовірності безвідмовної роботи $P(t)$:

$t = 10$ год. $P(t) = 0.999642$

$t = 100$ год. $P(t) = 0.996421$

$t = 1000$ год. $P(t) = 0.964781$

$t = 10000$ год. $P(t) = 0.698696$

$t = 100000$ год. $P(t) = 0.027726$

Отримане значення середньої наробки на відмову 27891 год є прийнятним для стаціонарного електронного пристрою даного класу і підтверджує його достатню експлуатаційну надійність.

2.1.8 Техніко-економічний аналіз конструкції виробу. Розрахунок споживаної потужності

Конструкція таймера зворотного відліку з енкодером є обґрунтованою з технічної та економічної точки зору. Пристрій має нескладну будову, використовує поширену елементну базу та не потребує дорогих або складних у виготовленні вузлів. Основні елементи схеми розміщуються на друкованій платі, що зменшує кількість навісних з'єднань, спрощує монтаж і підвищує надійність виробу.

Економічність конструкції забезпечується використанням стандартних компонентів: мікроконтролера ATmega168, стабілізатора L7805, діодів, резисторів, конденсаторів, реле, дисплея Nokia 5110, енкодера та понижувального трансформатора. Такі компоненти є доступними, мають невеликі габарити та не потребують спеціальних умов монтажу. Застосування переважно вивідної елементної бази також позитивно впливає на вартість складання та ремонтпридатність пристрою.

Корпус виробу має просту прямокутну форму, що спрощує його виготовлення. Використання пластикового корпусу є доцільним, оскільки він

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

має малу масу, достатню міцність і добрі електроізоляційні властивості. Крім того, такий корпус не потребує складної механічної обробки, а отвори під дисплей, енкодер, кнопку та вихід реле можуть бути виконані стандартними технологічними операціями.

З техніко-економічної точки зору важливою перевагою виробу є його ремонтпридатність. У разі несправності окремі компоненти можна замінити без повної заміни друкованого вузла. Це знижує витрати на обслуговування і продовжує строк використання пристрою. Розбірна конструкція корпусу та вивідний монтаж елементів спрощують доступ до плати і контроль електричних з'єднань.

Розрахуємо орієнтовну споживану потужність таймера. Робоча напруга цифрової частини пристрою становить 5 В, а максимальний струм споживання приймаємо 1 А. Корисна вихідна потужність:

$$P_{\text{нч}} = U_{\text{ж}} \cdot I_{\text{сп}}, \quad (1.19)$$

$$P_{\text{нч}} = 5 \cdot 1 = 5 \text{ Вт.}$$

Оскільки живлення пристрою здійснюється від мережі 230 В через трансформатор, випрямляч і стабілізатор напруги, необхідно врахувати втрати у вузлі живлення. Для орієнтовного розрахунку приймаємо коефіцієнт корисної дії джерела живлення: 0,75.

Відповідно, споживана потужність становить:

$$P_{\text{мер}} = \frac{P_{\text{нч}}}{\eta} = \frac{5}{0,75} = 6,67 \text{ Вт.}, \quad (1.20)$$

Орієнтовний струм, який споживається від мережі 230 В, визначається за формулою:

$$I_{\text{мер}} = \frac{P_{\text{мер}}}{230} = \frac{6,67}{230} = 0,029 \text{ А}, \quad (1.21)$$

Потрібно враховувати, що релейний вихід таймера призначений для комутації зовнішнього навантаження. Потужність навантаження, яке

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		46

підключається до виходу реле, не належить до власного споживання таймера, оскільки пристрій лише перемикає це коло. Власне споживання виробу визначається роботою мікроконтролера, дисплея, стабілізатора, реле, звукової та світлової індикації.

Прийнята конструкція є економічно доцільною, оскільки має невелику споживану потужність, використовує доступні компоненти, простий корпус і друковану плату нескладної конфігурації. Виріб не потребує примусового охолодження, складного налагодження або дорогого обладнання для монтажу. Це робить таймер зворотного відліку з енкодером придатним для практичного виготовлення, навчального використання та дрібносерійного виробництва.

2.1 Технологічна частина

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

Складання і монтаж таймера зворотного відліку з енкодером є важливим етапом виготовлення виробу, оскільки від якості виконання монтажних операцій залежить працездатність, надійність і довговічність пристрою. Проектований виріб складається з друкованого вузла, корпусу, дисплея, органів керування, вузла живлення, релейного виходу та з'єднувальних елементів.

Основою виробу є друкована плата розміром 135×77,5 мм, на якій встановлюються більшість елементів електричної принципової схеми. До них належать мікроконтролер, резистори, конденсатори, діоди, стабілізатор напруги, кварцовий резонатор, транзистор, реле, трансформатор, бузер, світлодіод, дисплейний модуль, енкодер і роз'єми. Таке компонування зменшує кількість навісних провідників і спрощує контроль правильності з'єднань.

Для проектованого виробу доцільно застосувати технологію вивідного монтажу з ручним або дрібносерійним складанням. Такий тип технології є найбільш раціональним, оскільки у схемі переважають компоненти з

					<i>26 КР 172.403.023.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		47

выводами, а сама конструкція не потребує складного автоматизованого обладнання. Вивідний монтаж також полегшує ремонт виробу, тому що окремі елементи можна замінити без повної заміни друкованої плати.

Установку і формування виводів елементів виконують з урахуванням кроку координатної сітки 2,5 мм. Перед монтажем проводять підготовку компонентів: перевіряють їх номінали, зовнішній вигляд, цілісність виводів і відповідність позиційним позначенням на складальному кресленні. Виводи елементів формують таким чином, щоб вони без перекосів входили в монтажні отвори друкованої плати.

Монтаж доцільно виконувати у певній послідовності. Спочатку встановлюють елементи малої висоти: резистори, діоди, кварцовий резонатор та частину конденсаторів. Після цього монтують елементи середньої висоти: мікроконтролер, електролітичні конденсатори, стабілізатор напруги, транзистор і світлодіод. На завершальному етапі встановлюють більш габаритні елементи: трансформатор, реле, дисплей, енкодер, кнопку та роз'єми.

Паяння елементів виконується припоєм ПОС61. Під час паяння необхідно забезпечити якісне змочування контактних площадок і виводів компонентів. Паяні з'єднання повинні бути рівномірними, без тріщин, напливів, непропаяних місць і перемичок між сусідніми провідниками. Особливу увагу слід приділяти ділянкам вузла живлення та релейного виходу, оскільки вони працюють з більшими струмами порівняно із сигнальними колами.

Після завершення паяння друкований вузол очищають від залишків флюсу та проводять візуальний контроль монтажу. Перевіряють правильність встановлення полярних елементів: діодів, електролітичних конденсаторів, стабілізатора напруги, світлодіода та мікроконтролера. Також контролюють відсутність коротких замикань між друкованими провідниками і якість усіх паяних з'єднань.

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

Після контролю друкований вузол покривають лаком АКА-113. Лакове покриття захищає провідники та паяні з'єднання від вологи, пилу й окиснення. Це підвищує електроізоляційні властивості поверхні плати і сприяє довговічності виробу під час експлуатації.

Складання виробу в корпусі виконують після перевірки друкованого вузла. Корпус має розміри 160×90×46 мм, що дозволяє розмістити плату, дисплей, енкодер, кнопку, вихід реле та інші елементи. Друковану плату закріплюють у корпусі так, щоб вона не зміщувалася під час роботи і не торкалася внутрішніх поверхонь корпусу в місцях, де можливе порушення ізоляції.

Дисплей і органи керування виводять на передню панель корпусу. Це забезпечує зручність користування таймером під час налаштування часу та контролю режимів роботи. Вихід реле розміщують на боковій частині корпусу, що спрощує підключення зовнішнього навантаження і відокремлює силові з'єднання від органів керування.

Електромонтаж усередині корпусу виконують відповідно до схеми електричної принципової. Провідники повинні мати достатню довжину для підключення, але не створювати зайвих петель і натягу. Мережеві та силові кола необхідно прокладати окремо від сигнальних ліній, щоб зменшити вплив завад на мікроконтролерну частину пристрою.

Для даного виробу обрано технологію ручного складання з використанням вивідного монтажу. Такий вибір є обґрунтованим, оскільки пристрій має відносно просту конструкцію, невелику кількість компонентів і призначений для навчального або дрібносерійного виготовлення. Обрана технологія забезпечує достатню якість монтажу, ремонтпридатність і не потребує дорогого автоматизованого обладнання.

2.2.2 Якісна оцінка технологічності конструкції

Технологічність конструкції визначає, наскільки виріб зручний для виготовлення, складання, монтажу, контролю, налагодження та ремонту. Для

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		49

таймера зворотного відліку з енкодером якісну оцінку технологічності доцільно виконувати за такими основними ознаками: простота конструкції, раціональність компонування, доступність елементної бази, зручність монтажу, можливість контролю та ремонтпридатність.

Конструкція виробу є достатньо простою, оскільки основні функціональні вузли розміщені на друкованій платі. Це зменшує кількість додаткових з'єднань, спрощує складання та підвищує надійність електричного монтажу. Прямокутна форма друкованої плати та корпусу також позитивно впливає на технологічність, оскільки спрощує виготовлення, встановлення плати і подальше складання виробу.

Застосування вивідних компонентів є доцільним для даної конструкції. Такий монтаж зручний для ручного складання, не потребує складного автоматизованого обладнання та дозволяє легко контролювати якість паяння. Формування виводів і встановлення елементів виконується за координатною сіткою, що спрощує розміщення деталей на платі та зменшує ймовірність помилок під час монтажу.

Елементна база виробу є поширеною і доступною. У схемі використано стандартні радіоелементи, які не потребують спеціальних умов зберігання або складних способів встановлення. Це полегшує підготовку до складання, заміну елементів у разі несправності та знижує загальну складність виготовлення виробу.

Компонування друкованої плати можна вважати раціональним, оскільки вузли розміщені відповідно до їх функціонального призначення. Живлення, керування, індикація та релейний вихід не змішані хаотично, що полегшує перевірку схеми і пошук несправностей. Таке розташування також зменшує вплив силових кіл на мікроконтролерну частину пристрою.

Монтажна технологічність виробу є достатньою. Доступ до місць паяння не ускладнений, а контактні площадки мають розміри, придатні для якісного ручного паяння. Після встановлення компонентів можна провести візуальний

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

контроль правильності монтажу, перевірити полярність елементів і переконатися у відсутності коротких замикань між провідниками.

Конструкція є зручною для налагодження. Оскільки основні вузли зосереджені на одній платі, перевірку можна виконувати послідовно: спочатку вузол живлення, потім мікроконтролерну частину, індикацію, органи керування та релейний вихід. Такий підхід спрощує виявлення можливих помилок складання або несправних елементів.

Ремонтопридатність виробу також можна оцінити позитивно. Розбірний корпус і вивідний монтаж дають можливість отримати доступ до плати та замінити окремі компоненти без повного демонтажу всієї конструкції. Маркування елементів на платі додатково спрощує обслуговування, оскільки дозволяє швидко знайти потрібний елемент за позиційним позначенням.

Захисне лакове покриття друкованого вузла підвищує експлуатаційну надійність виробу. Воно зменшує вплив пилу, вологи та окиснення на паяні з'єднання і провідниковий рисунок. При цьому операція лакування не є складною і може виконуватися після завершення монтажу та контролю плати.

До особливостей конструкції, які потребують уваги під час складання, можна віднести наявність габаритних елементів і вузлів, що працюють з мережевою напругою. Їх необхідно встановлювати акуратно, з дотриманням ізоляційних відстаней і правильного механічного кріплення. Однак ці вимоги не ускладнюють конструкцію настільки, щоб знизити її загальну технологічність.

Якісна оцінка показує, що конструкція таймера зворотного відліку з енкодером є технологічною. Вона придатна для ручного складання, зручна для контролю, не потребує дорогого обладнання та забезпечує достатню ремонтпридатність. Обрані конструктивні рішення відповідають умовам навчального або дрібносерійного виготовлення.

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		51

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

Друкована плата є основою монтажу електронних компонентів таймера зворотного відліку з енкодером. Від якості її виготовлення залежить надійність електричних з'єднань, правильність складання та стабільність роботи виробу.

Для виготовлення плати обрано хімічний метод. Він є доцільним для даної конструкції, оскільки провідниковий рисунок не має надмірної складності, а параметри доріжок і зазорів відповідають звичайним технологічним можливостям. Такий метод дає змогу отримати якісний друкований монтаж без застосування складного обладнання.

Основним матеріалом плати є фольгований склотекстоліт СФ1-35-15. Він має достатню механічну міцність, добрі електроізоляційні властивості та стійкість до температури під час паяння. Мідна фольга на поверхні матеріалу використовується для формування друкованих провідників і контактних площадок.

Технологічний процес виготовлення починається з підготовки заготовки плати, очищення та знежирення поверхні. Після цього на мідну фольгу переносять рисунок провідників, а зайву мідь видаляють травленням. Після травлення плату промивають, очищають і перевіряють якість провідникового рисунка.

Наступним етапом є свердління монтажних отворів для встановлення вивідних компонентів. Після цього контактні площадки покриваються припоєм ПОС-60, що захищає мідь від окиснення і покращує якість подальшого паяння.

До допоміжних матеріалів належать знежирювальні засоби, захисні матеріали для перенесення рисунка, травильний розчин, промивні рідини, флюс, припій і маркувальна фарба. Вони забезпечують правильне виконання технологічних операцій і контроль якості плати.

Після виготовлення плату перевіряють на відсутність розривів провідників, коротких замикань, пошкоджень контактних площадок і неточностей у розміщенні отворів. Після монтажу та паяння компонентів друкований вузол покривають лаком АКА-113 для захисту від пилу, вологи та окиснення.

Обрана технологія виготовлення є раціональною для проектного таймера. Вона забезпечує достатню якість друкованого монтажу, доступність матеріалів, простоту виготовлення та придатність до навчального або дрібносерійного виробництва.

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

Маршрутно-операційні карти складання наведені в додатках.

					<i>26 КР 172.403.023.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		53

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 – 1200-2500грн/м² за рік). При цьому вартість передавальних пристроїв включається в орендну плату будівель.

