

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 Управління вентилятором для контролю вологості в приміщенні.

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)

Пашковський Н.Д.

(прізвище та ініціали)

Керівник Приймак В.А.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова циклової комісії
телекомунікацій та радіотехніки
_____ Ольга ВАСИЛИШИН
“05” _____ травня 2026 року

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

_____ Пашковський Назарій Дмитрович _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Розробка конструкції управління вентилятором для контролю вологості в приміщенні

керівник кваліфікаційної роботи _____ Приймак Віктор Адамович _____,
(прізвище, ім'я, по батькові)

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

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи: 16.06.2026 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:

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

Анотація

Вступ. Призначення і область застосування радіопристрою

Розділ 1 Загальна частина

1.1 Розробка технічного завдання

1.2 Вибір і опис структурної схеми виробу

1.3 Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз

Розділ 2 Спеціальна частина

2.1 Розрахунково-конструкторська частина

2.1.1 Опис компонування виробу. Обґрунтування вибору конструкційних матеріалів і покрить

2.1.2 Обґрунтування вибору конструкції.

2.1.3 Опис і обґрунтування вибору елементної бази

- 2.1.4 Розрахунок електричних параметрів окремих каскадів
- 2.1.5 Опис конструкції друкованої плати. Розрахунок параметрів друкованого монтажу
- 2.1.6 Оцінка теплових режимів роботи виробу (розрахунок площі радіатора при необхідності)
- 2.1.7 Розрахунок надійності проектного виробу
- 2.1.8 Техніко-економічний аналіз конструкції виробу. Розрахунок споживаної потужності.
- 2.2 Технологічна частина
 - 2.2.1 Загальні відомості про складання і монтаж проектного виробу. Вибір типу технології
 - 2.2.2 Якісна оцінка технологічності конструкції. Вибір інструментів, пристосувань, оснастки
 - 2.2.3 Опис технології виготовлення друкованої плати. Вибір основних та допоміжних матеріалів
 - 2.2.4 Кількісна оцінка технологічності друкованого вузла
 - 2.2.5 Розробка і оформлення маршрутно-операційної технології складання і монтажу виробу
- Розділ 3 Економічна частина
 - 3.1 Розрахунок обсягу інвестицій, необхідних для реалізації проектних рішень.
 - 3.2 Визначення собівартості спроектованого виробу.
 - 3.3 Оцінка економічної ефективності та доцільності впровадження проектних рішень.
- Розділ 4 Охорона праці
 - 4.1 Основні заходи по запобіганню травматизму та професійних захворювань
 - 4.2 Визначення параметрів мікроклімату.
- 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	05.05	05.05
2	Збір і узагальнення інформації по проекту	13.05	13.05
3	Написання першого розділу	25.05	25.05
4	Розробка технічного та робочого проекту	29.05	29.05
5	Написання спеціального розділу	29.05	29.05
6	Розрахунок економічної частини	25.05	25.05
7	Написання розділу охорони праці	26.05	26.05
8	Виконання графічної частини	19.05	19.05
9	Оформлення проекту	08.06	08.06
10	Погодження нормоконтролю	12.06	12.06
11	Попередній захист проекту	16.06	16.06
12	Захист проекту	24.06	24.06

7. Дата видачі завдання 05 травня 2026р.

Студент

(підпис)

Пашковський Н.Д

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту

(підпис)

Приймак В.А.

ЗМІСТ

Анотація.....	.....
Вступ.....	.....
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.....	.....
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.....	.....

					26 КР 172.402.022.000.000 ПЗ							
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Управління вентилятором для контролю вологості приміщення пояснювальна записка				Літ.	Аркуш.	Аркушів	
Розроб.	Пашковський										5	80
Перевір.	Приймак								ВСП ТФК ТНТУ ТР-402 м. Тернопіль			
Реценз.												
Н.контр.	Задорожний											
Затв.												

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.....	
Розділ 4 Охорона праці.....	
4.1 Основні заходи по запобіганню травматизму та професійних захворювань.....	
4.2 Визначення параметрів мікроклімату.....	
ВИСНОВКИ	
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	
ДОДАТКИ.....	

					26 КР 172.402.022.000.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		6

АНОТАЦІЯ

Під час виконання цього курсового проєкту було розроблено конструкцію пристрою для автоматичного керування вентилятором з метою контролю вологості повітря в приміщенні. Основною метою роботи є створення електронного пристрою, який забезпечує автоматичне увімкнення системи вентиляції при підвищенні рівня вологості повітря до критичного значення. У процесі виконання роботи було проаналізовано особливості мікроклімату приміщень та визначено необхідність застосування автоматичних систем вентиляції для підтримання нормальних умов експлуатації житлових і технічних приміщень, таких як кухні, ванні кімнати, підвали або гаражі. Для реалізації поставленого завдання було розроблено принципову електричну схему пристрою, що дозволяє автоматично керувати роботою вентиляторів залежно від рівня вологості повітря.

У ході проєктування було виконано підбір необхідних електронних компонентів з урахуванням їх технічних характеристик, надійності та доступності. Також було розглянуто принцип роботи датчика вологості, транзисторних каскадів керування та елементів стабілізації напруги. На основі проведеного аналізу розроблено структурну та принципову схеми пристрою. Крім цього, у роботі виконано розрахунки основних параметрів електричної схеми, визначено режими роботи елементів та підібрано параметри живлення пристрою. Також було розглянуто конструкцію пристрою, особливості монтажу елементів на друкованій платі та можливість підключення вентиляторів різної потужності.

У результаті виконання курсового проєкту було розроблено пристрій автоматичного керування вентиляцією, який забезпечує своєчасне ввімкнення вентиляторів при підвищенні вологості повітря. Розроблений пристрій може бути використаний для підтримання оптимального мікроклімату в різних типах приміщень та сприяє підвищенню ефективності вентиляції.

					26 КР 172.402.022.000.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

Abstract

During the implementation of this course project, a design of an automatic fan control device for monitoring indoor air humidity was developed. The main objective of the project was to create an electronic device that automatically activates a ventilation system when the air humidity reaches a critical level. During the project, the characteristics of indoor microclimates were analyzed, and the necessity of using automatic ventilation systems to maintain proper operating conditions in residential and technical premises such as kitchens, bathrooms, basements, and garages was determined.

To accomplish this task, a schematic electrical circuit of the device was developed, enabling automatic control of fan operation depending on the air humidity level. In the course of the design process, the required electronic components were selected considering their technical characteristics, reliability, and availability. The operating principles of the humidity sensor, transistor control stages, and voltage stabilization elements were also examined. Based on the conducted analysis, both the structural and schematic diagrams of the device were developed. In addition, calculations of the main parameters of the electrical circuit were performed, the operating modes of the components were determined, and the power supply parameters of the device were selected. The device design, the features of component mounting on a printed circuit board, and the possibility of connecting fans of different power ratings were also considered.

As a result of the course project, an automatic ventilation control device was developed that ensures the timely activation of fans when air humidity increases. The developed device can be used to maintain an optimal microclimate in various types of premises and contributes to improving ventilation efficiency.

					<i>26 КР 172.402.022.000.000 ПЗ</i>	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

ВСТУП

Проектований пристрій автоматичного керування вентилятором для контролю вологості повітря належить до галузі побутової електроніки, систем автоматичного керування мікрокліматом та промислової електроніки. Його основним призначенням є автоматичний контроль рівня вологості повітря в приміщенні та своєчасне увімкнення системи примусової вентиляції при досягненні критичних значень вологості.

Підтримання оптимального рівня вологості є важливим фактором для забезпечення комфортних умов перебування людей у приміщенні, а також для збереження будівельних конструкцій, обладнання та матеріалів. Надмірна вологість може призводити до утворення конденсату, появи грибка і плісняви, корозії металевих елементів та пошкодження різноманітних електронних і механічних пристроїв. Застосування автоматичних систем вентиляції дозволяє ефективно усувати ці негативні явища та підтримувати стабільні параметри мікроклімату.

Сфера застосування проектованого пристрою охоплює житлові, господарські та технічні приміщення, де існує необхідність контролю вологості повітря. Пристрій може використовуватися у кухнях, ванних кімнатах, підвалах, погребях, гаражах, складських та технічних приміщеннях. Крім того, система може бути застосована у невеликих виробничих приміщеннях, де необхідно підтримувати допустимий рівень вологості для нормальної роботи обладнання або зберігання матеріалів.

Основним призначенням пристрою є автоматичне керування роботою вентилятора залежно від зміни параметрів навколишнього середовища. Контроль вологості здійснюється за допомогою спеціального датчика, опір якого змінюється залежно від рівня вологості повітря. При підвищенні вологості до значення, близького до точки утворення конденсату, електронна схема формує керуючий сигнал, який вмикає вентилятори примусової вентиляції.

