

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 трекера слідкування за сонцем**

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

Спеціальність: 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

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

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Пилипів О.А.

Керівник

(прізвище та ініціали)

Федечко В.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Дозорський В.Г.

(прізвище та ініціали)

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

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

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

_____ Пилипіву Олександрю Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Розробка конструкції трекера слідкування за сонцем
Керівник кваліфікаційної роботи: Федечко Віталій Михайлович,
(прізвище, ім'я, по батькові)

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

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи: 16.06.2026 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:

Напруга живлення +12 В; споживаний струм до 300...800 мА; температура роботи –20...+35 °С; відносна вологість 80 %; автоматичне відстеження джерела світла; двокоординатне позиціонування; ручне та дистанційне керування; відображення параметрів на LCD-дисплеї; звукова індикація — зумер SMA-13LC-P10.

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

Анотація

Вступ. Призначення і область застосування радіопристрою

Розділ 1 Загальна частина

1.1 Розробка технічного завдання

1.2 Вибір і опис структурної схеми виробу

1.3 Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз

Розділ 2 Спеціальна частина

2.1 Розрахунково-конструкторська частина

2.1.1 Опис компонування виробу. Обґрунтування вибору конструкційних матеріалів і покриттів

2.1.2 Обґрунтування вибору конструкції.

2.1.3 Опис і обґрунтування вибору елементної бази

2.1.4 Розрахунок електричних параметрів окремих каскадів

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

Додаткові вказівки:

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

без виготовлення макета

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

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Отримання і аналіз технічного завдання	20.04	19.04
2	Збір і узагальнення інформації по проекту	13.05	12.05
3	Написання першого розділу	25.05	24.05
4	Розробка технічного та робочого проекту	29.05	28.05
5	Написання спеціального розділу	29.05	28.05
6	Розрахунок економічної частини	25.05	24.05
7	Написання розділу охорони праці	26.05	25.05
8	Виконання графічної частини	19.05	18.05
9	Оформлення проекту	08.06	07.06
10	Погодження нормоконтролю	12.06	11.06
11	Попередній захист проекту	16.06	15.06
12	Захист проекту	26.06	

7. Дата видачі завдання 20 квітня 2026 р.

Студент

(підпис)

Пилипів О.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту

(підпис)

Федечко В.М.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....

ВСТУП. Призначення і область застосування радіопристрою.....

РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....

1.1 Розробка технічного завдання

1.2 Вибір і опис структурної схеми виробу

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

РОЗДІЛ 2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....

2.1 Розрахунково-конструкторська частина.....

2.1.1 Опис компонування виробу. Обґрунтування вибору конструкційних матеріалів і покриттів

2.1.2 Обґрунтування вибору конструкції.

2.1.3 Опис і обґрунтування вибору елементної бази

2.1.4 Розрахунок електричних параметрів окремих каскадів

2.1.5 Опис конструкції друкованої плати. Розрахунок параметрів друкованого монтажу

2.1.6 Оцінка теплових режимів роботи виробу (розрахунок площі радіатора при необхідності).....

2.1.7 Розрахунок надійності проектного пристрою.....

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

2.2 Технологічна частина.....

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

2.2.2 Якісна оцінка технологічності конструкції.

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Пилипів			Розробка конструкції трекера слідування за сонцем Пояснювальна записка			Лім.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Федечко								
Рецензент								ВСП ТФК ТНТУ ТР-402 м. Тернопіль		
Н. Контр.		Задорожний								
Затверд.										

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

2.2.4 Кількісна оцінка технологічності друкованого вузла.....

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

РОЗДІЛ 3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....

3.1 Розрахунок обсягу інвестицій, необхідних для реалізації проектних рішень

3.2 Розрахунок собівартості продукції.....

3.3 Оцінка економічної ефективності та доцільності впровадження проектних рішень.....

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....

4.1 Задачі, правові та організаційні основи охорони праці.....

4.2 Категорії поділу фізичної роботи за величиною загальних енерговитрат.....

ВИСНОВКИ.....

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....

ДОДАТКИ.....

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

АНОТАЦІЯ

Пилипів О.А. Розробка конструкції трекер слідування за сонцем: кваліфікаційна робота на здобуття освітньо-кваліфікаційний рівень молодший спеціаліст, за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка. Тернопіль: ВСП «ТФК ТНТУ», 2026.

Друкована плата двостороння, виготовлена комбінованим методом. Елементи на платі розташовані дуже компактно, і тому розміри плати мінімальні 113*100 мм. Всі основні елементи розміщені на одній стороні плати, на іншій стороні плати немає елементів.

Корпус даного пристрою виготовлений із пластмаси. Верхня та нижня кришки мають форму типу “корито”. До верхньої кришки кріпляться перемикачі, також до верхньої кришки кріпиться дисплей та скло під дисплей. У місці з’єднань двох кришок кріпляться гніздо живлення та роз’єми для підключення навантаження через втулку. На нижню кришку кріпиться основна друкована плата за допомогою гвинтів та шайб на чотири ніжки, також кріпиться мікросхема DC/ DC перетворювача на чотири ніжки за допомогою гвинтів та шайб. Габаритні розміри корпусу 148мм*115мм*52мм.

Підібрана елементна база дозволяє реалізувати закладені в пристрій функції, є недорогою та доступною.

Ключові слова: трекер, слідування, мікроконтроллер, керування.

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ABSTRACT

Pylypiv O.A. Development of a sun tracker design: qualification work for obtaining the educational and qualification level of a junior specialist, specialty 172 Telecommunications and Radio Engineering. Ternopil: VSP "TFK TNTU", 2026.

The printed circuit board is double-sided, made by a combined method. The elements on the board are located very compactly, and therefore the board dimensions are minimal 113*100 mm. All the main elements are located on one side of the board, there are no elements on the other side of the board.

The body of this device is made of plastic. The upper and lower covers have a “trough” shape. Switches are attached to the upper cover, and a display and glass under the display are also attached to the upper cover. At the junction of the two covers, a power socket and connectors for connecting the load through a sleeve are attached. The main printed circuit board is attached to the bottom cover using screws and washers on four legs, and the DC/DC converter microcircuit is also attached to four legs using screws and washers. The overall dimensions of the case are 148mm*115mm*52mm.

The selected element base allows you to implement the functions built into the device, is inexpensive and accessible.

Keywords: tracker, tracking, microcontroller, control.

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Проектований трекер слідування за сонцем призначений для автоматичного визначення положення сонця на небосхилі та орієнтації робочої платформи (наприклад, сонячної панелі) у напрямку максимальної інтенсивності сонячного випромінювання. Основною функцією пристрою є підвищення ефективності використання сонячної енергії за рахунок постійного підтримання оптимального кута нахилу та повороту приймальної поверхні відносно джерела світла.

Робота трекера базується на аналізі сигналів із датчиків освітленості, які визначають різницю інтенсивності світла з різних напрямків. На основі цих даних система керування формує сигнали для виконавчих механізмів, що здійснюють поворот конструкції у горизонтальній та/або вертикальній площинах. Таким чином забезпечується автоматичне слідування за рухом сонця протягом дня без участі користувача.

Область застосування такого пристрою є досить широкою. Насамперед трекер використовується у складі сонячних енергетичних установок для підвищення продуктивності фотопанелей. Його застосування дозволяє збільшити вироблення електроенергії на 20–40 % у порівнянні зі стаціонарними системами. Також пристрій може використовуватися в автономних системах живлення, системах вуличного освітлення, телекомунікаційних вузлах, метеорологічних станціях та інших об'єктах, де важлива максимальна ефективність використання сонячної енергії.

Окрім енергетики, трекери можуть застосовуватися у навчальних та дослідницьких установках для демонстрації принципів автоматичного керування, у системах орієнтації сенсорів або камер, а також у різних інженерних проєктах, де необхідне автоматичне наведення на джерело світла.

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Завдяки автоматизації процесу позиціонування трекер дозволяє зменшити втручання людини, підвищити точність орієнтації та ефективність роботи системи загалом. Простота конструкції, можливість гнучкого налаштування та використання сучасної елементної бази забезпечують надійність, довговічність і універсальність застосування пристрою [1].

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Розробка технічного завдання

Технічні характеристики приладу:

1. Напруга живлення приладу.....+12В;
2. Споживаний струм до 300...800 мА;
3. Температура роботи.....-20.....+35°C;
4. Відносна вологість80%;
5. Функціональні можливості:
 - Автоматичне відстеження джерела світла;
 - Двокоординатне позиціонування;
 - Ручне та дистанційне керування;
 - Відображення стану системи в реальному часі;
 - Можливість розширення функціоналу.
6. Відображення параметрівна LCD-дисплеї;
7. Звукова індикаціязумер SMA-13LC-P10.

1.2 Вибір і опис структурної схеми виробу

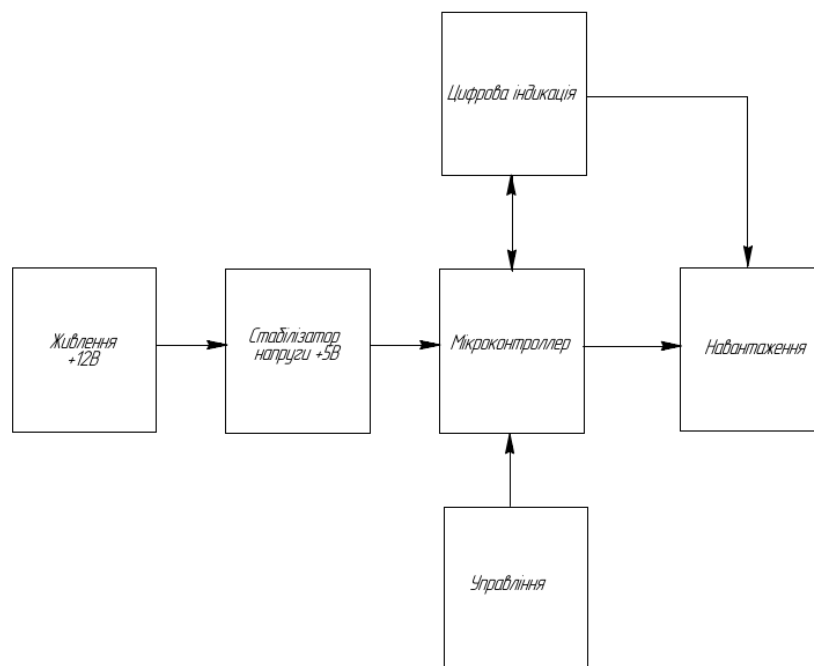


Рисунок 1.1-Схема електрична структурна

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз

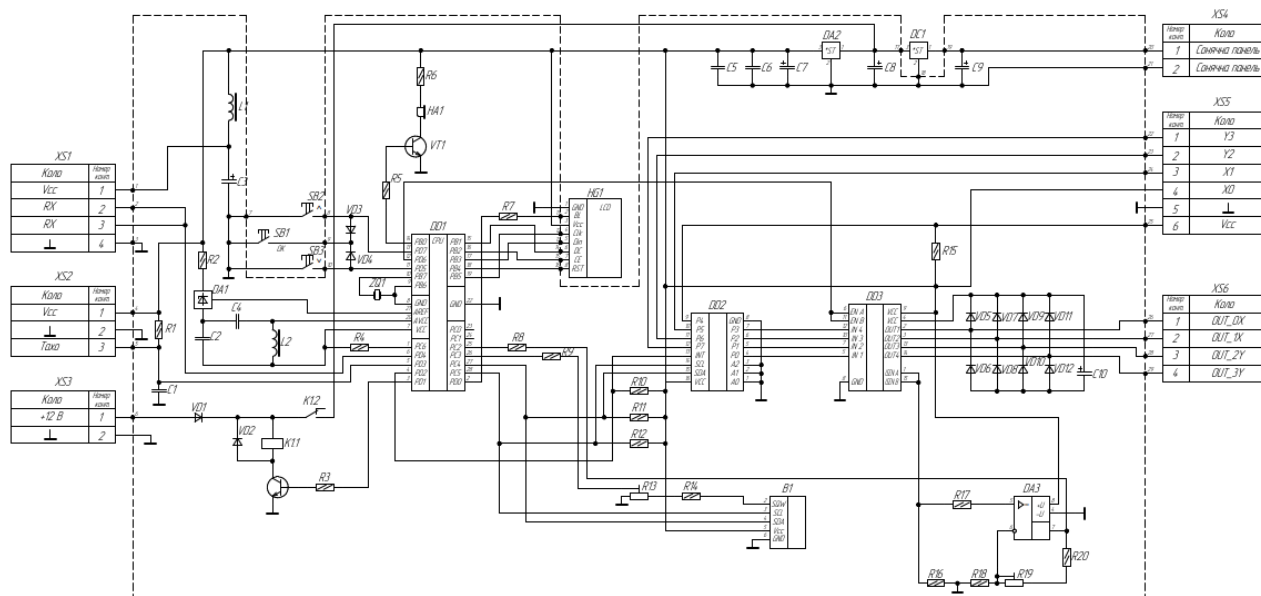


Рисунок 1.2- Схема електрична принципова

Проектований пристрій являє собою мікроконтролерну систему автоматичного позиціонування, у якій центральним елементом є мікроконтролер ATmega328. Живлення системи здійснюється через входні роз'єми та проходить через захисний діод 1N4007, який запобігає пошкодженню при неправильній полярності підключення. Далі напруга фільтрується за допомогою електролітичних конденсаторів ECAP (Jamicon) та керамічних конденсаторів NPO (Murata), після чого стабілізується мікросхемою 7805 (Hottech) до рівня +5 В, необхідного для живлення логічних елементів. Мікросхема TL431 (UMW) використовується як джерело опорної напруги для підвищення точності вимірювань та стабільності роботи окремих вузлів.

Для визначення положення сонця застосовується датчик на основі чотирьох фотоелементів, які формують аналогові сигнали залежно від інтенсивності освітлення. Ці сигнали надходять на операційний підсилювач МСР602, де вони підсилюються та узгоджуються за рівнем для подальшої

обробки. Після цього сигнали подаються на аналогові входи мікроконтролера ATmega328, де за допомогою вбудованого аналого-цифрового перетворювача відбувається їх оцифрування. Мікроконтролер порівнює значення освітленості з різних фотоелементів і визначає напрямок на максимальне освітлення, після чого формує керуючі сигнали для зміни положення системи.

Керування виконавчими механізмами здійснюється за допомогою драйвера двигунів L293D (STMicroelectronics), який забезпечує можливість зміни напрямку обертання двигунів постійного струму. Для підсилення керуючих сигналів та комутації окремих вузлів використовуються транзистори SS8050 (Littelfuse) та BC547A (LGE). У схемі також застосоване реле 801H-1C-C на 12 В (Song Chuan Precision), яке дозволяє комутувати зовнішнє навантаження.

Для розширення кількості входів і виходів використовується мікросхема PCF8574T, яка забезпечує додаткові цифрові лінії керування через інтерфейс I²C. Відображення інформації здійснюється на графічному дисплеї Nokia 5110, який підключений до мікроконтролера та використовується для виводу даних про стан системи, параметри та режими роботи. Керування пристроєм можливе як за допомогою кнопки PBS-11A (Jietong Switch), так і через пульт дистанційного керування з відповідним приймачем. Для індикації звукових сигналів використовується зумер SMA-13LC-P10 (Sonitron). Діоди 1N4148 (Diotec) застосовуються у сигнальних колах для швидкої комутації та захисту. Однополярні датчики Холла A3144 можуть використовуватися для визначення положення або швидкості обертання механічних частин системи.

У процесі роботи мікроконтролер постійно зчитує дані з фотоелементів через АЦП, аналізує їх та формує відповідні керуючі сигнали для виконавчих елементів. Таким чином забезпечується автоматичне позиціонування системи відповідно до напрямку максимальної освітленості, що дозволяє підвищити ефективність роботи, наприклад, сонячних панелей [1].

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунково-конструкторська частина

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

Компонування виробу виконане з урахуванням вимог до компактності, технологічності складання, надійності роботи та зручності експлуатації. Основним конструктивним елементом пристрою є двостороння друкована плата розміром 113×100 мм, на якій розміщені всі електронні компоненти. Елементи встановлені переважно на одній стороні плати, що спрощує процес монтажу та контролю якості, а також забезпечує можливість зменшення габаритів виробу.

Основна друкована плата розташована в нижній частині корпусу та закріплена на чотирьох опорних стійках. Таке розташування забезпечує механічну міцність конструкції, електричну ізоляцію плати від корпусу та необхідний простір для прокладання монтажних з'єднань. Модуль DC/DC-перетворювача встановлений окремо на власних опорах, що сприяє кращому відведенню тепла та зменшує вплив електромагнітних завад на інші вузли пристрою.

Органи керування, дисплей та захисне скло розміщені на верхній кришці корпусу. Таке компонування забезпечує зручність керування пристроєм і зчитування інформації з дисплея під час експлуатації. Роз'єми для підключення живлення та навантаження встановлені на бокових поверхнях корпусу в зоні стику кришок, що забезпечує зручний доступ до них та раціональне використання внутрішнього простору.

Для виготовлення корпусу обрано пластмасу, яка характеризується малою масою, достатньою механічною міцністю, хорошими діелектричними властивостями та стійкістю до впливу навколишнього середовища. Використання пластмасового корпусу дозволяє знизити вартість виробу,

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

спростити технологію його виготовлення та забезпечити електробезпеку користувача.

Друкована плата виготовляється зі склотекстоліту марки FR-4, який має високі механічні характеристики, добрі електроізоляційні властивості та стійкість до температурних впливів під час монтажу і експлуатації. Провідний рисунок плати виконаний з міді, що забезпечує низький електричний опір та високу надійність електричних з'єднань.

Для захисту мідних провідників від окиснення та покращення паяльних властивостей передбачається нанесення захисного покриття у вигляді шару припою або хімічного лудіння. На поверхню друкованої плати наноситься паяльна маска, яка запобігає утворенню перемичок під час паяння та захищає провідники від механічних пошкоджень і впливу вологи. Маркування елементів і монтажних позицій виконується методом шовкографії.

Для кріпильних деталей застосовуються сталеві гвинти та шайби з антикорозійним цинковим покриттям, що підвищує їхню довговічність та забезпечує надійність механічних з'єднань протягом усього терміну експлуатації виробу.

Прийняте компонування та вибрані конструкційні матеріали забезпечують компактність, надійність, технологічність виготовлення та відповідність виробу вимогам сучасної електронної апаратури.

2.1.2 Обґрунтування вибору конструкції

Корпус даного пристрою виготовлений із пластмаси. Верхня та нижня кришки мають форму типу “корито”. До верхньої кришки кріпляться перемикачі, також до верхньої кришки кріпиться дисплей та скло під дисплей. У місці з'єднань двох кришок кріпляться гніздо живлення та роз'єми для підключення навантаження через втулку.

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На нижню кришку кріпиться основна друкована плата за допомогою гвинтів та шайб на чотири ніжки, також кріпиться мікрос-хема DC/ DC перетворювача на чотири ніжки за допомогою гвинтів та шайб. Габаритні розміри корпусу 148мм*115мм*52мм.

Друкована плата являється двосторонньою та виготовлена комбінованим методом, має габаритні розміри 113мм*100мм. Всі елементи знаходяться на основній стороні, на іншій стороні елементи відсутні. У виробу та на платі немає елементів, які виділяють велику кількість тепла. Плата виконана прямокутної форми без складних конструктивних елементів, що дозволило зменшити витрати матеріалів та спростити процес її виготовлення.

У проектованому приладі особливу увагу приділено раціональній компоновці конструкції. Саме вона значною мірою визначає зовнішній вигляд виробу, його конструктивне виконання, зручність експлуатації, а також можливість обслуговування і ремонту. Ці фактори є ключовими при розробці подібних пристроїв [21].

Корпус є важливою складовою, оскільки він визначає як експлуатаційні, так і техніко-економічні характеристики виробу. Його конструкція спроектована таким чином, щоб мінімізувати паразитні електричні зв'язки між елементами схеми. Це досягається завдяки раціональному розміщенню радіоелементів на друкованій платі.

Корпус має жорстку та міцну конструкцію, що забезпечує надійний захист внутрішніх компонентів від механічних впливів під час роботи і транспортування. При цьому передбачено зручний доступ до внутрішніх вузлів для проведення огляду, ремонту або заміни елементів. Конструкція також спрямована на зменшення габаритів і маси пристрою, що враховано ще на етапі проектування друкованого вузла. Додатково корпус захищає електроніку від потрапляння пилу та вологи.

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Конструктивне виконання забезпечує можливість регулювання параметрів пристрою, проведення контрольно-вимірювальних операцій і загалом робить трекер зручним у використанні.

Під час розміщення електрорадіоелементів на друкованій платі дотримано таких основних принципів: мінімізовано довжину провідників, тепловиділяючі елементи розташовані на відстані від інтегральних мікросхем, важливі компоненти не розміщуються в центральній частині плати, забезпечено належне охолодження елементів, передбачено вільний доступ до регульованих вузлів і точок кріплення. Інтегральні мікросхеми орієнтовані відповідно до напрямку повітряних потоків для кращого відведення тепла.

Компонування друкованого вузла виконано з урахуванням оптимальної щільності монтажу та мінімізації взаємного впливу елементів, що позитивно впливає на стабільність роботи пристрою. Взаємне розташування компонентів також забезпечує зручність складання та налагодження [22].

Габаритні розміри друкованої плати обрані з урахуванням технології виготовлення та економічної ефективності. Плата має просту прямокутну форму без додаткових вирізів, що дозволяє зменшити витрати матеріалів і спростити виробництво.

Її параметри відповідають стандартним вимогам щодо співвідношення сторін і товщини, що сприяє уніфікації та використанню типового обладнання.

Монтаж електрорадіоелементів зі штировими виводами реалізовано шляхом їх встановлення у наскрізні отвори плати з подальшим загинанням під кутом, обрізанням у межах контактних площадок і паянням методом хвилі припою.

Така технологія дозволяє підвищити щільність монтажу та розмістити більшу кількість компонентів на обмеженій площі, забезпечуючи при цьому надійність електричних з'єднань [21].