Вартість будівель розраховується за формулою:

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

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

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

$S_{\text{буд}}$ – площа будівлі, м² (приймається 100-150 м²).

$$V_{\text{буд}} = 1900 \cdot 105 = 199\,500 \text{ (грн)}$$

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

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

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

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

При цьому вартість обладнання складає:

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

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

$$B_{\text{обл}} = 199\,500 \cdot 0,45 = 89\,775 \text{ (грн)}$$

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

$$B_{\text{буд}\Sigma} = 199\,500 + 89\,775 = 289\,275 \text{ (грн)}$$

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

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

$$B_{\text{інстр}} = 89\,775 \cdot 0,02 \cdot 1,1 = 1\,975,05 \text{ (грн)}$$

3) Вартість виробничого та господарського інвентарю ($B_{\text{інв}}$) 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:

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

$$B_{\text{інстр}} = 89\,775 \cdot 0,03 \cdot 1,1 = 2\,962,58 \text{ (грн)}$$

4) Загальний обсяг виробничих інвестицій розраховується за формулою:

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

$$\Pi = 289\,275 + 1\,975,05 + 2\,962,58 = 294\,212,63 \text{ (грн)}$$

5) Величина амортизаційних відрахувань розраховується за формулою:

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

$$A = \frac{1\,975,05 \cdot 25\%}{100} = 493,76 \text{ (грн)}$$

$$A = \frac{2\,962,58 \cdot 25\%}{100} = 740,65 \text{ (грн)}$$

де $S_{\text{бал}}$ – балансова вартість основних фондів, грн. (для розрахунку

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		55

приймають величину вартості основних фондів, що розрахована за формулами 4–5 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

Таблиця 3.1 – Розрахунок річних амортизаційних відрахувань

№ з/п	Найменування основних фондів	Балансова вартість основних фондів, тис. грн.	Річна сума амортизаційних відрахувань, тис. грн.
1	Інструменти та прилади	1,975	0,494
2	Виробничий та господарський інвентар	2,963	0,741
	Всього:	4,938	1,234

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

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

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

$$B_m = 3885,18 \cdot 1,04 = 4040,59(\text{грн})$$

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

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

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

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

Таблиця 3.2 – Витрати матеріалів (покупних виробів) на одиницю продукції

№ з/п	Назва матеріалу / покупного виробу	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Загальна вартість, грн
1	2	3	4	5
1	Плата друкована	1	13,00	13,00
2	Верхня кришка	1	50,00	50,00
3	Нижня кришка	1	50,00	50,00
4	Конденсатори керамічні 100 нФ	4	0,63	2,52
5	Конденсатор електролітичний 22 мкФ, 16 В	1	1,50	1,50
6	Конденсатор електролітичний 100 мкФ, 16 В	1	2,00	2,00
7	Конденсатор електролітичний 100 мкФ, 25 В	1	2,50	2,50
9	Мікроконтролер ATmega168	1	149,00	149,00
10	Запобіжник 5×20 0,25А 250В	1	3,75	3,75

1	2	3	4	5
11	Дисплей Nokia 5110	1	160,00	160,00
12	Світлодіод OSN(R,G,B)3164B	1	4,00	4,00
13	Електромагнітне реле JQC-3FF	1	50,00	50,00
14	Резистори постійні 0,125 Вт, різні номінали	4	0,40	1,60
15	Кнопка O611-B01B	1	2,50	2,50
16	Трансформатор BV EI 303 2012	1	341,06	341,06
17	Діод 1N4007	4	2,00	8,00
18	Діод 1N4148	1	0,75	0,75
19	Транзистор SS8050	1	4,00	4,00
20	Кварцовий резонатор XT49M 8 MHz	1	5,10	5,10
	Всього без транспортних витрат			859,28

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:

$$P_{від} = \sum_{i=1}^m T_{шт_i} \cdot C_r \quad (3.9)$$

де $T_{шт_i}$ – час виконання однієї операції (одиниці роботи чи продукції), год;

m – кількість виконуваних операцій;

C_r – годинна тарифна ставка відповідно до розряду виконуваних робіт, грн.

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, год	Розряд	Годинна тарифна ставка, грн/год	Відрядна розцінка, грн
1	2	3	4	5	6
1	Комплектування	0,005	III	150	0,75
2	Розконсервація	0,005	III	150	0,75
3	Маркування	0,005	III	150	0,75
4	Захист	0,034	III	150	5,10
5	Сушка	0,005	III	150	0,75
6	Нанесення припайної пасти	0,045	IV	180	8,10
7	Лудження	0,027	V	220	5,94
8	Встановлення ЕРЕ	0,070	IV	180	12,60
9	Автоматизована пайка	0,005	IV	180	0,90
10	Електромонтаж	0,012	V	220	2,64
11	Лакування	0,005	III	150	0,75
12	Регулювання	0,005	IV	180	0,90
13	Технічний контроль	0,005	IV	180	0,90
14	Комплектування	0,005	III	150	0,75
15	Слюсарно-складальна	0,018	IV	180	3,24
16	Монтаж	0,054	IV	180	9,72
17	Слюсарно-складальна	0,015	III	150	2,25
18	Технічний контроль	0,005	IV	180	0,90
Всього					57,69

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

$$V_{\text{дод.з.пл.}} = P_{\text{від}} \cdot 0,11 \quad (3.10)$$

$$V_{\text{дод.з.пл.}} = 57,69 \cdot 0,11 = 6,35 \text{ (грн)}$$

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

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

$$C_{\text{в.с.з.}} = \frac{22}{100} \cdot (57,69 + 6,35) = 14,09 \text{ (грн)}$$

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

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

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

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

$$V_{\text{уео}} = \frac{90}{100} \cdot (57,69 + 6,35) = 57,64 \text{ (грн)}$$

де $\alpha_{\text{уео}}$ – відсоток витрат на утримання та експлуатацію обладнання (приймається 50 – 100%);

7) Витрати за статтею “Загальновиробничі витрати” також комплексні. Загальновиробничі витрати охоплюють витрати на управління, виробниче та

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

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:

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

$$B_{зв} = \frac{171}{100} \cdot (57,69 + 6,35) = 109,51 \text{ (грн)}$$

де $\alpha_{зв}$ – відсоток загальновиробничих витрат (приймають 60 – 200%).

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

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

$$S_{вир} = 893,65 + 57,69 + 6,35 + 14,09 + 57,64 + 109,51 = 1138,93 \text{ (грн)}$$

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	893,65
2	Основна заробітна плата виробничих робітників	57,69
3	Додаткова заробітна плата виробничих робітників	6,35
4	Відрахування на соціальні заходи	14,09
5	Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	57,64
6	Загальновиробничі витрати	109,51
Разом виробнича собівартість (сума 1-6), в тому числі:		1138,93
7	змінні (сума 1-4) Взм.од	971,78
8	умовно-постійні (сума 5-6) Вуп.од	167,15

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

$$\text{Цод}_{\text{пр}} = S_{\text{пов}} \cdot \frac{100 + \alpha_{\text{пр}}}{100} \quad (3.15)$$

$$\text{Цод}_{\text{пр}} = 1138,93 \cdot \frac{100 + 28}{100} = 1457,83 \text{ (грн)}$$

де $\alpha_{\text{пр}}$ – відсоток запланованого прибутку (рекомендовано 20 – 40%);

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:

$$\text{П}_p = (\text{Цод}_{\text{пр.}} - S_{\text{пов}}) \cdot N_p \quad (3.16)$$

$$\text{П}_p = (1457,83 - 1138,93) \cdot 1000 = 318900 \text{ (грн)}$$

де П_p – річний прибуток від реалізації проекту, грн.;

$\text{Цод}_{\text{пр.}}$ – ціна одиниці продукції, грн.;

$S_{\text{пов}}$ – собівартість одиниці продукції, грн.;

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

2) Чистий прибуток від реалізації проекту розраховується за формулою:

$$\text{ЧП} = \text{П}_p - \text{П}_p \cdot \frac{\text{П}_{\text{п}}}{100} \quad (3.17)$$

$$\text{ЧП} = 318\,900 - 318\,900 \cdot \frac{18}{100} = 261498 \text{ (грн)}$$

де ЧП – чистий прибуток від реалізації проекту, грн.;

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		62

P_{Π} – ставка податку на прибуток, % (приймається відповідно до чинного законодавства – 18%).

3) Собівартість всього виробництва розраховується за формулою:

$$S_{\text{повв}} = S_{\text{пов}} \cdot N_p \quad (3.18)$$

$$S_{\text{повв}} = 1138,93 \cdot 1000 = 1\,138\,930 \text{ (грн)}$$

4) Рентабельність продукції визначається за формулою:

$$P_{\Pi} = \frac{ЧП}{S_{\text{повв}}} \cdot 100\% \quad (3.19)$$

$$P_{\Pi} = \frac{261\,498}{1\,138\,930} \cdot 100\% = 22,96\%$$

де P_{Π} – рентабельність продукції, %;

$S_{\text{повв}}$ – собівартість всього виробництва, грн.

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

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

$$ГП = ЧП_t + A_t \quad (3.20)$$

$$ГП = 261498,00 + 1234,41 = 262732,41 \text{ (грн)}$$

де $ЧП_t$ – 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:

$$ЧТВ = ТВ - ПІ \quad (3.21)$$

$$ЧТВ = 444\,031,18 - 294\,212,63 = 149\,818,55 \text{ (грн)}$$

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		63

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:

$$ТВ = \sum_{i=1}^n \frac{ГП_t}{(1+r)^t} \quad (3.22)$$
$$ТВ = \sum_{i=1}^1 \frac{262\,732,41}{(1+0,1)^1} = 444\,031,18(\text{грн})$$

де $ГП_t$ – грошовий потік, який очікується у t -му році від реалізації проекту, грн.;

$\frac{1}{(1+r)^t}$ – коефіцієнт коригування майбутніх сум грошових потоків (дисконтний множник);

r – норматив приведення різночасових витрат (ставка дисконту) у вигляді десяткового дробу ($r = 0,1-0,2$);

n – кількість років інвестування, $t = 1, 2, \dots, n$ (приймається з розрахунку виконання умови $ТВ > ПІ$).

Якщо чиста теперішня вартість перевищує нуль, проект має бути схвалений як прибутковий, якщо ж вона має від'ємну величину або дорівнює нулю, то проект слід відхилити, оскільки його реалізація призведе до збитків або не принесе підприємству додаткового доходу на вкладений капітал.

Іншою характеристикою інвестиційного проекту є індекс прибутковості інвестицій, який порівнює теперішню вартість майбутніх грошових потоків з початковими інвестиціями:

$$ІП = \frac{ТВ}{ПІ} \quad (3.23)$$

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		64

$$ІП = \frac{444\,031,18}{294\,212,63} = 1,51$$

де ІП – 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:

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

$$Ток_{диск} = \frac{294\,212,63}{222\,015,59} = 1,33р$$

де $ГП_{диск}$ – середньорічна величина дисконтованих грошових потоків:

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

$$ГП_{диск} = \frac{444\,031,18}{2} = 222\,015,59 \left(\frac{грн}{р} \right)$$

де t – кількість років інвестування.

Підсумки вищенаведених розрахунків доцільно звести в табл. 3.5.

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

№ з/п	Найменування показника	Одиниця виміру	Величина показника
1	Річний обсяг виробництва виробу:	од.	1000
2	Собівартість виробу	грн./од.	1 138,93
3	Ціна одиниці виробу	грн./од.	1 4557,83
4	Початкові інвестиції для реалізації інвестиційного проекту	грн.	294 212,63
5	Чистий прибуток	грн.	261 498
6	Рентабельність виробу	%	22,96
7	Чиста теперішня вартість проекту	грн.	149 818,55
8	Індекс прибутковості	-	1,51
9	Дисконтований термін окупності інвестицій	років	1,33

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Категорії поділу фізичної праці

Під час розробки конструкції таймера зворотного відліку з енкодером потрібно враховувати не лише електричну безпеку пристрою, а й характер праці, яку виконує працівник під час його виготовлення, складання, перевірки та ремонту. Даний пристрій є малогабаритним стаціонарним електронним виробом, тому більшість робіт, пов'язаних із ним, не належить до важкої фізичної праці. Водночас окремі операції потребують уважності, точності рухів, роботи з дрібними компонентами, монтажу вивідних елементів, паяння, контролю якості з'єднань і перевірки працездатності схеми.

Фізична праця поділяється на категорії залежно від загальних енерговитрат організму людини під час виконання роботи. Такий поділ застосовується для оцінювання важкості трудового процесу, встановлення допустимих параметрів мікроклімату, організації робочого місця та вибору раціонального режиму праці й відпочинку. Згідно з санітарними нормами мікроклімату виробничих приміщень, категорія робіт визначається за рівнем фізичного навантаження та витрат енергії працівника [34].

У виробничій практиці фізичну працю поділяють на легкі роботи, роботи середньої важкості та важкі роботи. До легких належать категорії Ia та Ib, до робіт середньої важкості - категорії IIa та IIб, а до важких - категорія III. Для виготовлення і перевірки таймера зворотного відліку з енкодером найбільш характерними є легкі роботи та частково роботи середньої важкості, оскільки основні операції виконуються на робочому столі або монтажній дільниці без постійного перенесення важких вантажів.

До категорії Ia належать легкі роботи, які виконуються переважно сидячи та не потребують значного фізичного напруження. Енерговитрати для цієї категорії становлять до 139 Вт. До таких робіт у межах розробки таймера можна віднести роботу з конструкторською документацією, перевірку електричної схеми, підготовку переліку елементів, роботу в САПР, візуальне

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		66

порівняння компонентів із документацією, а також частину операцій, пов'язаних із оглядом плати або перевіркою маркування радіоелементів.

Такі операції не створюють значного м'язового навантаження, але можуть викликати втоми очей і статичне напруження. Наприклад, під час тривалої роботи з кресленнями, схемою або друкованою платою працівник довго перебуває в одному положенні. Якщо робоче місце погано організоване, а освітлення недостатнє, то навіть легка робота може швидко викликати втому. Тому для робіт категорії Іа важливими є правильна висота столу, зручне крісло, достатнє освітлення та перерви для зниження зорового напруження.