					<i>26 КР 172.402.022.000.000 ПЗ</i>	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

Після зниження рівня вологості до нормального значення вентилятори автоматично вимикаються. Запропонований пристрій дозволяє автоматизувати процес вентиляції приміщення без постійного втручання користувача. Це забезпечує економію електроенергії, підвищує ефективність вентиляції та зменшує ймовірність виникнення несприятливих умов мікроклімату.

					<i>26 КР 172.402.022.000.000 ПЗ</i>	Арк.
						10
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Розробка технічного завдання.

Технічне завдання на проектування пристрою автоматичного керування вентилятором для контролю вологості повітря розроблене відповідно до вимог експлуатації побутових електронних пристроїв автоматизації мікроклімату. Проектований пристрій призначений для автоматичного контролю рівня вологості у приміщеннях та керування системою примусової вентиляції.

Основним завданням пристрою є автоматичне увімкнення вентилятора при перевищенні встановленого порогу вологості та його вимкнення після нормалізації параметрів повітря. Пристрій повинен забезпечувати стабільну та безпечну роботу в умовах побутової експлуатації.

Таблиця 1.1. – Технічні вимоги до проектного пристрою

Найменування параметра	Значення
1	2
Призначення пристрою	Автоматичне керування вентилятором залежно від рівня вологості
Напруга живлення	220 В $\pm$ 10%, 50 Гц
Тип живлення внутрішньої схеми	Постійна стабілізована напруга 7.5 В та 11 В
Споживана потужність	не більше 15 Вт
Максимальний струм навантаження	до 5 А
Тип датчика вологості	HR-202L
Діапазон контролю вологості	20–95 % RH
Точність контролю вологості	$\pm$ 5 % RH
Час спрацювання	не більше 10 с
Тип керування	Автоматичний

Продовження таблиці 1.1

1	2
Тип навантаження	Вентилятор постійного або змінного струму
Індикація режимів роботи	Світлодіодна
Захист від перенапруг	Варисторний
Захист від короткого замикання	Плавкий запобіжник 2 А
Тип монтажу елементів	Монтаж у отвори (ТНТ)
Матеріал друкованої плати	Склотекстоліт СФ-1-35
Габаритні розміри пристрою	160×85×60 мм
Габаритні розміри друкованої плати	75×150 мм
Маса пристрою	220г
Робочий діапазон температур	від +5 °С до +40 °С
Допустима відносна вологість	до 90 % без утворення конденсату
Режим роботи	Тривалий безперервний
Спосіб охолодження	Природна вентиляція
Тип виконання	Стаціонарний моноблочний пристрій
Матеріал корпусу	ABS-пластик
Рекомендоване середовище експлуатації	Побутові та технічні приміщення

Проектований пристрій повинен забезпечувати стабільну роботу при тривалому режимі експлуатації та відповідати вимогам електробезпеки для побутових електронних систем. Конструкція виробу повинна забезпечувати зручність монтажу, обслуговування та регулювання порогу спрацювання системи керування вентиляцією. При монтажі та подальшому використанні слід

неухильно дотримуватись норм техніки безпеки при роботі з електричними приладами та змінною мережевою напругою. Пристрій не допускається використовувати у вибухонебезпечних середовищах, а також у приміщеннях з агресивними парами або прямим потраплянням вологи на друковану плату.

1.2 Вибір і опис структурної схеми виробу

Структурна схема (див. рис 1.1.) проектного пристрою автоматичного керування вентилятором визначається його функціональним призначенням та принципом роботи. Основним призначенням виробу є автоматичний контроль рівня вологості повітря у приміщенні та керування витяжним вентилятором залежно від показників датчика вологості. До складу схеми входять наступні функціональні блоки: мережа живлення ~220 В, блок живлення, підсилювальний каскад, блок вимірювання вологості, блок керування вентилятором, вентилятор та блок візуалізації.

Блок живлення здійснює перетворення вхідної мережевої напруги ~220 В у стабілізовану напругу постійного струму, необхідну для живлення всіх електронних компонентів пристрою.. Цей блок базується на понижувальному трансформаторі, який забезпечує гальванічну розв'язку від мережі 220 В. Випрямлення напруги реалізується за допомогою діодного моста, зібраного на діодах типу 1N4007. Фільтрація пульсацій напруги виконується електролітичним конденсатором великої ємності з маркуванням K50-35. Стабілізація вихідної напруги на рівні 7.5 В забезпечується стабілітроном типу 1N5352 .

Підсилювальний каскад . Обробка сигналу здійснюється за допомогою біполярного транзистора малої потужності типу SS9014. Налаштування порогу спрацювання пристрою виконується через багатообертовий підстроювальний резистор СПЗ-19А. У колі бази транзистора встановлені резистори серії MFP для обмеження струму та забезпечення режиму роботи.

Блок вимірювання вологості. Основним елементом цього блоку є резистивний датчик вологості моделі HR202L. Для формування вимірювального кола використовуються постійні резистори серії MFP з допуском 5%. Ці

					26 КР 172.402.022.000.000 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

резистори утворюють ділник напруги, де опір датчика змінюється залежно від вологості навколишнього середовища

Блок керування вентилятором. Роль силового ключа виконує транзистор TIP142. Для захисту транзистора від індуктивних викидів при вимиканні вентилятора паралельно навантаженню встановлюється діод 1N4007.

Блок візуалізації. Індикація наявності живлення реалізується за допомогою червоного світлодіода L-53ID. Зелений світлодіод типу L-53GD сигналізує про ввімкнення режиму активної вентиляції. Кожен світлодіод підключений до джерела живлення через послідовний струмообмежувальний резистор опором 470–1000 Ом.

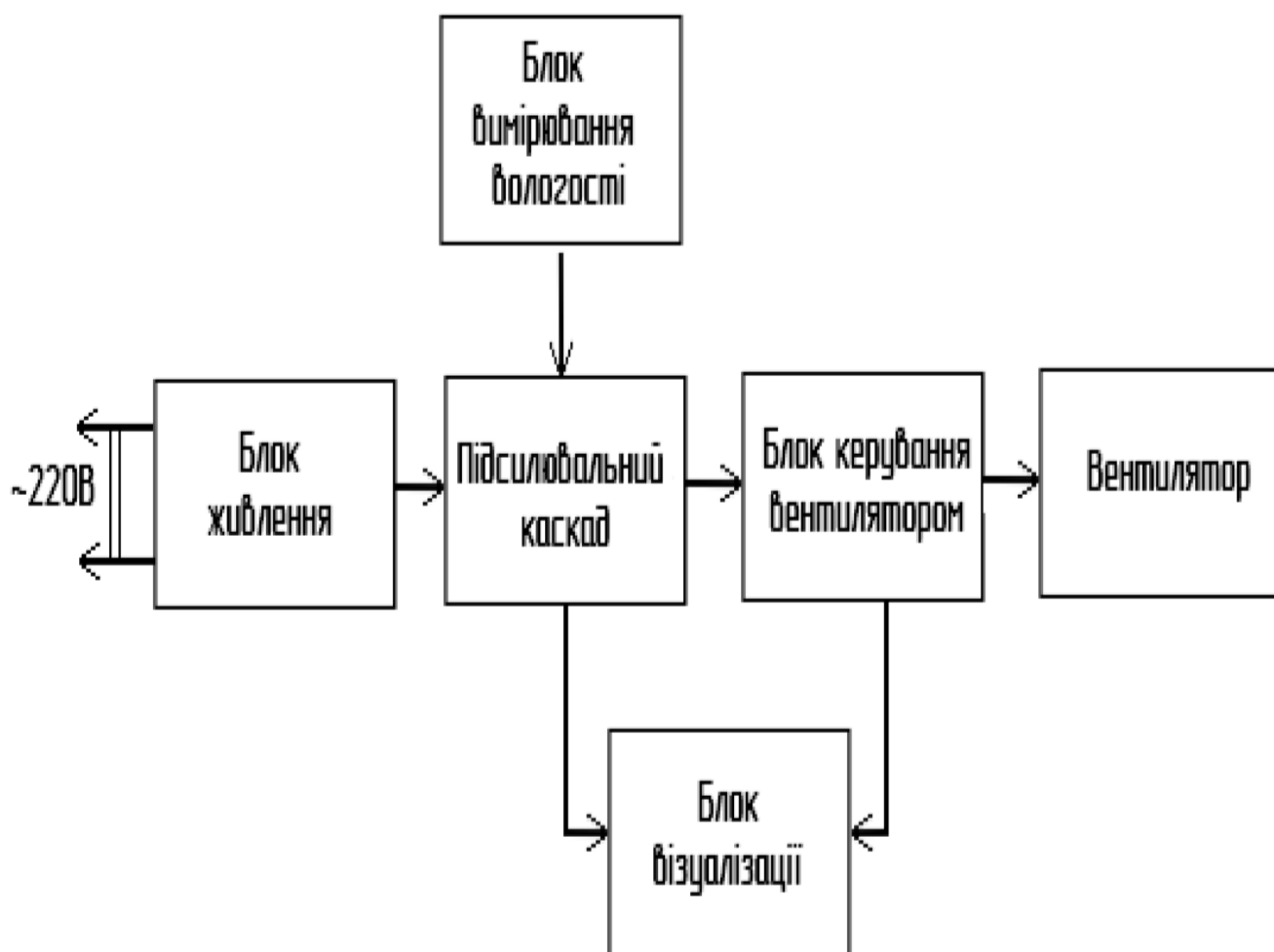


Рисунок 1.1 – Структурна схема конструкції пристрою управління вентилятором для контролю вологості в приміщенні