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1.3 Опис і обґрунтування вибору елементної бази

Таблиця 2.1 - Конденсатор типу ЕСАР [2]

Позиційне позначення	C3, C7-C10
Назва компонента	Конденсатор ЕСАР
Виробник	"Jamicon"
Критерії вибору	Ємність, струм, габарити
Параметри та характеристики	
Номинальна напруга	16 В
Номинальна ємність	220 мкФ
Допуск ємності	± 20%
Розмір	13 x 13 x 20 мм
Робоча температура	-55 ... 105 ° С
Тангенс кута втрат	0,14%

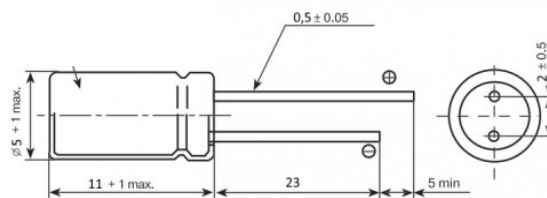


Рисунок 2.1- Габаритні розміри конденсатора типу ЕСАР

Таблиця 2.2 - Резисторів MFP [3]

Позиційне позначення	R1-R12,R14-R18, R20
Назва компонента	резисторів MFP
Виробник	Yageo
Критерії вибору	Потужність, напруга, відповідність схемі
Параметри та характеристики	
номинальна потужність	0,125 Вт
діапазон номінальних опорів	1...10·10 ⁶ Ом
допустиме відхилення опору	±10%
максимальна робоча напруга	200В
діапазон робочих температур	-60.....+70°C

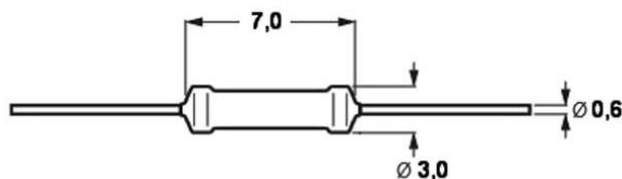


Рисунок 2.2- Габаритні розміри резисторів MFP "Yageo"

Таблиця 2.3 - Конденсатор NPO [4]

Позиційне позначення	C1-C2
Назва компонента	Конденсатор NPO
Виробник	"Murata"
Критерії вибору	Напруга, струм, відповідність схемі
Параметри та характеристики	
робоча напруга	50В
відхилення ємності від номінального значення	±10%;
інтервал робочих температур	-40°C...+100°C
відносна вологість	до 98%
група ТКЄ	H20
діапазони ємностей	5нФ – 0,1мкФ
діапазон тиску	6,6-2942гПа

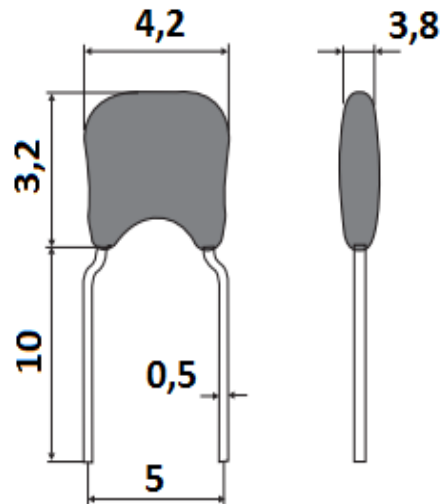


Рисунок 2.3- Габаритні розміри конденсатора NPO

Таблиця 2.4 - Мікросхема L7805ABV "ST Microelectronics" [5]

Позиційне позначення	DA2
Назва компонента	Мікросхема L7805ABV
Виробник	"Hottech"
Критерії вибору	Вхідна та вихідна напруги, струм, корпус
Параметри та характеристики	
Корпус	TO220
Максимальний вихідний струм	до 1.5 А
Максимальна вхідна напруга, В	40
Діапазон вхідної напруги	від 7 В до 35 В.
Точність вихідної напруги	±2%
Робоча температура	від -40°C до +125°C
Струм власного споживання	близько 4.3 мА

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

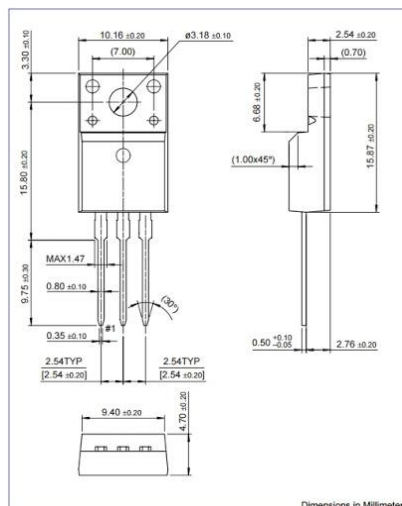


Рисунок 2.4 – Габаритні розміри стабілізатора 78L05 ABV

Таблиця 2.5 - Резистор 3329H-1 "Bourns" [6]

Позиційне позначення	R13, R19
Назва компонента	Резистор 3329H-1 "Bourns"
Виробник	"Bourns"
Критерії вибору	Лінійність, опір, розміри
Параметри конструкції	Див.рис.2.5
Параметри та характеристики	
номінальний опір	2 кОм, 5кОм
номінальне відхилення, %	10
максимальне постійна напруга	500
температурний коефіцієнт +/-	250
гранична вібрація	10 ... 500Гц, 0.75мм, 6г
інтервал робочих температур	-55 ... + 125

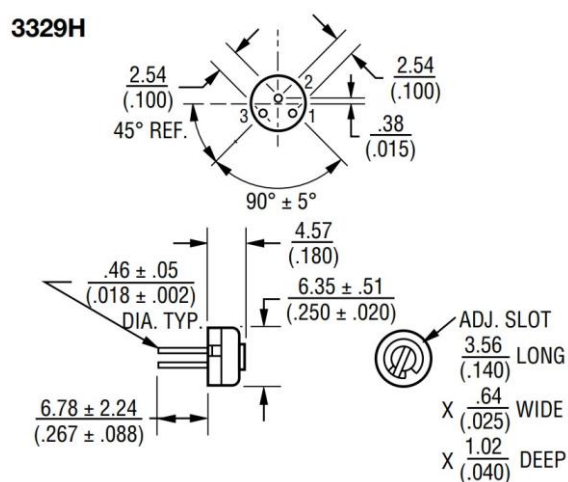


Рисунок 2.5 – Габаритні розміри резистора підстроювального 3329H-1

Таблиця 2.6 - Кнопка тактова KLS7-TS6601-13.0-180 "KLS" [7]

Позиційне позначення	SB1-SB3
Назва компонента	Кнопка тактова KLS7-TS6601-13.0-180
Виробник	"KLS"
Критерії вибору	Розмір, принцип роботи, струм, напруга
Параметри та характеристики	
Робоча напруга, В	12
Робочий струм, А	0.05
Розмір, мм	6x6
Висота / довжина кнопки з штовхачем (до контактів), мм	9.5
Висота / довжина штовхальника, мм	6

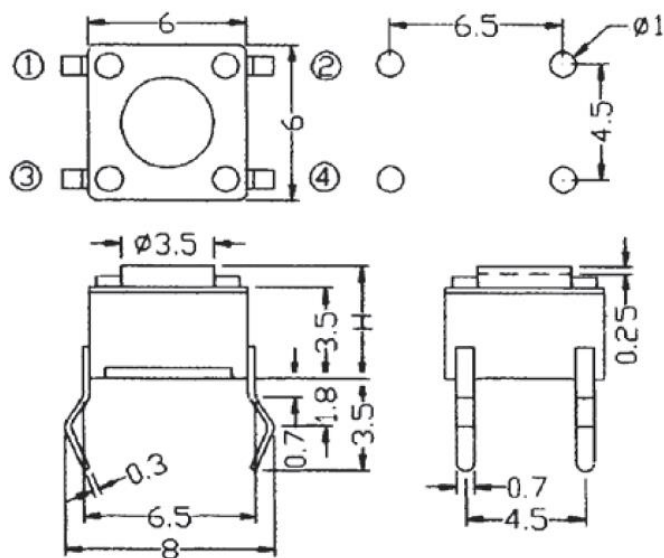


Рисунок 2.6 – Габаритні розміри кнопки тактова KLS7-TS6601-13.0-180

Таблиця 2.7 - Мікросхема ATMEGA328-PU "Atmel" [8]

Позиційне позначення	DD1
Назва компонента	Мікросхема ATmega8-16PU
Виробник	"Atmel"
Критерії вибору	Вхідна та вихідна напруги, струм, принцип роботи
Параметри та характеристики	
Корпус	DIP-28
Ядро	8-бітне AVR RISC.
Flash (прошивка)	8 КБ
SRAM	1 КБ
Тактова частота	від 0 до 16 МГц
Робоча напруга	від 4.5 В до 5.5 В

Таблиця 2.9 - Кварцевий резонатор КХ-ЗНТ-32768 Гц "Geyer" [10]

Позиційне позначення	ZQ1
Назва компонента	Кварцевий резонатор КХ-ЗНТ-
Виробник	"Geyer"
Критерії вибору	Частота, розміри, напруга вхідна
Параметри та характеристики	
Номінальна частота	32768 Гц
Точність частоти	± 20 ppm або ± 30 ppm
Еквівалентний послідовний опір (ESR)	до 40–60 Ом
Температурна стабільність	± 30 ppm або ± 50 ppm
Робоча температура	від -20°C до $+70^{\circ}\text{C}$
Тип зрізу кристала	АТ-cut
Робочий температурний діапазон	$-40\dots+85^{\circ}\text{C}$

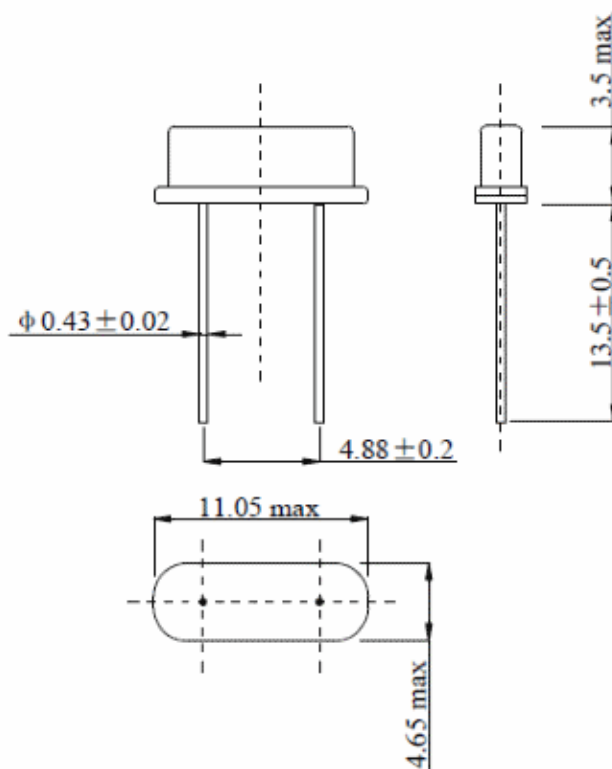


Рисунок 2.9 – Габаритні розміри кварцевий резонатор КХ-ЗНТ

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.10 - Діод 1N4148 "Diotec" [11]

Позиційне позначення	VD1, VD2
Назва компонента	Діод 1N4148
Виробник	"Diotec"
Критерії вибору	напруга випрямлення, максимальний струм, робоча частота
Параметри та характеристики	
матеріал	кремній
корпус	DO-35
максимальна постійна зворотна напруга	75В
максимальна імпульсна зворотна напруга	120В
максимальний час зворотного відновлення	0,004мкс
діапазон робочих температур	-65...+150°C
максимально допустимий прямий імпульсний струм	0,45А
максимальний зворотній струм	5 мкА

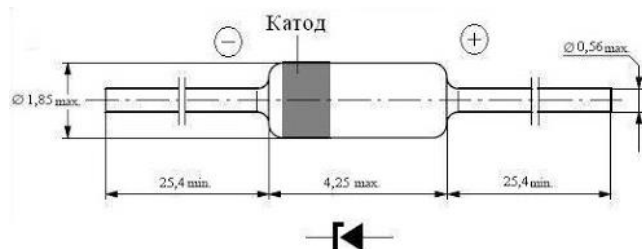


Рисунок 2.10 – Габаритні розміри діода 1N4148 "Diotec"

Таблиця 2.11 - Діод 1N4007 "Diotec" [12]

Позиційне позначення	VD5.....VD12
Назва компонента	Діод 1N4007
Виробник	"Diotec"
Критерії вибору	напруга випрямлення, максимальний струм, робоча частота
Параметри та характеристики	
Потужність розсіювання, Вт	0.5
Мінімальна напруга стабілізації, В	44
Номінальна напруга стабілізації, В	47
Максимальна напруга стабілізації, В	50
Статичний опір R _{ст.} , Ом	110
Температурний коефіцієнт напруги стабілізації αU _{ст.} , % / °C	0.12
Максимальний струм стабілізації I _{СТ.МАКС.} , МА	8.5
Робоча температура, °C	-55 ... 150
Спосіб монтажу	в отвір
Корпус	do35
Вага, г	0.2

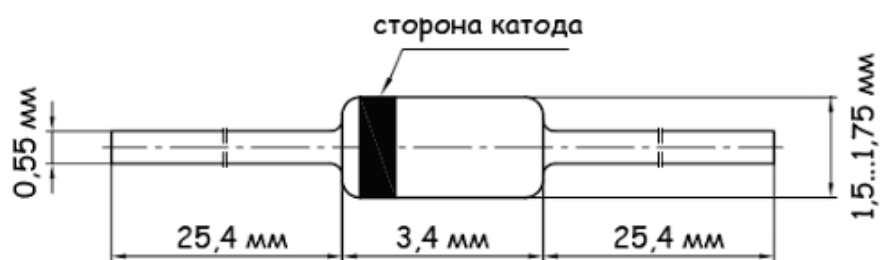


Рисунок 2.11 – Габаритні розміри діода 1N4007

Таблиця 2.12- Транзистор BC547A [13]

Позиційне позначення	VT2
Назва компонента	Транзистор BC547A
Виробник	"LGE"
Критерії вибору	Структура, коефіцієнт підсилення, потужність,
Параметри та характеристики	
Тип провідності	NPN
Максимальна напруга колектор-емітер (V_{ce0})	30 В
Розсіювана потужність (P_c)	500 мВт
Температурний діапазон переходу (T_j)	$-55...+150\text{ }^{\circ}\text{C}$
Коефіцієнт підсилення струму (h_{FE})	110–220
Максимальний струм колектора (I_c)	100 мА
Корпус	TO-92
Гранична частота (f_t)	$\sim 150\text{ МГц}$

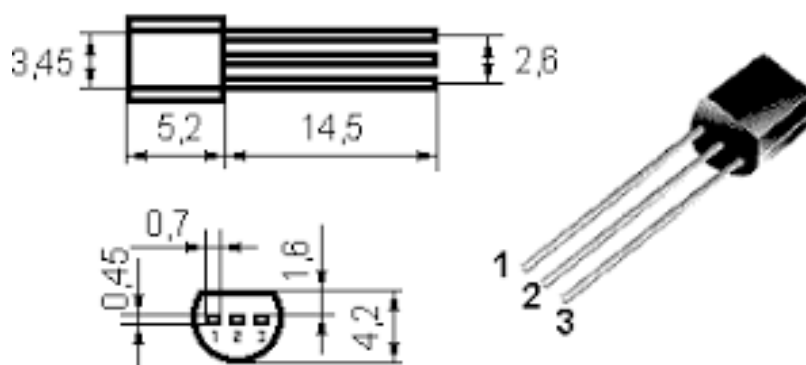


Рисунок 2.12 – Габаритні розміри транзистора BC547A

Таблиця 2.13 – Дросель EC24-100K "Bourns" [14]

Позиційне позначення	L1
Назва компонента	Дросель EC24-100K
Виробник	"Bourns"
Критерії вибору	Номинал індуктивності, робоча напруга, струм
Параметри та характеристики	
Індуктивність	330мГн, 10мГн
Допуск	±10 %
Максимальний струм	≈ 0.95 А
Опір обмотки (RDC)	до 1.2 Ω
Частота вимірювання	1 кГц
Тип сердечника	феритовий
Тип монтажу	ТНТ (вивідний, через отвори)

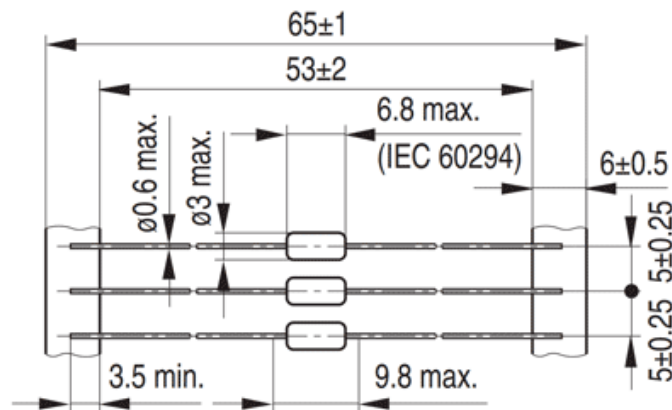


Рисунок 2.13 – Габаритні розміри дросель EC24-10

Таблиця 2.14 - Реле 801H-1C-C 12VDC "Song Chuan Precision" [15]

Позиційне позначення	K1
Назва компонента	Реле Реле 801H-1C-C 12VDC
Виробник	"Song Chuan Precision"
Критерії вибору	напруга випрямлення, максимальний струм, робоча частота
Параметри та характеристики	
Номинальна напруга котушки	12 В
Опір котушки	близько 400 Ом
Потужність котушки	~360 мВт
Механічний ресурс	10 000 000 циклів.
Розміри	19.0 × 15.5 × 15.8 мм.
Максимальний струм комутації	12 А при 125 В змінного струму (AC). 10 А при 250 В змінного струму (AC) або 28 В постійного струму (DC).).

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ

Арк.

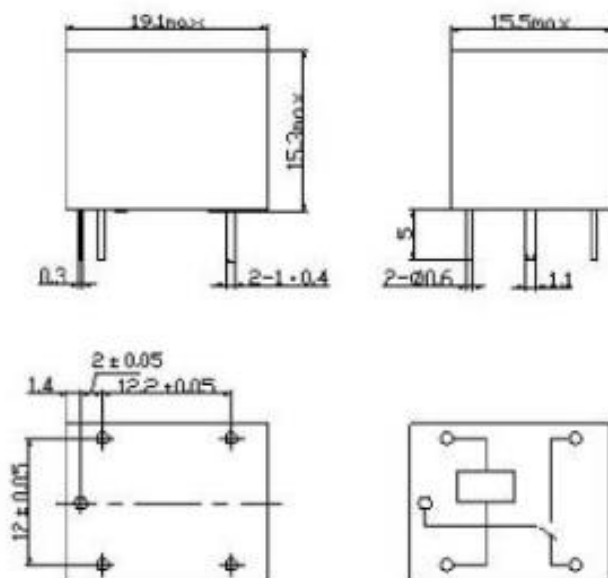


Рисунок 2.14 – Габаритні розміри реле 801H-1C-C 12VDC

Таблиця 2.15 – Зумер SMA-13LC-P10 "Sonitron" [16]

Позиційне позначення	HA1
Назва компонента	Зумер SMA-13LC-P10
Виробник	"Sonitron"
Критерії вибору	Номінальна напруга, робоча напруга, максимальний струм
Параметри конструкції	див.рис.2.15
Параметри та характеристики	
Номінальна напруга	VDC 12
Робоча напруга, VDC	1.5-16
Максимальний струм, мА	8
Мінімальний рівень звукового тиску	85дБ/10см
Резонансна частота, кГц	4.0 ± 0.5
Тип сигналу	безперервний
Робоча температура, °C	-20 ... +70
Вага, г	2

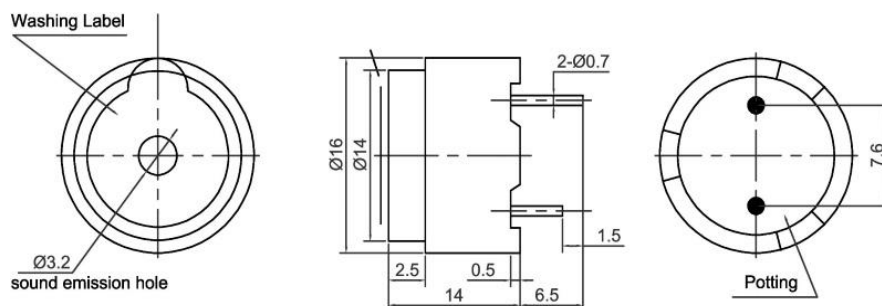


Рисунок 2.15 – Габаритні розміри зумера SMA-13LC-P10 "Sonitron"

Таблиця 2.16 - Мікросхема TL431A "UMW" [17]

Позиційне позначення	DA1
Назва компонента	Мікросхема TL431A
Виробник	"UMW"
Критерії вибору	Вхідна напруга, струм вхідний, вихідна напруга
Параметри та характеристики	
Вихідна напруга	регулюється від 2.495 В до 36 В
Точність опорної напруги	$\pm 1\%$
Робочий струм	від 1 мА до 100 мА
Динамічний опір	типово 0.2 Ом
Робоча температура	від -40°C до $+125^{\circ}\text{C}$
Корпус: найчастіше	ТО-92

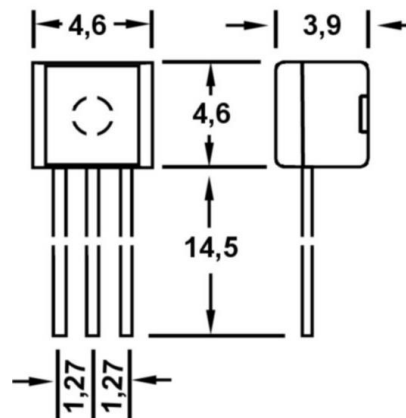


Рисунок 2.16 – Габаритні розміри мікросхеми TL431A "UMW"

Таблиця 2.17 - Мікросхема PCF8574AP "HGSEMI" [18]

Позиційне позначення	DD2
Назва компонента	Мікросхема PCF8574AP
Виробник	"HGSEMI"
Критерії вибору	Вхідна напруга, струм вхідний, вихідна напруга
Параметри та характеристики	
Корпус	DIP-16
Напруга живлення (VCC)	2,5–6 В
Кількість портів	8 (quasi-bidirectional)
Вихідний струм	до 25 мА
Струм споживання	$\sim 2,5 \mu\text{A}$ (статичний)
Швидкість I ² C	до 100 кГц

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

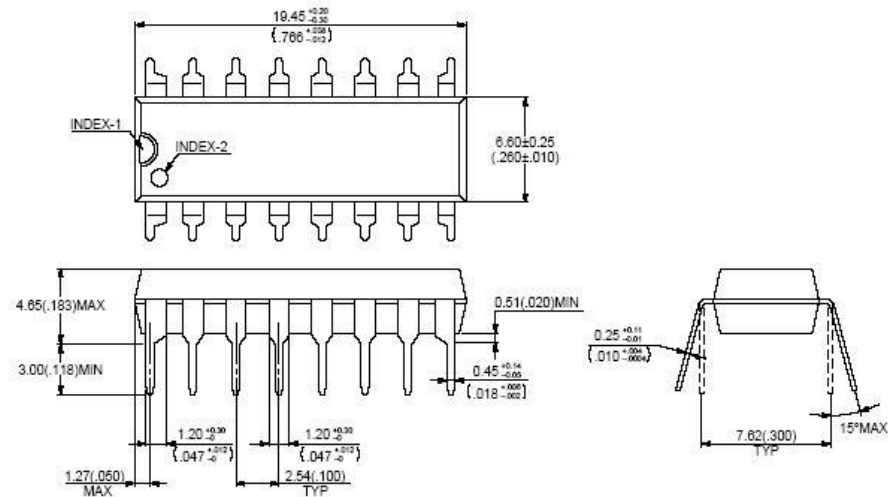


Рисунок 2.17 – Габаритні розміри мікросхеми PCF8574AP "HGSEMI"

Таблиця 2.18 - Мікросхема L293D "ST Microelectronics" [19]

Позиційне позначення	DD3
Назва компонента	Мікросхема L293D
Виробник	"ST Microelectronics"
Критерії вибору	Вхідна напруга, струм вхідний, вихідна напруга
Параметри та характеристики	
Корпус	DIP-16
Напруга живлення логіки (Vcc1)	4,5–5,5 В
Максимальний струм на канал	600 мА (піковий до 1,2 А)
Вихідна потужність	до ~20 Вт
Температурний діапазон	–40...+150 °С
Інтерфейс керування	TTL-сумісні входи (EN, IN1–IN4)

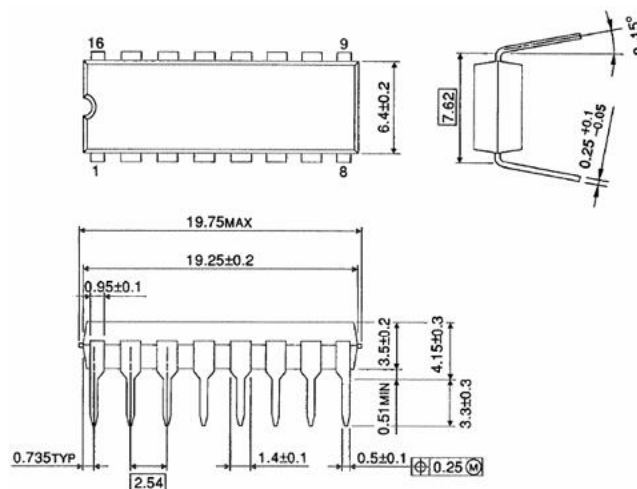


Рисунок 2.18 – Габаритні розміри мікросхеми L293D "ST Microelectronics"

Таблиця 2.19 - Мікросхема DC-DC XL4016 8A "TZT" [20]

Позиційне позначення	DA3
Назва компонента	Мікросхема DC-DC XL4016 8A
Виробник	"TZT"
Критерії вибору	Вхідна напруга, струм вхідний, вихідна напруга
Параметри та характеристики	
Вхідна напруга (V_{in})	4...40 В
Вихідна напруга (V_{out}):	1.25...36 В
Струм споживання	~2–5 мА
Максимальний коефіцієнт заповнення:	до 100%
Робоча температура:	приблизно -40...+80°C
Вихідний струм	4–5 А



Рисунок 2.19 – Зовнішній вигляд мікросхеми DC-DC XL4016 8A "TZT"

Таблиця 2.20 - Модуль годинника DS3231 "Adafruit" [21]

Позиційне позначення	B1
Назва компонента	Модуль годинника DS3231
Виробник	"Adafruit"
Критерії вибору	Вхідна напруга, струм вхідний, вихідна напруга
Параметри та характеристики	
Напруга живлення	3.3 В або 5 В
Споживання струму	активний режим: ~200–300 мкА
Похибка:	приблизно ± 2 ppm це $\approx \pm 1$ хвилини на рік
будований датчик температури:	діапазон: -40...+85°C
Інтерфейс:	I ² C
ормат часу	12 або 24 години

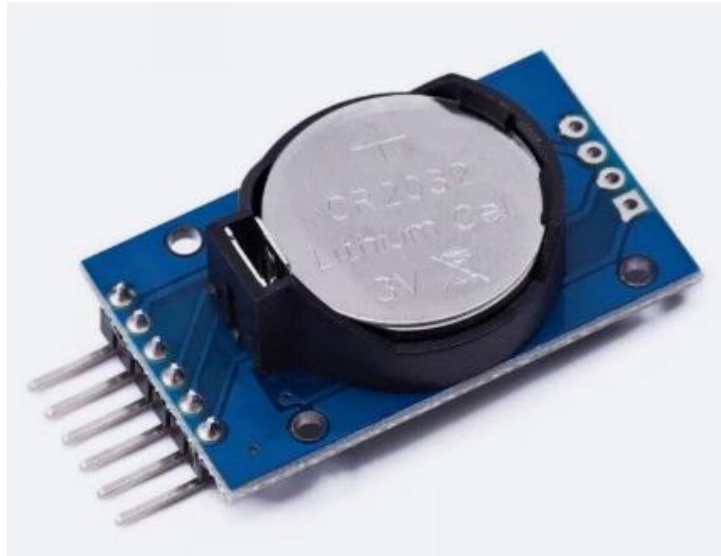


Рисунок 2.20 – Зовнішній вигляд модуля годинника DS3231 "Adafruit"

2.1.4 Розрахунок електричних параметрів окремих каскадів

Для розрахунку стабілізаторів напруги на ІМС, як правило, необхідні наступні початкові дані: номінальне значення вихідної напруги $U_{\text{ст вих ном}}$; граничні значення вихідної напруги $U_{\text{ст вих min}}$, $U_{\text{ст вих max}}$; мінімальний і максимальний струми навантаження $I_{\text{н min}}$, $I_{\text{н max}}$; температурна нестабільність напруги вхідної α_U ; нестабільність вихідної напруги $K_{\text{нстУ}}$ або коефіцієнт пульсацій вихідної напруги $K_{\text{п}}$; коефіцієнт стабілізації напруги $K_{\text{стУ}}$; внутрішній опір стабілізатора $R_{\text{ст вих}}$; температурний коефіцієнт γ .