До категорії Іб належать легкі фізичні роботи, які виконуються сидячи, стоячи або з незначним ходінням і супроводжуються певним фізичним напруженням. Енерговитрати для цієї категорії становлять приблизно 140-174 Вт [34]. Саме ця категорія найбільше відповідає більшості операцій зі складання таймера зворотного відліку з енкодером. До неї можна віднести встановлення вивідних компонентів на друковану плату, паяння резисторів, діодів, конденсаторів, мікроконтролера в корпусі DIP, енкодера, кнопки, світлодіода, роз'ємів та інших елементів.

Під час виконання робіт категорії Іб працівник не переносить значних вантажів, але виконує багато точних рухів руками. Наприклад, при монтажі вивідних елементів потрібно правильно зорієнтувати компонент, вставити його в монтажні отвори, зафіксувати та якісно припаяти. Особливої уважності потребують елементи, що мають полярність: діоди, електролітичні конденсатори, світлодіод, стабілізатор напруги та мікросхема. Помилка під час встановлення таких деталей може призвести до неправильної роботи пристрою або пошкодження елементів під час першого вмикання.

Також до категорії Іб можна віднести роботу з передньою панеллю корпусу, де розміщуються дисплей Nokia 5110, ручка енкодера і кнопка керування. Ці елементи використовуються користувачем безпосередньо, тому їх потрібно встановити рівно, надійно та зручно для подальшої експлуатації.

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
						67
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

Працівник при цьому виконує неважку, але точну роботу, що потребує зосередженості.

До категорії Па належать роботи середньої важкості з енерговитратами приблизно 175-232 Вт. Такі роботи пов'язані з ходінням, переміщенням дрібних виробів або предметів масою до 1 кг та певним фізичним напруженням [34]. У випадку виготовлення таймера до цієї категорії можна віднести підготовку корпусних деталей, механічну обробку отворів під дисплей, енкодер, кнопку, мережевий вхід і вихід реле, встановлення друкованої плати в корпус, підключення зовнішніх провідників та виконання перевірки на робочому місці або стенді.

Операції категорії Па вже потребують більшої уваги до організації робочої зони. Працівник може періодично вставати, нахилитися, переміщувати корпус, підключати вимірювальні прилади, перевіряти роботу реле, дисплея, звукової та світлової індикації. Якщо робоче місце захаращене або проводи розміщені незручно, підвищується ризик випадкового пошкодження монтажу, падіння інструмента або помилки під час підключення живлення.

До категорії Пб належать роботи середньої важкості з енерговитратами приблизно 233-290 Вт. Вони пов'язані з ходінням, переміщенням і перенесенням предметів масою до 10 кг та супроводжуються помітним фізичним напруженням [34]. Для таймера зворотного відліку такі роботи не є основними, оскільки сам пристрій має невеликі габарити та не потребує перенесення важких вузлів. Однак окремі операції можуть частково відповідати цій категорії, якщо працівник переносить інструмент, кілька корпусів, партію друкованих плат, допоміжне обладнання або виконує монтажні роботи стоячи протягом тривалого часу.

До категорії ІІІ належать важкі фізичні роботи, при яких енерговитрати перевищують 290 Вт. Такі роботи пов'язані з постійним рухом, переміщенням значних вантажів і великим фізичним напруженням. Для виготовлення таймера зворотного відліку з енкодером така категорія не є характерною. Пристрій є малогабаритним електронним виробом, тому технологічний процес

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		68

його складання не повинен включати важкої фізичної праці. Якщо під час організації робіт виникає потреба у значному фізичному навантаженні, це свідчить про нераціональне розміщення обладнання або неправильну організацію робочого місця.

Для даного дипломного проєкту найбільш доцільно віднести основні роботи до категорій Іб та Па. До категорії Іб належать монтаж електронних компонентів, паяння, огляд плати, підключення дисплея, енкодера, кнопки та світлодіодної індикації. До категорії Па можна віднести операції з корпусом, встановлення друкованого вузла, підключення мережевого входу, релейного виходу та перевірку готового пристрою на стенді. Роботи категорії Іб можуть виникати лише епізодично, а роботи категорії ІІ для цього виробу не є типовими.

Поділ фізичної праці на категорії має практичне значення для охорони праці. Від категорії роботи залежать вимоги до мікроклімату, освітлення, режиму праці та відпочинку, а також до організації робочого місця. Гігієнічна класифікація праці застосовує показники важкості й напруженості трудового процесу для оцінки умов праці та визначення рівня впливу виробничих факторів на працівника [35].

Під час складання таймера важливо враховувати, що навіть легка фізична праця може бути напруженою через точність операцій. Працівник працює з невеликими радіoeлементами, друкованою платою, выводами компонентів, паяльним інструментом і вимірювальними приладами. При цьому потрібно контролювати правильність встановлення деталей, якість паяння, відсутність замикань, стан ізоляції та правильність підключення мережевої частини. Тому основним ризиком є не велике фізичне навантаження, а втома, зниження уважності та помилки під час монтажу.

Для зменшення навантаження на працівника робоче місце потрібно організувати так, щоб усі необхідні інструменти були в зоні легкої досяжності. Плата має бути зафіксована в зручному положенні, а освітлення повинно добре освітлювати ділянку монтажу. Дрібні елементи бажано розкласти за

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		69

типами й номіналами, щоб працівник не витрачав зайвий час на їх пошук. Це зменшує кількість зайвих рухів, пришвидшує роботу та знижує ймовірність помилок.

Окремо потрібно враховувати роботи з мережевою частиною таймера. Оскільки пристрій живиться від напруги 230 В, монтаж і перевірка цієї частини повинні виконуватися уважно та лише після перевірки правильності з'єднань. Перед першим увімкненням працівник має оглянути стан запобіжника, трансформатора, випрямляча, стабілізатора, релейного вузла та провідників. Такі операції не є важкими фізично, але вони потребують високої зосередженості, тому перевтома тут є небажаною.

Отже, під час виготовлення та перевірки таймера зворотного відліку з енкодером основна частина робіт належить до легких фізичних робіт категорії Іб та робіт середньої важкості категорії Іа. До категорії Іа можна віднести роботу з документацією, кресленнями й схемою, а до категорії Іа - складання корпусу, встановлення плати та перевірку пристрою. Роботи категорій Іб та ІІ для цього виробу не є типовими. Урахування категорії фізичної праці дозволяє правильно організувати робоче місце, знизити втому працівника, забезпечити якісний монтаж і підвищити безпеку під час роботи з електронним пристроєм.

4.2 Види виробничого освітлення

Виробниче освітлення має велике значення під час виготовлення, складання та перевірки таймера зворотного відліку з енкодером. Цей пристрій містить друковану плату з вивідними елементами, мікроконтролер, стабілізатор напруги, діоди, резистори, конденсатори, дисплей Nokia 5110, енкодер, кнопку, світлодіод, бузер, реле, трансформатор і запобіжник. Під час роботи з такими елементами працівник повинен добре бачити маркування деталей, положення виводів, полярність, якість паяних з'єднань, стан ізоляції та правильність підключення провідників.

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

Недостатнє освітлення може призвести до помилок під час монтажу. Наприклад, працівник може неправильно встановити діод або електролітичний конденсатор, не помітити перемичку припою між сусідніми доріжками, переплутати виводи мікроконтролера, погано оглянути місце підключення мережевого входу або не помітити пошкодження ізоляції. Для пристрою, у якому є вузол живлення від мережі 230 В та релейний вихід, такі помилки можуть бути небезпечними. Тому освітлення робочого місця є не лише питанням зручності, а й важливим фактором безпеки.

Виробниче освітлення - це система освітлення, яка забезпечує необхідні умови для виконання зорової роботи у виробничих приміщеннях. Воно має бути достатнім за рівнем освітленості, рівномірним, без різких тіней, засліплення та відблисків. Вимоги до природного і штучного освітлення приміщень та місць виконання робіт встановлюються будівельними нормами ДБН В.2.5-28:2018 "Природне і штучне освітлення" [36].

За джерелом світла виробниче освітлення поділяють на природне, штучне та суміщене. Природне освітлення створюється сонячним світлом, яке потрапляє у приміщення через вікна, світлові ліхтарі або інші світлопрозорі конструкції. Воно є найбільш звичним для людини та сприятливим для зорового сприйняття, але має істотний недолік - залежить від часу доби, погоди, пори року, розміру вікон і розташування робочого місця.

Для робіт із таймером природного освітлення часто недостатньо. Навіть удень тіні від рук, інструменту, корпусу або лампи можуть заважати огляду дрібних деталей. Крім того, друкована плата має невеликі контактні площадки, а компоненти мають маркування невеликого розміру. Тому природне світло можна використовувати як загальне фонове освітлення, але для відповідального монтажу, паяння та перевірки його потрібно доповнювати штучним.

Штучне освітлення створюється електричними джерелами світла. Воно застосовується у темний час доби або тоді, коли природного світла недостатньо. У виробничій майстерні штучне освітлення повинно

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		71

забезпечувати стабільну видимість на робочому столі, монтажній зоні, стенді перевірки та в місцях підключення електрообладнання. Для складання таймера важливо, щоб світло не мерехтіло, не спотворювало кольори маркування і не створювало сильних відблисків на екрані дисплея або металевих виводах компонентів.

Суміщене освітлення - це поєднання природного та штучного освітлення. У реальних умовах майстерні або лабораторії саме такий варіант є найбільш поширеним. Денне світло надходить через вікна, але робоча зона додатково освітлюється світильниками. Для монтажу таймера суміщене освітлення є доцільним, тому що воно дозволяє працювати стабільно незалежно від погоди та часу доби.

За способом розміщення світильників штучне освітлення поділяють на загальне, місцеве та комбіноване. Загальне освітлення призначене для освітлення всього приміщення або великої його частини. Світильники загального освітлення зазвичай розміщують на стелі. Вони забезпечують безпечне пересування працівників, нормальну видимість робочих місць, шаф, столів, стендів, проходів та обладнання.

Для дільниці, де складається таймер зворотного відліку, загальне освітлення потрібне обов'язково. Працівник повинен добре бачити не тільки саму плату, а й інструмент, припій, флюс, вимірювальні прилади, корпусні деталі та провідники. Якщо загальне освітлення слабе, місцевий світильник створює різкий контраст між освітленою ділянкою та темним фоном. Через це очі швидше втомлюються.

Місцеве освітлення призначене для освітлення конкретної робочої зони. Воно застосовується там, де потрібно краще бачити дрібні деталі або виконувати точні операції. Під час складання таймера місцеве освітлення потрібне при встановленні мікроконтролера, паянні вивідних компонентів, огляді доріжок друкованої плати, перевірці контактів реле, підключенні дисплея та контролі якості монтажу.

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		72

Місцевий світильник бажано розміщувати так, щоб світло падало на робочу поверхню збоку або зверху, але не світило прямо в очі. Якщо світильник встановлений невдало, він може створювати тіні від рук або інструменту. Також потрібно уникати сильних відблисків від металевих виводів компонентів, паяних з'єднань, екрана дисплея або блискучих частин корпусу. При роботі з дрібними елементами відблиски можуть заважати не менше, ніж нестача світла.

Комбіноване освітлення поєднує загальне і місцеве освітлення. Саме цей вид освітлення є найбільш зручним для виготовлення та перевірки таймера зворотного відліку з енкодером. Загальне освітлення забезпечує нормальну видимість у приміщенні, а місцеве освітлення дозволяє якісно виконувати точні монтажні операції. Такий варіант зменшує втому очей і допомагає уникнути помилок під час паяння та перевірки.

За призначенням виробниче освітлення поділяють на робоче, аварійне, евакуаційне, охоронне та чергове. Робоче освітлення використовується під час нормального виконання виробничих операцій. Для таймера воно потрібне під час монтажу, складання корпусу, встановлення дисплея й енкодера, перевірки релейного вузла та випробування готового пристрою.

Аварійне освітлення передбачають на випадок відключення основного освітлення, якщо раптова темрява може створити небезпеку для людей або обладнання. Для робочого місця з електронним пристроєм, який має мережеву частину, це має практичне значення. Якщо під час перевірки живлення або релейного виходу раптово зникне світло, працівник повинен мати можливість безпечно вимкнути пристрій, від'єднати його від мережі та не торкнутися небезпечних частин.

Евакуаційне освітлення призначене для безпечного виходу людей з приміщення у разі аварії, пожежі або зникнення основного електроживлення. Воно має освітлювати проходи, двері, сходи та інші шляхи евакуації. Для майстерні або лабораторії це особливо важливо, якщо в приміщенні є

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		73

електрообладнання, паяльні місця, інструменти та дроти, які можуть заважати руху в темряві.

Охоронне освітлення застосовується для освітлення територій або об'єктів, що охороняються у нічний час. Для самого робочого місця монтажника воно не є основним, але може використовуватися на території підприємства або навчальної лабораторії. Чергове освітлення застосовується в неробочий час, коли основне освітлення вимкнене, але потрібно забезпечити мінімальну видимість для охорони, обслуговування або безпечного пересування.

Під час організації освітлення робочого місця для складання таймера важливо враховувати характер зорової роботи. Монтаж вивідних компонентів і паяння потребують розпізнавання дрібних деталей, тому освітлення має бути достатнім і рівномірним. Світло повинно допомагати працівнику бачити місце паяння, а не створювати додаткові труднощі. Особливо уважно потрібно освітлювати зону мережевого входу, запобіжника, трансформатора, випрямляча, стабілізатора напруги та релейного вузла.

Недостатнє освітлення збільшує ризик виробничих помилок. Працівник може не помітити погано припаяний вивід, тріщину в пайці, коротке замикання між доріжками або неправильне встановлення елемента. У пристрої з мікроконтролером це може спричинити нестабільну роботу, а в мережевій частині - небезпечну ситуацію. Тому освітлення прямо впливає на якість виготовлення та безпеку експлуатації виробу.

Надмірно яскраве світло також небажане. Воно може засліплювати працівника, створювати відблиски та швидко втомлювати очі. Особливо це помітно під час огляду паяних з'єднань, металевих корпусів компонентів або екрана дисплея. Тому потрібно не просто збільшувати яскравість, а правильно розміщувати джерела світла та підбирати їх так, щоб робоча зона освітлювалася рівномірно.