1.3 Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз

Опис принципу дії доцільно здійснено з шляхом проходження сигналу крізь ключові функціональні блоки схеми. Подача електроенергії на прилад реалізується через первинну обмотку трансформатора, який позначений на схемі як T1. Цей трансформатор знижує напругу, що надходить із мережі, до рівня, придатного для подальшої електронічної обробки. Зі вторинної обмотки виходить змінна напруга, яка прямує до діодного моста, сформованого діодами VD1 та VD4, де відбувається процес випрямлення. Після випрямлення, напруга набуває пульсуючої форми; для її згладжування залучається електролітичний конденсатор значної ємності C2. Додаткове фільтрування та усунення високочастотних складових досягається завдяки використанню конденсаторів C3, C4, C5 та C6. Для підтримки сталого рівня напруги введено стабілітрони VD5, VD6 та VD7, які генерують еталонні напруги для різних секцій схеми. Захист апарату від імпульсних перенапруг, що можуть виникнути в електромережі, забезпечують варистори RU1 та RU2. Як наслідок, блок живлення формує стабілізовану постійну напругу, необхідну для функціонування усіх каскадів пристрою.

Чутливим елементом у конструкції є датчик вологості B1, моделі HR-202, який міняє свій електричний опір у залежності від відносної вологості повітря. Разом із резисторами він утворює схему, що ділить напругу. Зміна вологості спричиняє зміну напруги на виході цього подільника, яка потім подається на керуючий електрод (базу) транзистора VT2. Резистор R2 налаштовується потенціометром та служить для встановлення порогового рівня спрацювання приладу — тобто тієї вологості, при якій має увімкнутися вентилятор. Резистор R1 обмежує струмовий потік у цьому контурі, забезпечуючи стабільність роботи сенсора.

Сигнал, отриманий від сенсора, надходить до каскаду підсилення, реалізованого на транзисторі VT2 типу SS9014. Цей транзистор працює в режимі підсилення невеликих амплітуд. За звичайних умов, коли рівень вологості не перевищує заданої величини, транзистор перебуває у заблокованому або

					26 КР 172.402.022.000.000 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

частково провідному стані. При зростанні вологості напруга на його базі збільшується, змушуючи транзистор повністю відкриватися. Резистор R3 виконує функцію навантаження у колекторному колі, а резистор R4 встановлює необхідне зміщення бази транзистора, гарантуючи правильний режим роботи по постійному струму. Далі підсилена електрична величина передається на керуючий каскад, зібраний на польовому транзисторі VT1 типу IRF830. Даний транзистор функціонує як електронний ключ, керований напругою на його затворі. Коли сигнал досягає критичного рівня, транзистор відкривається і дозволяє струму протікати через силовий ланцюг. Резистор R5 обмежує струм затвора, оберігаючи його від пошкоджень.

Транзистор VT3 моделі TIP142, працює у режимі повного насичення, забезпечуючи увімкнення охолоджувального вентилятора. При відкриванні транзистора струм проходить крізь навантаження, що призводить до запуску роботи вентилятора. Резистор R8 обмежує струм у силовій частині схеми. Діоди VD2 та VD3 слугують для захисту від зворотної ЕРС, яка може виникати під час вимкнення індуктивного навантаження.

Для візуалізації робочих станів пристрою застосовуються світлодіоди HL1 та HL2. Один із них індикує наявність електроживлення, тоді як інший сигналізує про активацію вентилятора. Це дає користувачеві можливість бачити поточний стан апарату. Суть роботи приладу полягає у автоматичному перетворенні зміни вологості повітря на відповідний керуючий електричний сигнал. За умови низької вологості опір сенсора високий, що призводить до низької напруги на вході підсилювального каскаду. У такому стані транзистори VT2, VT1 та VT3 залишаються заблокованими, і вентилятор залишається вимкненим. При зростанні вологості опір сенсора знижується, вхідна напруга підвищується, транзистори відкриваються, і вентилятор автоматично активується. Після того, як вологість знижується, процес обертається, і вентилятор деактивується. Отже, пристрій забезпечує автоматичну підтримку оптимального рівня вологості у приміщенні, покращуючи комфорт та запобігаючи появі конденсату та плісняви.

					26 КР 172.402.022.000.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		16

2. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1.1 Вибір конструкції та конструктивних матеріалів проектного виробу

Під час проектування автоматичного пристрою керування вентилятором для контролю вологості було проведено аналіз можливих варіантів конструювання конструкції з урахуванням вимог технологічності, електробезпеки, ремонтпридатності та надійності експлуатації. Конструкція виробу розроблялась відповідно до вимог нормативної документації та загальних положень ЄСКД щодо проектування електронних пристроїв побутового призначення. Даний варіант забезпечує простоту монтажу, зменшення габаритних розмірів виробу, зниження кількості міжблочних з'єднань та підвищення надійності роботи пристрою. Крім цього, така конструкція є найбільш технологічною для умов дрібносерійного виробництва та забезпечує зручність технічного обслуговування.

Конструктивно пристрій виконаний у вигляді стаціонарного моноблочного приладу прямокутної форми. Основою конструкції є пластмасовий корпус із верхньою кришкою, всередині якого розташована друкована плата з електронними компонентами. Всі елементи конструкції закріплюються за допомогою гвинтових з'єднань, що забезпечує можливість швидкого демонтажу та ремонту виробу.

Для виготовлення корпусу було обрано ABS-пластик, який характеризується високою механічною міцністю, хорошими діелектричними властивостями та стійкістю до впливу вологи. Використання даного матеріалу дозволяє забезпечити електробезпеку користувача та достатню жорсткість конструкції при невеликій масі виробу. Також ABS-пластик має добрі технологічні властивості при механічній обробці та литті під тиском.

Основним конструктивним елементом виробу є друкована плата, виготовлена зі склотекстоліту марки СФ-1-35 товщиною 1.5 мм. Даний матеріал характеризується високою механічною міцністю, термостійкістю та добрими

					26 КР 172.402.022.000.000 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

електроізоляційними властивостями. Використання фольгованого склотекстоліту забезпечує надійність друкованих провідників та стійкість плати до термічних навантажень під час пайки елементів.

Для електричних з'єднань між вузлами конструкції використовуються багатожильні мідні провідники, що мають достатню гнучкість, механічну міцність та стійкість до багаторазових згинань. Підключення зовнішніх елементів виконується через гвинтові клемники типу KF301, які забезпечують надійний електричний контакт та зручність монтажу.

З метою підвищення надійності та довговічності конструкції передбачено використання захисних та декоративних покриттів. Для захисту друкованої плати від впливу вологи, конденсату та корозії на поверхню плати наноситься вологостійкий ізоляційний лак марки УР-231. Таке покриття забезпечує додаткову електроізоляцію та підвищує стійкість виробу до експлуатації у вологих приміщеннях.

Металеві елементи кріплення мають антикорозійне цинкове покриття, яке забезпечує захист від окиснення та збільшує термін служби конструкції. Для покращення зовнішнього вигляду та зручності експлуатації на передню панель наносяться пояснювальні написи методом шовкографії, що характеризується високою стійкістю до стирання та дії навколишнього середовища.

2.1.2 Обґрунтування вибору конструкції

Проектований виріб являє собою стаціонарний моноблочний пристрій автоматичного керування витяжною вентиляцією залежно від рівня відносної вологості повітря в приміщенні. Конструктивно пристрій виконано на базі сучасних методів конструювання електронно-обчислювальних засобів, що забезпечує його компактність, високу ремонтпридатність, надійність та низьку собівартість у виробництві. Зовнішній вигляд та розміщення елементів Конструкція виробу складається з двох основних частин: пластикового корпусу (основи та верхньої кришки) та друкованого вузла в зборі.

На передній панелі корпусу розташовані:

					26 КР 172.402.022.000.000 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

- 1)Світлодіод HL1 (зеленого кольору) — індикатор наявності напруги живлення в системі;
- 2)Світлодіод HL2 (червоного кольору) — індикатор активного стану, що с игналізує про замикання контактів реле та запуск витяжного вентилятора;
- 3)HR202L- висока точність вимірювання вологості.