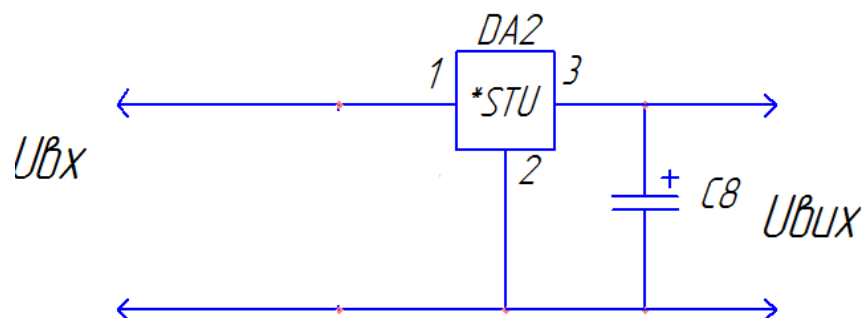


Рисунок 2.21 – Електрична принципова схема стабілізатора і конденсатора

Вибір ІМС виконується за заданими $U_{\text{ст вих}}$, $I_{\text{ст вих max}}$, $K_{\text{стУ}}$, γ ,

Р_{СТ ВИХ} із таблиці 2.21. Бажано віддавати перевагу тим ІМС, які працюють з меншою кількістю зовнішніх елементів. При цьому повинні виконуватися наступні умови

$$U_{IMC\ BИX} \geq U_{CT\ BИX}$$

$$I_{IMC\ BИX\ max} \geq I_{H\ max}$$

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

Таблиця 2.21 - Параметри стабілізаторів

Тип ІМС	$U_{CT\ ВХ}$, В (min...max)	$U_{CT\ ВИХ}$, В (min...max)	$K_{нстУ}$, % $\frac{B}{A}$ не більше за	$K_{нстУ}$, % $\frac{A}{B}$ не більше за	$K_{CT\ CT}$, дБ на 1кГц не більше за	α_U , % °C не більше за	$I_{CT\ ВИХ}$, А (max)	$P_{CT\ P03}$, Вт без радіатора/з радіатором	$I_{CT\ СП}$, мА	$U_{CT\ ПД}$, В не більше за
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
K142EHА	9...20	3...12	0,5	0,5	-	0,01	0,15	0,7/0,8	4	4
K142EH1Б	9...20	3...12	0,2	0,2	-	0,01	0,15	0,7/0,8	4	4
K142EH1В	9...20	3...12	0,8	2,0	-	0,05	0,15	0,7/0,8	4	4
K142EH1Г	9...20	3...12	0,8	1,0	-	0,05	0,15	0,7/0,8	4	4
K142EH2А	20...40	12...30	0,5	0,5	-	0,01	0,15	0,7/0,8	4	4
K142EH2Б	20...40	12...30	0,2	0,2	-	0,01	0,15	0,7/0,8	4	4
K142EH2В	20...40	12...30	0,8	2,0	-	0,05	0,15	0,7/0,8	4	4
K142EH2Г	20...40	12...30	0,8	1,0	-	0,05	0,15	0,7/0,8	4	4
KT42EH3	9...45	3...30	0,05	0,25	-	0,01	1	1,4/4	10	3
K142EH4	9...45	3...30	0,05	0,25	-	0,01	1	1,4/4	10	4
K142EH5А	7,5...15	4,9...5,1	0,05	1	70	0,02	3	1,2/10	10	2,5
K142EH5Б	8,5...15	5,88...6,12	0,05	1	70	0,02	3	1,2/10	10	2,5
K142EH5В	7,5...15	4,9...5,1	0,05	1	70	0,02	2	1,2/10	10	2,5
K142EH5Г	8,5...15	5,88...6,12	0,05	1	70	0,02	2	1,2/10	10	2,5
KP142EH5А	7,5...15	4,9...5,1	0,05	2	60	0,03	-	1,2/10	10	2,5
KP142EH5Б	8,5...15	5,88...6,12	0,05	2	60	0,03	3	1,2/10	10	2,5
KP142EH5В	7,5...15	4,82...5,18	0,05	2	60	0,03	2	1,2/10	10	2,5
KP142EH5Г	8,5...15	5,8...6,2	0,05	2	60	0,03	2	1,2/10	10	2,5
KP142EH6А	-...40	14,7...15,3	0,0015	0,3	30	0,02	0,2	1,4/5	7,5	2,5
KP142EH6Б	-...40	14,7...15,3	0,005	0,3	30	0,02	0,2	1,4/5	7,5	2,5
K142EH6В	-...40	14,7...15,3	0,0025	0,3	30	0,02	0,2	1,4/5	7,5	2,5
K142EH6Г	-...40	14,7...15,3	0,0075	0,3	30	0,02	0,2	1,4/5	7,5	2,5
142EH8А	11,5...35	8,73...9,27	0,05	0,67	40	0,02	1,5	-/9	10	2,5
142EH8Б	11,5...35	11,64...12,36	-	-	-	-	-	-	-	-

Було обрано стабілізатор 7805 "Hottech", який має параметри такі як в КР142ЕН5А.

Незалежно від типу обраної ІМС визначаємо наступні параметри

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

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

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

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

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

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

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

Можливі граничні значення ККД

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

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

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

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

Передбачається, що струм споживаний стабілізатором є малим

$$I_{CT\ BIX} \equiv I_{CT\ BX}$$

Визначення ємності конденсатора за формулою:

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

де C_0 – ємність, мкФ;

Коефіцієнт пульсацій $K_{п0}=0,03\ \%$;

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

r – опір, Ом.

$$C_0 = \frac{300}{1 \cdot 0,03} = 6800(\text{мкФ})$$

Розраховуємо робочу напругу:

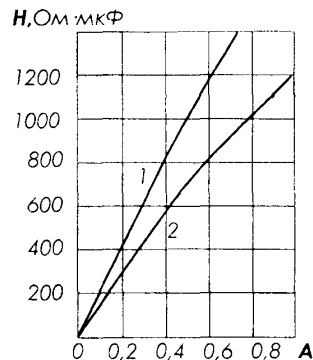


Рисунок 2.22 – Графік для визначення коефіцієнта Н:

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

$$U_{роб} = 1,4 \cdot 15 = 21(\text{В})$$

Вибираємо тип конденсатора з довідника за параметрами $C_{0 \text{ ном}}$ і $U_{роб}$.

Вибираємо електролітичний конденсатор типу ЕСАР 25 V номінальною ємністю 100мкФ та на робочу напругу 35 В.

2.1.5 Опис конструкції друкованої плати. Розрахунок параметрів друкованого монтажу

Вибрано комбінований метод виготовлення, 4 клас точності друкованої плати ОСТ 4.010.022-85 [28].

Визначаємо мінімальну ширину друкованого провідника, мм., по постійному струму для кіл живлення і заземлення [13]:

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

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

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

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

$$b_{min2} = \frac{\rho * I_{max} * l}{U_{доп} * t} = \frac{0,0175 \frac{Ом \cdot мм^2}{м} * 0,2A * 0,4м}{0,5В * 0,035м} = 0,1мм \quad (2.9)$$

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

$L = 0,5м$ – довжина провідника,

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

Визначаємо номінальне значення діаметрів монтажних отворів d :

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

де: d_E – максимальний діаметр виводу встановленого ЕРЕ (діаметр вивода ЕРЕ.) $\Delta d_{н.в.}$ – нижнє граничне відхилення від номінального діаметру монтажного отвору (0,1 для всіх)

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

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

$d_{E2} = 1,0$ – для мікросхеми DA2, резисторів R19, R13, конденсаторів C8, зумера HA1.

$$d = d_{E1} + |\Delta d_{н.в.}| + r = 0,7 + |\pm 0,1| + 0,4 = 1,1 мм$$

$$d = d_{E2} + |\Delta d_{н.в.}| + r = 0,9 + |\pm 0,1| + 0,4 = 1,3 мм$$

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

Розраховуємо діаметр контактних площадок.

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

де: hf – товщина фольги; D_{1min} – мінімальний ефективний діаметр площадки;

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

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$b_m = 0,06 \text{ мм.}$$

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

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

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

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

де: Δd - допуск на отвір.

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

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

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

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

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

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

Максимальний діаметр контактної площадки:

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

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

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

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

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

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

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

Визначаємо мінімальну відстань між елементами провідного матеріалу.

Мінімальна відстань між провідником і контактною площадкою:

$$S_{1min} = L_0 - \left[\left(\frac{D_{max}}{2} + \delta_p \right) + \left(\frac{d_{max}}{2} + \delta_1 \right) \right] \quad (2.16)$$

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

де: L_0 – відстань між центрами відповідних елементів;

Мінімальна відстань між двома контактними площадками:

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

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

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

Мінімальна відстань між двома провідниками:

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

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

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

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

2.1.6 Оцінка теплових режимів роботи виробу

Надійність та довговічність електронного пристрою значною мірою залежать від його теплового режиму. У процесі роботи електронні компоненти споживають електричну енергію, частина якої перетворюється на тепло. Підвищення температури елементів понад допустимі значення може призвести до зміни параметрів, зниження точності роботи та скорочення терміну служби виробу.

Проектований пристрій виконаний на друкованій платі розміром 113×100 мм, яка встановлена в пластмасовому корпусі габаритами $148 \times 115 \times 52$ мм. Основними джерелами тепловиділення є мікроконтролер, дисплей, мікросхема DC/DC-перетворювача та інші активні електронні компоненти. Враховуючи невелику споживану потужність пристрою та використання

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сучасної елементної бази з низьким енергоспоживанням, сумарне тепловиділення є незначним.

Відведення тепла від компонентів здійснюється шляхом теплопровідності через виводи елементів і друковані провідники, а також за рахунок природної конвекції повітря всередині корпусу та теплового випромінювання через його поверхню. Друкована плата зі склотекстоліту FR-4 має достатню механічну міцність та забезпечує розподіл теплових потоків між окремими елементами.

Компонування виробу виконано таким чином, щоб елементи з найбільшим тепловиділенням були рівномірно розподілені по поверхні друкованої плати. Це дозволяє уникнути локальних зон перегріву та забезпечує більш рівномірний температурний режим усередині корпусу. Додатково цьому сприяє наявність вільного простору між платою та стінками корпусу.

Оскільки корпус виготовлений із пластмаси, він не бере активної участі у відведенні тепла, проте завдяки достатній площі зовнішньої поверхні забезпечується ефективний теплообмін із навколишнім середовищем. За нормальних умов експлуатації температура всередині корпусу не перевищує допустимих значень для використаних електронних компонентів.

Проведена оцінка теплового режиму показує, що використання додаткових засобів охолодження, таких як радіатори або вентилятори, не є необхідним. Температурні умови експлуатації відповідають вимогам надійної роботи елементної бази, а конструкція виробу забезпечує достатній запас по тепловій стійкості.

Таким чином, тепловий режим проектного пристрою є нормальним, а температура електронних компонентів під час роботи не виходить за межі допустимих значень, що гарантує стабільність функціонування та довговічність виробу.

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1.7 Розрахунок надійності проектного пристрою

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

Імовірність безвідмовної роботи (ІБР) елементу $p(t)$ або системи $p_c(t)$ – це імовірність того, що в межах заданого напрацювання t при визначених умовах експлуатації не виникне жодної відмови.

Інтенсивність відмов $\lambda(t)$ – умовна щільність імовірності виникнення відмов пристрою, що визначається для певного моменту часу при умові, що до цього моменту відмови не виникали.

Розрахунок надійності проектного виробу проводимо за допомогою спеціальної програми NAD_Release [23]:

Таблиця 2.22 - Вихідні дані для розрахунку надійності

п/п	Назва групи елементів	К-сть шт.	$K_{\text{нопр}}$	$I_{\text{відм}} * 1e-06$	$K\text{-сть} * K_{\text{нав від}} * 1e-06$
1	Мікросхеми	7	1	0,03	0,21
2	Діоди	12	0,35	0,7	2,94
3	Індикатори	1	1	20	20
4	Конденсатори електролітичні	5	0,4	2,4	4,8
5	Конденсатори керамічні	5	0,1	1,4	0,7
6	Резистори постійні	19	0,42	0,8	6,384
7	Друкована плата	1	1	0,1	0,1
8	Пайки	210	1	0,02	4,2
9	Кнопка	3	1	2,2	6,6
10	Зумер	1	1	0,79	0,79
11	Гнізда	6	1	0,05	0,3
12	Транзистори	2	0,35	4	2,8
13	Реле	1	1	2,2	2,2
14	Резонатор кварцовий	1	1	0,2	0,2
15	Дроселі	2	0,1	1	0,2
16	Резистор підстроювальний	1	0,42	5	2,1
17	Модуль годинника	1	1	7,3	7,3

Коефіцієнти впливу:

Коефіцієнт механічних впливів: 1;

Коефіцієнт впливу вологості і температури: 1;

Коефіцієнт атомосферних впливів: 1;

Результати розрахунку:

Інтенсивність відмов: 6.1824×10^{-5} 1/год

Середня наробка до відмови: 16175.0 год.

Розрахунок ймовірності безвідмовної роботи $P(t)$:

$t = 10$ год. $P(t) = 0.999382$

$t = 100$ год. $P(t) = 0.993837$

$t = 1000$ год. $P(t) = 0.940048$

$t = 10000$ год. $P(t) = 0.538892$

$t = 100000$ год. $P(t) = 0.002065$

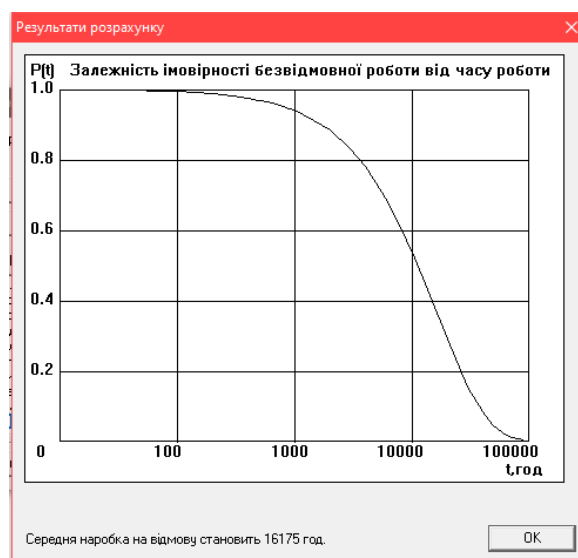


Рисунок 2.23 - Графік залежності ймовірності безвідмовної роботи від часу

Напрацювання на відмову становить 16175 год. Надійність виробу є досить високою, що супроводжується якісною роботою приладу довго та надійно.

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Техніко-економічний аналіз конструкції виробу проводиться з метою оцінки його технічних характеристик, технологічності виготовлення, надійності експлуатації та економічної доцільності виробництва.

Проектований пристрій побудований на основі сучасної елементної бази, яка забезпечує необхідні функціональні можливості, високу надійність та стабільність роботи. Застосування інтегральних мікросхем із низьким енергоспоживанням дозволяє зменшити тепловиділення та підвищити ефективність роботи виробу. Використання цифрового дисплея забезпечує зручність відображення інформації та покращує ергономічні характеристики пристрою.

Конструкція виробу відзначається компактністю. Усі електронні компоненти розміщені на двосторонній друкованій платі розміром 113×100 мм, що дозволило мінімізувати габарити пристрою та зменшити витрати матеріалів. Рациональне компонування елементів сприяє скороченню довжини електричних з'єднань, підвищенню завадостійкості та покращенню технологічності монтажу.

Для виготовлення корпусу використовується пластмаса, яка має невелику масу, достатню механічну міцність, добрі електроізоляційні властивості та низьку вартість. Використання пластмасового корпусу дозволяє знизити собівартість виробу порівняно з металевими конструкціями та спрощує процес виготовлення.

Важливою перевагою конструкції є її технологічність. Монтаж більшості елементів виконується на одній стороні друкованої плати, що спрощує складання, контроль якості та ремонтпридатність пристрою. Кріплення друкованої плати та інших вузлів здійснюється за допомогою стандартних кріпильних елементів, що не потребують спеціального обладнання для складання.

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Економічна ефективність конструкції досягається завдяки використанню доступної елементної бази, стандартних конструкційних матеріалів та простих технологічних процесів виготовлення. Зменшення кількості деталей і складальних операцій сприяє скороченню трудомісткості виробництва та зниженню собівартості готового виробу.

Конструкція пристрою забезпечує достатню надійність в умовах експлуатації. Вибрані матеріали та комплектувальні вироби мають необхідний ресурс роботи, а тепловий режим не потребує застосування додаткових засобів охолодження. Це дозволяє зменшити витрати на технічне обслуговування та підвищити термін служби виробу.

Таким чином, проведений техніко-економічний аналіз показує, що конструкція проектного виробу є технічно обґрунтованою, технологічною у виготовленні, надійною в експлуатації та економічно доцільною для серійного виробництва.

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

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

2.2 Технологічна частина

2.2.1 Загальні відомості про складання і монтаж проектного виробу

Проектований пристрій виконаний на двосторонній друкованій платі розміром 113×100 мм, виготовленій комбінованим методом. Завдяки компактному розташуванню елементів досягнуто мінімальних габаритів плати при збереженні необхідних функціональних можливостей виробу.

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Усі основні електронні компоненти встановлені на одній стороні друкованої плати, що спрощує процес монтажу, контролю якості та подальшого обслуговування пристрою. На зворотному боці плати розміщені лише провідники та монтажні отвори.

Складання виробу починається з монтажу електронних компонентів на друковану плату відповідно до складального креслення та специфікації. Після встановлення елементів виконуються паяння, очищення плати від залишків флюсу та контроль якості монтажу.

Корпус пристрою виготовлений із пластмаси та складається з верхньої та нижньої кришок, які мають форму типу «корито». На верхній кришці встановлюються органи керування – перемикачі, а також дисплей і захисне скло дисплея. У місцях з'єднання верхньої та нижньої кришок монтуються гніздо живлення та роз'єми для підключення навантаження через втулки.

Основна друкована плата кріпиться до нижньої кришки корпусу за допомогою чотирьох опорних ніжок, гвинтів та шайб, що забезпечує її надійну фіксацію та необхідний зазор між платою і корпусом. Мікросхема DC/DC-перетворювача також встановлюється на чотири опорні ніжки та закріплюється гвинтами і шайбами. Після монтажу всіх вузлів виконують електричні з'єднання між платою, дисплеєм, органами керування та зовнішніми роз'ємами.

Завершальним етапом є складання корпусу шляхом з'єднання верхньої та нижньої кришок, проведення електричного контролю, функціональної перевірки та випробування виробу. Габаритні розміри корпусу становлять 148×115×52 мм.

Використана елементна база є доступною, економічно доцільною та забезпечує реалізацію всіх функцій, закладених у конструкцію пристрою. Обрані компоненти характеризуються достатньою надійністю, технологічністю монтажу та придатністю до серійного виробництва.

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Технологічність конструкції виробу характеризує її пристосованість до виготовлення, складання, контролю, експлуатації та ремонту з мінімальними витратами праці, матеріалів і часу при забезпеченні необхідної якості та надійності.

Конструкція проектного пристрою має достатньо високий рівень технологічності. Це досягається завдяки використанню друкованої плати стандартних розмірів 113×100 мм, застосуванню серійно виготовлюваних електронних компонентів та використанню уніфікованих кріпильних елементів. Усі основні компоненти розміщені на одній стороні друкованої плати, що значно спрощує монтаж, контроль якості та виконання ремонтних робіт.

Конструкція корпусу складається з двох пластмасових кришок простої форми, що не потребують складної механічної обробки. Кріплення друкованої плати та допоміжних вузлів здійснюється за допомогою стандартних гвинтів, шайб та опорних стійок, що зменшує трудомісткість складання та забезпечує взаємозамінність деталей.

Застосована елементна база характеризується високим ступенем стандартизації та широкою доступністю. Використання типових роз'ємів, перемикачів, дисплея та джерела живлення сприяє зниженню вартості виробництва та спрощує матеріально-технічне забезпечення.

Для монтажу електронних компонентів на друковану плату використовуються такі інструменти:

- електричний паяльник потужністю 25–40 Вт з регулюванням температури;
- пінцети для встановлення малогабаритних компонентів;
- бокорізи для обрізання виводів радіоелементів;
- викрутки для виконання складальних операцій;
- пристрої для видалення надлишків припою;

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- вимірювальні прилади для контролю монтажу та налагодження виробу.

Для забезпечення якісного складання застосовуються такі пристосування:

- монтажні підставки для фіксації друкованої плати під час паяння;

- антистатичні килимки та браслети для захисту чутливих електронних компонентів від електростатичних розрядів;

- пристрої для утримання корпусних деталей під час складання.

Як технологічна оснастка використовуються:

- трафарети або шаблони для контролю правильності встановлення компонентів;

- контрольно-вимірювальні стенди для перевірки працездатності готового виробу;

- пристрої для електричного контролю друкованої плати після монтажу.

Вибрані інструменти, пристосування та оснастка забезпечують виконання складально-монтажних робіт з необхідною точністю та якістю, скорочують тривалість виробничого циклу й підвищують продуктивність праці.

Отже, конструкція проектного виробу є технологічною, придатною для серійного виготовлення та не потребує застосування складного спеціалізованого обладнання. Це сприяє зниженню витрат на виробництво та забезпечує стабільну якість готової продукції.

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

Для виготовлення розроблюваного виробу використовується двостороння друкована плата, що забезпечує високу щільність розміщення радіоелементів та оптимальну трасування електричних з'єднань. Застосування двошарової структури плати дозволяє зменшити габаритні розміри пристрою, покращити електричні характеристики провідників і знизити вплив паразитних параметрів.

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виготовлення друкованої плати виконується за комбінованою технологією, яка поєднує механічні, фотолітографічні та хіміко-технологічні процеси. Такий метод забезпечує високу точність формування провідникового рисунка та стабільну якість виготовлених виробів.

На початковому етапі використовується основа з фольгованого діелектрика, з якої формується заготовка плати. Зазвичай застосовується склотекстоліт, покритий шаром мідної фольги. Далі на поверхню наноситься фоточутливий матеріал (фоторезист), який використовується для формування захисного рисунка провідників.

Після нанесення фоторезисту виконується експонування через фотошаблон, на якому задано топологію провідників. Під дією ультрафіолетового випромінювання змінюються властивості фоточутливого шару в освітлених ділянках. Наступним етапом є проявлення, під час якого видаляються неробочі ділянки фоторезисту, у результаті чого формується захисна маска, що відповідає конфігурації майбутніх провідників.

Подальшим кроком є процес хімічного травлення, у ході якого видаляються незахищені ділянки мідного шару. У результаті формується остаточна топологія друкованих провідників відповідно до електричної схеми пристрою. Після завершення травлення залишки фоторезисту видаляються, а поверхня плати проходить очищення.

Для двосторонніх друкованих плат додатково виконується операція металізації отворів, яка забезпечує електричне з'єднання між верхнім і нижнім шарами провідників. Перед цим отвори свердляться згідно з конструкторською документацією, після чого очищуються та готуються до металізації, що гарантує формування надійного струмопровідного покриття всередині отворів.

Завершальним етапом є нанесення захисної паяльної маски, яка запобігає окисненню мідних провідників, знижує ризик виникнення коротких замикань під час монтажу та підвищує загальну надійність плати. Додатково виконується

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

маркування елементів монтажу, що полегшує складання, налагодження та подальше обслуговування виробу.

Для покращення якості пайки та підвищення довговічності контактних з'єднань проводиться фінішна обробка контактних майданчиків, яка може включати лудіння або нанесення захисних металевих покриттів.

Основою друкованої плати є склотекстоліт типу FR-4, який характеризується високою механічною міцністю, стабільними діелектричними властивостями, низьким рівнем вологопоглинання та стійкістю до підвищених температур. Завдяки цим властивостям матеріал забезпечує надійну роботу виробу протягом тривалого терміну експлуатації.

Провідникові доріжки виготовляються з електролітичної міді, що має високу електропровідність, добру технологічність обробки та надійну адгезію до основи. Це забезпечує мінімальні втрати в електричних колах та стабільність параметрів пристрою.

Як допоміжні матеріали використовуються фоточутливі резисти для формування топології провідників, хімічні реагенти для травлення міді, а також матеріали для нанесення паяльної маски і захисного покриття контактних майданчиків. Як фінішні покриття можуть застосовуватись олов'яні, нікелеві або золотовмісні шари, що підвищують корозійну стійкість та якість паяння.