Для підтримання нормального освітлення потрібно доглядати за світильниками. Лампи, що перегоріли або почали мерехтити, слід своєчасно

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
						74
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

замінювати. Світильники та вікна потрібно очищати від пилу, оскільки забруднення знижує рівень освітленості. У майстерні, де виконуються паяння, механічна обробка корпусу та монтажні операції, пил і забруднення можуть накопичуватися досить швидко.

Для даного дипломного проєкту найбільш доцільним є застосування суміщеного освітлення приміщення та комбінованого штучного освітлення робочого місця. Природне світло може використовуватися вдень як додаткове, але основні операції з монтажу, паяння і контролю потрібно виконувати при стабільному штучному освітленні. Загальне освітлення забезпечує безпечну роботу в приміщенні, а місцеве - якісний огляд друкованої плати та дрібних елементів.

У висновку, виробниче освітлення поділяється за джерелом світла на природне, штучне та суміщене, за способом розміщення світильників - на загальне, місцеве та комбіноване, а за призначенням - на робоче, аварійне, евакуаційне, охоронне і чергове. Для виготовлення та перевірки таймера зворотного відліку з енкодером найбільш важливими є робоче, загальне, місцеве та комбіноване освітлення. Якісне освітлення зменшує втому очей, підвищує точність монтажу, допомагає виявити дефекти паяння та знижує ризик помилок під час роботи з мережевою частиною пристрою.

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		75

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі було розроблено конструкцію таймера зворотного відліку з енкодером. Пристрій призначений для встановлення заданого проміжку часу, його відліку та керування зовнішнім навантаженням через релейний виконавчий вузол. Такий виріб може застосовуватися у побутових електронних пристроях, системах автоматики, навчальних макетах і простих пристроях керування навантаженням за часом.

У процесі виконання роботи було сформовано технічне завдання, розглянуто структурну схему та описано роботу електричної принципової схеми. Основою пристрою є мікроконтролер ATmega168, який обробляє сигнали з енкодера і кнопки, формує часові інтервали, керує дисплеєм Nokia 5110, світловою та звуковою індикацією, а також релейним виходом. Живлення таймера здійснюється від мережі 230 В через трансформатор, випрямляч і стабілізатор напруги L7805.

У спеціальній частині було обґрунтовано вибір елементної бази, конструкції виробу та друкованої плати. Друкована плата має розміри 135×77,5 мм і виготовляється зі склотекстоліту СФ1-35-15. Використання переважно вивідної елементної бази спрощує монтаж, контроль і ремонт пристрою. Прямокутний корпус забезпечує зручне розміщення дисплея, органів керування, друкованого вузла та виходу реле.

Було виконано розрахунок параметрів друкованого монтажу, оцінку теплового режиму та розрахунок надійності виробу. За результатами розрахунку середня наробка до відмови становить приблизно 27891 год, що підтверджує достатню експлуатаційну надійність пристрою. Тепловий режим виробу є допустимим, оскільки основні елементи не мають значного тепловиділення, а охолодження здійснюється природним способом.

Техніко-економічний аналіз показав, що конструкція таймера є доцільною для практичного виготовлення. Пристрій має невелику споживану потужність, використовує доступні комплектувальні елементи та не потребує складного технологічного обладнання. У технологічній частині було

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		76

розглянуто складання, монтаж, виготовлення друкованої плати та вибір основних матеріалів, що підтвердило придатність виробу до навчального або дрібносерійного виготовлення.

У розділі охорони праці розглянуто питання безпеки під час складання, монтажу та перевірки таймера. Особливу увагу приділено організації робочого місця, виробничому освітленню та безпечній роботі з пристроєм, який живиться від мережі 230 В.

У результаті виконання кваліфікаційної роботи розроблено конструкцію таймера зворотного відліку з енкодером, яка відповідає поставленому завданню. Прийняті схемні, конструктивні та технологічні рішення забезпечують зручність користування, достатню надійність, ремонтпридатність і можливість практичного виготовлення виробу.

					<i>26 КР 172.403.023.000 ПЗ</i>	Арк.
						77
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Мікроконтролер ATmega168 [електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/83753/ATMEL/ATMEGA168.html>
(дата звернення: 05.03.2026)
2. Лінійний стабілізатор напруги L7805 [електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.alldatasheet.com/datasheetpdf/pdf/243273/STMICROELECTRONICS/L7805.html> (дата звернення: 05.03.2026)
3. Діод 1N4007[електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/58830/DIODES/1N4007.html>
(дата звернення: 05.03.2026)
4. Діод 1N4148 [електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/58819/DIODES/1N4148.html>
(дата звернення: 05.03.2026)
17. Постійні резистор 0.125 Вт [електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.micros.com.pl/en/resistors/> (дата звернення: 05.03.2026)
5. Електролітичний конденсатор JAMICON [електронний ресурс] – Режим доступу: <https://radioformat.in.ua/ua/p1876441247-kondensator-100mkf-25v.html> (дата звернення: 05.03.2026)
6. Електролітичний конденсатор JAMICON [електронний ресурс] – Режим доступу: <https://rezist.com.ua/jelektronnie-komponenti/kondensatori/kondensator-jelektroliticheskij-100%C2%B5f-16v>
(дата звернення: 05.03.2026)
7. Керамічний конденсатор Kemet [електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.digikey.in/htmldatasheets/production/3082849/0/0/1/ceramic-capacitors-datasheet.html> (дата звернення: 05.03.2026)
8. Кнопки KAN 0611-1301B “Diptronics” [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://asenergi.com/catalog/knopki/taktovye-it-kan-ts.html>
(дата звернення: 05.03.2026)

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		78

9. Кнопки KAN 0611-1301B “Diptronics” [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1424992/FAIRCHILD/SS8050.html> (дата звернення: 05.03.2026)

10. Кварцовий резонатор на 8 МГц [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.mini-tech.com.ua/ua/kvarc-8mhz> (дата звернення: 05.03.2026)

11. Бузер KPI-2610 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://datasheet4u.com/pdf-down/K/P/I/KPI-2210L-Ningbo.pdf> (дата звернення: 05.03.2026)

12. Дисплей Nokia 5110 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ardushop.in.ua/arduino/nokia-5110-lcd-display-with-blue-backlight> (дата звернення: 05.03.2026)

13. Запобіжник [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://radiodetali.com.ua/ua/product/predohranitely-025-a-steklo-5x20-58300> (дата звернення: 05.03.2026)

14. Енкодер [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ardushop.in.ua/radio-components/ec11-encoder-with-button> (дата звернення: 05.03.2026)

15. Електромагнітне реле JQC-3FF [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://electronoff.ua/ua/good/rele-jqc-3ff-1c-24vdc-24vdc-spdt-10a-250vac.php?srsId=AfmBOopcnWCdNw8Nq85sM1MkIJJmhcNGc-Hxel7yd-yV43j9L9yDfirD> (дата звернення: 05.03.2026)

16. Трансформатор BV EI 303 2012 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://e-comps.com.ua/uk/hahn-bv-ei-303-2012/> (дата звернення: 05.03.2026)

17. Світлодіод типу OSN(R,G,Y)3164B [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://energo-shop.com/catalog/svitlodiody/dipled/?srsId=AfmBOop1UKo67hVZCpqCUImJrZbOcPlfaRhh-2fnLUpbRQGbVs4_b2k (дата звернення: 05.03.2026)

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		79

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

					<i>26 КР 172.403.023.000 ПЗ</i>	Арк.
						80
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

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

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

31. 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.

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

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

34. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

35. Державні санітарні норми та правила “Тігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу”.

36. ДБН В.2.5-28:2018 “Природне і штучне освітлення”.

37. Закон України “Про охорону праці” від 14.10.1992 № 2694-ХІІ.