На задній стінці корпусу інтегровано роз'єм із заземленням для підключення силового кабелю витяжного вентилятора, а також вивід шнура живлення самого пристрою від мережі ~220 В. Живлення пристрою здійснюється від однофазної мережі змінного струму напругою 220 В та частотою 50 Гц.

Оскільки максимальний струм споживання пристрою в режимі чергування та активної роботи є незначним ($I_{max} = 0,5 \text{ A}$), елементи схеми не виділяють великої кількості теплової енергії. У зв'язку з цим у пристрої застосовано природне повітряне охолодження. Основним несучим елементом конструкції є одностороння друкована плата з фольгованого склотекстоліту СФ1-35-1,5. Жодні додаткові субблоки чи внутрішні плати розширення в конструкції не використовуються, що виключає потребу в міжплатних гнучких шлейфах чи об'ємних сполучних роз'ємах всередині блоку і підвищує загальну вібростійкість.

Кріплення плати: Друкована плата встановлюється на спеціальні внутрішні технологічні стійки нижньої основи корпусу.Кріплення та фіксація корпусу: З'єднання нижньої основи та верхньої кришки корпусу, а також одночасна фіксація плати на стійках здійснюється за допомогою 4-х гвинтів М3х25 (згідно з ДСТУ ISO 4762) та відповідних шестигранних гайок М3.

З'єднання між друкованою платою та виводами мережевої вилки 220 В виконано за допомогою гнучких монтажних дротів марки МГШВ перерізом 0,5мм .Дроти фіксуються на платі за допомогою надійного гвинтового клемника, що суттєво спрощує процес збирання, демонтажу та технічного обслуговування. Встановлення чутливого елемента датчика вологості HR202L, резистора R6 твиконується за допомогою ручного паяння припоєм ПОС-61

Естетичний вигляд виробу відповідає сучасним вимогам промислового дизайну та ергономіки. Корпус має строгу геометричну форму (паралелепіпед зі

					26 КР 172.402.022.000.000 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

згладженими кутами та ребрами). Матова поверхня пластику приховує дрібні подряпини, а ергономічне розташування світлодіодних індикаторів забезпечує інтуїтивно зрозуміле зчитування стану пристрою з будь-якої точки приміщення, де встановлено блок. Завдяки нейтральному колірному використанню пластику пристрій легко інтегрується в інтер'єр сучасних житлових або технічних приміщень.

2.1.3 Опис і обґрунтування вибору елементної бази

У якості силового комутаційного елемента в блоці керування вентилятором було обрано потужний N-канальний польовий транзистор IRF830. Вибір даного компонента зумовлений його низьким опором відкритого каналу та високою швидкодією, що дозволяє мінімізувати теплові втрати при роботі з навантаженням

Таблиця 2.1. - Технічні характеристики транзистора IRF830

Параметри	Опис
1	2
Позиційне позначення	VT1
Назва та тип компонента	Польовий транзистор з ізольованим затвором (MOSFET). IRF830
Виробник	Vishay
Параметри конструкції	Див. рисунок 2.1 , 2.2
Критерії вибору	Запас у 500 В робить цей транзистор надзвичайно надійним
Параметри та характеристики	
Тип каналу	N-канал
Напруга стік-витік (V_{DSS})	500 В
Максимальний струм стоку (I_D)	5.9 А

Продовження таблиці 2.1

1	2
Імпульсний струм стоку (I_{DM})	18A
Напруга Затвор-витік (V_{GS})	± 20 В
Потужність розсіювання (P_D)	74 Вт
Опір каналу у відкритому стані ($R_{DS(on)}$)	≤ 1.5 Ом



Рисунок 2.1. - Зовнішній вигляд транзистора IRF830

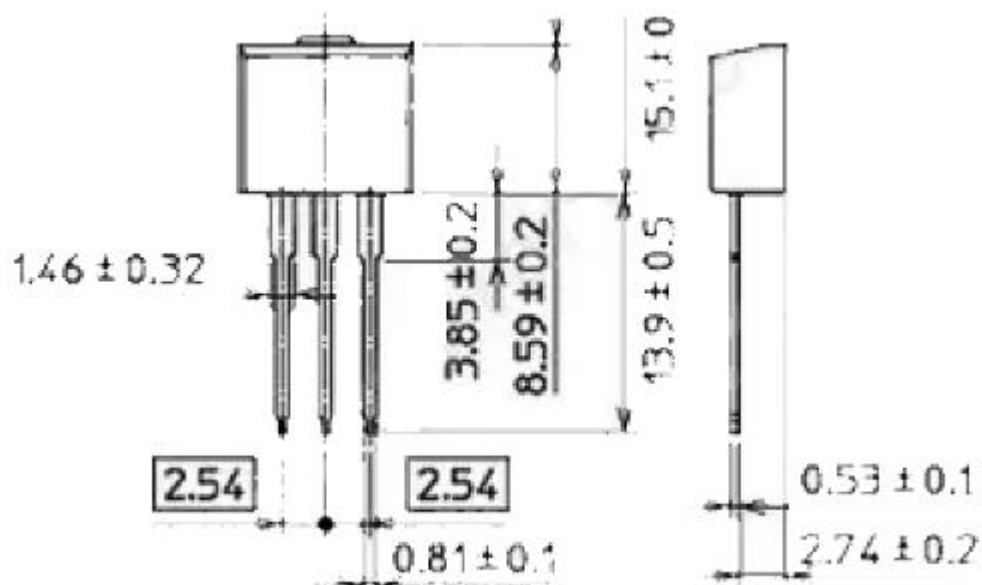


Рисунок 2.2- Габаритні розміри транзистора IRF830

У якості активного елемента підсилювального каскаду було обрано біполярний транзистор малої потужності SS9014. Вибір даного компонента зумовлений його високим коефіцієнтом підсилення за струмом, що дозволяє ефективно обробляти слабкі сигнали, які надходять від датчика вологості. Низький рівень власних шумів транзистора забезпечує високу точність вимірювання та стабільність роботи схеми в цілому.

Таблиця 2.2- Технічні характеристики транзистора SS9014

Параметри	Опис
Позиційне позначення	VT2
Назва та тип компонента	Біполярний n-p-n транзистор
Виробник	ON Semiconductor
Параметри конструкції	Див рисунок 2.3
Критерії вибору	відкриття бази (приблизно 0.6–0.7 В). VT2 повинен мати високе підсилення
Параметри та характеристики	
Тип провідності	NPN
Напруга колектор-база	50 В
Напруга колектор-емітер	45 В
Напруга емітер-база	5 В
Струм колектора (постійний)	0.1 А
Потужність Розсіювання	450 мВт
Коефіцієнт передачі стурму	200-1000 (залежить від групи)
Гранична частота	150 МГц

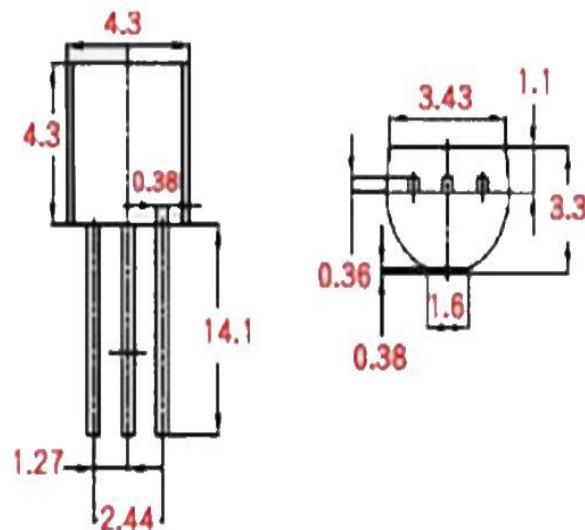


Рисунок 2.3 – Габаритні розміри транзистора SS9014

Для реалізації основного силового комутаційного елемента було обрано транзистор TIP142. Вибір даного компонента зумовлений його високою навантажувальною здатністю, що необхідно для стабільної роботи з навантаженням двигуном вентилятора.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики транзистора TIP142

Параметри	Опис
1	2
Позиційне позначення	VT3
Назва та тип компонента	Транзистор біполярний TIP142
Виробник	STMicroelectronics, ON Semiconductor
Параметри конструкції	Див. рисунок 2.4
Критерії вибору	Високий коефіцієнт підсилення, Великий струм колектора (5 А): Забезпечує значний запас міцності для роботи з вентиляторами, пусковий струм яких може в кілька разів перевищувати номінальний
Структура	Біполярна n-p-n

Продовження таблиці 2.3

1	2
Параметри та характеристики	
Макс. напруга колектор-емітер	100
Макс. напруга колектор-база	100
Макс. постійний струм колектора	5 А
Коефіцієнт передачі струму	1 000...2500
Макс. потужність,	60 Вт
Гранична частота	4 МГц

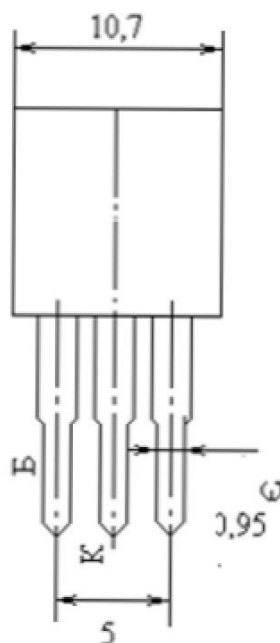


Рисунок 2.4 – Габаритні розміри транзистора ТІР142

Виконання функції вимірювального перетворювача рівня вологості в пристрої було обрано резистивний датчик вологості моделі HR202. Його вибір зумовлений високою чутливістю до змін відносної вологості повітря та стабільністю вихідних параметрів у широкому температурному діапазоні.