2.2.4 Кількісна оцінка технологічності друкованого вузла

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

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

$$K_{\text{вик.імс}} = \frac{H_{\text{імс}}}{H_{\text{імс}} + H_{\text{епе}}} = \frac{6}{6 + 53} = 0,1 \quad (2.20)$$

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт автоматизації і механізації монтажу $K_{A.M}$ виробу визначається за формулою:

$$K_{A.M} = \frac{H_{A.M}}{H_M} = \frac{210}{210} = 1 \quad (2.21)$$

де $H_{A.M}$ – загальна кількість монтажних з’єднань, які здійснюються або можуть здійснюватись автоматизованим способом, тобто наявні механізми для виконання монтажних з’єднань.

H_M – загальна кількість монтажних з’єднань.

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

$$K_{M.П.ЕРЕ} = \frac{H_{M.П.ЕРЕ}}{H_{ЕРЕ}} = \frac{53}{53} = 1 \quad (2.22)$$

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

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

$$K_{ПОВТ.ЕРЕ} = 1 - \frac{H_{Т.ЕРЕ}}{H_{ЕРЕ}} = 1 - \frac{43}{53} = 0,2 \quad (2.23)$$

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

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

$$K_{ЗАСТ.ЕРЕ} = 1 - \frac{H_{Т.ОР.ЕРЕ}}{H_{Т.ЕРЕ}} = 1 - \frac{10}{53} = 0,81 \quad (2.24)$$

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

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$N_{T.EPE}$ – загальна кількість типорозмірів ЕРЕ у виробі

Коефіцієнт установочних розмірів електрорадіоелементів $K_{BCT.P}$

визначається за формулою:

$$K_{BCT.P} = 1 - \frac{H_{BCT.P}}{H_{EPE}} = 1 - \frac{53}{53} = 0 \quad (2.25)$$

де $N_{BCT.P}$ кількість видів встановлених розмірів ЕРЕ у виробі

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

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

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

Комплексний показник технологічності K визначається за формулою

$$K = \frac{K_1\phi_1 + K_2\phi_2 + \dots + K_i\phi_i}{\phi_1 + \phi_2 + \dots + \phi_i}$$
$$K = \frac{0,1*1 + 1*1 + 1*0,75 + 0,2*0,5 + 0,81*0,310 + 0*0,187 + 1*0,110}{1 + 1 + 0,75 + 0,5 + 0,310 + 0,187 + 0,110} = 0,58 \quad (2.27)$$

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

Відношення K/K_n повинно задовольняти умову:

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

Перевіряємо умову: $\frac{0,58}{0,5} = 1,16 \geq 1$.

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

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Маршрутно-операційна технологія складання термометра включає в себе наступні кроки:

- Маршрутно-операційна технологія складання включає в себе наступні кроки [27]:
- установка друкованого вузла у нижню частину корпусу;
- кріплення друкованого вузла до нижньої частини корпусу за допомогою чотирьох гвинтів;
- установка DC/DC перетворювача у нижню частину корпусу;
- кріплення DC/DC перетворювача до нижньої частини корпусу за допомогою чотирьох гвинтів;
- кріплення дисплея та перемикачів на верхню кришку;
- кріплення скла під індикатор;
- кріплення гнізда живлення та роз'ємів вихідних через втулку;
- фіксація кришок за допомогою чотирьох гвинтів та ніжок;

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

- Розконсервація друкованої плати;
- Маркування заводського номера;
- Захист контактних площадок, які не підлягають автоматизованій пайці, латексом;
- Сушка;
- Формування виводів EPE;
- Лудження виводів EPE;
- Встановлення EPE;
- Автоматизована пайка хвилею припою;

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Рихтування;
- Регулювання;
- Лакування;
- Технічний контроль.

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток Б 3D модель пристрою

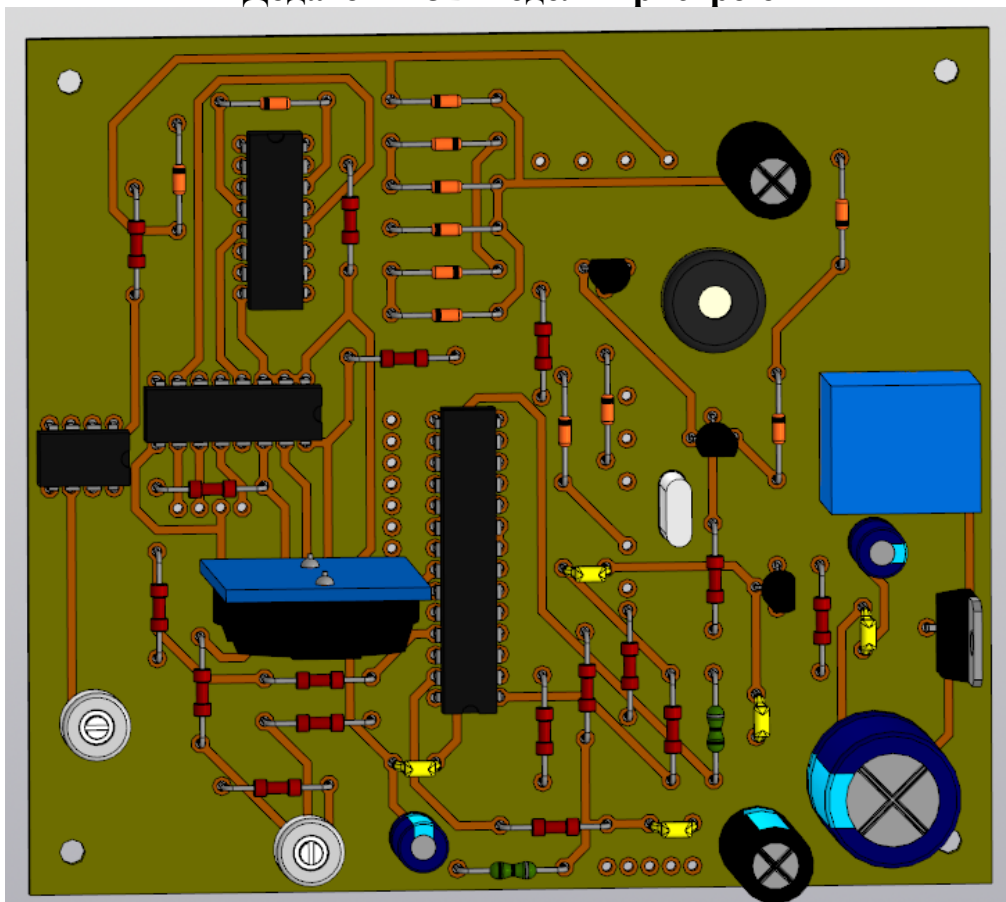


Рисунок Б.1 – 3D модель пристрою, вузол друкуваний

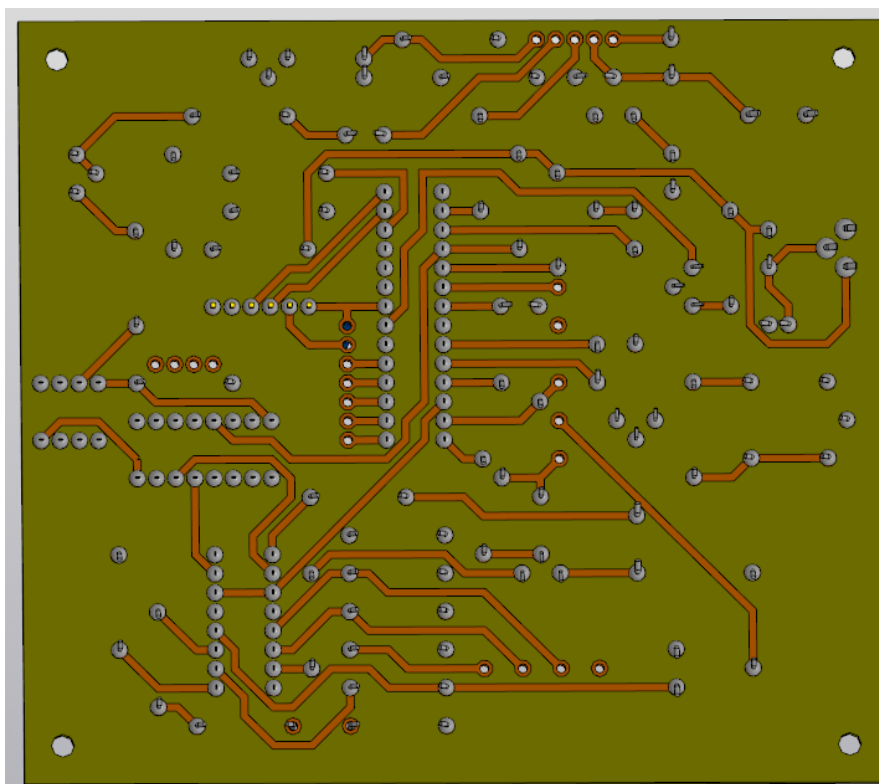


Рисунок Б.2 – 3D модель пристрою, вузол друкуваний знизу

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ

Арк.

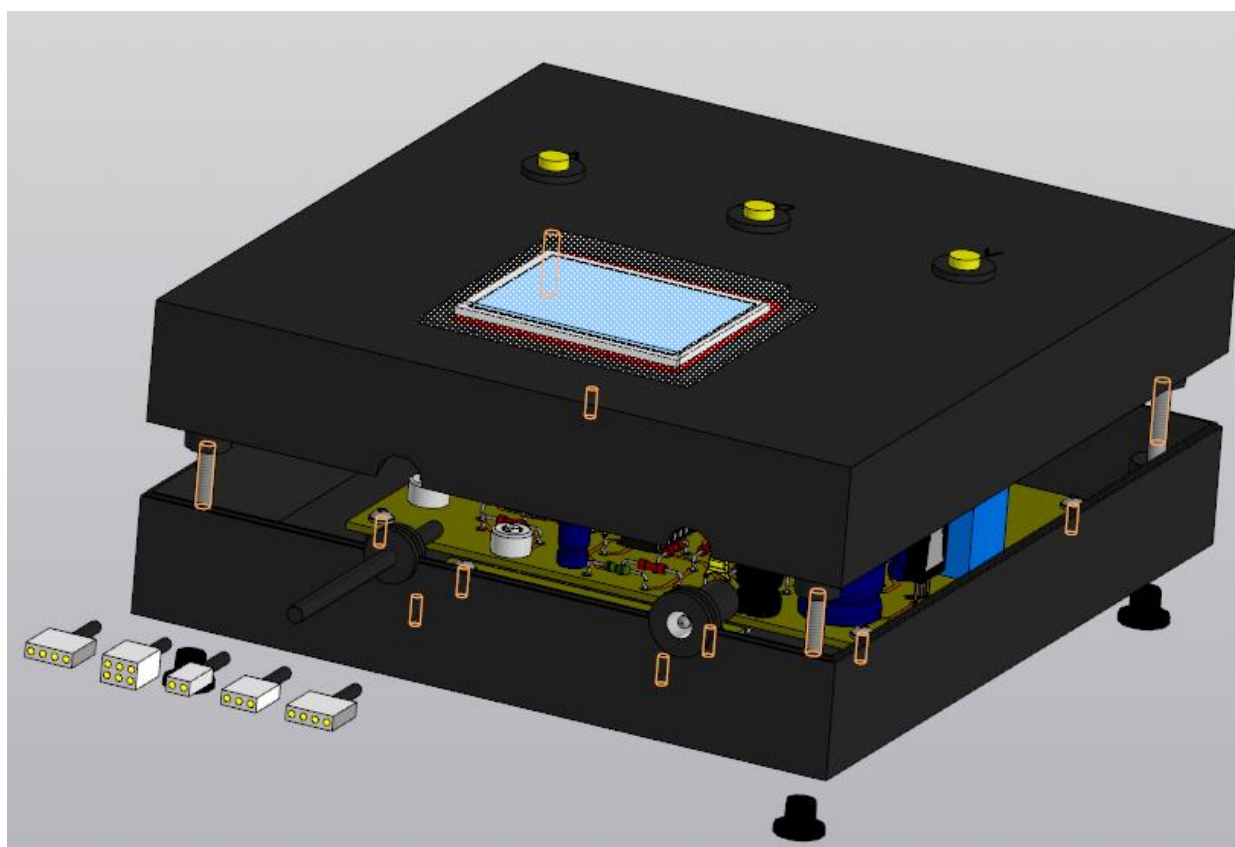


Рисунок Б.3 – 3D модель пристрою, загальний вигляд збоку

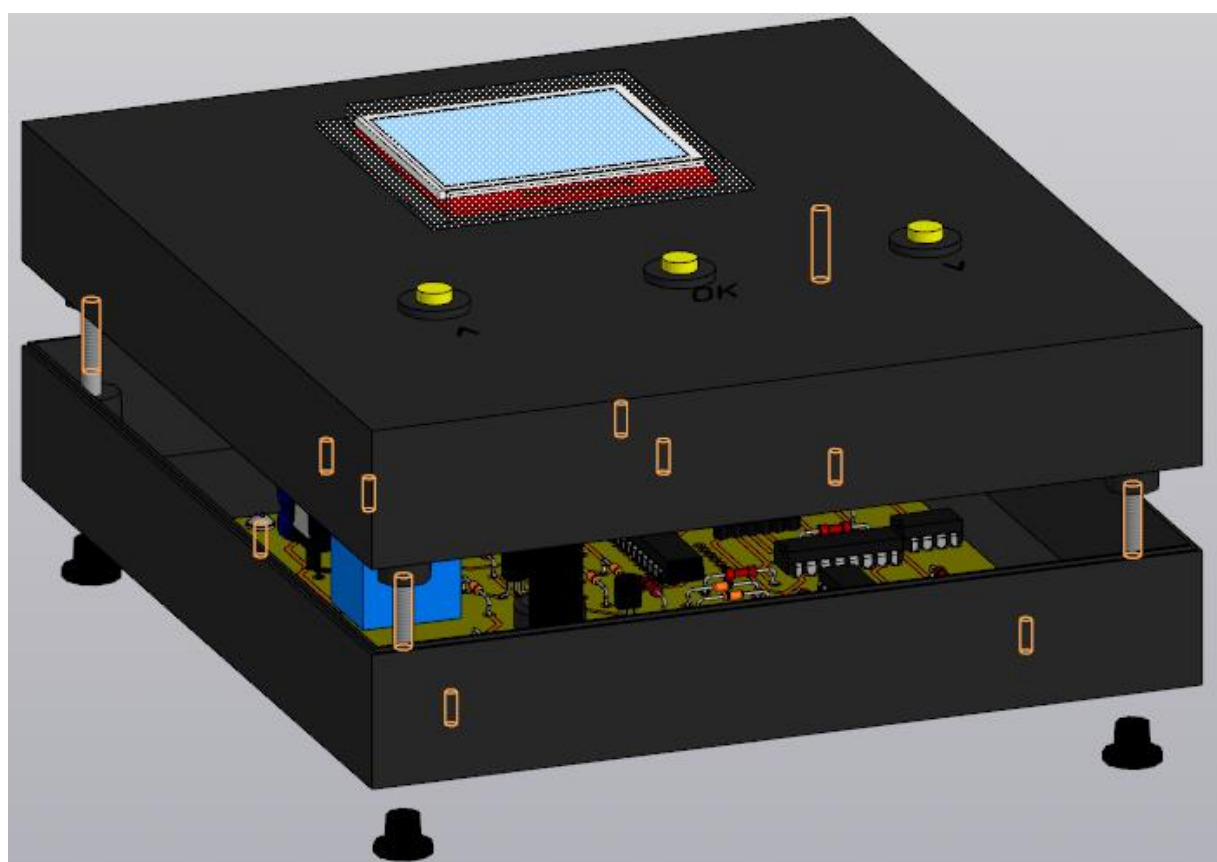


Рисунок Б.4 – 3D модель пристрою, загальний вигляд

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

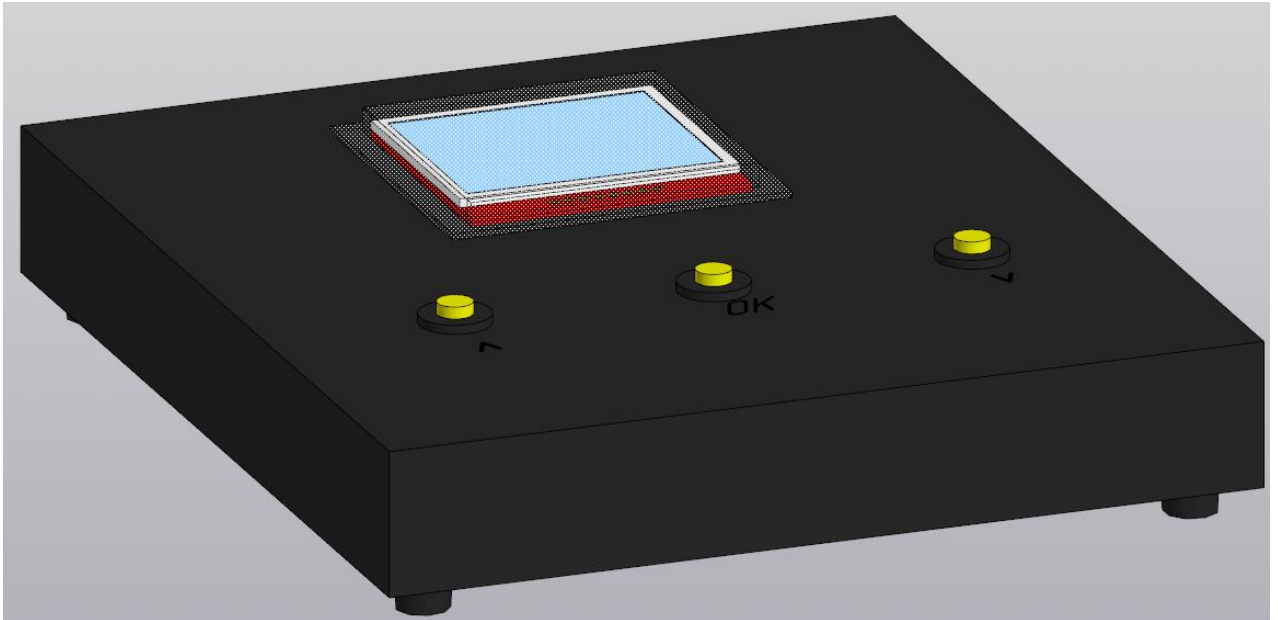


Рисунок Б.5- 3D модель пристрою, верхня кришка

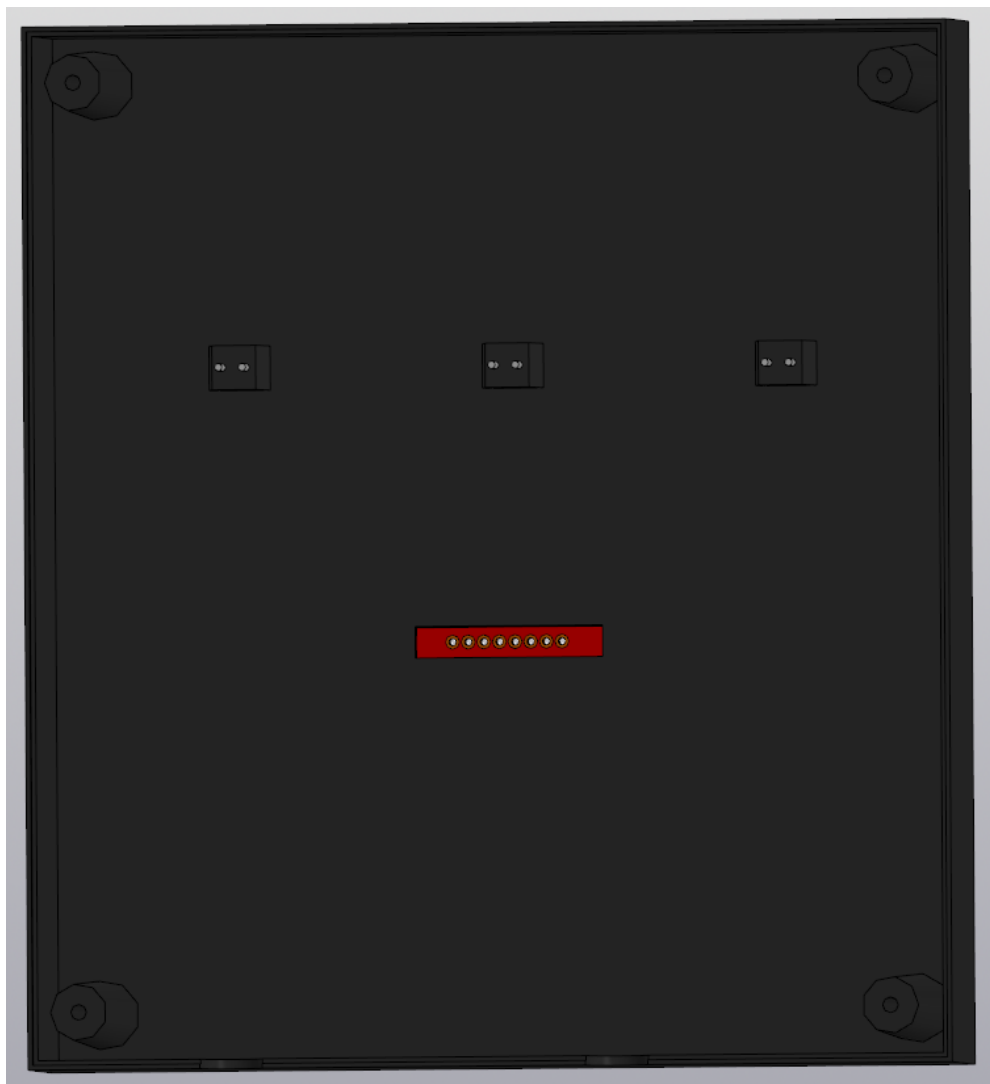


Рисунок Б.6 - 3D модель пристрою, верхня кришка вигляд знизу

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

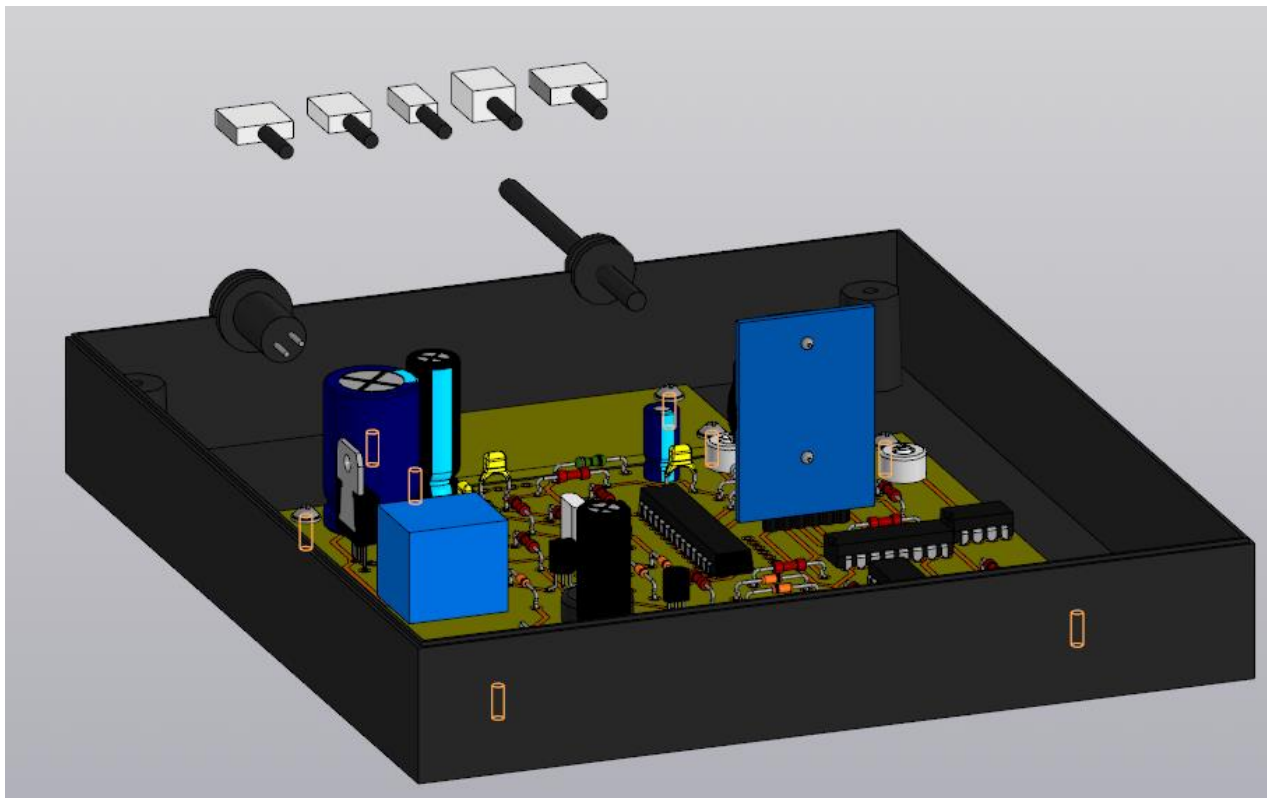


Рисунок Б.7 - 3D модель пристрою, нижня кришка

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дубл.																				
Замість																				
Підпис																				
												Аркушів 5		Аркуш 1						
Розробив		Пилипів				ВСП ТФК ТНТУ		26 КР 172.402.023.001 СК						26 КР 172.402.023.001						
Перевірив		Федечко				Трекер слідування за сонцем											Н			
Нормував																				
Затвердив																				
Н. контр.		Задорожний																		
А	Цех	Діл	РМ	Опер	Код, назва операції				Позначення документу											
Б	Код, назва обладнання					СМ.	Проф	Р	УТ	КР	КОВД	ОН	ОП	К ШТ	Т ПЗ	Т ШТ				
К-М	Назва деталі, скл. одиниці або матеріалу					Позначення, код						СПП	ОВ	ОН	КВ	ВНТР				
01					Охорона навколишнього середовища, згідно інструкції МВЯ790831															
02																				
03	402		023	005	402.023.01 Комплектування											0,005				
04					Комплектування проводити згідно ТТО 644081 (38шт)															
05																				
06	402		023	010	402.023.02 Слюсарно-складальна											0,02				
07					Пневмоверт РТ 532964															
08					Складання проводити по ТТП 231587															
09					1. Кріпити друкований вузол поз.1 до верхньої кришки поз. 2 гвинтами поз.18 (4шт) через шайбу поз.20(4шт)згідно карти ескізів															
10					2. Кріпити мікросхему поз.7(DC1) до нижньої кришки поз. 3 гвинтами поз.18 (4шт) через шайбу поз.20(4шт)згідно карти ескізів															
11					3. Кріпити кнопки поз.11(SB1-SB3), дисплей поз.9(HG1) скло під індикатор поз.4 до верхньої кришки поз. 2 згідно карти ескізів															
12					4. Кріпити роз'єм поз.17(XS3) між двох кришок, поз.13(XS1,XS6) поз.14(XS5) поз.15(XS2) поз.16(XS4) через втулки поз.5 згідно карти ескізів															
К 13	1	Вузол друкований				26 КР 172.402.023.001.000 СК							796	100	100					
14	2	Кришка верхня				26 КР 172.402.023.004.001							796	100	100					