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		81

ДОДАТКИ

Додаток Б 3D модель пристрою

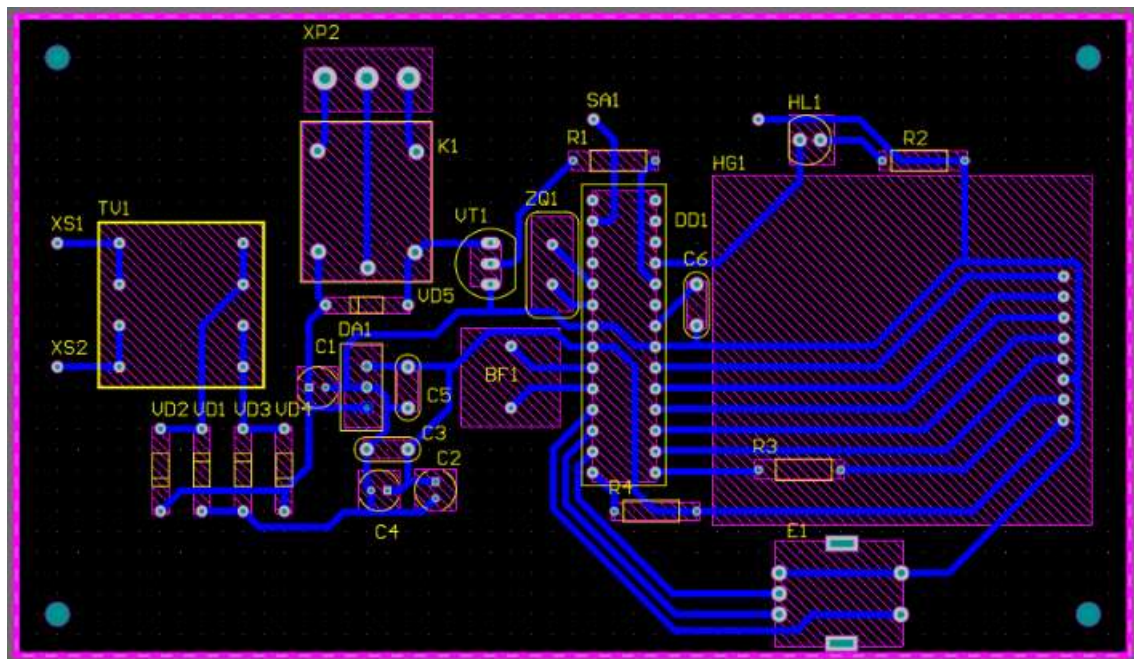


Рисунок А.1– Друкована плата, шар Bottom

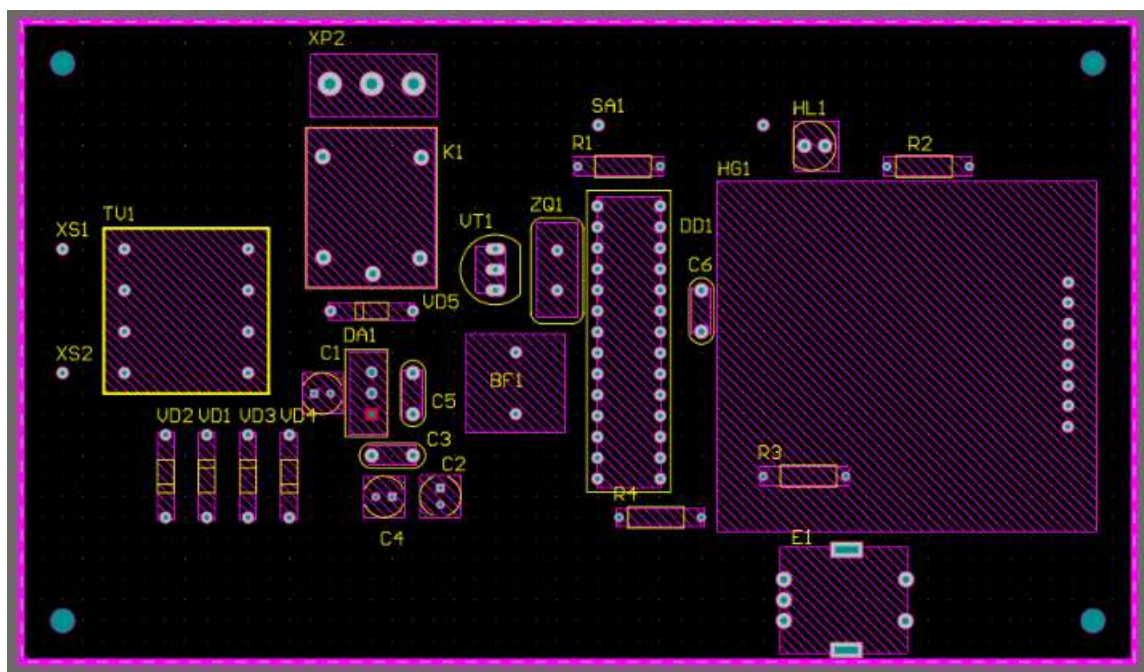


Рисунок А.4– Друкована плата, шар Overlay

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

Додаток Б 3D модель пристрою

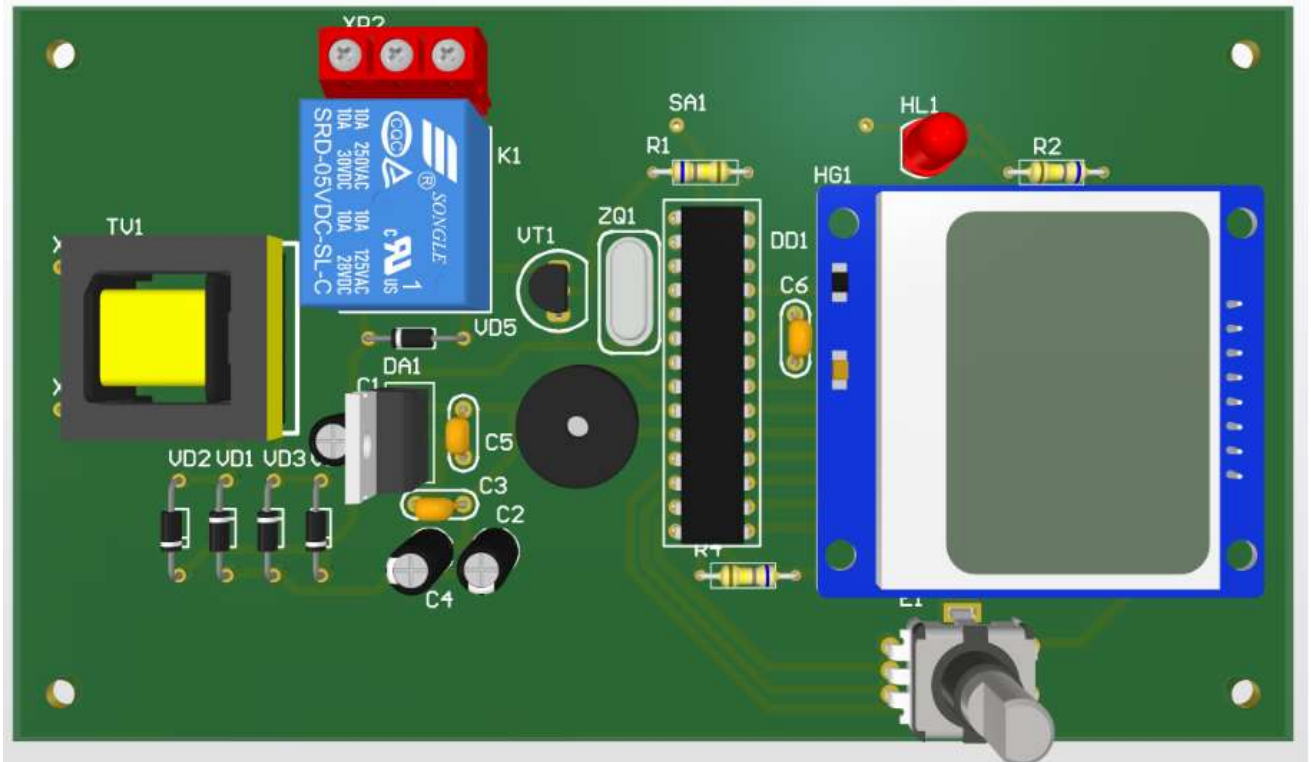


Рисунок Б.1 – Додаток Б 3D модель пристрою, вузол друкуваний

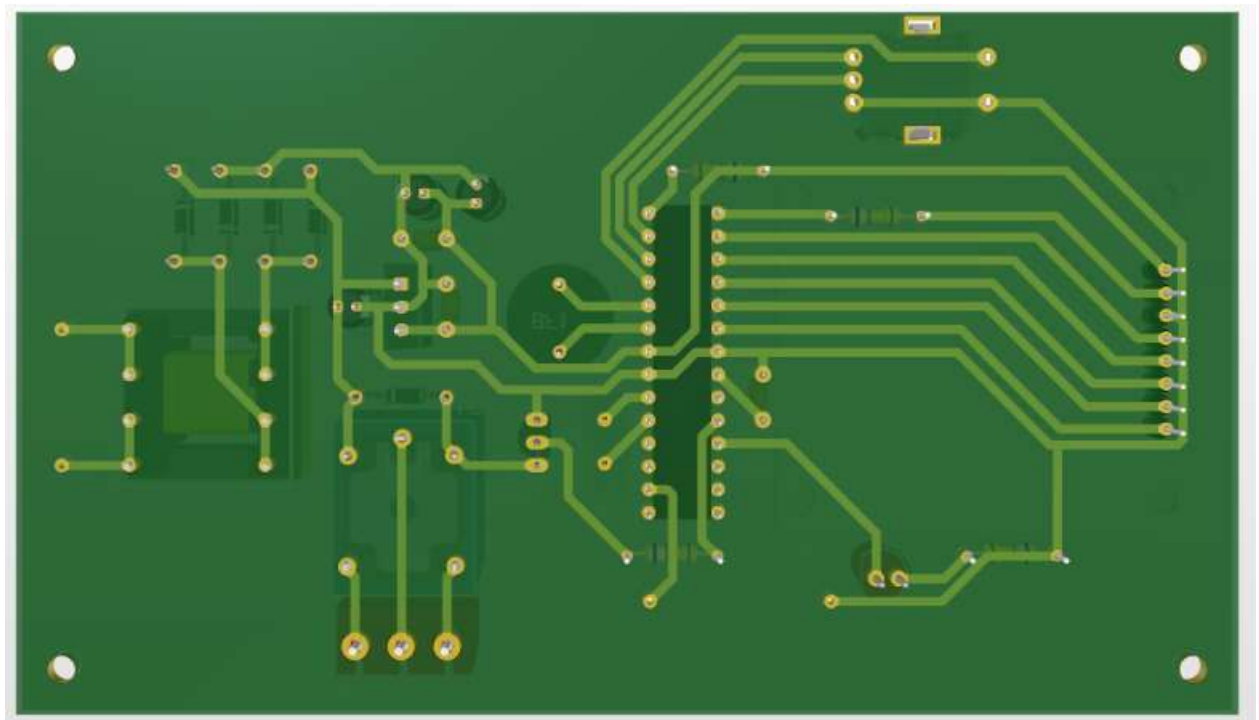


Рисунок Б.2 – Додаток Б 3D модель пристрою, вузол друкуваний, вид знизу

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

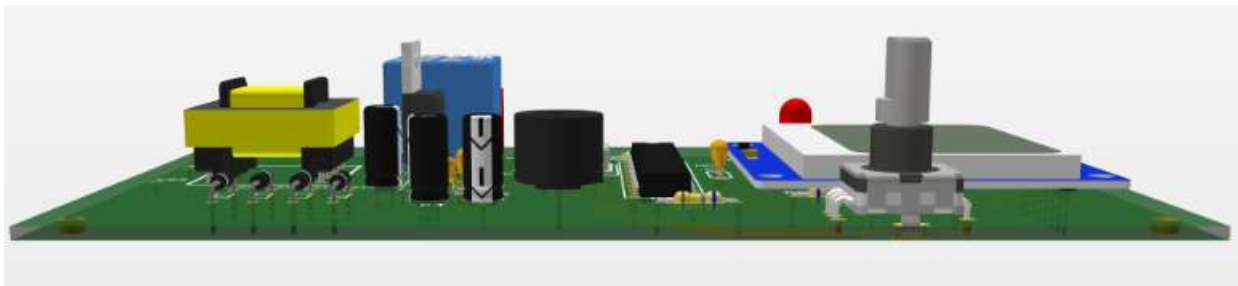


Рисунок Б.3 – Додаток Б 3D модель пристрою, вузол друкований, вид збоку

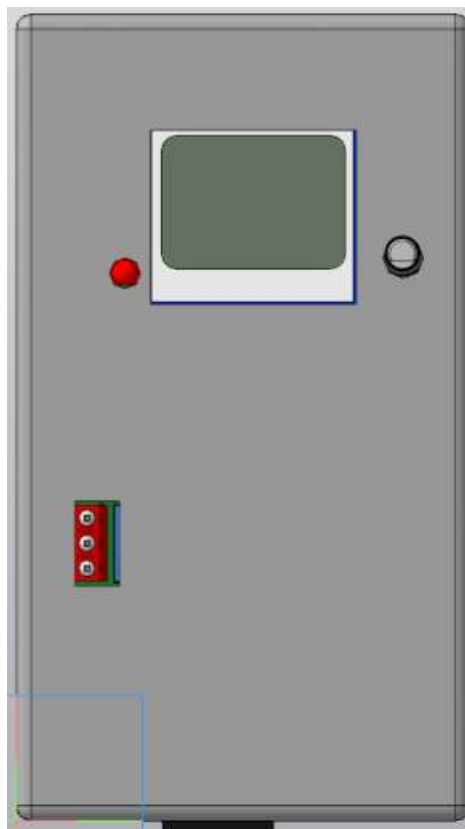


Рисунок Б.3– 3D модель пристрою в корпусі, вид зверху

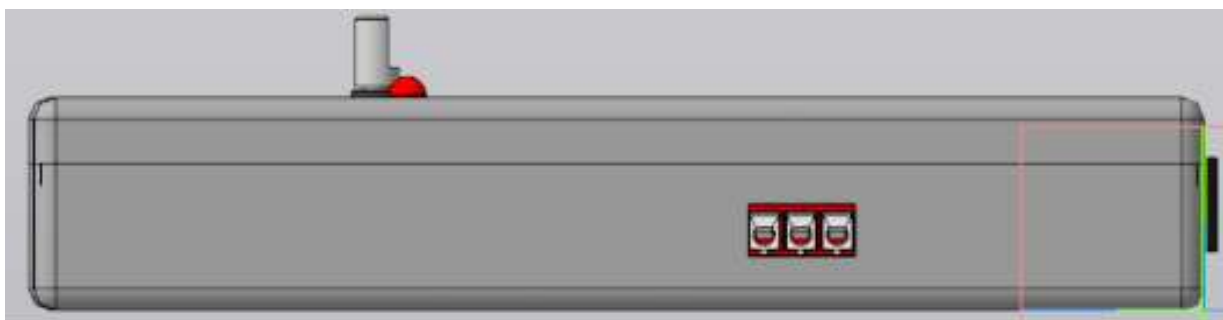


Рисунок Б.4– 3D модель пристрою в корпусі, вид збоку

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		



Рисунок Б.5– 3D модель пристрою в корпусі, вид спереду

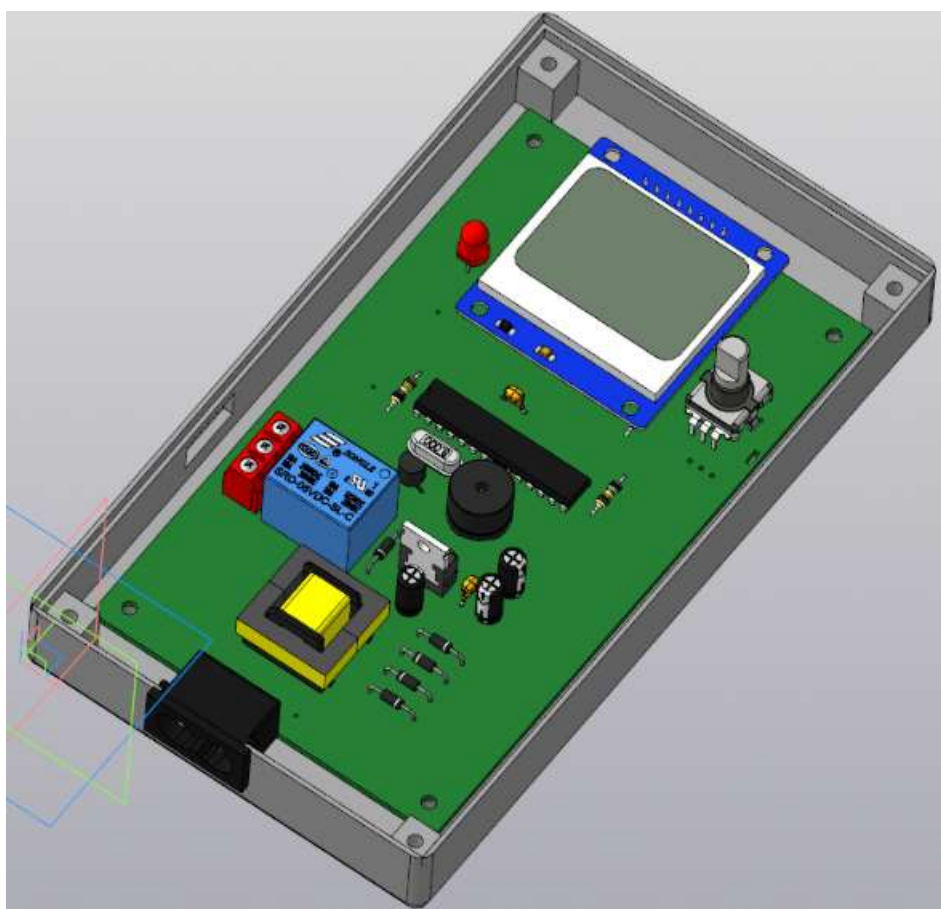
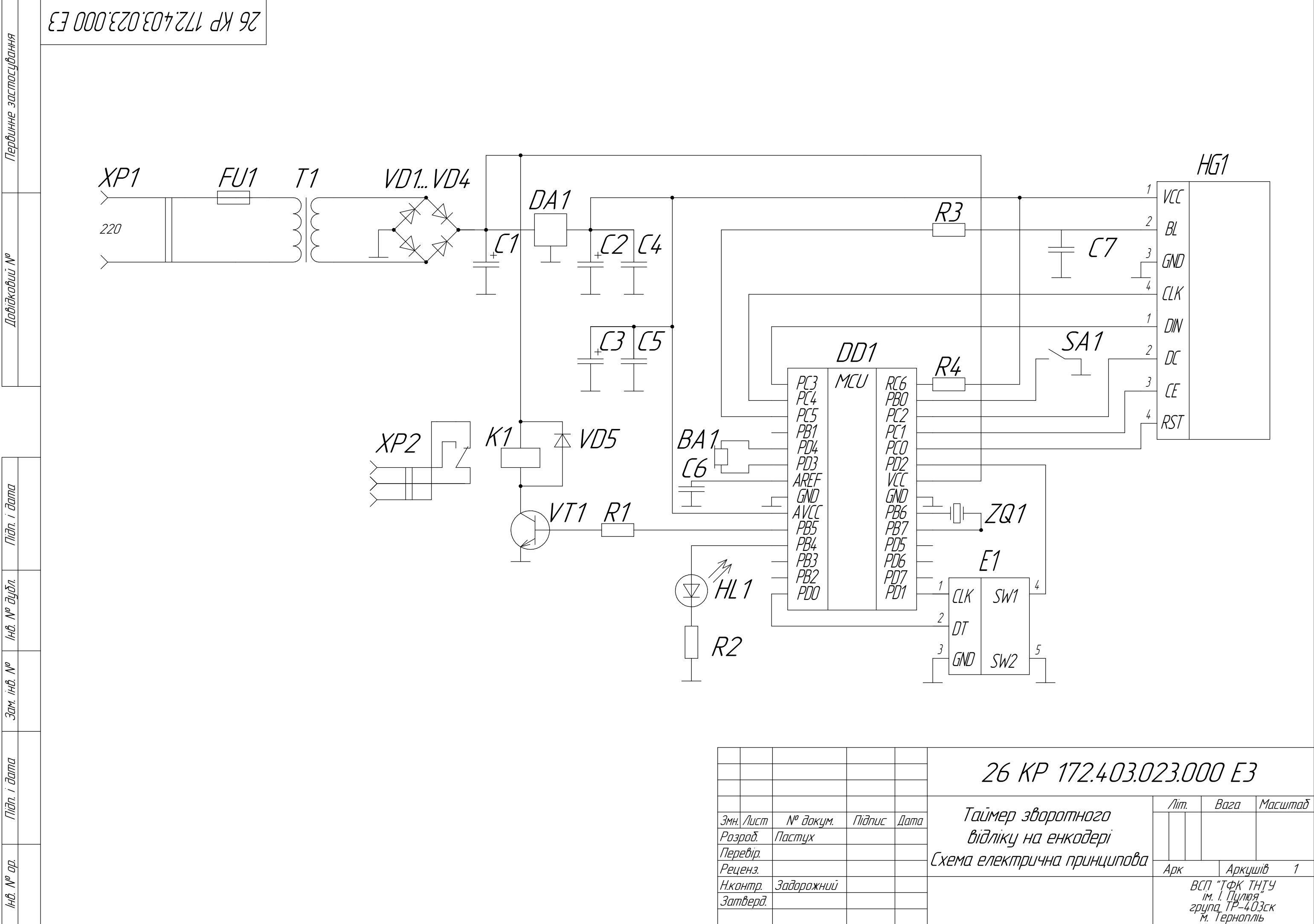