Таблиця 2.4 - Технічні характеристики датчика вологості HR-202

Параметри	Опис
1	2
Позиційне позначення	B1
Назва та тип компонента	HR202 (або HR202L — компактна версія) датчик вологості (гігрометр)
Виробник	Aosong Electronics (Китай), Zhengzhou Winsen
Критерії вибору	Діапазон вимірювання (20% – 95% RH): Цей діапазон повністю охоплює потреби побутових та технічних приміщень (ванни, підвали, теплиці). Час відгуку.
Параметри конструкції	Див. рисунок 2.5
Тип датчика	Резистивний (сорбційний)
вимірювання вологості	20% - 95% RH
Робочий температура	0°C-+60°C
Номинальний опір при 25°C,	31 кОм (типове значення)
Точність вимірювання	±5%RH
Параметри та характеристики	
Напруга живлення (змінна)	1.5 В (АС) макс. 5 В (АС)
Робоча частота живлення	500 Гц – 2кГц(допускається 50 Гц)
Час відгуку (гістерезис)	<10 секунд
Стабільність	<1% RH на рік

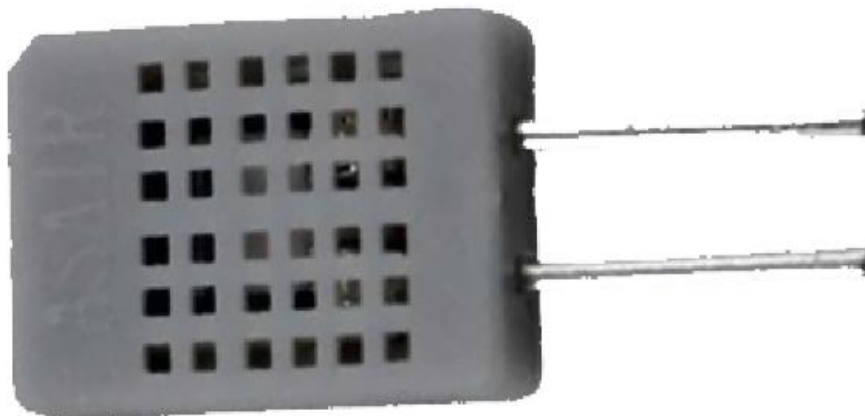


Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд датчика вологості HR-202

Вибір основного компонента блоку живлення, що забезпечує зниження мережевої напруги ~ 220 В до безпечного рівня, було обрано трансформатор типу ТПП-40. Вибір даного виробу зумовлений його високою надійністю, простотою конструкції та перевіреними часом характеристиками, що відповідають вимогам до побутової радіоелектронної апаратури. габарити та наявність декількох вторинних обмоток дозволяють легко оптимізувати схему випрямлення та стабілізації напруги для живлення всіх вузлів пристрою.

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики трансформатора ТРР-40

Параметри	Опис
1	2
Позиційне позначення	TV1
Назва і тип компонента	Малогабаритний знижувальний трансформатор живлення ТРР-40
Виробник	Трансвіт
Критерії вибору	Напруга вторинної обмотки (12–15 В): Це оптимальне значення для подальшої стабілізації до 12 В живлення двигуна та 7.5 В.

Продовження таблиці 2.5

Параметри конструкції	Див. рисунок 2.6
Параметри та характеристики	
Номінальна потужність	44 Вт
Напруга первинної обмотки	220 В (50 Гц)
Струм первинної обмотки	0.23 А
Кількість вторинних обмоток	6
Тип осердя	ПЛ (стрижневе стічкове)
Температурний діапазано	Від -60°C до +85°C

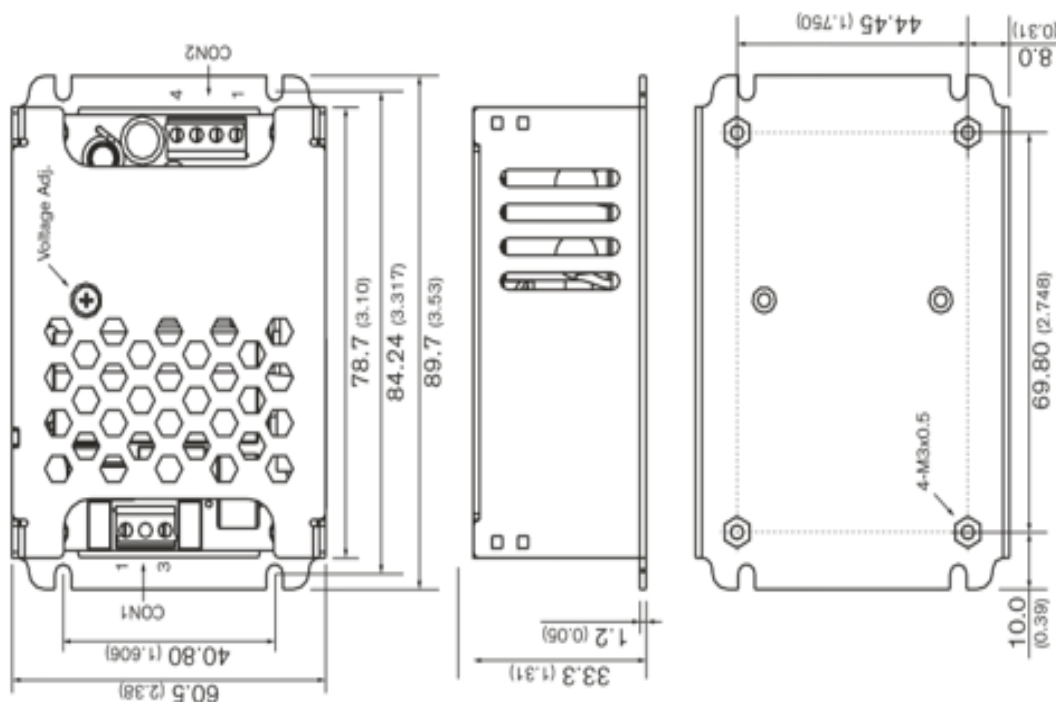


Рисунок 2.6 – Габаритні розміри трансформатора TPR-40

В якості основного компонента вузла випрямлення напруги було обрано діодний міст KBU6M. Вибір даного компонента зумовлений його високою навантажувальною здатністю (до 6 А), що з великим запасом забезпечує роботу блоку живлення пристрою.

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики діодного моста KBU6M

Параметри	Опис
Позиційне позначення	VD1 , VD4
Назва та тип компонента	Однофазний двопівперіодний випрямний міст KBU6M
Виробник	Vishay,
Критерії вибору	працюватиме без значного нагріву , передбачається робота з великими струмами.
Параметри конструкції	Див. рисунок 2.7
Параметри та характеристики	
Максимальна повторювана імпульсна зворотна напруга V_{RRM}	100 В
Максимальне середньоквадратичне значення напруги V_{RMS}	700 В
Максимальний середній прямий випрямлений струм	6.0 А (при $T_c=100^{\circ}\text{C}$)
Піковий прямий ударний струм I_F	200 А
Максимальна пряма напруга V_F	1.0 В
Максимальний зворотний струм I_R	5.0 мкА
Діапазон робочих температур T_J	від -55°C до $+150^{\circ}\text{C}$

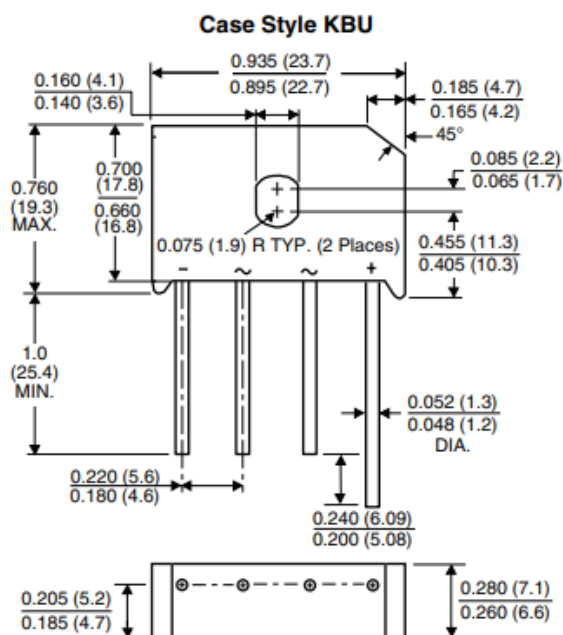


Рисунок 2.7 – Габаритні розміри діодного моста KBU6M

Вибір захисного елемента, що встановлюється паралельно обмотці вентилятора для гасіння індуктивних викидів, було обрано діод 1N5401. Вибір даного компонента зумовлений його здатністю витримувати значні імпульсні струми, що виникають у момент вимкнення індуктивного навантаження (вентилятора).