[illegible]

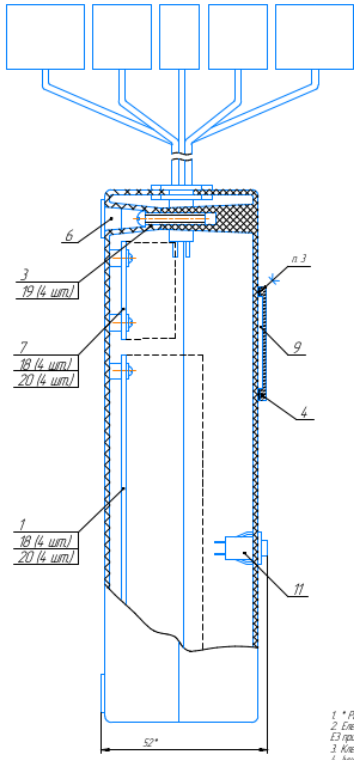
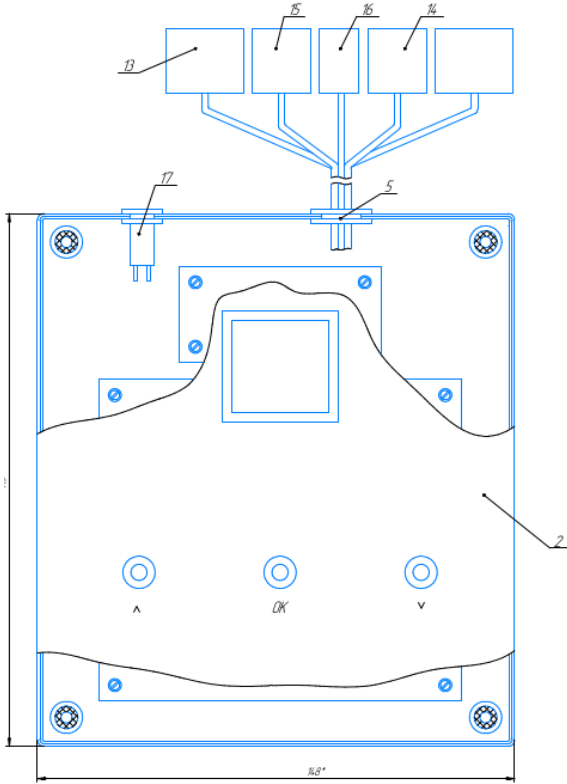
[illegible]

[illegible]

Дубл.								
Замість								
Підпис								

						Аркушів 5	Аркуш 5	
Розробив	Пилипів			ВСП ТФК ТНТУ	26 КР 172.402.023.001 СК		26 КР 172.402.023.001	
Перевірів	Федечко			Трекер слідування за сонцем			Н	
Нормував								
Затвердив								
Н. контр.	Задорожний							

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



1. * Розміри дані додаток.
2. Електронні дані зображення зображення з 2025.000172.402.023.0010001
3. Електронні дані зображення зображення з 2025.000172.402.023.0010001
4. Інші технічні дані дані по 02.74/02.74/02.74

ДОДАТКИ

Додаток А Друкована плата

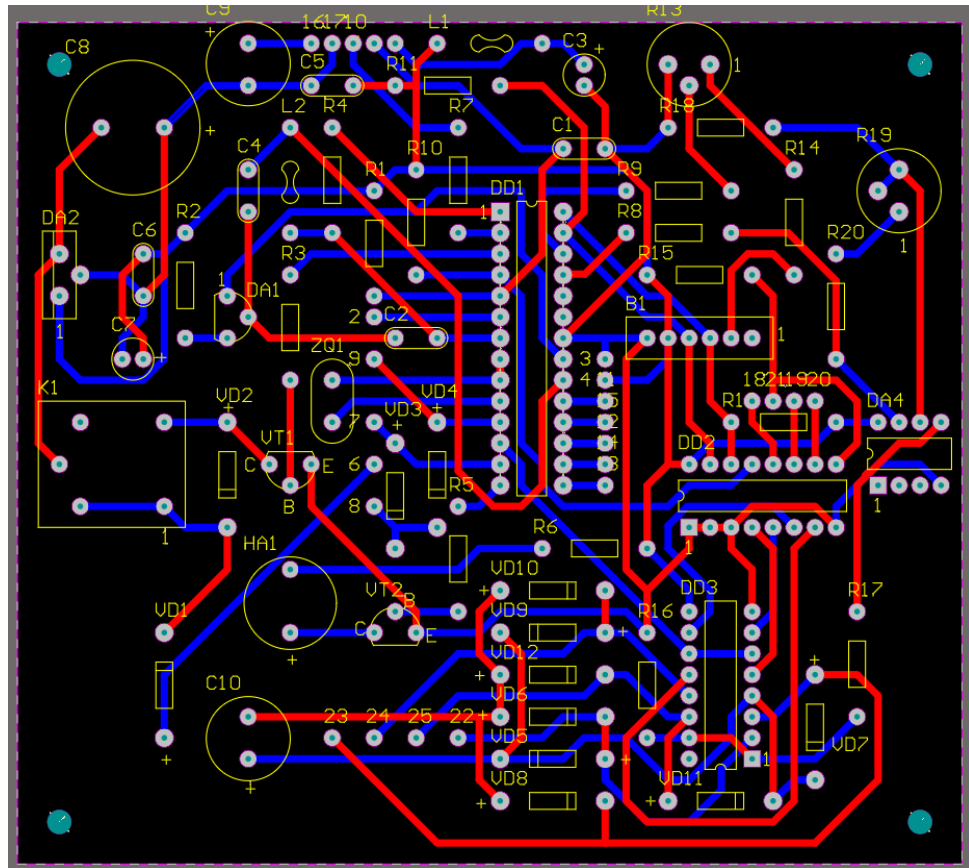


Рисунок А.1 – Друкована плата

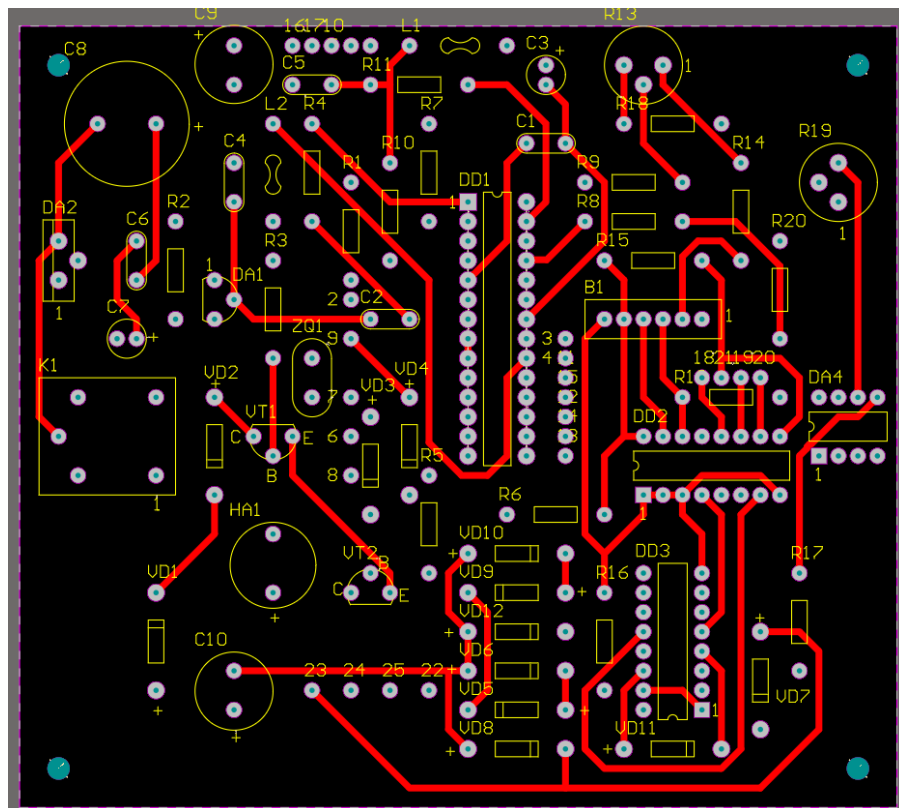


Рисунок А.2 – Друкована плата, шар Тор

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ

Арк.

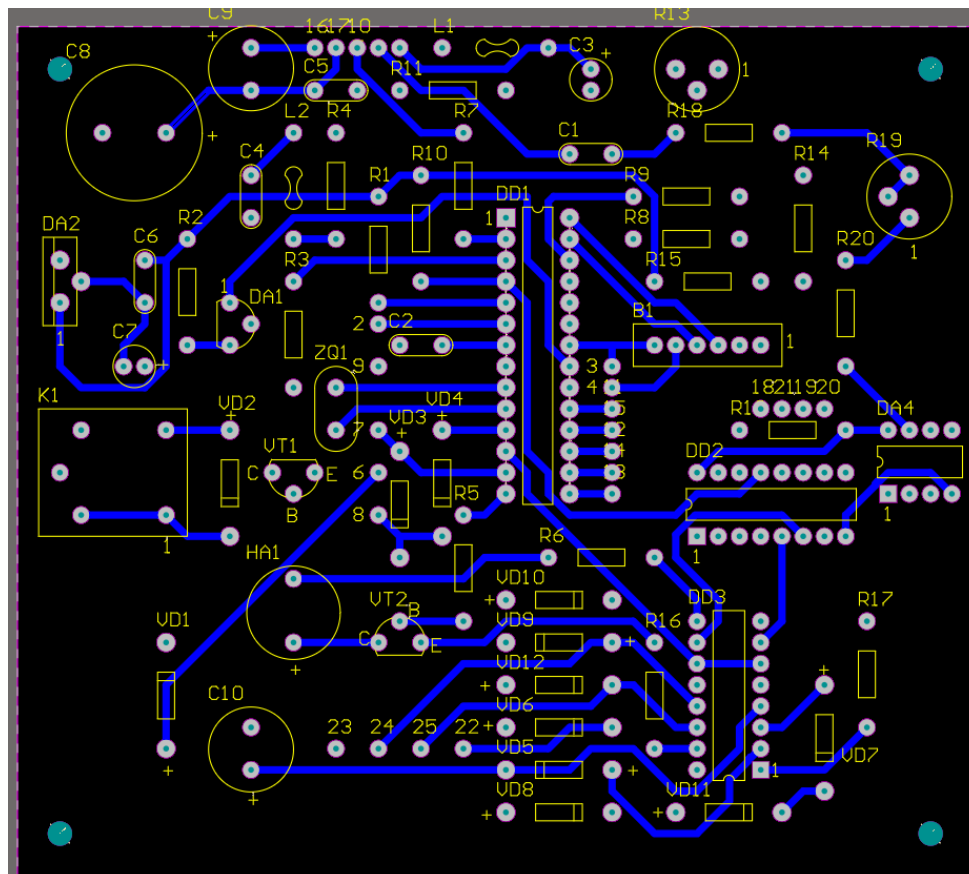


Рисунок А.3 – Друкована плата, шар Bottom

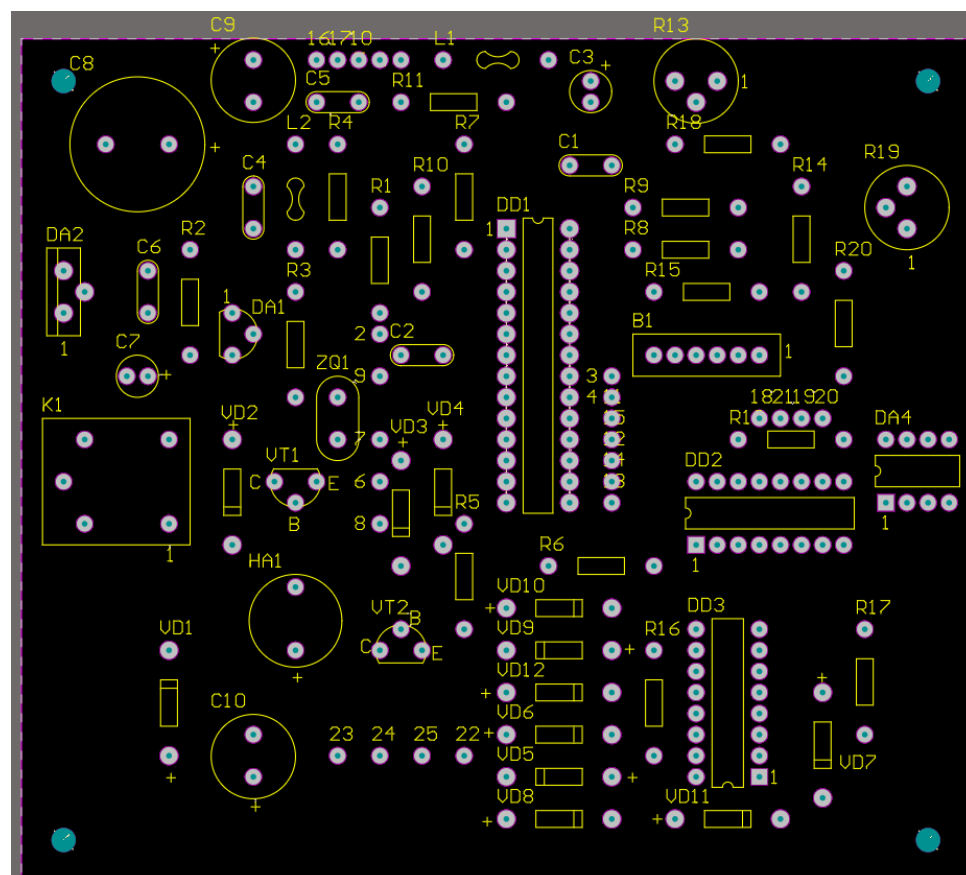


Рисунок А.4 – Друкована плата, шар Overlay

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

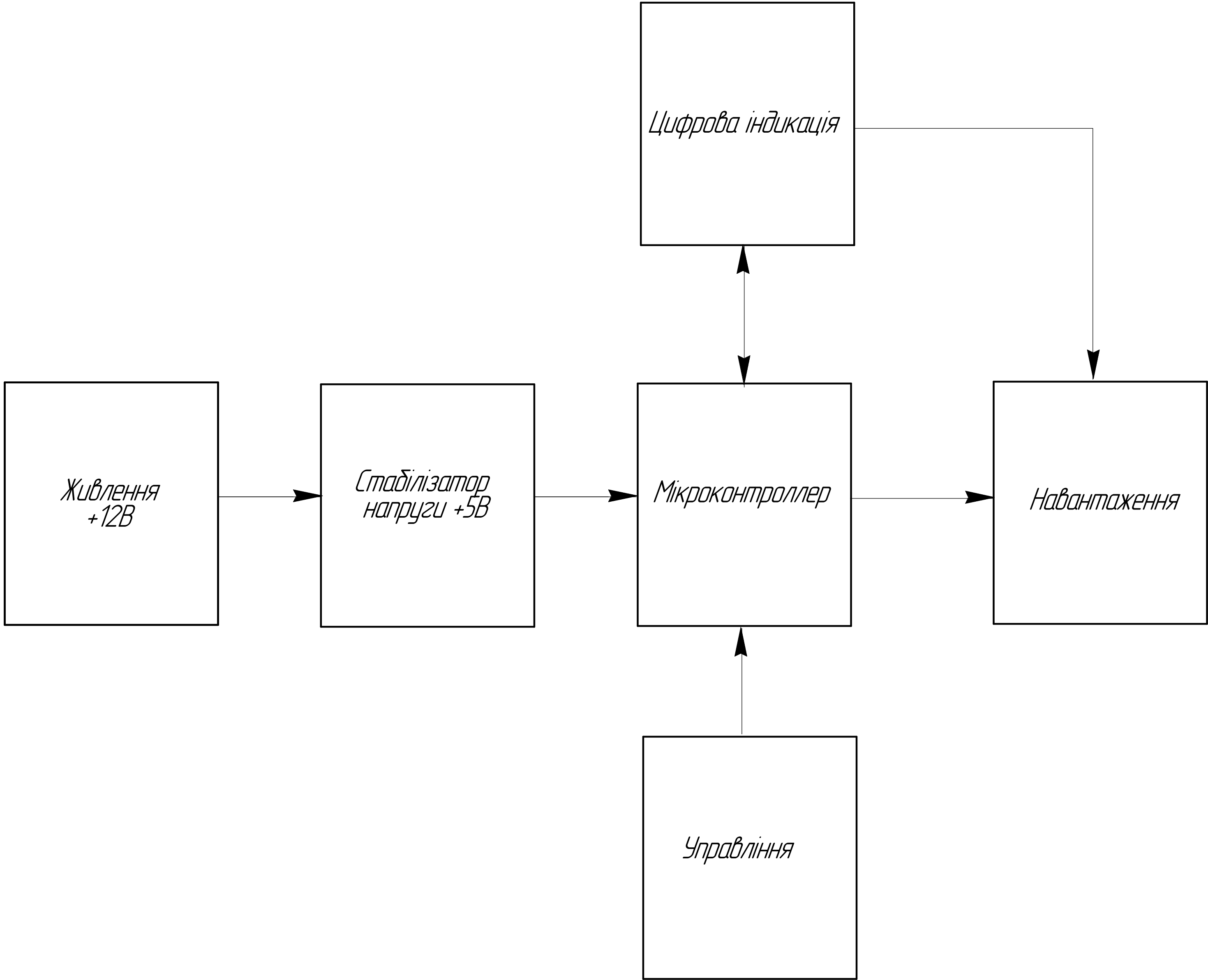
26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ

Арк.

Додат. №	Перш. викорис.

Інв. № архіт.	Підпис і дата	Інв. № змін.	Підпис і дата	Зам. інв. №	Інв. № змін.	Підпис і дата

26 КР 172.402.023.001.000 Е1



						26 КР 172.402.023.001.000 Е1			
Зм.	Арх.	№ докум.	Підпис	Дата	Трекер слідування за сонцем		Літ.	Маса	Масштаб
Розроб.	Пилипів						- Н -	-	-
Перевір.	Федечко				Схема електрична структурна		Аркцш		Аркцшів 1
І.контр.							ВСП ТФК ТНТУ ТР-402		
Рецензент							м. Тернопіль		
Н.контр.	Задорожний						Формат А2		
Затверд.					Копіявав				

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....

ВСТУП. Призначення і область застосування радіопристрою.....

РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....

1.1 Розробка технічного завдання

1.2 Вибір і опис структурної схеми виробу

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

РОЗДІЛ 2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....

2.1 Розрахунково-конструкторська частина.....

2.1.1 Опис компонування виробу. Обґрунтування вибору конструкційних матеріалів і покриттів

2.1.2 Обґрунтування вибору конструкції.

2.1.3 Опис і обґрунтування вибору елементної бази

2.1.4 Розрахунок електричних параметрів окремих каскадів

2.1.5 Опис конструкції друкованої плати. Розрахунок параметрів друкованого монтажу

2.1.6 Оцінка теплових режимів роботи виробу (розрахунок площі радіатора при необхідності).....

2.1.7 Розрахунок надійності проектного пристрою.....

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

2.2 Технологічна частина.....

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

2.2.2 Якісна оцінка технологічності конструкції.

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка конструкції трекера слідування за сонцем Пояснювальна записка			Лім.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Пилипів								
Перевір.		Федечко								
Рецензент								ВСП ТФК ТНТУ ТР-402 м. Тернопіль		
Н. Контр.		Задорожний								
Затверд.										

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

2.2.4 Кількісна оцінка технологічності друкованого вузла.....

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

РОЗДІЛ 3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....

3.1 Розрахунок обсягу інвестицій, необхідних для реалізації проектних рішень

3.2 Розрахунок собівартості продукції.....

3.3 Оцінка економічної ефективності та доцільності впровадження проектних рішень.....

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....

4.1 Задачі, правові та організаційні основи охорони праці.....

4.2 Категорії поділу фізичної роботи за величиною загальних енерговитрат.....

ВИСНОВКИ.....

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....

ДОДАТКИ.....

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перш. використ.	Поз. познач.	Найменування			Кіл.	Примітка
		Датчики				
	B1	Модуль годинника DS3231 "Adafruit"			1	
Додат. №		Конденсатори				
	C1	NPO-150 нФ ±5% "Murata"			1	
	C2	NPO-100 нФ ±5% "Murata"			1	
	C3	ECAP-16 В-100 мкФ ±20% "Jamicon"			1	
	C4...C6	NPO-100 нФ ±5% "Murata"			3	
	C7	ECAP-16 В-100 мкФ ±20% "Jamicon"			1	
	C8	ECAP-25 В-6800 мкФ ±20% "Jamicon"			1	
	C9	ECAP-35 В-220 мкФ ±20% "Jamicon"			1	
	C10	ECAP-16 В-220 мкФ ±20% "Jamicon"			1	
Підпис і дата						
		Мікросхеми				
	DA1	TL431 "UMW"			1	
	DA2	7805 "Hottech"			1	
	DA3	MCP602-I/P "Microchip"			1	
	DC1	DC-DC XL4016 8A "TZT"			1	
	DD1	ATMEGA328-PU "Atmel"			1	
	DD2	PCF8574AP "HGSEMI"			1	
	DD3	L293D "ST Microelectronics"			1	
Зам. інв. №						
	HA1	Зумер SMA-13LC-P10 "Sonitron"			1	
Підпис і дата						
	HG1	Дисплей Nokia 5110 "Nokia"			1	
Інв. № орг.					26 КР 172.402.023.001.000 ПЕЗ	
	Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
	Розроб.	Пилипів				Трекер слідування за сонцем Перелік елементів
	Перевір.	Федченко				
Н.контр.	Задорожний					
	Затверд.					Літ. Аркуш Аркуші в
						Н 1 3
						ВСП ТФК ТР-402
						м. Тернопіль

Поз. познач.		Найменування			Кіл.	Примітка
K1		Реле 801H-1C-C 12VDC "Song Chuan Precision"			1	
		Дросель				
L1		EC24-100K-330 мкГн "Bourns"			1	
L2		EC24-100K-10 мкГн "Bourns"			1	
		Резистори				
R1		MFP-0,125-4,7 кОм ±10% "Yageo"			1	
R2		MFP-0,125-200 Ом ±10% "Yageo"			1	
R3...R5		MFP-0,125-10 кОм ±10% "Yageo"			3	
R6		MFP-0,125-5 Ом ±10% "Yageo"			1	
R7		MFP-0,125-200 Ом ±10% "Yageo"			1	
R8...R12		MFP-0,125-10 кОм ±10% "Yageo"			5	
R13		3329H-1-5 кОм "Bourns"			1	
R14		MFP-0,125-100 кОм ±10% "Yageo"			1	
R15		MFP-0,125-4,7 кОм ±10% "Yageo"			1	
R16		MFP-0,125-10 Ом ±10% "Yageo"			1	
R17		MFP-0,125-4,7 кОм ±10% "Yageo"			1	
R18		MFP-0,125-200 Ом ±10% "Yageo"			1	
R19		3329H-1-2 кОм "Bourns"			1	
R20		MFP-0,125-5,1 кОм ±10% "Yageo"			1	
SB1...SB3		Кнопка PBS-11A "Jietong Switch"			3	
		Діоди				
VD1...VD4		1N4148 "Diotec"			2	
VD5...VD12		1N4007 "Diotec"			8	
		Транзистори				

РОЗДІЛ 3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1. Розрахунок обсягу інвестицій, необхідних для реалізації проектних рішень

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

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

Вартість будівель розраховується за формулою:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

При цьому вартість обладнання складає:

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

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

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

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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

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

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

4) Загальний обсяг виробничих інвестицій розраховується за формулою:

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

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

5) Величина амортизаційних відрахувань розраховується за формулою:

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

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

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

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

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

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 - Розрахунок річних амортизаційних відрахувань

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

3.2 Розрахунок собівартості продукції

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

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

Виробнича собівартість

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

Повна собівартість

Рекомендації щодо розрахунку статей калькуляції собівартості продукції.