Рисунок Б.6– 3D модель пристрою в корпусі, без верхньої кришки

					26 КР 172.403.023.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

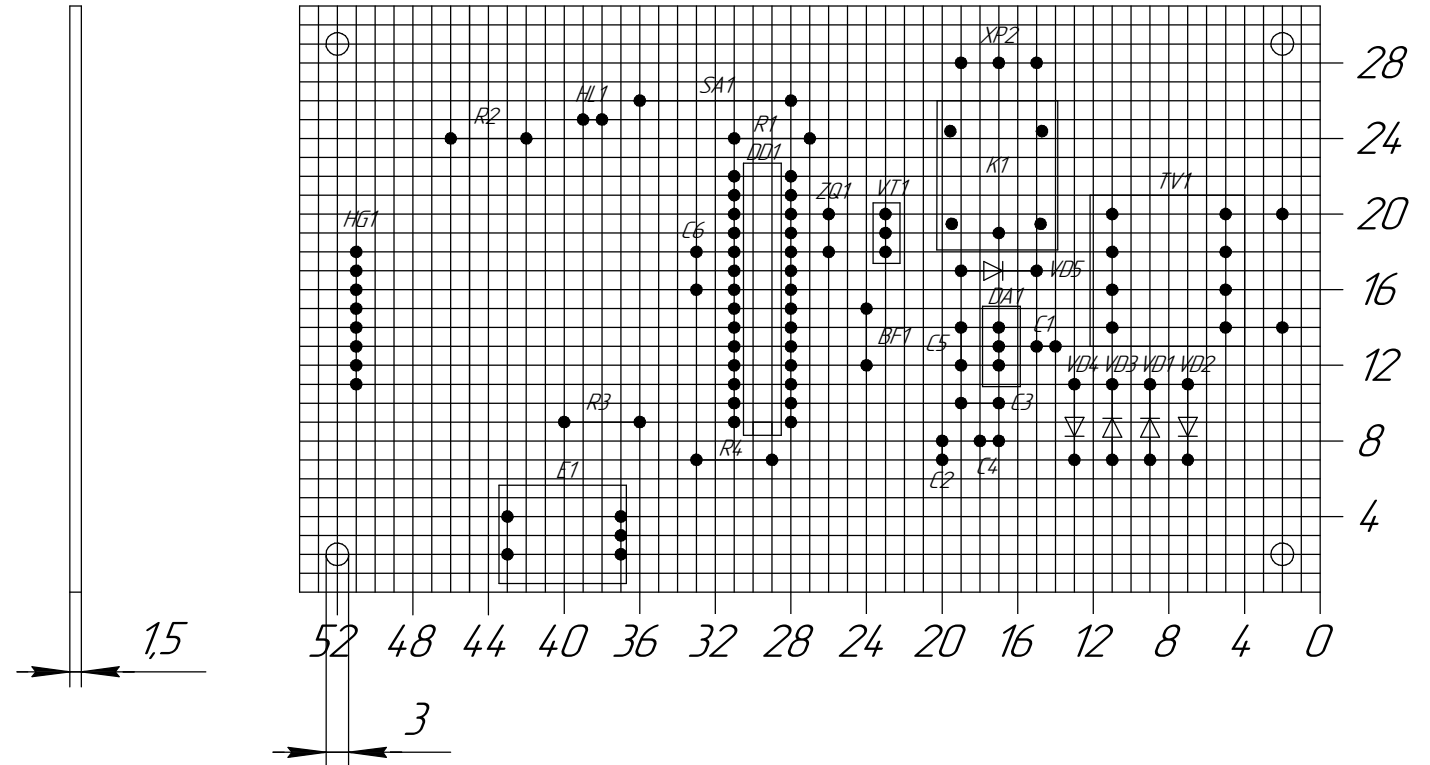
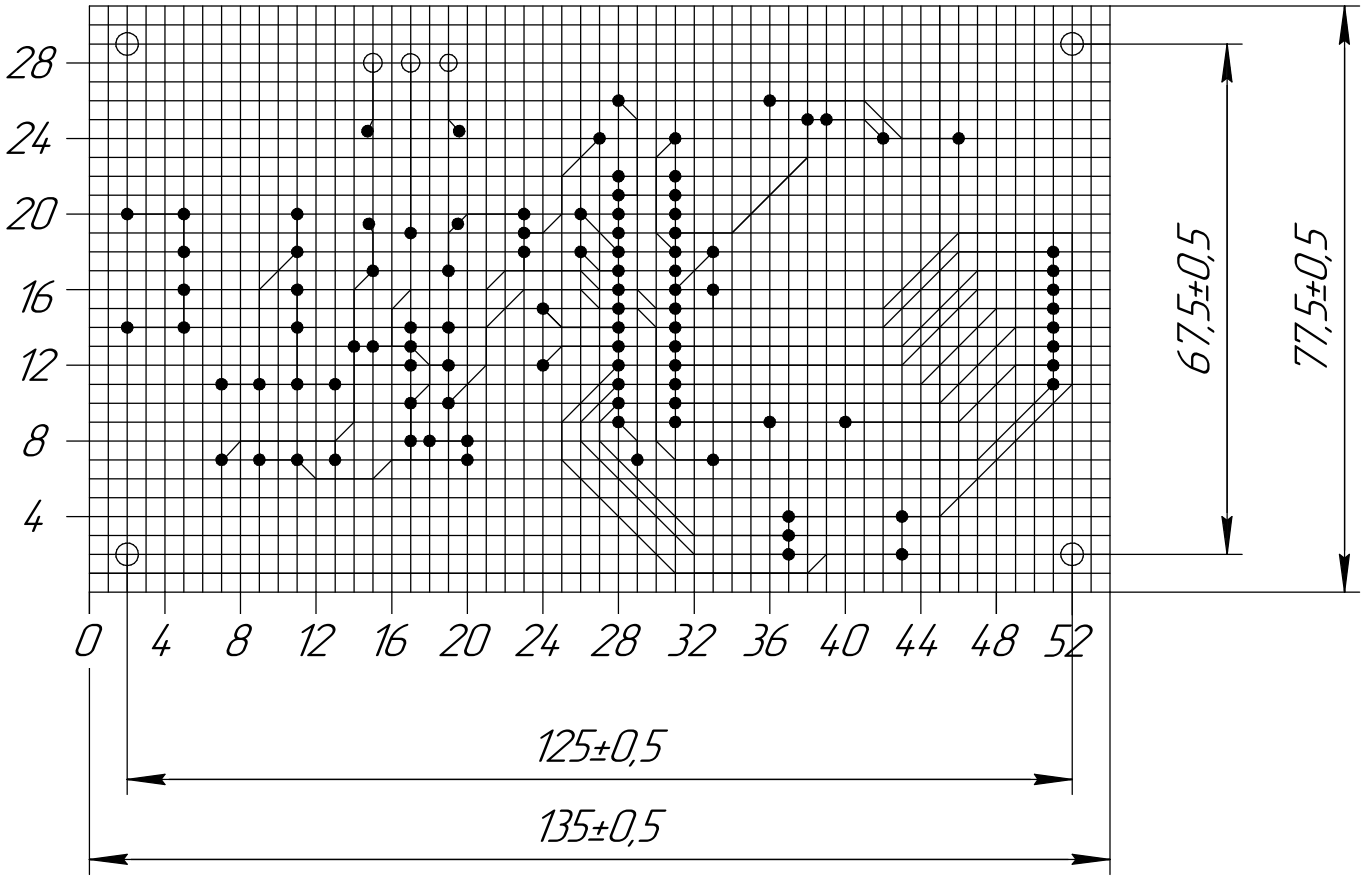
Первинне застосування	Додатковий №	26 КР 172.403.023.000 Е1	Вузол живлення Дисплей Nokia 5110 Мікроконтролер Орган керування Світлодіодна індикація Релейний виконавчий блок Навантаження							
Зам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	Інв. № ор.	26 КР 172.403.023.000 Е1 Розробка конструкції таймера зворотного відліку на енкодері Схема стурктурна						
Інв. № ор.	Затверд.	Н.контр.	Реценз.	Перевір.	Розробд.	Змн.	Дата	Літ.	Вага	Масштаб
		Задорожний			Пастух					
								Арк	Аркушів	1
								ВСП "ТФК ТНТУ ім. І. Пулюя" група ТР-402 м. Тернопіль		
								Формат А3		



Позн.	Найменування	Кіл.	Примітка
BF1	<u>Бцзер</u> KPI-2610 "Ningbo"	1	
	<u>Конденсатори</u>		
C1	ЕСАР-25В-100uF ±20% "JAMICON"	1	
C2	ЕСАР-16В-100uF ±20% "JAMICON"	1	
C3	ЕСАР-16В-22uF ±20% "JAMICON"	1	
C4-C7	ССК-100nF ±20% "Kemet"	4	
	<u>Мікросхема</u>		
DA1	L7805 "STMicroelectronics"	1	
DD1	Atmega168 "Atmel Corporation "	1	
E1	<u>Енкодер</u> PEC11L "Bourns "	1	
FU1	<u>Запoдiжник</u> 5x20 0.25A 250В "ITALWEBER"	1	
HG1	<u>Дисплеї</u> Nokia 5110 "Nokia"	1	
HL1	<u>Світлодіод</u> OSN(R,G,B)3164B " G-Nor "		
		1	
K1	<u>Електромагнітне реле</u> JQC-3FF "Honqa Technology"		
	<u>Резистори</u>		
R1	RES-0.125W-6.8kOm ±5% "Bourns"	1	
R2	RES-0.125W-6800m ±5% "Bourns"	1	
R3	RES-0.125W-2200m ±5% "Bourns"	1	
R4	RES-0 125W-10kOm ±5% "Bourns"	1	

[illegible]

26 КР 172.403.023.001



Таблиця отворів

Позначення отвору	Діаметру отвору	Діаметр конт. площадки	Наявність металізації	Кількість отворів
●	0,7	1,5	з метал.	89
○	0,9	4	з метал.	3

- 1 *Розміри для довідок.
- 2 Плата повинна відповідати ГОСТ 23752-79.
- 3 Клас точності 3 по ГОСТ 23751-86.
- 4 Крок координатної сітки 2,5 мм.
- 5 Плату виготовляти хімічним методом.
- 6 Параметри отворів – див. Таблицю отворів.
- 7 Мінімальна ширина друкованих провідників 0,8мм.
- 8 Мінімальна відстань між друкованими провідниками 0,2мм.
- 9 Плату маркувати фарбою ТН ПФ-01 біла
- ТУ 29-02-889-88 шрифтом 2,5 ПР. 41 ДСТУ 26020-80.
- 10 Контактні площадки покрити припоєм ПОС-60 ГОСТ 931-76.
- 11 Інші технічні вимоги по ОСТ 4.ГО.005.051