Таблиця 2.7 - Технічні характеристики діода 1N5401

Параметри	Опис
1	2
Позиційне позначення	VD2
Назва та тип компонента	Випрямний діод 1N5401
Виробник	Vishay
Критерії вибору	Середній прямий струм (3.0A). діод працюватиме без перегріву при живленні потужного вентилятора.
Параметр конструкції	Див рисунок 2.8
Параметри та характеристики	

Продовження таблиці 2.7

1	2
Максимальна зворотна напруга	100 В
Піковий ударний струм (8.3 мс)	200 А
Потужність розсіювання	6.25 Вт
Тепловий опір (перехід-середовище)	20 °С/Вт
Робоча температура	від -55°С до +150°С

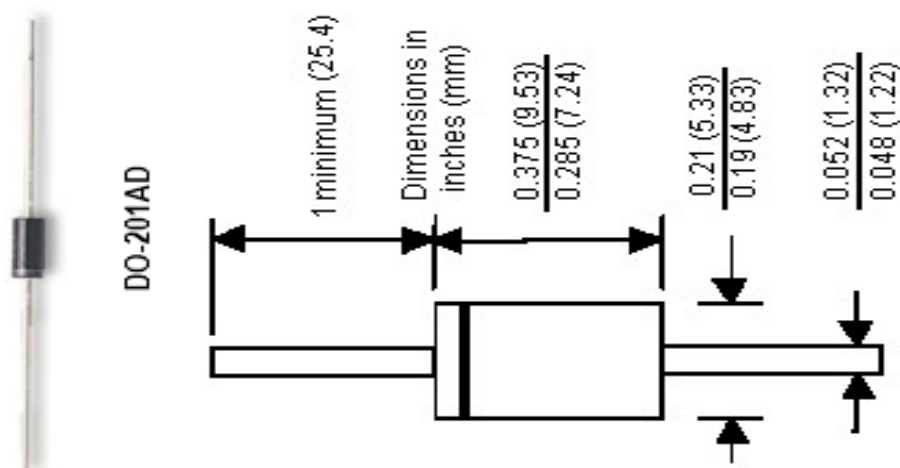


Рисунок 2.8 – Габаритні розміри діода 1N5401

Для реалізації захисту від переполюсування та випрямлення сигналів у низьковольтних ланцюгах схеми було обрано діод 1N4006. Вибір даного компонента зумовлений його високою зворотною напругою (до 800 В), що забезпечує значний запас міцності при роботі в мережевих або напівпровідникових вузлах. Використання діода 1N4006 дозволяє надійно захистити чутливі компоненти схеми від випадкової зміни полярності живлення, а також забезпечити стабільну роботу в режимах випрямлення струму. Компактний корпус типу DO-41 спрощує монтаж та мінімізує займану площу на друкованій платі, що сприяє оптимізації загальних габаритів пристрою.

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики діода 1N4006

Параметр	Опис
Позиційне позначення	VD3
Назва та тип компонента	Кремнієвий випрямний діод 1N4006
Виробник	ON Semiconductor, Vishay, STMicroelectronics, Diodes Inc.
Критерії вибору	високий поріг напруги забезпечує "імунітет" до будь-яких сплесків напруги, що можуть виникнути в мережі або при комутації трансформатора Т1.
Параметри конструкції	Див. рисунок 2.9
Параметри та характеристики	
Макс. зворотна напруга	50 В
Середній випрямлений струм	1.0 А (при $T_A=75^{\circ}\text{C}$)
Піковий ударний струм (8.3 мс)	30 А
Пряме падіння напруги (при 1.0 А)	1.1 В
Макс. зворотний струм	5.0 мкА
Тепловий опір	50 $^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$
Діапазон температур	від -50°C до $+150^{\circ}\text{C}$



Рисунок 2.9 – Зовнішній вигляд діода 1N4006

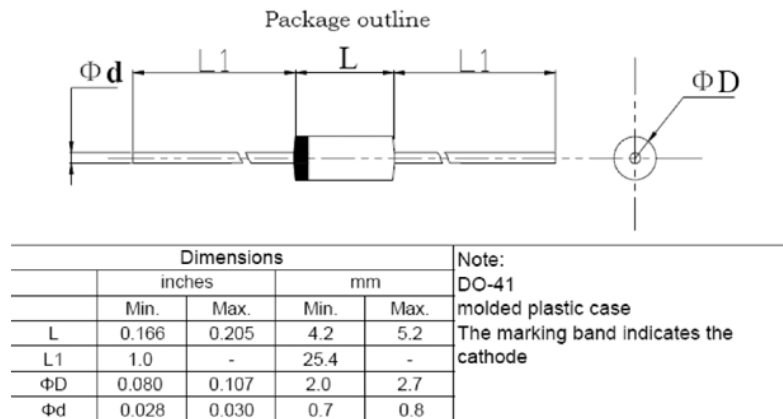


Рисунок 2.10 – Габаритні розміри діода 1N4006

Основним елементом для стабілізації напруги для живлення чутливих вузлів схеми було обрано стабілітрон 1N5352. Вибір даного компонента зумовлений його здатністю забезпечувати стабільну вихідну напругу (номінал 15 В) при коливаннях вхідної напруги, що критично важливо для коректної роботи каскадів підсилення. Висока розсіювана потужність (до 5 Вт) дозволяє даному стабілітроні працювати в режимах з підвищеним навантаженням без ризику перегріву або деградації кристала. Застосування 1N5352 підвищує загальну надійність блоку живлення та забезпечує стабільність робочих параметрів електронної системи при тривалій експлуатації

Таблиця 2.9 – Технічні характеристики стабілітрона 1N5352

Параметри	Опис
1	2
Позиційне позначення	VD5
Назва та тип компонента	Стабілітрон потужний 1N5352
Виробник	Vishay ON Semiconductor
Критерії вибору	Напруга стабілізації (15 В): Це значення ідеально підходить для живлення операційних підсилювачів ,забезпечуючи лінійну роботу датчика вологості.

Продовження таблиці 2.9

1	2
Параметри конструкції	Див. рисунок 2.11
Параметри та характеристики	
Номінальна напруга стабілізації	15 В
Максимальна розсіювана потужність	5 Вт
Допуск напруги стабілізації	$\pm 5\%$ (для серії В)
Максимальний струм стабілізації-	315 мА
Струм витоку при зворотній напрузі	1.0 мкА (при 11.5 В
Максимальний імпульсний струм	11.5 А
Робоча температура	від -65°C до $+200^{\circ}\text{C}$

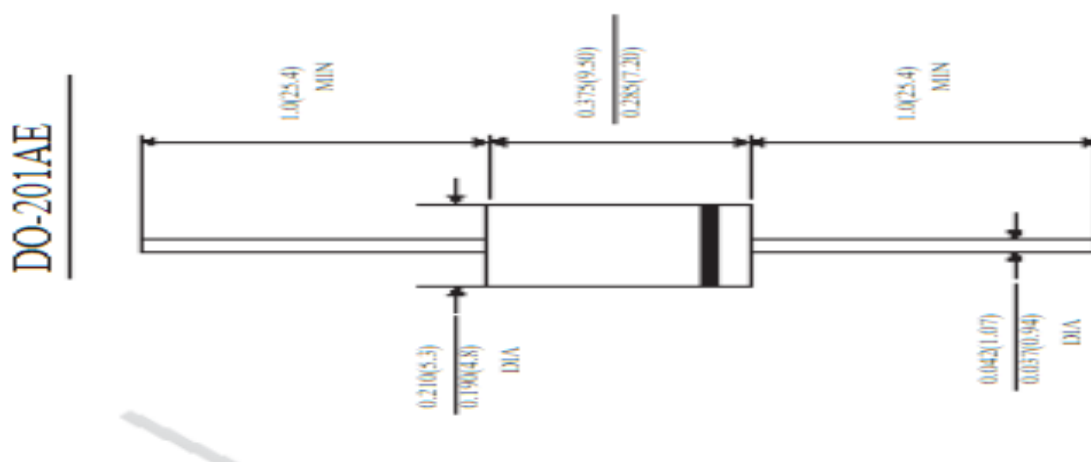


Рисунок 2.11 – Габаритні розміри стабілітрона 1N5352

Для стабілізації напруги передбачено для низьковольтних ланцюгів схеми було обрано стабілітрон 1N4737A. Його вибір зумовлений номінальною напругою стабілізації 7.5 В, що є оптимальним значенням для живлення малопотужних транзисторних каскадів у пристрої. Стабілітрон 1N4737A забезпечує високу точність підтримки напруги та низький динамічний опір, що гарантує відсутність шумів та перешкод у вимірювальних колах. Завдяки потужності розсіювання 1 Вт цей компонент надійно працює в режимі стабільної

стабілізації, забезпечуючи захист від перенапруг та підтримуючи стабільні робочі режими пристрою навіть при змінах вхідної напруги.