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

$$B_M = 1209 \times 1,04 = 1257,36 \text{ (грн.)}$$

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

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

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

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

Таблиця 3.2- Розрахунки

№ з/п	Назва матеріалу (покупного виробу)	Кількість	Ціна за одиницю	Загальна вартість
1	Плата друкована	2	80	160
2	Кришка нижня	1	75	75
3	Кришка верхня	1	75	75
4	Мікросхема	7	60	420
5	Конденсатори електролітичні	5	10	50
6	Конденсатори постійні	5	1	5
7	Резистори постійні	18	0,5	9
8	Індикатор	1	50	50
9	Модуль годинника	1	50	50
10	Кнопка	3	20	60
11	Роз'єм	6	20	120
12	Кварц	1	30	30
13	Діоди	12	5	60
14	Транзистори	2	10	20
15	Реле	1	25	25
				1209

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

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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

C_r – годинна тарифна ставка відповідно до розряду виконуваних робіт (див. додаток А).

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

Таблиця 3.3- Розрахунок основної заробітної плати

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

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

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

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

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

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

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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

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

$$V_{\text{уео}} = \frac{72}{100} \times (110 + 12,1) = 87,91 \text{ (грн.)}$$

де $\alpha_{\text{уео}}$ - відсоток витрат на утримання та експлуатацію обладнання (приймається 72%);

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

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

$$V_{\text{зв}} = \frac{110}{100} \times (110 + 12,1) = 134,31 \text{ (грн.)}$$

де $\alpha_{\text{зв}}$ - відсоток загальновиробничих витрат (приймають 110%).

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

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

$$S_{\text{вир}} = 1257,36 + (110 + 12,1 + 25,86) + 87,91 + 134,31 = 1627,54 \text{ (грн.)}$$

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На підставі розрахованих вище даних складають калькуляцію собівартості одиниці продукції (однієї деталі) та запланованого випуску. Калькуляція собівартості представлена в табл. 3.4

Таблиця 3.4- Калькуляція собівартості

№ з/п	Найменування статей витрат	Величина витрат, грн.
1	2	3
1	Витрати матеріалів	1257,36
2	Основна заробітна плата виробничих робітників	110,00
3	Додаткова заробітна плата виробничих робітників	12,1
4	Відрахування на соціальні заходи	25,86
5	Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	87,91
6	Загальновиробничі витрати	134,31
Разом виробнича собівартість (сума 1-6), в тому числі:		1627,54
7	-змінні (сума 1-4) $B_{зм.од}$	1405,32
8	-умовно-постійні (сума 5-6) $B_{уп.од}$	222,22

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

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

$$Ц_{одпр} = 1627,54 \times \frac{100 + 33}{100} = 2164,63 \text{ (грн.)}$$

де $\alpha_{пр}$ —відсоток запланованого прибутку (приймається 33%);

1

3.3 Оцінка економічної ефективності та доцільності впровадження проектних рішень

Розрахунок економічної ефективності інвестиційного проекту проводиться за наступними критеріями:

1) Річний прибуток від реалізації проекту розраховується за формулою:

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

$$\Pi_p = (2164,63 - 1627,54) \times 1800 = 966758,76 \text{ (грн),}$$

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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

2) Чистий прибуток від реалізації проекту розраховується за формулою:

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

$$\text{ЧП} = 966758,76 - 966758,76 \times \frac{18}{100} = 792742,18 \text{ (грн.)}$$

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

$\Pi_{п}$ - ставка податку на прибуток, % (приймається відповідно до чинного законодавства – 18%).

3) Собівартість всього виробництва розраховується за формулою:

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

$$S_{повq} = 1627,54 \times 1800 = 2929572 \text{ (грн.)}$$

4) Рентабельність продукції визначається за формулою:

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

$$P_{п} = \frac{792742,18}{2929572} \times 100\% = 27,06 \%$$

де $P_{п}$ - рентабельність продукції, %;

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

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

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

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

$$\Gamma\Pi = 792742,18 + 1031,25 = 793773,43 \text{ (грн.)},$$

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

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

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

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

за формулою:

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

$$\text{ЧТВ} = 721612,21 - 229125 = 492487,21 \text{ (грн.)}$$

де ЧТВ - чиста теперішня вартість проекту, грн.;

ТВ - теперішня вартість майбутніх грошових потоків від інвестиційного проекту, грн.

Теперішню вартість майбутніх грошових потоків від інвестиційного проекту обчислюють за формулою:

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

$$\text{ТВ} = \frac{793773,43}{(1 + 0,1)^1} = 721612,21 \text{ (грн.)}$$

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

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

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

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

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

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

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

$$\text{ІП} = \frac{721612,21}{229125} = 3,15$$

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де ІІ- індекс прибутковості інвестицій.

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

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

$$T_{ок_{диск}} = \frac{II}{GP_{диск}} \quad (3.24)$$

$$T_{ок_{диск}} = \frac{229125}{721612,21} = 0,32р$$

де $GP_{диск}$ - середньорічна величина дисконтованих грошових потоків:

$$GP_{диск} = \frac{TB}{t}, \quad (3.25)$$

$$GP_{диск} = \frac{721612,21}{1} = 721612,21 \text{ (грн.)}$$

де t - кількість років інвестування.

Підсумки вищенаведених розрахунків доцільно звести в табл. 3.5

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

№ з/п	Найменування показника	Одиниця виміру	Величина показника
1	Річний обсяг виробництва виробу:	од.	1800
2	Собівартість виробу	грн./од.	1627,54
3	Ціна одиниці виробу	грн./од.	2164,63
4	Початкові інвестиції для реалізації інвестиційного проекту	грн.	229125
5	Чистий прибуток	грн.	792742,18
6	Рентабельність виробу	%	22,96
8	Чиста теперішня вартість проекту	грн.	492487,21
9	Індекс прибутковості	-	3,15
10	Дисконтований термін окупності інвестицій	років	0,32

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Задачі, правові та організаційні основи охорони праці.

Основними задачами охорони праці є створення безпечних умов праці, попередження виробничого травматизму та професійних захворювань, а також збереження працездатності працівників. Ці задачі реалізуються через комплекс заходів, які охоплюють усі етапи організації трудового процесу.

Перш за все, важливою задачею є усунення небезпечних і шкідливих виробничих факторів або зменшення їх впливу до допустимого рівня. До таких факторів належать фізичні (шум, вібрація, температура), хімічні (шкідливі речовини), біологічні та психофізіологічні фактори. Роботодавець зобов'язаний впроваджувати сучасні технології та засоби захисту, що мінімізують ризики для працівників.

Наступною задачею є забезпечення працівників засобами індивідуального та колективного захисту. Це включає спецодяг, спецвзуття, захисні каски, респіратори, окуляри та інші засоби, що відповідають характеру виконуваної роботи.

Важливе місце займає навчання та інструктаж працівників з питань охорони праці. Кожен працівник перед початком роботи повинен пройти відповідний інструктаж і перевірку знань. Це дозволяє сформувати у працівників правильні навички безпечної поведінки.

Ще однією важливою задачею є контроль за дотриманням вимог охорони праці. На підприємствах створюються служби охорони праці або призначаються відповідальні особи, які здійснюють регулярні перевірки умов праці, технічного стану обладнання та дотримання правил безпеки.

Також до задач належить розслідування та облік нещасних випадків і професійних захворювань. Це необхідно для виявлення причин інцидентів і запобігання їх повторенню в майбутньому.

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Окрім цього, важливою задачею є створення належних санітарно-гігієнічних умов праці, що включає вентиляцію, освітлення, температурний режим, чистоту робочих місць.

Правові основи охорони праці в Україні визначаються системою законодавчих і нормативно-правових актів, які регулюють відносини між роботодавцем і працівником у сфері безпеки праці.

Основним документом є Закон України «Про охорону праці», який визначає основні принципи державної політики в цій сфері, права та обов'язки сторін трудового процесу, а також відповідальність за порушення вимог охорони праці.

Важливу роль відіграє також Кодекс законів про працю України (КЗпП), який містить норми щодо робочого часу, відпочинку, умов праці, а також гарантії прав працівників на безпечні умови праці.

Крім того, правове регулювання здійснюється через:

- державні стандарти (ДСТУ);
- правила безпеки;
- санітарні норми;
- будівельні норми;
- галузеві нормативні акти.

Важливим елементом правової бази є міжнародні договори та конвенції, ратифіковані Україною, зокрема документи Міжнародної організації праці (МОП). Вони встановлюють загальновизнані стандарти безпеки праці.

Законодавство також визначає права працівників, серед яких:

- право на безпечні умови праці;
- право відмовитися від виконання роботи у разі небезпеки;
- право на забезпечення засобами захисту;
- право на компенсації у разі шкоди здоров'ю.

Разом із правами встановлюються і обов'язки працівників, зокрема:

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- дотримання вимог інструкцій з охорони праці;
- правильне використання обладнання;
- використання засобів захисту;
- повідомлення про небезпечні ситуації.

Роботодавець, у свою чергу, несе відповідальність за створення безпечних умов праці та забезпечення виконання законодавчих вимог. За порушення законодавства передбачена дисциплінарна, адміністративна, матеріальна та кримінальна відповідальність.

Організаційні основи охорони праці включають систему управління охороною праці на підприємстві, яка забезпечує реалізацію законодавчих вимог і досягнення встановлених цілей.

На кожному підприємстві створюється служба охорони праці або призначається відповідальна особа. Вона організовує роботу з охорони праці, проводить навчання, контролює стан умов праці та розробляє заходи щодо їх покращення.

Важливим елементом є планування заходів з охорони праці. Це можуть бути:

- модернізація обладнання;
- впровадження нових технологій;
- покращення умов праці;
- проведення медичних оглядів.

Особливе значення має система навчання та перевірки знань. Вона включає:

- вступний інструктаж;
- первинний інструктаж на робочому місці;
- повторний, позаплановий і цільовий інструктажі.

Не менш важливим є контроль і нагляд за станом охорони праці. Він здійснюється як внутрішніми службами підприємства, так і державними

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

органами. Регулярні перевірки дозволяють своєчасно виявляти порушення та усувати їх.

До організаційних заходів належить також атестація робочих місць за умовами праці, яка проводиться з метою визначення рівня шкідливих факторів і надання працівникам відповідних пільг і компенсацій.

Важливою складовою є медичне забезпечення працівників, що включає попередні та періодичні медичні огляди, профілактичні заходи, а також контроль за станом здоров'я працівників.

Також організаційна система охорони праці передбачає мотивацію працівників до безпечної праці. Це може бути як матеріальне стимулювання, так і застосування дисциплінарних заходів у разі порушень.

4.2 Категорії поділу фізичної роботи за величиною загальних енерговитрат.

До категорії Іа належать роботи, які виконуються сидячи та не потребують фізичного напруження (професії сфери управління, швейного і годинникового виробництва та ін.). Загальні енерговитрати організму -105—140 Дж/с (Вт), 90—120 Ккал/год.

До категорії Іб належать роботи, які виконуються сидячи, стоячи або пов'язані з ходінням та супроводжуються деяким фізичним напруженням (низка професій на підприємствах зв'язку, контролери, майстри та ін.). Загальні енерговитрати організму- 141—175 Дж/с (Вт), 121—150 Ккал/год.

До категорій Іа належать роботи, які пов'язані з постійним ходінням, переміщенням дрібних (до 1 кг) виробів або предметів у положенні стоячи або сидячи, і потребують певного фізичного напруження (низка професій у прядильно-ткацькому виробництві, механоскладальних цехах та ін.). Загальні енерговитрати організму - 176—232 Дж/с (Вт), 151—200 Ккал/год.

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До категорії ІІб належать роботи, які виконуються стоячи, пов'язані з ходінням, переміщенням невеликих (до 10 кг) вантажів, та супроводжуються помірним фізичним напруженням (низка професій машинобудування, металургії та ін.). Загальні енерговитрати організму - 233—290 Дж/с (Вт), 201—250 Ккал/год.

До категорії ІІІ належать роботи, які пов'язані з постійними переміщеннями, перенесенням значних (понад 10 кг) вантажів, і потребують великих фізичних зусиль (низка професій з виконанням ручних операцій металургійних, машинобудівних, гірничовидобувних підприємств). Загальні енерговитрати організму - 291—349 Дж/с (Вт), 251—300 Ккал/год.

Усі роботи за важкістю поділяють на такі категорії: легкі, середньої важкості, важкі та дуже важкі.

Важкість праці — це характеристика навантаження на організм під час роботи, яка вимагає м'язових зусиль і відповідного енергетичного забезпечення.

Ергономічними показниками важкості праці є маса предметів чи вантажу, потужність роботи, ро-боча поза, величина статичного навантаження. Головними з них є потужність і величина статичного навантаження.

Розумові навантаження. Розумова праця поєднує роботи, пов'язані з прийомом і переробкою інформації, що вимагають переважно напруженості сенсорного апарату, уваги, пам'яті, а також активізації процесів мислення та емоційної сфери.

Ступінь емоційного навантаження на організм, що вимагає переважно інтенсивної роботи мозку по одержанню і переробці інформації, визначає напруженість праці.

За напруженістю всі роботи поділяють на такі категорії: ненапружені, мало напружені, напружені та дуже напружені.

Ергономічні критерії напруженості праці:

- число об'єктів одночасного спостереження;

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- тривалість зосередженого спостереження;
- щільність повідом-лень за 1 год, емоційне напруження;
- змінність (у яку зміну працює робітник);
- напруженість функцій аналізаторів;
- об'єм оперативної пам'яті;
- інтелектуальна напруженість;
- монотонність та ін.

Основні з них: показники уваги, щільність сигналів інформації, характеристика емоційного напруження. Інші критерії є додатковими.

Фізіологічною особливістю розумової праці є мала рухливість і вимушена одноманітна поза. При цьому послабляються обмінні процеси, що обумовлюють застійні явища в м'язах ніг, органах черевної порожнини і малого тазу, погіршується постачання кисню до головно-го мозку. У той же час мозок споживає при цьому близько 20% всіх енергетичних ресурсів. Приплив крові до працюючого мозку збільшується в 8-10 разів у порівнянні зі станом спокою.

Порівняно з фізичною діяльністю при окремих видах розумової діяльності (робота конструкторів, операторів ЕОМ, учнів та вчителів тощо) напруженість органів чуття зростає в 5—10 разів. Це зумовлює більш жорсткі вимоги щодо рівнів шуму, вібрації, освітленості саме при розумовій діяльності.

Вміст глюкози в крові збільшується на 18-36% і зростає вміст адреналіну, норадреналіну та жирних кислот. Збільшується споживання амінокислот, вітамінів групи В. Погіршується гострота зору, контрастна чутливість і зорова працездатність, в результаті чого збільшується час зорово-моторних реакцій.

Тривале розумове навантаження впливає на психічну діяльність, погіршує функції уваги (обсяг, концентрація, переключення), пам'яті (короткочасної і довгострокової), сприйняття (збільшується частота помилок).

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При значній розумовій напруженості спостерігається тахікардія (частішання пульсу), підвищення кров'яного тиску, зміни в електрокардіограмі, електроенцефалограмі, які характеризують біоелектричну активність мозку, збільшення легеневої вентиляції і споживання кисню. А ці функціональні зміни в організмі, в свою чергу, викликають настання гальмових процесів: ослаблення пильності й уваги, стомлення.

Незважаючи на суттєві відмінності, поділ трудової діяльності на фізичну та розумову досить умовний. З розвитком науки та техніки, автоматизації та механізації трудових процесів, межа між ними все більше згладжується.

При інтенсивній та довготривалій роботі може настати втома, для якої характерним є зниження працездатності.

У процесі виконання роботи може розвинутися стан пониженої працездатності організму, який об'єктивно оцінюють як втому, а суб'єктивно сприймають як відчуття стомленості.

Під втомою розуміють сукупність тимчасових змін у фізіологічному та психічному стані людини, які з'являються внаслідок напруженої та тривалої діяльності і призводять до погіршення її кількісних та якісних показників. Втома є захисною реакцією, яка спрямована проти виснаження функціонального потенціалу організму людини. Після відпочинку втома зникає, а працездатність поновлюється.

Втома може виникнути як при інтенсивній фізичній, так і розумовій діяльності, хоча при останній вона менш помітна, особливо під час виконання улюбленої роботи. В той же час, процес контролю розвитку втоми при розумовій діяльності є складнішим, оскільки навіть після закінчення робочого часу мозок людини не підсвідомо продовжує пошук вирішення поставленого завдання.

Стан втоми, як правило, супроводжується відчуттям стомленості — суб'єктивним вираженням процесів, які відбуваються в організмі при втомі.

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Унаслідок накопичення втоми і хронічного перевантаження виникає перевтома.

Перевтома — високий ступінь втоми, коли створюється різка невідповідність між затратою енергії організму під час роботи і процесом її відновлення. При перевтомі працездатність не відновлюється до початку наступного періоду роботи (зміни, початку робочого тижня тощо).

За наявності хронічної перевтоми:

- знижується працездатність;
- погіршуються якість і продуктивність праці;
- знижується опір організму до інфекцій;
- зростає ймовірність захворювання серцево-судинної системи;
- збільшується кількість помилок і брак у роботі

Перевтома знижує опірність організму до впливу навколишнього середовища, насамперед до інфекційних захворювань та отруйних речовин; може призвести до розвитку захворювань ЦНС — неврозу втоми, неврастенії, істерії.

У профілактиці стомлення і перевтоми працівника значна роль належить організації раціонального режиму праці і відпочинку. Фізіологи обґрунтували п'ять умов підвищення працездатності, що сприяють ефективному попередженню стомлення:

- у будь-яку роботу потрібно входити поступово;
- умовою успішної працездатності є розміреність і ритмічність;
- звичність, послідовність і плановість;
- недбалість і квапливість у праці не припустима;
- фізіологічно обґрунтоване чергування праці і відпочинку, а також зміна форм діяльності (найбільш ефективним є відпочинок, зв'язаний з активним діяльним станом);

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- сприятливе відношення суспільства до праці (мотивація праці і соціальні умови).

У процесі роботи спостерігають закономірності зміни працездатності, які називають фазами трудового процесу:

- фаза впрацювання;
- фаза інтенсив-ної роботи (стійкої працездатності),
- фаза зниження працездатності.

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перш. викорис.	Довід. №	Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.		
						Документація				
		A4			26 КР 172.402.023.000.000 ПЕЗ	Перелік елементів				
		A1			26 КР 172.402.023.000.000 ЕЗ	Схема електрична принципова				
		A1			26 КР 172.402.023.001.000 СК	Вузол друкований				
						Деталі				
Підпис і дата	Інв. № додл.	Зам. інв. №	Підпис і дата	A1	1	26 КР 172.402.023.001.001	Плата друкована	1		
				БК	2	26 КР 172.402.023.001.002	Перемичка	25		
								Інші вироби		
					3		Модуль годинника DS3231 "Adafruit"	1		
								Конденсатори		
					5		NPO-150 нФ ±5% "Murata"	1	С1	
Інв. № ориг.	Затверд.	Н.контр.	Задорожний	6		NPO-100 нФ ±5% "Murata"	4	С2, С4...С6		
				7		ECAP-16 В-100 мкФ ±20% "Jamicon"	1	С7		
				8		ECAP-16 В-220 мкФ ±20% "Jamicon"	1	С10		
				9		ECAP-35 В-220 мкФ ±20% "Jamicon"	1	С9		
				10		ECAP-25 В-6800 мкФ ±20% "Jamicon"	1	С8		
								Мікросхеми		
				12		7805 "Hottech"	1	DA2		
				13		ATMEGA328-PU "Atmel"	1	DD1		
				14		L293D "ST Microelectronics"	1	DD3		
26 КР 172.402.023.001.000										
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розрод.	Пилипів									
Перевір.	Федечко									
					Літ.	Аркцш	Аркцшів			
					Н	1	2			
					Вузол друкований					
					ВСП ТФК ТР-402					
					м. Тернопіль					
					Формат А4					

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
		15		MCP602-I/P "Microchip"	1	DA4
		16		PCF8574AP "HGSEMI"	1	DD2
		17		TL431 "UMW"	1	DA1
		19		Зумер SMA-13LC-P10 "Sonitron"	1	HA1
		21		Реле 801H-1C-C 12VDC "Song Chuan Precision"	1	K1
				Дроселі		
		23		EC24-100K-10 мкГн "Bourns"	1	L2
		24		EC24-100K-330 мкГн "Bourns"	1	L1
				Резистори		
		26		MFP-0,125-5 Ом ±10% "Yageo"	1	R6
		27		MFP-0,125-10 Ом ±10% "Yageo"	1	R16
		28		MFP-0,125-200 Ом ±10% "Yageo"	3	R2,R7,R18
		29		3329H-1-2 кОм "Bourns"	1	R19
		30		MFP-0,125-4,7 кОм ±10% "Yageo"	3	R1,R15,R17
		31		3329H-1-5 кОм "Bourns"	1	R13
		32		MFP-0,125-5,1 кОм ±10% "Yageo"	1	R20
		33		MFP-0,125-10 кОм ±10% "Yageo"	8	R3...R5,R8...R12
		34		MFP-0,125-100 кОм ±10% "Yageo"	1	R14
				Діоди		
		36		1N4007 "Diotec"	8	VD5...VD12
		37		1N4148 "Diotec"	4	VD1...VD4
				Транзистори		
		39		BC547A "LGE"	1	VT2
		40		SS8050 "Littelfuse"	1	VT1
		42		Кварцевий резонатор КХ-ЗНТ-32768 Гц "Geyer"	1	ZQ1

Інв. № ориг.					Арк. 2
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	26 КР 172.402.023.001.000

Перш. викорис.	Довід. №	Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.		
						Документація				
		A4			26 КР 172.402.023.001.000 ПЕЗ	Перелік елементів				
		A1			26 КР 172.402.023.001.000 ЕЗ	Схема електрична принципова	1			
		A1			26 КР 172.402.023.004.000 СК	Складальне креслення	1			
						Складальні одиниці				
Підпис і дата	Інв. № добул.	Зам. інв. №	Підпис і дата	A1	1	26 КР 172.402.023.001.000 СК	Вузол друкований	1		
							Деталі			
				БК	2	26 КР 172.402.023.004.001	Верхня кришка	1		
				БК	3	26 КР 172.402.023.004.002	Нижня кришка	1		
				БК	4	26 КР 172.402.023.004.003	Скло для індикатора	1		
				БК	5	26 КР 172.402.023.004.004	Втулка	1		
				БК	6	26 КР 172.402.023.004.005	Ніжка	4		
Інв. № ориг.	Підпис і дата	Зам. інв. №	Інв. № добул.	Підпис і дата						
								Інші вироби		
						7		DC-DC XL4016 8A "TZT"	1	DC1
						9		Дисплей Nokia 5110 "Nokia"	1	HG1
						11		Кнопка PBS-11A "Jietong Switch"	1	SB1...SB3
								Роз'єми		
	13		1-480424-0 "TE Connectivity"	2	XS1, XS6					
26 КР 172.402.023.004.000										
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розрод.	Пилипів				Трекер слідування за сонцем					
Перевір.	Федечко									
Н.контр.	Задорожний									
Затверд.					ВСП ТФК ТР-402 м. Тернопіль					

Дубл.																
Замість																
Підпис																
											Аркушів 9		Аркуш 1			
Розробив		Пилипів				ВСП ТФК ТНТУ		26 КР 172.402.023.03.000					26 КР 172.402.023.03.118			
Перевірів		Федечко														
Нормував						Вузол друкований										
Затвердив																
Н. контр.		Задорожний														
А	Цех	Діл	РМ	Опер	Код, назва операції				Позначення документу							
Б	Код, назва обладнання				СМ.	Проф	Р	УТ	КР	КОВД	ОН	ОП	К ШТ	Т ПЗ	Т ШТ	
К-М	Назва деталі, скл. одиниці або матеріалу				Позначення, код					СПП	ОВ	ОН	КВ	ВНТР		
01				Охорона навколишнього середовища, згідно інструкції МВЯ790831												
02																
А 03	402		023	005	402023005 Комплектування										0,005	
0 04		Комплектування проводити згідно ТТО 644081 (81шт)														
05																
А 06	402		023	010	402023010 Розконсервація ДП										0,005	
0 07		Розконсервація плати по ТТО 124781														
08																
А 09	402		023	015	402023015 Маркування заводського номеру										0,005	
0 10		Маркувати заводський номер по ТТО 664170 (6шт)														
Т 11		Штамп РТ 125878														
М 12		Фарба	ТНТФ-01		ГОСТ 12574-45						120	100	0,03			
13																
А 14	402		023	020	402023020 Захист										0,003	