26 КР 172.403.023.001

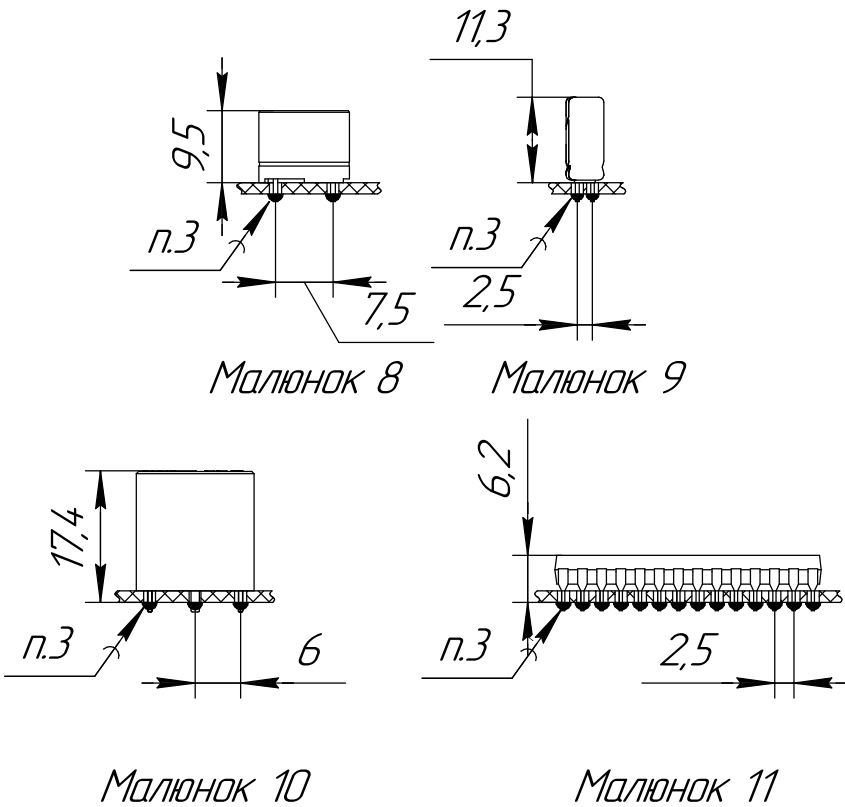
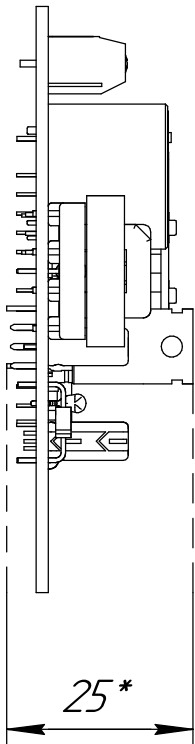
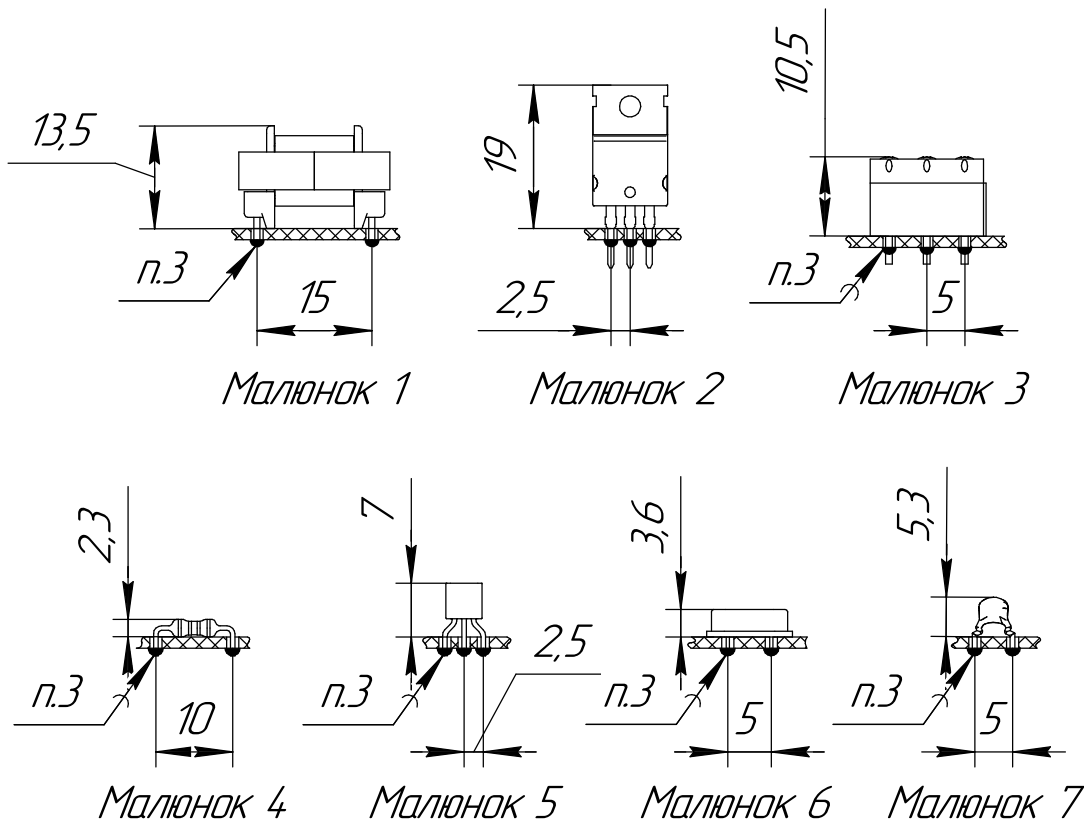
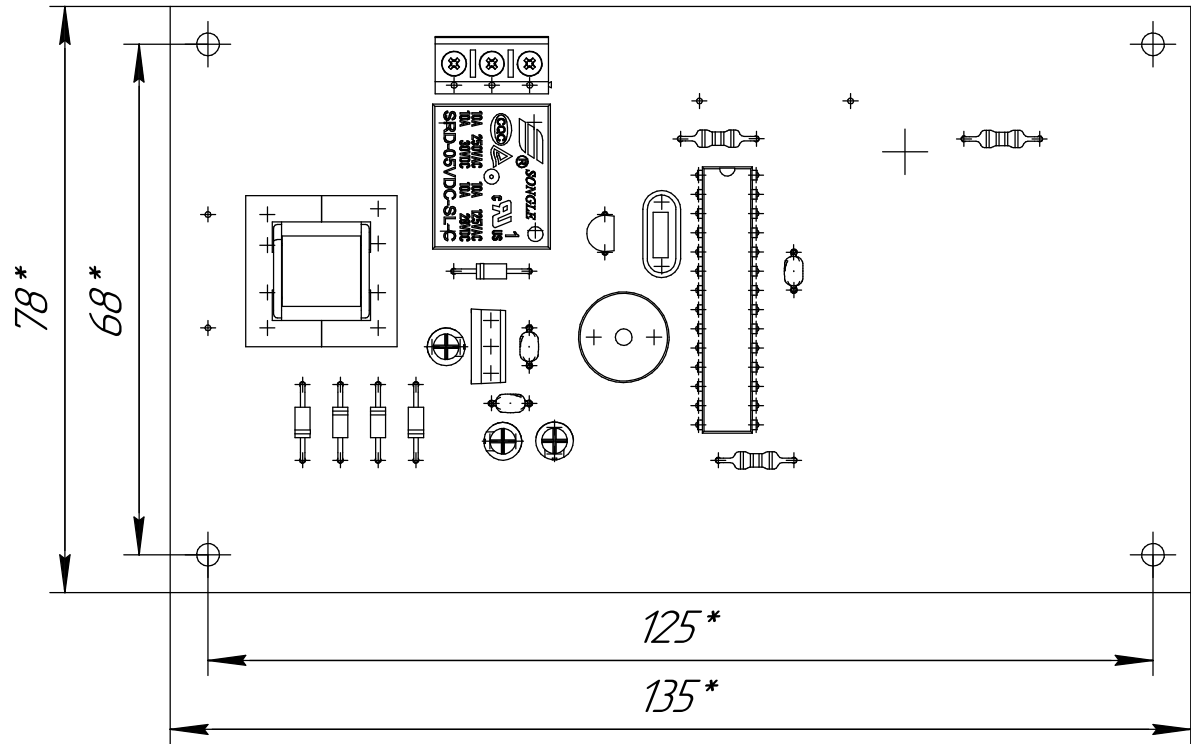
Друкowana плата

СФ1-35-15

Копіював

Літ.	Вага	Масштаб
		1:1
Арк	Аркушів	1
ВСП "ТФК ТНТУ ім. І. Пулюя" група ТР-403ск м. Тернопіль		
Формат А3		

26 КР 172.403.023.000 СК



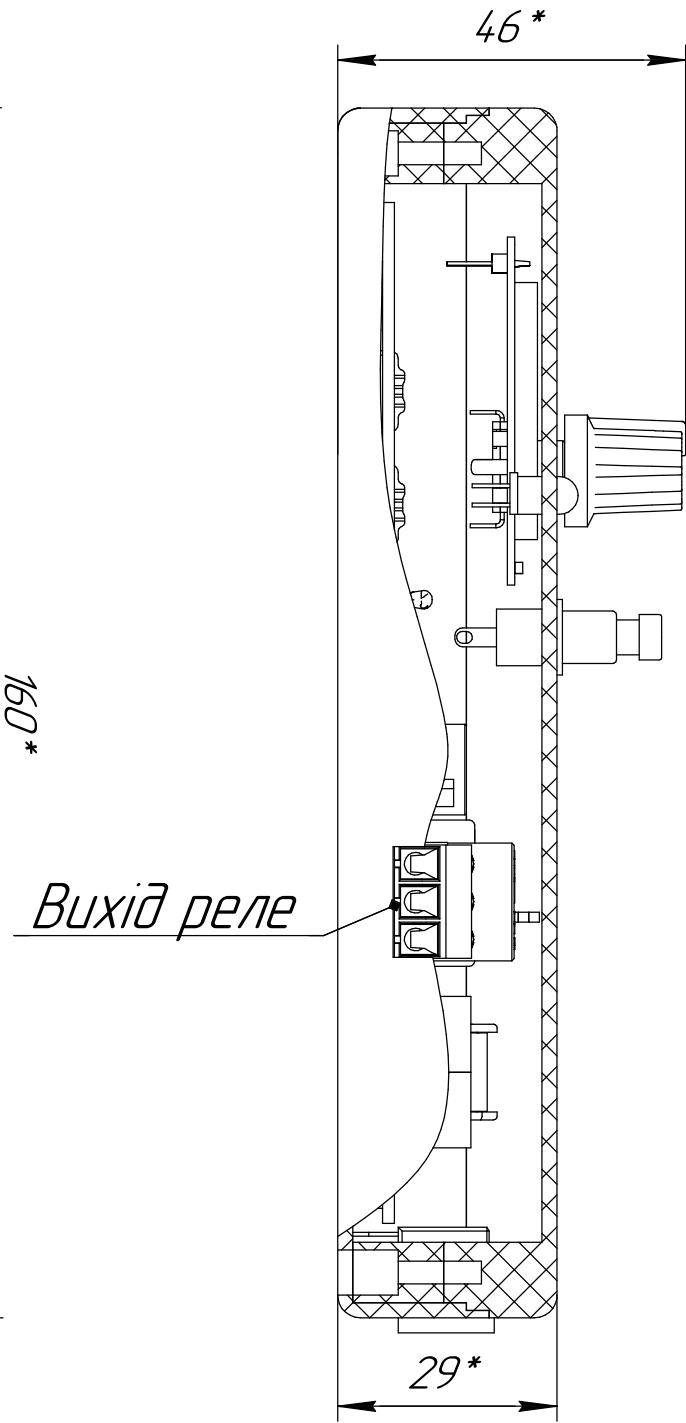
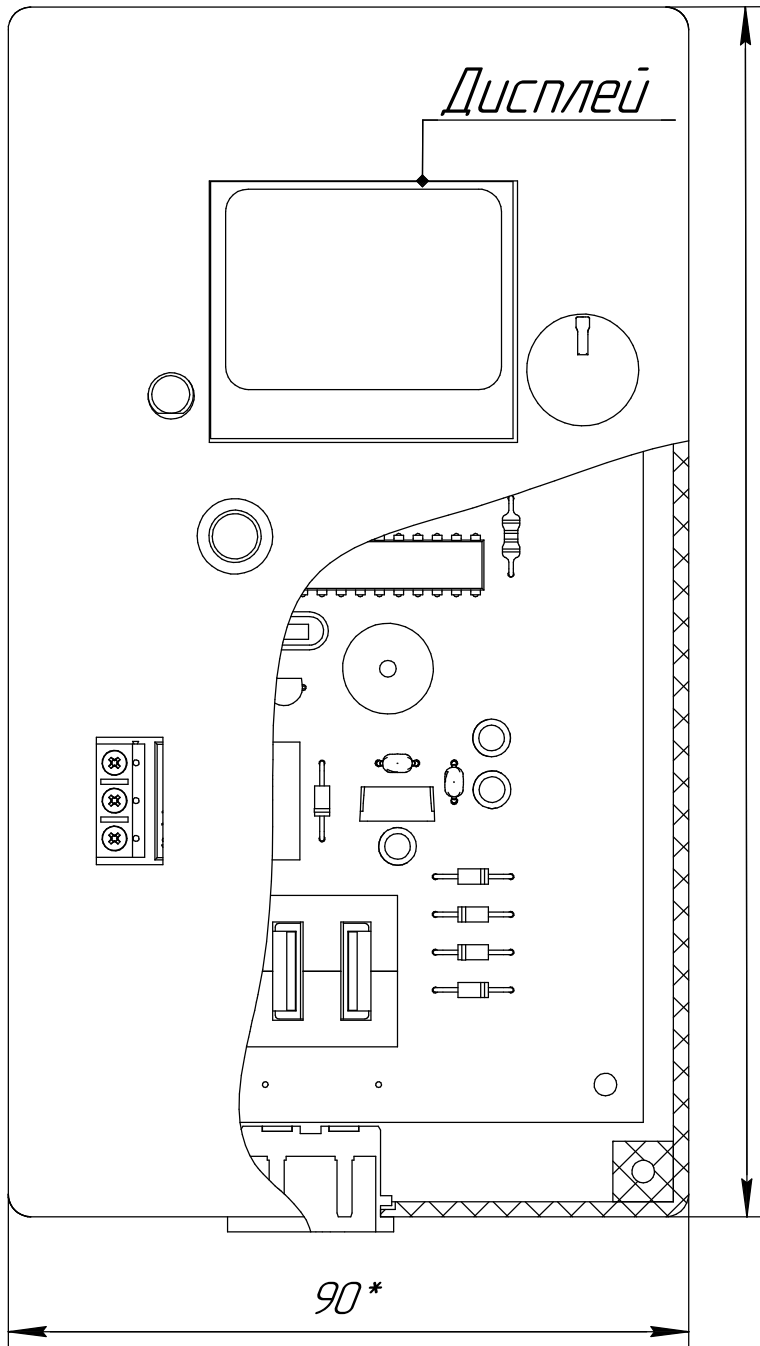
- *Розміри для довідок.
- Установку і формування елементів проводити з кроком координатної сітки 2,5мм. Елементи встановлювати у відповідності до даташитів на мал. 1-11
- Паяти припоєм ПОС61 ДСТУ 21931-76.
- Заводський номер позначення елементів маркування фарбою ЧМ, чорна, БМ, біла ТУ029-02-859-78. Шрифт 2,5 по НО.010.007.
- Місце розміщення маркувань показані умовно.
- Лакувати лаком АКА-113.
- Позначення елементів показані умовно.
- Друковані провідники умовно не показані
- Інші вимоги по ДСТУ 4ГО.070.015

26 КР 172.403.023.000 СК					Друкований вузол		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Вага	Масштаб
Розроб.	Пастух					0,28	1:1
Перевір.					Арк	Аркушів	1
Реценз.					ВСП "ТФК ТНТУ ім. І. Пулюя" ТР-403ск м. Тернопіль		
Н.контр.	Задорожний				Формат А3		
Затверд.					Копіював		