Таблиця 2.10 – Технічні характеристики стабілітрона 1N4737A

Параметр	Опис
Позиційне позначення	VD6
Назва та тип компонента	Стабілітрон (діод Зенера) середньої потужності 1N4737A
Виробник	Vishay, NXP, STMicroelectronics
Критерії вибору	Напруга стабілізації (7.5 В): Це оптимальна напруга для живлення транзисторів серії SS9014
Параметри конструкції	Див. рисунок 2.12
Параметри та характеристики	
Номінальна напруга стабілізації	7.5 В
Розсіювана потужність	1.0 Вт
Допуск (Точність) напруги	$\pm 5\%$
Максимальний струм стабілізації	121 мА
Зворотний струм витоку	10 мкА (при $V_R=5.7$ В)
Динамічний опір	4.0 Ом
Робоча температура	від -65°C до $+200^{\circ}\text{C}$

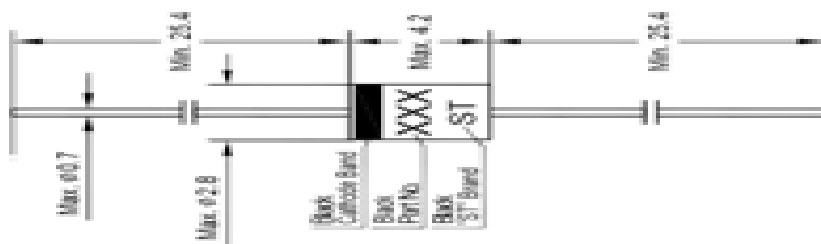


Рисунок 2.12– Габаритні розміри стабілітрона 1N4737A

В якості елемента стабілізації напруги для додаткових вузлів схеми керування було обрано стабілітрон 1N4741A. Його вибір зумовлений номінальною напругою стабілізації 11 В, що дозволяє забезпечити стабільний режим роботи для окремих допоміжних каскадів, чутливих до коливань напруги живлення. Компонент ефективно працює без перегріву, а його поширений корпус типу DO-41 забезпечує легкість монтажу на друковану плату та сумісність з іншими елементами схеми

Таблиця 2.11– технічні характеристики стабілітрона 1N4741A

Параметри	Опис
Позиційне позначення	VD7
Назва та тип компонента	1N4741A стабілітрон середньої потужності
Виробник	Vishay
Критерії вибору	Напруга 11 В забезпечує надійне відкриття транзисторів
Параметри конструкції	Див. рисунок 2.13
Параметри та характеристики	
Номінальна напруга стабілізації	11 В
Розсіювана потужність	1.0 Вт
Допуск (Точність) напруги	$\pm 5\%$
Максимальний струм стабілізації	82 мА
Зворотний струм витоку	5.0 мкА
Динамічний опір	8.0 Ом
Корпус	DO-41

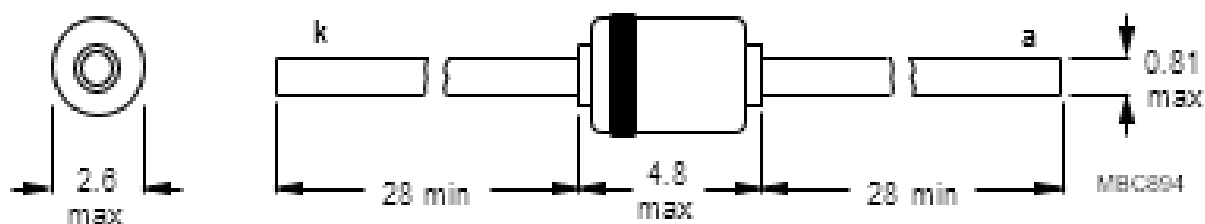


Рисунок 2.13 – Габаритні розміри стабілітрона 1N4741A

Виконання функції захисного елемента для придушення імпульсних перенапруг у мережі живлення було обрано варистор MYG20-431. Вибір даного компонента зумовлений його високою енергоємністю та швидкою реакцією на стрибки напруги, що дозволяє ефективно захистити електронні компоненти пристрою від пошкоджень під час аварійних ситуацій у мережі або грозових розрядів. Варистор має класифікаційну напругу 430 В, що є оптимальним значенням для роботи в мережах змінного струму 220 В, забезпечуючи надійне обмеження викидів напруги на безпечному рівні.

Таблиця 2.12 – Технічні характеристики варистора Mуг20-431

Параметри	Опис
1	2
Позиційне позначення	RU1 , RU2
Назва та тип компонента	Варистор
Виробник	Bourns, TDK (Epcos)
Критерії вибору	гарантує стабільну роботу пристрою при стандартних відхиленнях напруги в побутовій мережі (+10-15%) Швидкість реакції (< 25 нс), що дозволяє захистити чутливий трансформатор T1 та транзистор SS9014.
Параметри конструкції	Див. рисунок 2.14

Продовження таблиці 2.12

1	2
Параметри та характеристики	
Класифікаційна напруга	430 В
Допустима напруга (AC)	275 В
Допустима напруга (DC)	350 В
Максимальна напруга обмеження	710 В
Максимальний імпульсний струм	6500 А (6.5 кА)

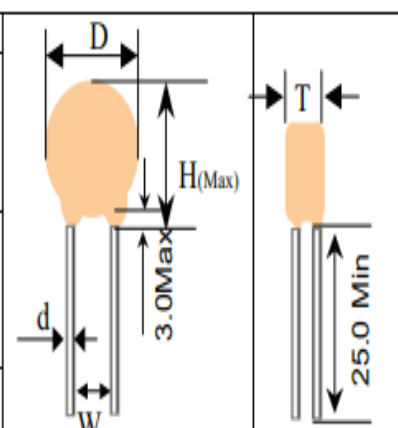
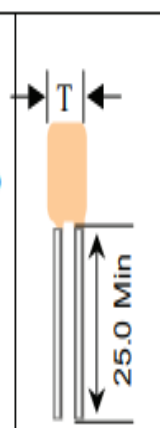
Case Size	D max	H max	T max	d±0.05	W±0.05		
MYG-05K180~680	7.5	11.0	4.5	0.6	5.0		
MYG-05K820~471			7.0				
MYG-07K180~680	9.5	13.0	5.3				
MYG-07K820~471			7.0				
MYG-10K180~680	14.0	18.5	5.3	0.8	7.5		
MYG-10K820~471			9.5				
MYG-14K180~681	17.5	23.5	5.5				
MYG-14K820~132			14.0				
MYG-20K180~680	24.0	30.0	5.8	1.0	10.0		
MYG-20K820~182			14.0				

Рисунок 2.14 – Габаритні розміри варистора Mpg20-431

В якості елемента індикації робочих режимів пристрою було обрано світлодіод L-7113GD. Вибір зумовлений високою яскравістю випромінювання, низьким споживанням струму та тривалим терміном служби, що є критично важливим для забезпечення безперервної роботи приладу . Зелений колір світіння забезпечує гарну візуальну видимість індикації, а стандартний корпус діаметром 5 мм дозволяє зручно розмістити світлодіод на передній панелі корпусу пристрою . Використання даного компонента дозволяє оперативно інформувати користувача про стан системи , що підвищує ергономічність та зручність експлуатації виробу.