[illegible]

[illegible]

Дубл																				
Замість																				
Підпис																				
																Аркуш 4				
												26 КР 172.402.023.03.000				26 КР 172.402.023.03.118				
А	Цех	Діл	РМ.	ОПЕР.	Код, назва операції				Позначення документу											
Б					Код, назва обладнання				СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОВД	ОН	ОП	К ШТ	Т ПЗ	Т ШТ	
к-м					Назва деталі, скл одиниці або матеріалу				Позначення. код						СПП	ОВ	ОН	КВ	Н витр	
701		Кусачки РТ 145532																		
02		Пінцет РТ 265641																		
К 03	1	Плата друкована							26 КР	172.402.023.001	001				796	100	100			
04	5	Конденсатори			NPO-150 нФ ±5%				"Murata"						796	100	100			
05	6	Конденсатори			NPO-100 нФ ±5%				"Murata"						796	100	400			
06	7	Конденсатори			ECAP-16 В-100 мкФ ±20%				"Jamicon"						796	100	100			
07	8	Конденсатори			ECAP-16 В-220 мкФ ±20%				"Jamicon"						796	100	100			
08	9	Конденсатори			ECAP-35 В-220 мкФ ±20%				"Jamicon"						796	100	100			
09	10	Конденсатор			ECAP-25 В-6800 мкФ ±20%				"Jamicon"						796	100	100			
10	12	Мікросхема			7805				"Hottech"						796	100	100			
11	13	Мікросхема			ATMEGA328-PU				"Atmel"						796	100	100			
12	14	Мікросхема			L293D				"ST Microelectronics"						796	100	100			
13	15	Мікросхема			MCP602-I/P				"Microchip"						796	100	100			
14	16	Мікросхема			PCF8574AP				"HGSEMI"						796	100	100			
15	17	Мікросхема			TL431				"UMW"						796	100	100			
16	19	Зумер			SMA-13LC-P10				"Sonitron"						796	100	100			
17	21	Реле			801H-1C-C 12VDC				"Song Chuan Precision"						796	100	100			
18	23	Дроселі			EC24-100K-10 мкГн				"Bourns"						796	100	100			

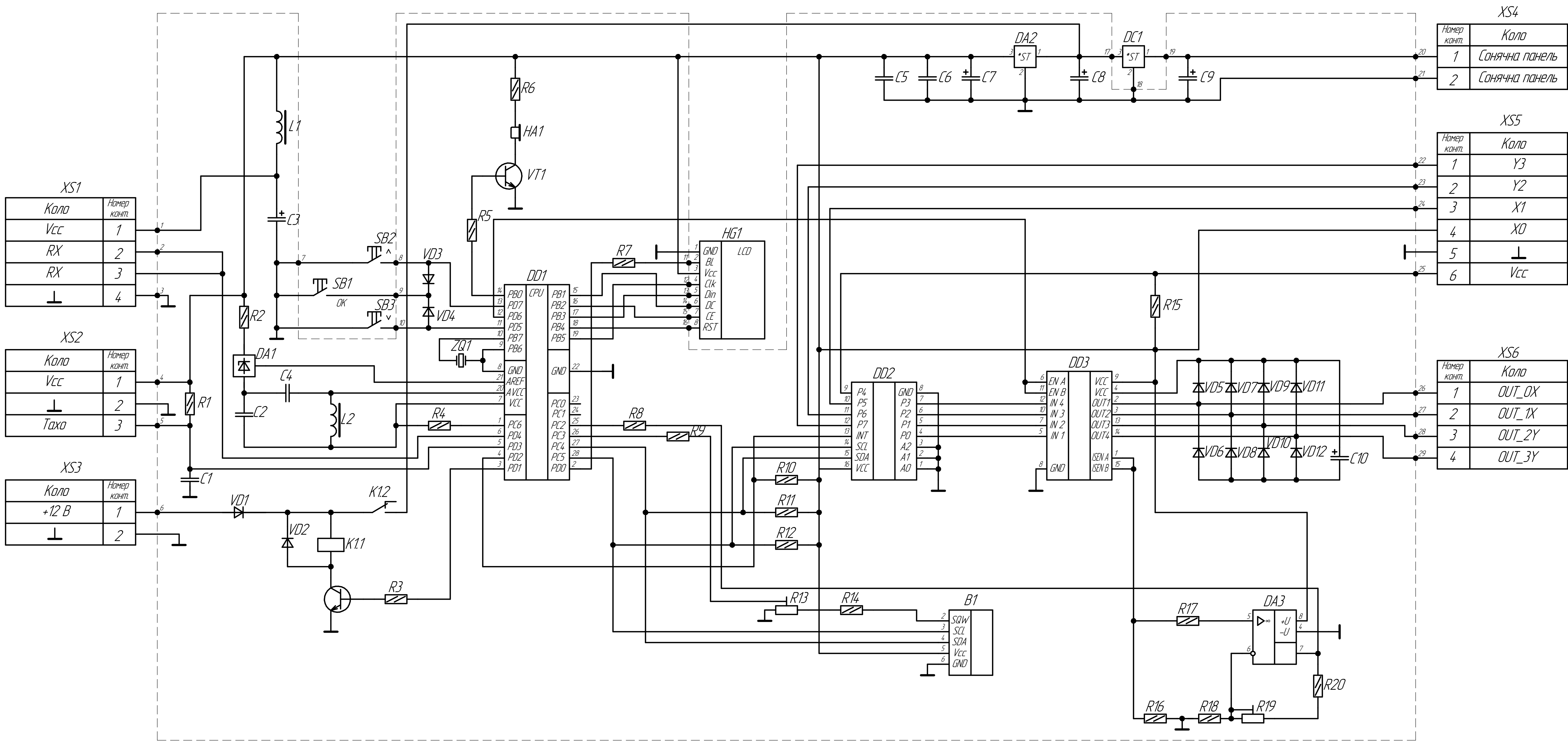
[illegible]

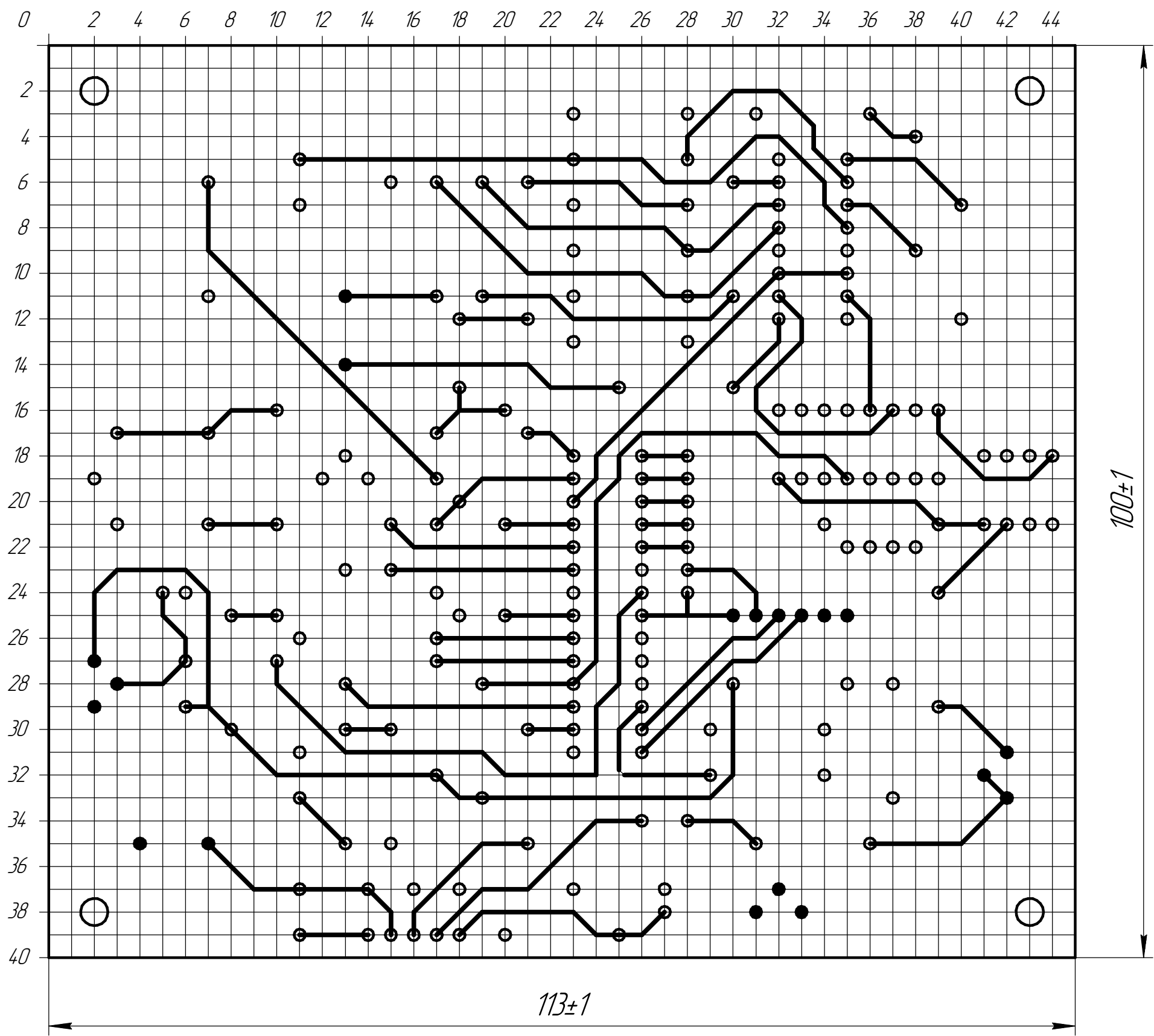
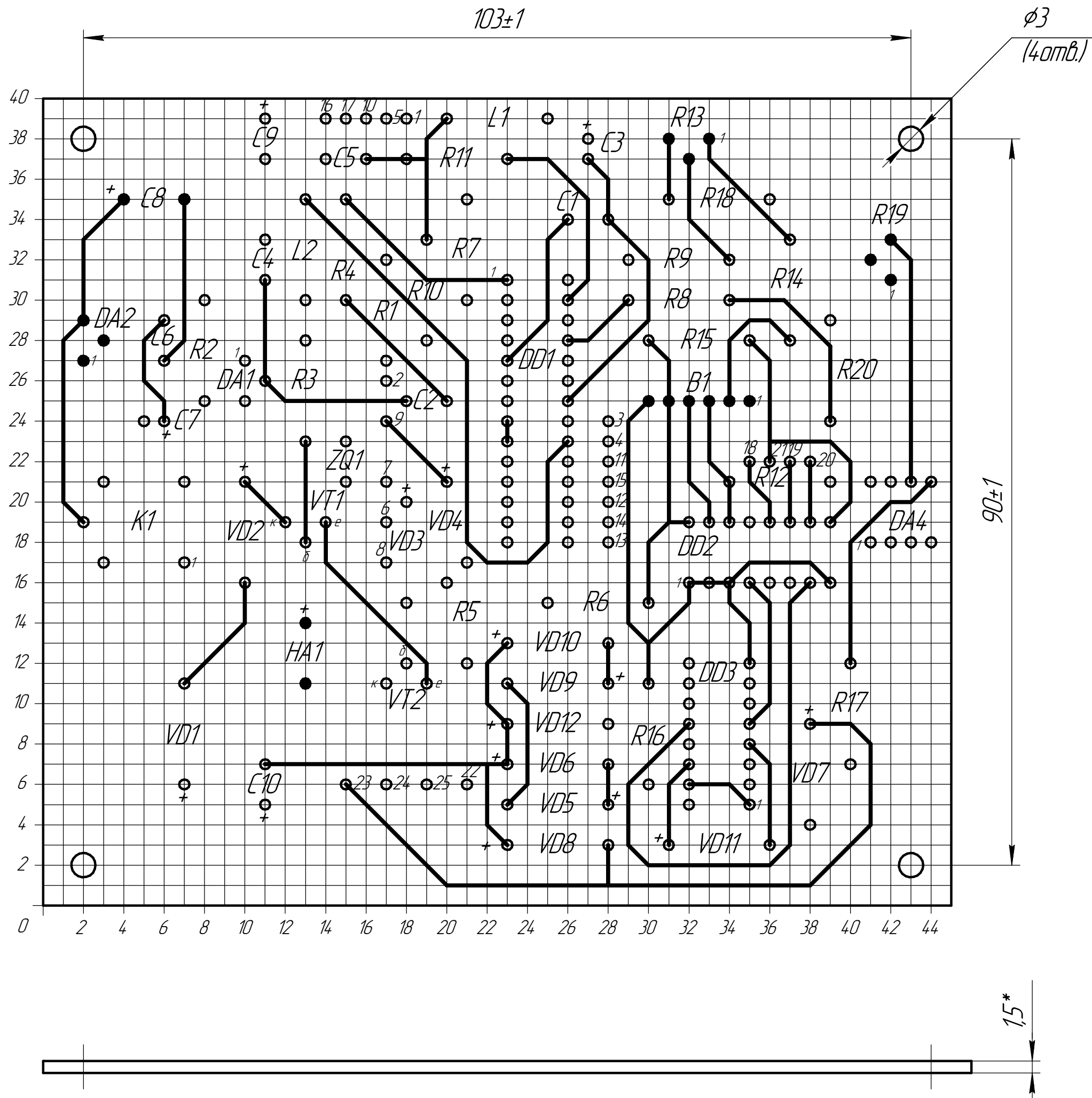
Дубл																																			
Замість																																			
Підпис																																			
																Аркуш 6																			
												26 КР 172.402.023.03.000				26 КР 172.402.023.03.118																			
А		Цех		Діл		РМ.		ОПЕР.		Код, назва операції				Позначення документу																					
Б		Код, назва обладнання								СМ		Проф		Р		УТ		КР		КОВД		ОН		ОП		К ШТ		Т ПЗ		Т ШТ					
к-м		Назва деталі, скл одиниці або матеріалу								Позначення. код								СПП		ОВ		ОН		КВ		Н витр									
01																																			
A 02		402				023		045		402023045 Автоматизована пайка																						0,005			
Б 03										Установка пайки хвилею АРП М6.890.001																									
0 04										Пайку проводити згідно ТТП 316530 (185шт)																									
M 05										Припой ПОС-61								ГОСТ 21931-76										180		100		0,56			
06										Флюс АТІ-120								ГОСТ 32142-82										120		100		0,93			
07										Спиртобензинова суміш								ГОСТ 443-76										120		100		0,93			
08																																			
09																																			
A 10		402				023		050		4020230050 Електромонтаж																								0,004	
0 11										1. Рихтувати елементи згідно ТТП 315826 (25шт)																									
12										2. Установити перемички поз.2(25шт) згідно карти ескізів по ТТП254681																									
13		2								Перемичка								26 КР 172.402.023.001.002										796		100		2500			
K 14										Пайку проводити згідно ТТП 316530																									
15										Електропаяльник РТ 105278																									
16										Пінцет РТ 235641																									
M 17										Припой ПОС-61								ГОСТ 2131-76										180		100		0,08			
18										Флюс АТІ-120								ГОСТ 32142-82										120		100		0,13			

[illegible]

[illegible]

Дубл.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
-------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--



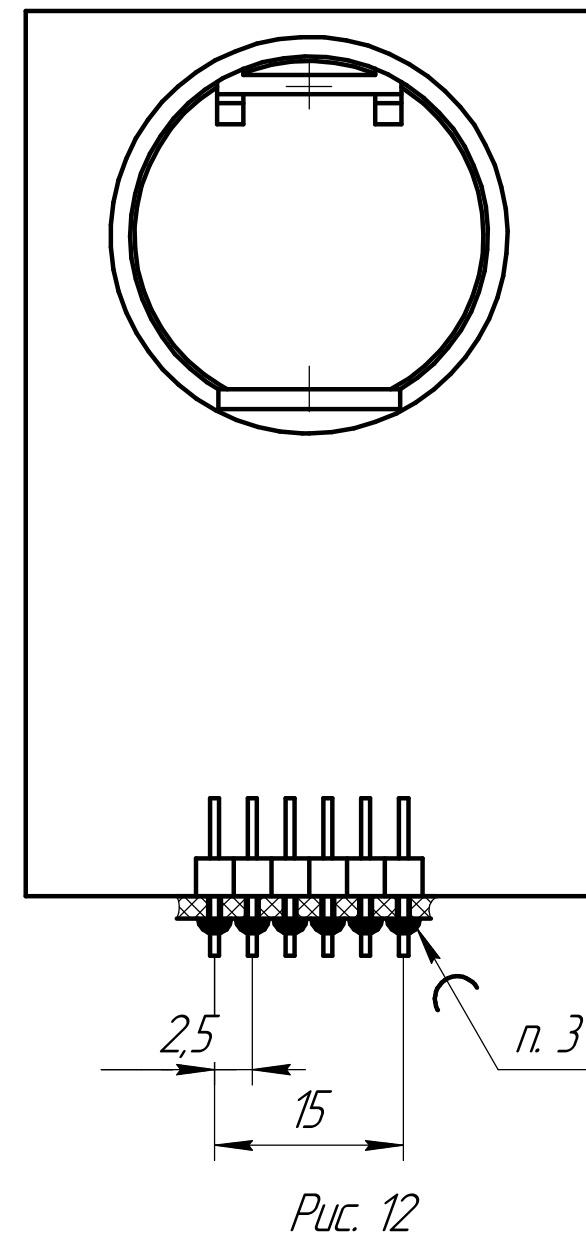
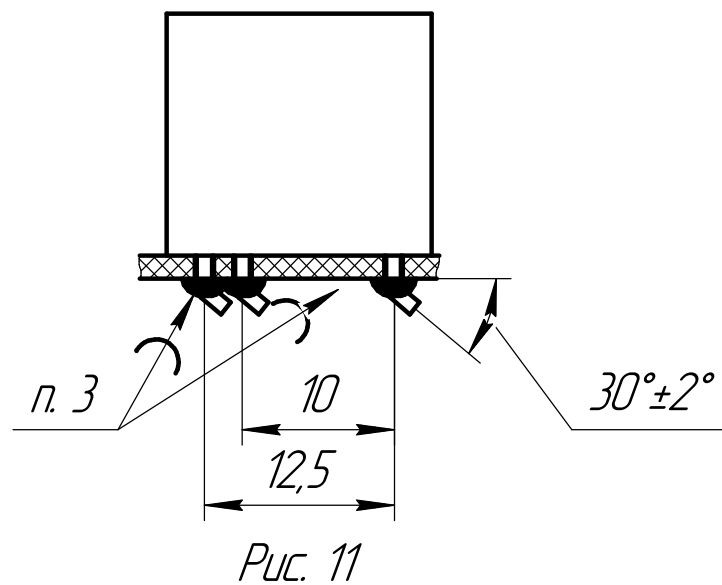
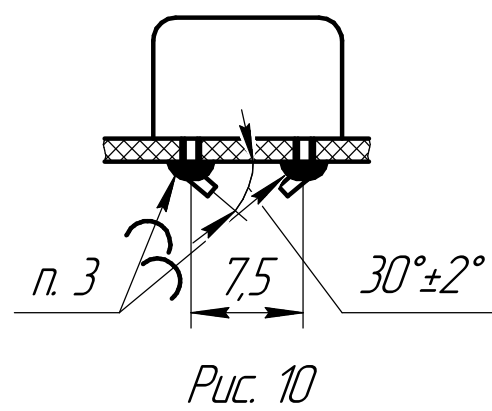
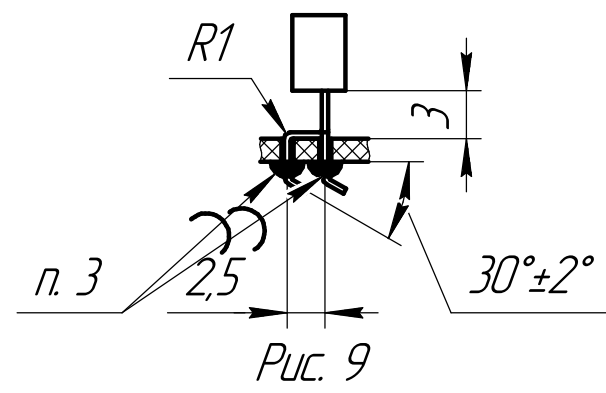
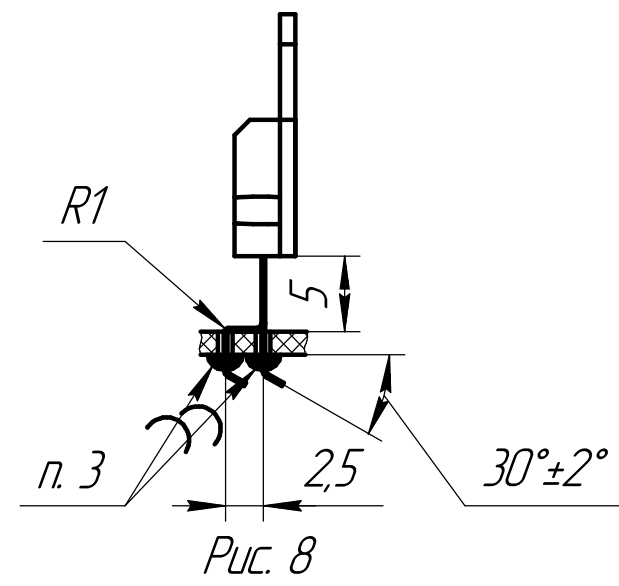
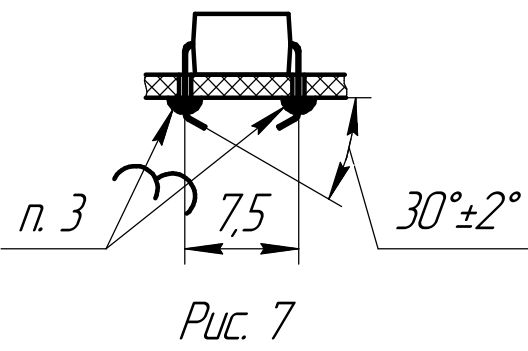
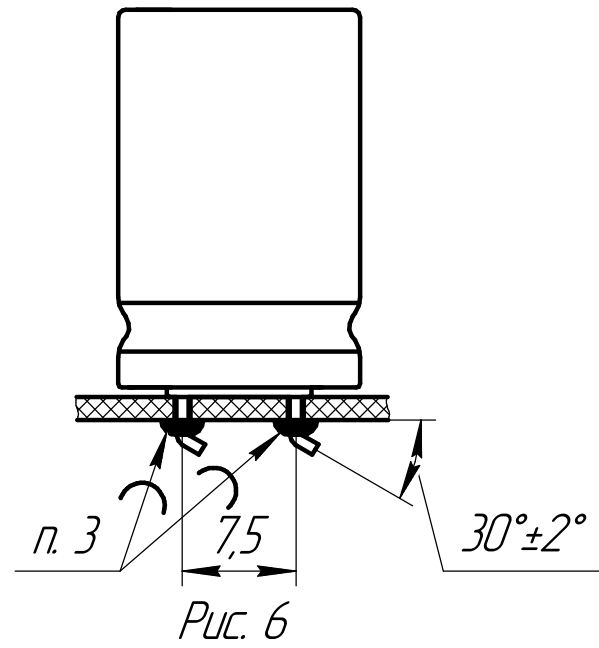
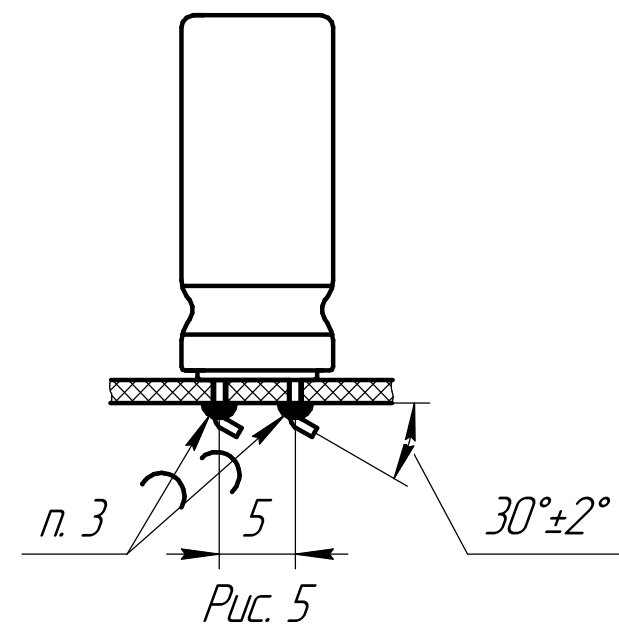
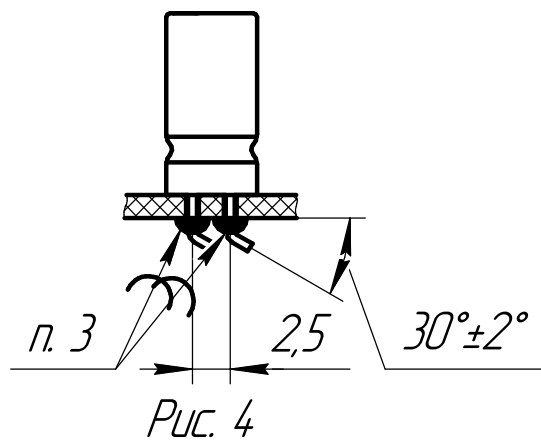
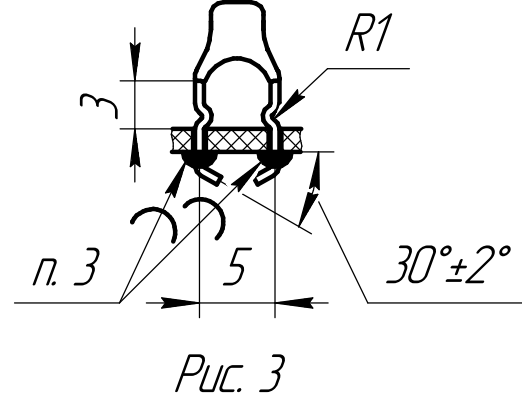
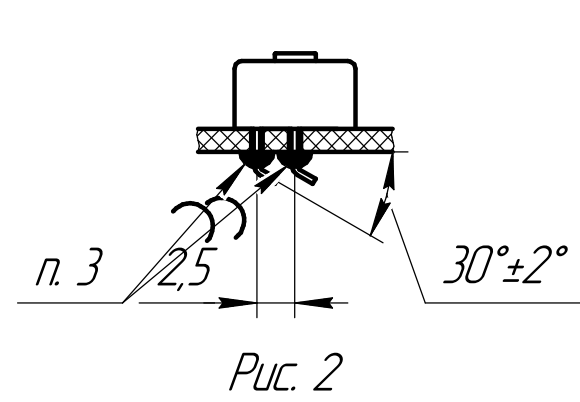
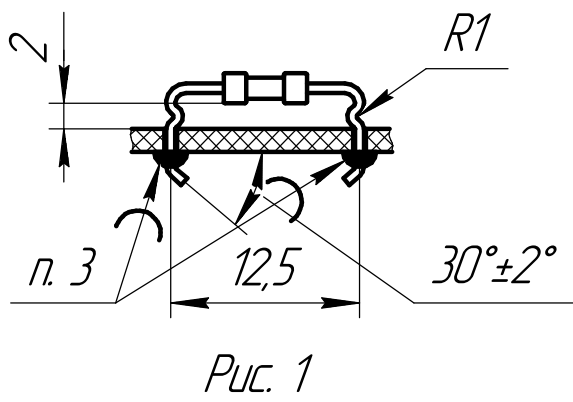
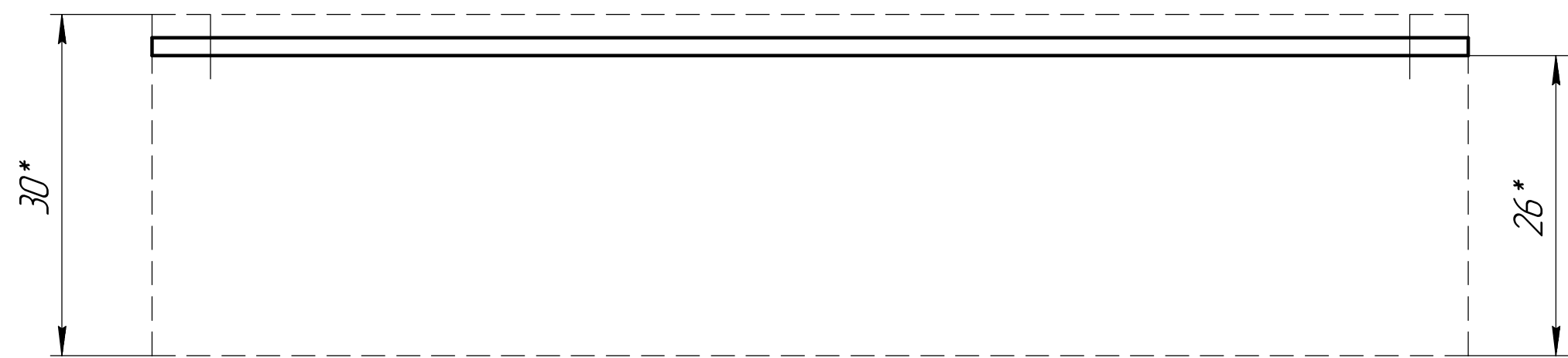
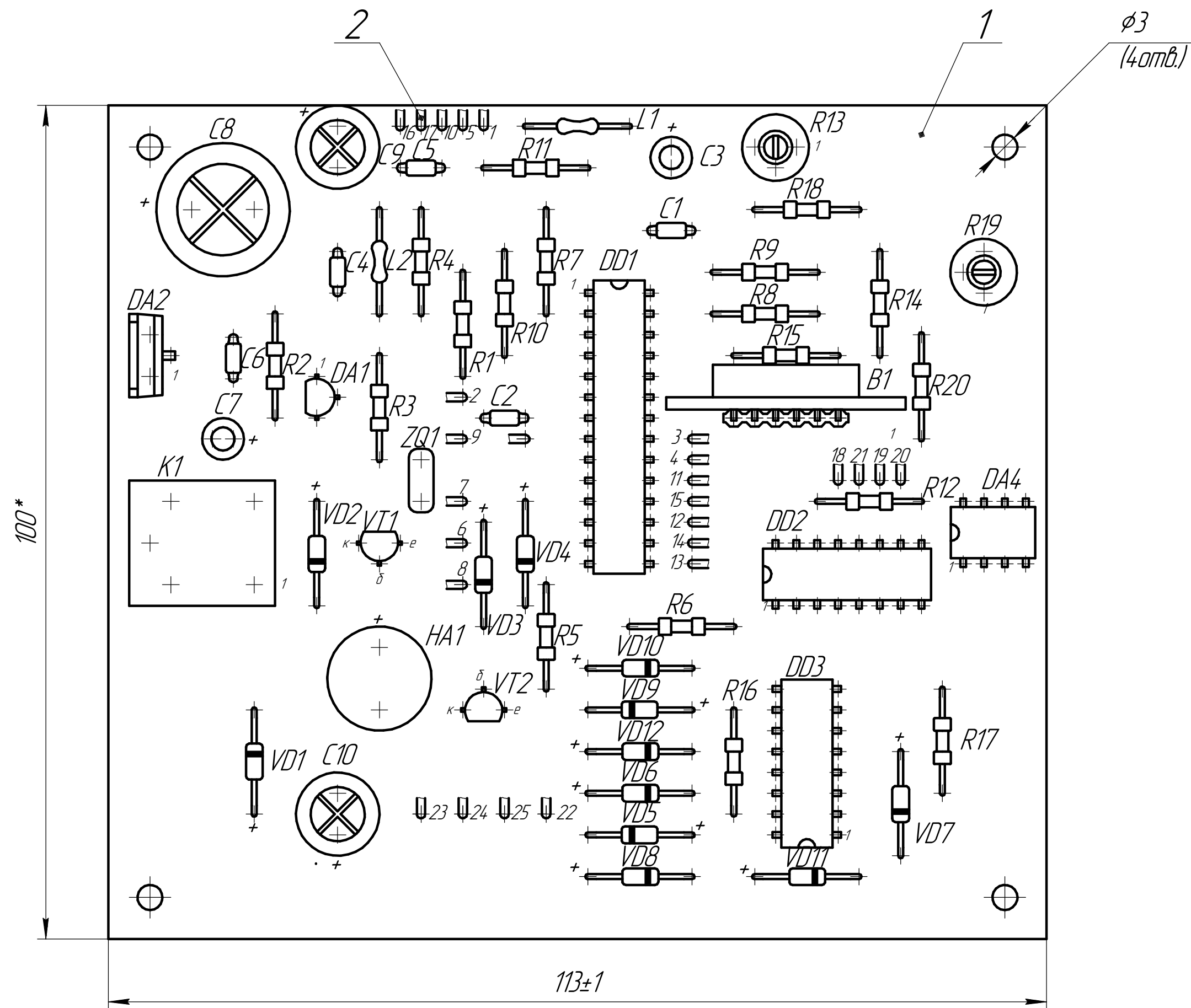