Форм.	поз.	Позначення	Назва	Кіл.	Примітка
			<u>Документація</u>		
		26 КР 172.403.023.000 ЕЗ	Схема електрична принципова		
		26 КР 172.403.023.000 ПЕ	Перелік елементів		
		26 КР 172.403.023.000 СК	Вузол друкований		
			<u>Деталі</u>		
	1	26 КР 172.403.023.000	Плата друкована		
			<u>Інші вироби</u>		
			<u>Конденсатори</u>		
	5		ССК-100nF ±20% "Kemet"	4	С4-С7
	6		ЕСАР-16В-22µF ±20% "JAMICON"	1	С3
	7		ЕСАР-16В-100µF ±20% "JAMICON"	1	С2
	8		ЕСАР-25В-100µF ±20% "JAMICON"	1	С1
			<u>Мікросхеми</u>		
	9		L 7805 "STMicroelectronics"	1	DA1
	10		Atmega168 "Atmel Corporation "	1	DD1
			<u>Запобіжник</u>		
	11		5x20 0.25A 250В "ITAL WEBER"	1	FU1
			<u>Дисплей</u>		
	12		Nokia 5110 'Nokia"	1	HG1
			26 КР 172.403.023.000		
Змн.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата	
Розроб.	Пастух				
Перевір.					
Реценз.					
Н.контр.	Задорожний				
Затверд.					
			Вузол друкований		
			Лім.	Арк.	Аркушів
				1	2
			ВСП "ТФК ТНТУ" ім. І. Пулюя ТР-403ск м. Тернопіль		

			Позначення	Назва	Кіл.	Примітки
				<u>Світлодіод</u>		
		13		OSN(R,G,B)3164B "G-Nor"	1	HL1
				<u>Електромагнітне реле</u>		
		14		JQC-3FF "Honga Technology"	1	K1
				<u>Резистори</u>		
		15		RES-0.125W-2200m $\pm 5\%$	1	R3
		16		RES-0.125W-6800m $\pm 5\%$	1	R2
		17		RES-0.125W-6.8kOm $\pm 5\%$	1	R1
		18		RES-0.125W-10kOm $\pm 5\%$	1	R4
				<u>Кнопка</u>		
		19		0611-1301B "KAN"	1	SA1
				<u>Трансформатор</u>		
		20		BV EI 303 2012 "НАНН"	1	T1
				<u>Діоди</u>		
		21		1N4007 "Diodes Incorporated"	4	VD1-VD4
		22		1N4148 "Diodes Incorporated"	1	VD5
				<u>Транзистори</u>		
		23		SS8050 "Texas Instruments"	1	VT1
				<u>Кварцовий резонатор</u>		
		24		XT49M 8MHz "Vishay"	1	ZQ1
				26 КР 172.403.023.000		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Арк 2	

26 КР 172.403.023.000 СК



- 1. *Розміри для довідок.
- 2. Електро монтаж здійснювати по схемі електричній принциповій 26 КР 172.403.023.000 ЕЗ
- 3. Інші технічні вимоги ОСТ4.ГО.070.0.015.

					26 КР 172.403.023.000 СК						
					Розробка конструкції таймера зворотного відліку на енкодері Креслення корпусу			Літ.	Вага	Масштаб	
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.	Пастух										
Перевір.											
Реценз.											
Н.контр.	Задорожний							Арк	Аркушів	1	
Затверд.								ВСП "ТФК ТНТУ ім. І. Пулюя" ТР-403ск м. Тернопіль			

Форм.	поз.	Позначення	Назва	Кіл.	Примітка
			<u>Документація</u>		
A3		26 КР 172.403.023.000 ЕЗ	Схема електрична принципова	1	
A4		26 КР 172.403.023.000 ПЕ	Перелік елементів	2	
A3		26 КР 172.403.023.000 СК	Вузол друкований	1	
			<u>Деталі</u>		
		26 КР 172.403.023.000	Кришка верхня	1	
		26 КР 172.403.023.000	Кришка нижня	1	
		26 КР 172.403.023.000	Ручка "KLR"	1	
			<u>Енкодер</u>		
			PEC11L "Bourns"	1	E1
			<u>Дисплей</u>		
			Nokia 5110 "Nokia"	1	HG1
			<u>Світлодіоди</u>		
			OSN(R,G,B)3164B "G-Nor"	2	HL1,HL2
			<u>Роз'єми</u>		
			KLS1-AS-222-15 "Vishay"	1	XP1

					26 КР 172.403.023.000									
Змн.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата	Таймер зворотного відліку з енкодером					Лім.	Арк.	Аркушів		
Розроб.	Пастух											1		
Перевір.										ВСП "ТФК ТНТУ" ім. І. Пулюя ТР-403ск м. Тернопіль				
Реценз.														
Н.контр.	Задорожний													
Затверд.														

[illegible]

[illegible]

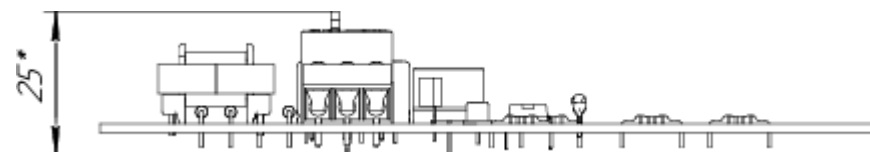
Дубл																
Замість																
Підпис																
															Аркуш 3	
											26 КР 172.403.023.003 СК				26 КР 172.403.023.003	
A	Цех	Діл	РМ.	ОПЕР.	Код, назва операції				Позначення документу							
Б	Код, назва обладнання				СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОВД	ОН	ОП	К ШТ	Т ПЗ	Т ШТ	
к-м	Назва деталі, скл одиниці або матеріалу				Позначення. код						СПП	ОВ	ОН	КВ	Н випр	
01																
02																
A03	403		23	020	403.023.020 Захист										0,082	
O04		Захист проводити згідно ТТП 836123(98штук)														
T05		Дозатор латексу РТ 257936														
M06		Латекс синтетичний				ISO 2028:2008						180	100	0,504		
07																
08																
09																
A10	403		23	025	402.023.025 Сушка										0,005	
B11		Шафа сушильна РД 736826														
O12		Сушка проводити згідно ТТО 635872														
13																
14																
15																
16																
17																
18																

Дубл																
Замість																
Підпис																
															Аркуш 4	
											26 КР 172.403.023.003 СК				26 КР 172.403.023.003	
А	Цех	Діл	РМ.	ОПЕР.	Код, назва операції				Позначення документу							
Б	Код, назва обладнання				СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОВД	ОН	ОП	К ШТ	Т ПЗ	Т ШТ	
К-М	Назва деталі, скл одиниці або матеріалу				Позначення. код						СПП	ОВ	ОН	КВ	Н випр	
01																
A02	403		23	035	402.023.035 Лудження										0,082	
B03		Тігель 242635														
O04		Лудити виводи ЕРЕ по ТТО 746234 (98шт.)														
T05		Пінцет 353647														
M06		Припой ПОС-61				ДСТУ 1429.14:2005						180	100	0,504		
07		Флюс ФКСБ				ДСТУ 19113						180	100	0,504		
08		Спиртобензинова суміш				ДСТУ 9.403-80						180	100	0,504		
09																
10																
A11	403		23	040	403.023.040 Електромонтаж(30шт.)										0,025	
B12		1. Установити та запаяти конденсатори поз.5(C2-C7), поз.6(3), поз.7(C2), поз.8(C1) на плату поз.1														
13		2. Установити та запаяти мікросхеми поз.9(DA1), поз.10(DD1) на плату поз.1														
14		3. Установити та запаяти запобіжник поз.11(FU1) на плату поз.1														
15		4. Установити та запаяти дисплей поз.12(HG1) на плату поз.1														
16		5. Установити та запаяти світлодіод поз.13(HL1) на плату поз.1														
17		6. Установити та запаяти електромагнітне реле поз.14(K1) на плату поз.1														
18		7. Установити та запаяти резистори поз.15(R3), поз.16(R2), поз.17(R1), поз.18(R4) на плату поз.1														

Дубл																			
Замість																			
Підпис																			
																		Аркуш 5	
												26 КР 172.403.023.003 СК				26 КР 172.403.023.003			
										</									

©ChIP																				
Дубл																				
Замість																				
Підпис																				
																			Аркуш 6	
												26 КР 172.403.023.003 СК				26 КР 172.403.023.003				
А	Цех	Діл	РМ.	ОПЕР.	Код, назва операції					Позначення документу										
Б	Код, назва обладнання					СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОВД	ОН	ОП	К ШТ	Т ПЗ	Т ШТ				
К-М	Назва деталі, скл одиниці або матеріалу					Позначення. код					СПП	ОВ	ОН	КВ	Н випр					
01	18	Резистори RES-0.125W-10kOm ±5%					"Bourns"						796	100	100					
02	19	Кнопка 0611-1301B					"KAN"						796	100	100					
03	20	Трансформатор BV EI 303 2012					"HAHN"						796	100	100					
04	21	Діоди 1N4007					"Diodes Incorporated"						796	100	400					
05	22	Діоди 1N4148					"Diodes Incorporated"						796	100	100					
06	23	Транзистори SS8050					"Texas Instruments"						796	100	100					
07	24	Кварцовий резонатор XT49M 8MHz					"Vishay"						796	100	100					
08																				
09																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				
18																				

[illegible]



Форма 6 ©ChiP																	
Дубл.																	
Замість																	
Підпис																	
										Аркушів 4		Аркуш 1					
Розробив	Пастух				ВСП «ТФК ТНТУ»	26 КР 172.403.023.003 СК				26 КР 172.403.023.003		Виріб					
Перевірів																	
Нормував																	
Затвердив	Задорожний				Н												
Н. контр.																	
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																	
02		Охорона навколишнього середовища згідно інструкції МВЯ790831															
03																	
04	403		023	005	403.023.005 Комплектування												0,005
05		Комплектування проводити згідно ТТО 746648															
06																	
07	403		023	010	403.023.010 Слюсарно-складальна												0,018
08		Електроверт РД 437424															
09		Складання проводити по ТТП 563540															
10		1. Кріпити друкований вузол поз.1 до верхньої кришки поз. 2гвинтами (4шт.) згідно карти ескізів															
11		2. Кріпити роз'єм XS1 згідно карти ескіхів															
12	1	Вузол друкований				26 КР 172.403.023.004.000 СК						796	100	100			
13		Кришка верхня				26 КР 172.403.023.004.001						796	100	100			
14		Кришка нижня				26 КР 172.403.023.004.002						796	100	100			

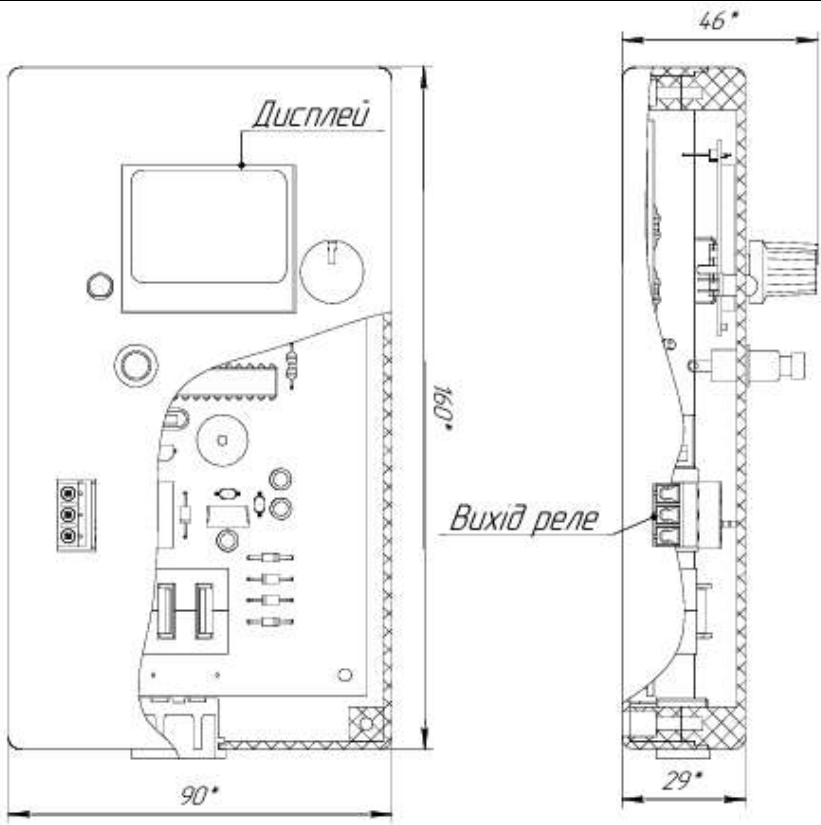
[illegible]

[illegible]

Дубл.								
Замість								
Підпис								

						Аркушів 4	Аркуш 4		
Розробив	Пастух			ВСП «ТФК ТНТУ»	26 КР 172.403.023.003 СК		26 КР 172.403.023.003		
Перевірів									
Нормував				Вирід			Н		
Затвердив	Задорожний								
Н. контр.									

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



№	Технічні показники	Значення	№	Економічні показники	Значення
1	Напруга живлення	230 В	1	Річний обсяг виробництва	1000 од.
2	Робоча напруга цифрової частини	5 В	2	Собівартість виробу	1138,93 грн/од.
3	Діапазон встановлення часу	від 1 с до 24 год	3	Ціна одиниці виробу	1457,83 грн/од.
4	Точність відліку часу	1 с	4	Початкові інвестиції	294 212,63 грн
5	Органи керування	енкодер, кнопка	5	Чистий прибуток	261 498 грн
6	Споживана потужність	6,67 Вт	6	Рентабельність виробу	22,96 %
7	Середня наробка до відмови	27 891 год	7	Чиста теперішня вартість проєкту	149 818,55 грн
8	Габарити друкованого вузла	135×78×25 мм	8	Індекс прибутковості	1,51
9	Тип монтажу компонентів	вивідний / ТНТ, DIP	9	Термін окупності	1,33 року