Таблиця отворів

Умовне позначення отворів	Діаметри отворів	Наявність металізації в отворах	Діаметри монтажних площадок	Кількість отворів	Примітка
⊕	0,8	Є	2,0	191	
⊙	1,0	Є	2,2	19	

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

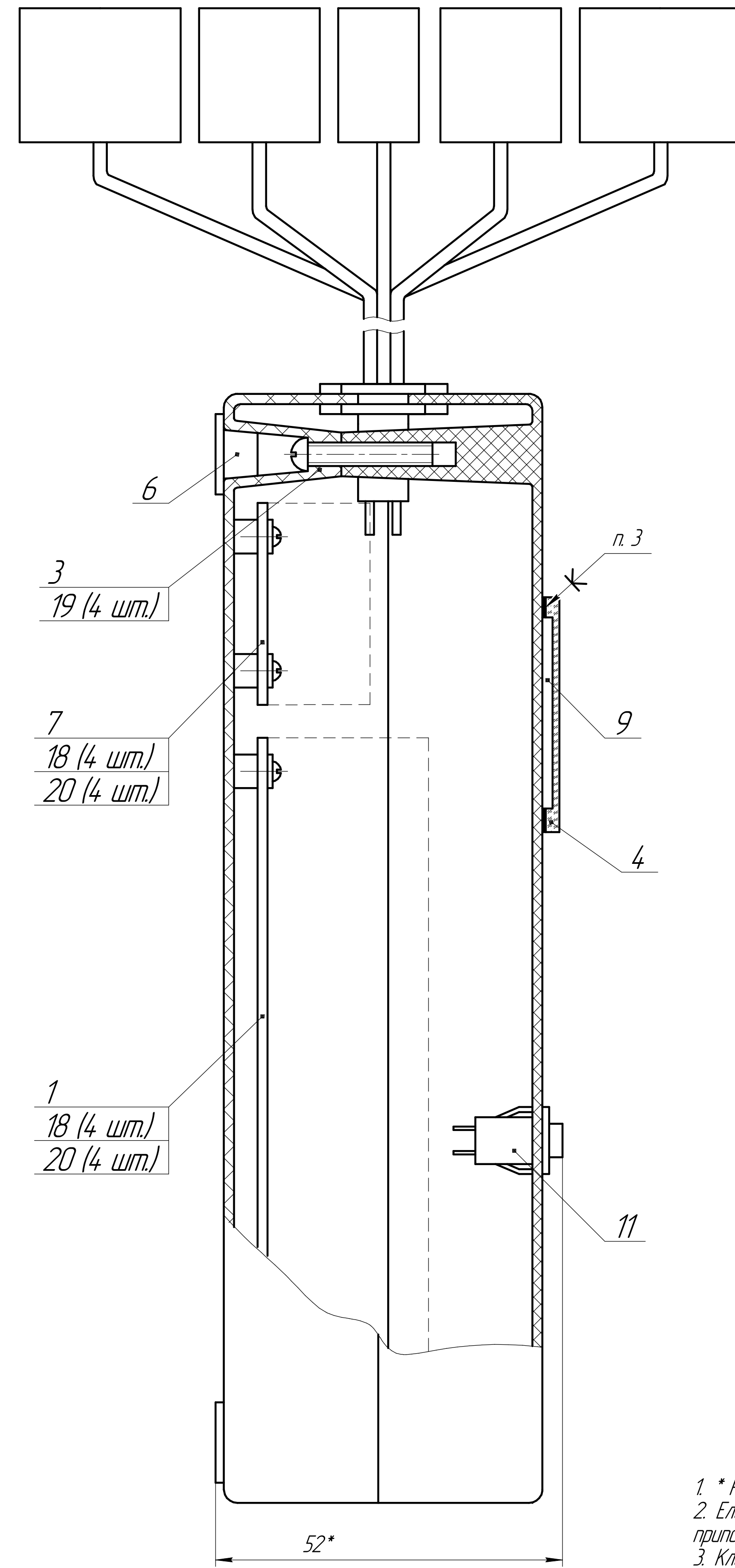
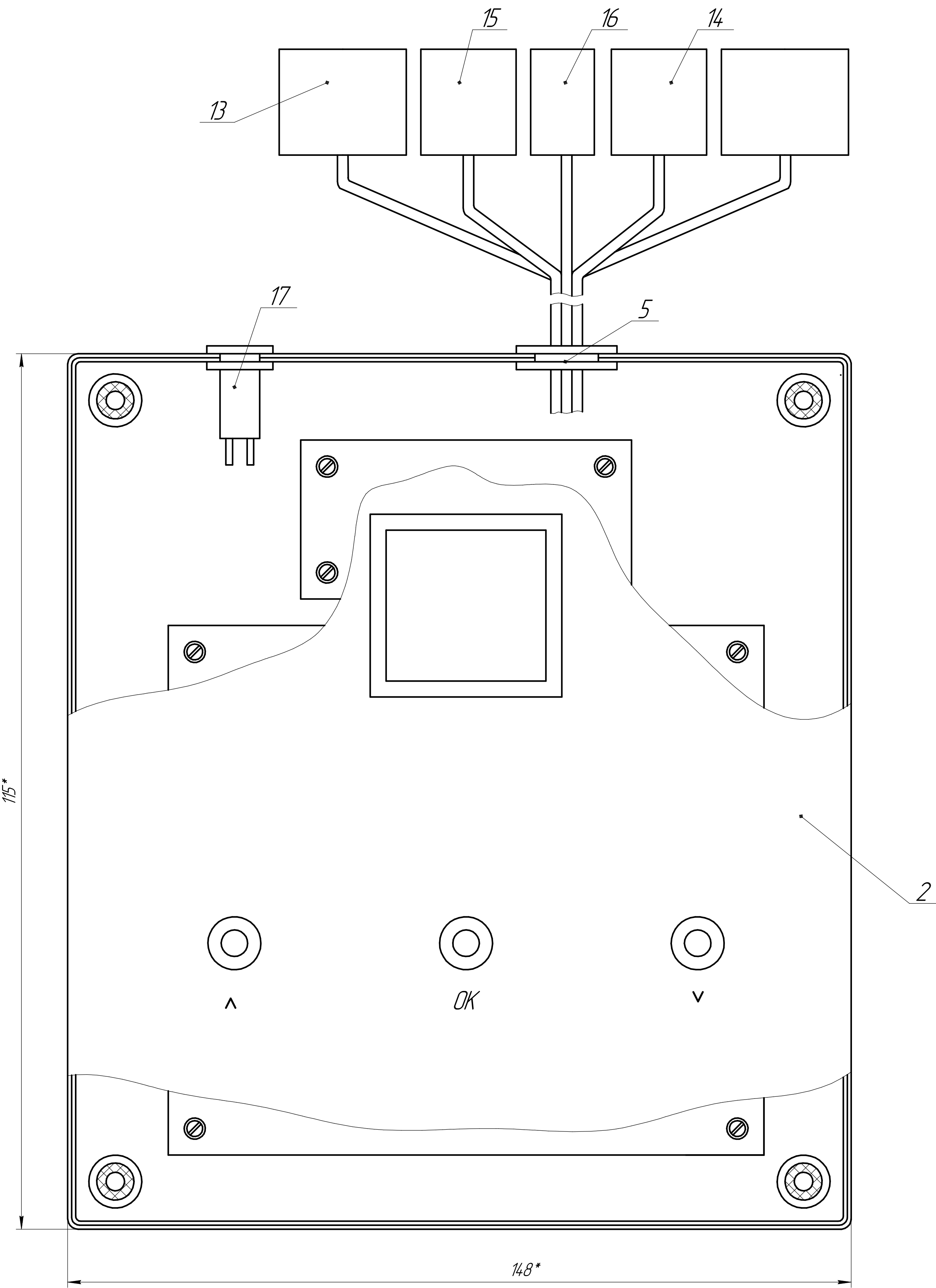
26 КР 172.402.023.001.001							
Плата друкована					Лист	Маса	Масштаб
					н	0,03	2:1
Зм. Арх.	№ док.	Підпис	Дата	Архив	Архив	1	
Розроб.	Лилишів			ВСП ТФК ТР-402			
Перевір.	Федченко			м. Тернопіль			
Т.контр.							
Н.контр.	Задорожний						
Заліверд							



- *Разміри для довідок.
- Установку і формування елементів проводити з кроком координатної сітки 2,5 мм. Елементи формувати (установка і формування елементів на рисунках показані в масштабі 2:1): R1..R12, R14..R18, R20, VD1..VD12 – на рис. 1; R13, R19– на рис. 2; C1, C4..C6, ZQ1– на рис. 3; C3, C7– на рис. 4; C9, C10– на рис. 5; C8– на рис. 6; DA4, DD1..DD3– на рис. 7; DA8– на рис. 8; DA1, VT1, VT2– на рис. 9; HA1– на рис. 10; K1– на рис. 11; B1– на рис. 12.
- Паяти припоєм ПОС61 ГОСТ 21931-76.
- Заводський номер, позначення елементів маркувати фарбою ЧМ, чорна БМ, біла, ТУ029-02-859-78. Шрифт 2,5 по НО, О10, О07. Місця розміщення маркування показані умовно.
- Лакувати лаком АКА-113.
- Позначення елементів показано умовно.
- Друковані провідники умовно не показані.
- Інші вимоги по ОСТ4ГО.070.015.

					26 КР 172.402.024.001.000 СК				
					Вузол друкований				
					Лит		Маса	Масштаб	
					Н		0,06	2:1	
					Аркши		Аркши	1	
					ВСП ТФК ТР-402				
					м. Тернопіль				

26 КР 172.402.023.004.000 СК



1. * Розміри для довідок.
2. Електромонтаж здійснювати згідно з 26 КР 172.402.023.001.000 ЕЗ припоєм припоєм ПОС-40 ГОСТ 21931-76.
3. Клеїти клеєм MAPEI ADESILEX G19.
4. Інші технічні вимоги по ОСТ.4.ГО.070.015.

					26 КР 172.402.023.004.000 СК					
					Трекер слідування за сонцем			Лит	Маса	Масштаб
Зм	Арх	№ док-м	Підпис	Дата				Н		0,3
Розроб	Лилив				Складальне креслення			Арк-шіт		1
Перевір	Федченко									
Т.контр								ВСП ТФК ТР-402		м. Тернопіль
Н.контр	Задорожний									
Затверд					Копія			Формат		А1

ВИСНОВКИ

При виконанні даного проекту було здійснено розробку конструкції «Трекер слідування за сонцем». Проведено вибір елементної бази на основі сучасних і поширених радіоелементів.

При проектуванні друкованого вузла була використана система автоматичного проектування Altium Designer, за допомогою якої було здійснено встановлення елементів і трасування друкованих провідників на друкованій платі приладу. В результаті отримано двосторонню друковану плату мінімальних розмірів 113×100мм з координатною сіткою 2,5мм. Також отримана плата має мінімальні паразитні зв'язки.

Найкращим методом для виготовлення друкованої плати виявився комбінований метод. Елементи розміщені на друкованому вузлі досить компактно.

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

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

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Трекер слідування за сонцем [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://www.joyta.ua/4334-avtomaticheskij-poliv-rastenij-v-teplice-i-sadovom-uchastke-svoimi-uakami/> (дата звернення 10.02.2026).
2. Конденсатор типу ЕСАР [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://www.chipdip./product/b41828a6225m007> (дата звернення 15.02.2026).
3. Резистор MFP [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://www.tme.eu//details/b37979-g5102/kondensatory-keramicheskie-tht-50v/> (дата звернення 15.02.2026).
4. Конденсатор NPO [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://www.tme.eu//details/mfp-25brd52-47k/rezistory-metallizirovannye-tht-0-4vt/yageo/> (дата звернення 15.02.2026).
5. Мікросхема L7805ABV "ST Microelectronics" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/kx-26-32-768-khz-kvarczevyj-rezonator_2404.html (дата звернення 15.02.2026).
6. Резистор 3329H-1 "Bourns" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://car-led.org/ua/p31490203-chervonij-semisegmentnij-led.html> (дата звернення 15.02.2026).
7. Кнопка тактова KLS7-TS6601-13.0-180 "KLS" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://www.chipdip./product/cls7-ts6601-13.0-180> (дата звернення 15.02.2026).
8. Мікросхема ATMEGA328-PU "Atmel" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <http://hardelectronics./diod-1n4148.html> (дата звернення 15.02.2026).
9. Дисплей Nokia 5110 "Nokia" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://electronoff.ua/good/tranzistor-bc556b-pnp-65v-0-1a-korpus-to-92.php> (дата звернення 15.02.2026).

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Кварцевий резонатор КХ-ЗНТ-32768 Гц "Geyer" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://www.chipdip./product/b41828a6225m007> (дата звернення 15.02.2026).
11. Діод 1N4148 "Diodec" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://www.tme.eu//details/b37979-g5102/kondensatory-keramicheskie-tht-50v/> (дата звернення 15.02.2026).
12. Діод 1N4007 "Diodec" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://www.tme.eu//details/mfp-25brd52-47k/rezistory-metallizirovannye-tht-0-4vt/yageo/> (дата звернення 15.02.2026).
13. Транзистор BC547A [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/kx-26-32-768-khz-kvarczevyj-rezonator_2404.html (дата звернення 15.02.2026).
14. Дросель EC24-100K "Bourns" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://www.chipdip./product/b41828a6225m007> (дата звернення 15.02.2026).
15. Реле 801H-1C-C 12VDC "Song Chuan Precision" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://www.tme.eu//details/b37979-g5102/kondensatory-keramicheskie-tht-50v/> (дата звернення 15.02.2026).
16. Зумер SMA-13LC-P10 "Sonitron" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://www.tme.eu//details/mfp-25brd52-47k/rezistory-metallizirovannye-tht-0-4vt/yageo/> (дата звернення 15.02.2026).
17. Мікросхема TL431A "UMW" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/kx-26-32-768-khz-kvarczevyj-rezonator_2404.html (дата звернення 15.02.2026).
18. Мікросхема PCF8574AP "HGSEMI" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://www.chipdip./product/cls7-ts6601-13.0-180> (дата звернення 15.02.2026).

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

19. Мікросхема L293D "ST Microelectronics" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL:<http://hardelectronics./diod-1n4148.html>(дата звернення 15.02.2026).

20. Мікросхема DC-DC XL4016 8A "TZT" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL:<https://electronoff.ua/good/tranzistor-bc556b-pnp-65v-0-1a-korpus-to-92.php>(дата звернення 15.02.2026).

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

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

23. Програма для розрахунку надійності РЕА [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <http://eguua.tk.te.ua/mod/resource/view.php?id=60057>

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

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

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

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

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

30. Штогрин П.І. Навчальний посібник "Altium Designer 10 для початківців" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2022

31. Штогрин П.І. Методичні вказівки "Розробка 3D-моделей радіоелементів" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2022

32. Васишин О.З., Штогрин П.І. Методичні вказівки "Розробка 3D-моделей типових корпусів РЕА" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2021

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

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

35. Васишин О.З. Методичні вказівки до виконання практичної роботи "Конструктивний розрахунок друкованого монтажу" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2022

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

37. 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.

38. Ємельянов В.В. Конспект лекцій з дисципліни "Системи мобільного зв'язку", частина 2 – "Радіопередавальні та радіоприймальні пристрої" для сту-

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дентів усіх форм навчання спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка. – Харків, Харківський національний університет радіоелектроніки, 2018. – 74 с.

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

40. Сайт спільноти розробників проектів на ARDUINO .URL: https://projecthub.arduino.cc/?_gl=1*4147w4*_ga*OTkyMzgzOTAwLjE3MTYwNTM3MjY.*_ga_NEXN8H46L5*MTcxNjkyMjQ4OS4yLjEuMTcxNjkyMjUzOS4wLjAuMTUxNjM0NjA3MQ..*_fplc*OUZZTmxzbGU4MkNZbiUyRkNCTHJmazAwbjdrNWNDZTc5QUV6OFRIb3A2ck5RNzhvOVY3JTJGYXhRcDNlWHAzWWxZWlJTVXkySndINXl4bUpnZCUyQkNiN29jajJqckF2c0tRMGlhdVU3SVhYRTY4ZDdRb016bCUyRjBhZ1QwY0Z1M3hubEElM0QlM0Q(дата звернення 28.05.2024).

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

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

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

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

					26 КР 172.402.023.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Техніко – економічні показники трекера слідування за сонцем

	Технічні показники			Економічні показники	
1	Напруга живлення вхідна	+12В	1	Річний обсяг виробництва	1800 шт/р
2	Споживаний струм	до 300... 800мА	2	Початкові інвестиції для реалізації інвестиційного проекту	229125 грн
3	Габаритні розміри	148*115 *52 мм	3	Чистий прибуток	792742,18 грн
4	Маса	0,3кг	4	Повна собівартість на виріб	1627,54 грн
5	Допустима вологість повітря	80%	5	Ціна одиниці виробу	2164,63 грн.
6	Функціональні можливості	Ручне, дистанційне керування	6	Рентабельність виробу	22,96%
7	Функціональні можливості	Двокоординатне позиціонування	7	Термін окупності	0,32р
8	Функціональні можливості	Автоматичне відстеження джерела світла	8	Індекс придатковості	3,15