Таблиця 2.13– Технічні характеристики світлодіода L-7113GD

Параметри	Опис
Позиційне позначення	HL1
Назва та тип компонента	L-7113GD Світловипромінювальний діод (LED) видимого спектра
Виробник	Kingbright (Тайвань)
Критерії вибору	Висока яскравість (30 мкд): Зелене світло добре помітне навіть при денному освітленні, що важливо для індикації робочого стану витяжки.
Параметри конструкції	Див. рисунок 2.15
Модель	Kingbright L-7113GD
Параметри та характеристики	
Номінальний струм	20 мА
Сила світла	20 мкд
Тип лінзи	Зелена дифузійна (матовий пластик)
Колір світіння	Зелений (Green)
Діаметр корпусу	5 мм
Пряма напруга	2.2 В

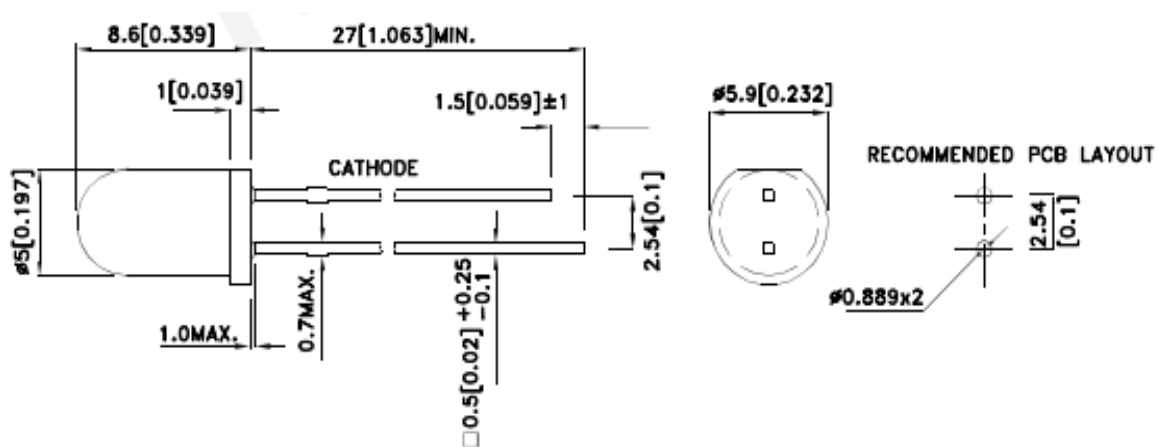


Рисунок 2.15 – Габаритні розміри світлодіода L-7113GD

Вибір елемента допоміжної індикації було обрано світлодіод L-7113ID. Його вибір зумовлений насиченим червоним кольором світіння, який традиційно використовується для привернення уваги користувача до стану включення вентилятора системи. Як і модель L-7113GD, цей компонент вирізняється стабільними характеристиками, низьким енергоспоживанням та тривалим ресурсом роботи. Стандартний корпус діаметром 5 мм забезпечує універсальність при монтажі на друковану плату та зручність інтеграції в конструкцію корпусу пристрою, що сприяє покращенню ергономічних показників виробу.

Таблиця 2.14– Технічні характеристики світлодіода L-7113ID.

Параметри	Опис
Позиційне позначення	HL2
Назва та тип компонента	L-7113ID Напівпровідниковий світловипромінювальний діод (LED)
Виробник	Kingbright
Критерії вибору	Висока ефективність: Серія ID (High Efficiency Red) забезпечує яскраве світіння при стандартному робочому струмі 20 мА, що дозволяє чітко бачити індикацію навіть у
Параметри конструкції	Див. рисунок 2.16
Параметри і характеристики	
Модель	Kingbright L-7113ID
Діаметр корпусу	5 мм
Пряма напруга	2.0 В
Номінальний струм	20 мА
Сила світла	40 мкд
Тип лінзи	Червона дифузійна

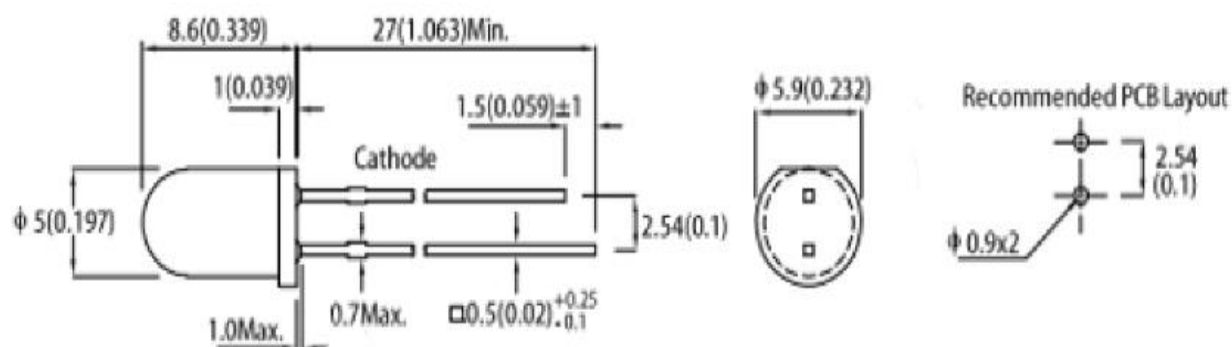


Рисунок 2.16 – Габаритні розміри світлодіода L-713ID

Для фільтрації високочастотних завад та шунтування кіл живлення було обрано керамічні багатошарові конденсатори типу K10-17Б. Вибір даного типу компонентів зумовлений їхньою здатністю ефективно працювати у широкому діапазоні частот, що критично важливо для усунення перешкод у вимірювальних вузлах схеми. Високий опір ізоляції та мінімальні діелектричні втрати дозволяють використовувати ці конденсатори для стабілізації сигналів у колах з високою чутливістю.

Таблиця 2.15 Технічні характеристики конденсатора K10-17Б

Параметри	Опис
Позиційне позначення	C1
Назва та тип компонента	Керамічний монолітний конденсатор (багатошаровий)
Виробник	Моноліт (Вітебськ)
Критерії вибору	Малі габарити
Параметри конструкції	Див. рисунок 2.17
Параметри та характеристики	
Номінальна ємність	0.22 мкФ
Номінальна напруга	50 В (або 100 В)
Допуск (відхилення)	±10% або ±20%
Опір ізоляції	не менше 10 000 МОм
Діапазон температур	-55°C ... +125°C

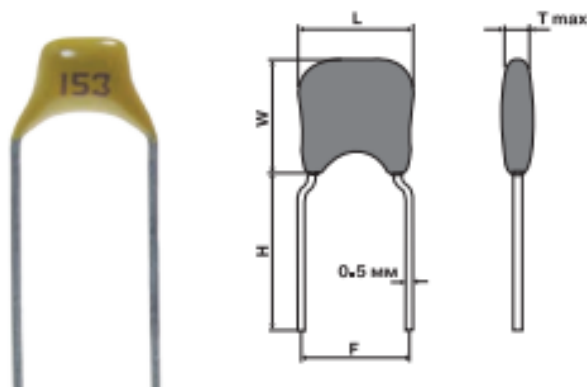


Рисунок 2.17 Зовнішній вигляд конденсатора K10-17Б

В якості основних елементів фільтрації кіл живлення постійного струму було обрано оксидні електролітичні конденсатори серії K50-35. Вибір даного типу компонентів зумовлений їхньою високою питомою ємністю, що дозволяє ефективно мінімізувати пульсації напруги після випрямляча

Таблиця 2.16-Технічні характеристики конденсатора K50-35

Параметри	Опис
Позиційне позначення	C2, C3, C4, C5, C6
Назва та тип компонента	Конденсатор K50-35 Оксидно-електролітичний алюмінієвий (полярний)
Виробник	ГОСТ 25486-82
Критерії вибору	Велика питома ємність: Дозволяє ефективно згладжувати пульсації напруги після діодного моста КВU6М
Параметри конструкції	Див. рисунок 2.18
Параметри та характеристики	
Номінальна ємність	100мкФ -3300 мкФ
Максимальна напруга	100 В
Допустиме відхилення ємності	±20%
Діапазон температур	-40°C ... +85°C

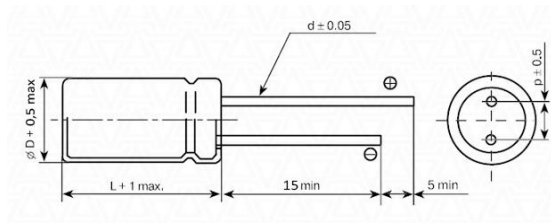


Рисунок 2.18 – Габаритні розміри конденсатора К50-35



Рисунок 2.19 – Зовнішній вигляд конденсатора К50-35

Формування ділників напруги, обмеження струму в колах індикації та узгодження рівнів сигналів було обрано металоплівкові резистори серії MFP-0.25. Вибір даного типу резисторів зумовлений їхньою високою стабільністю опору при зміні температури, низьким рівнем власних шумів та високою точністю номіналу (допуски $\pm 1\%$). На відміну від вуглецевих аналогів, металоплівкові резистори забезпечують кращу

Таблиця 2.17 – Технічні характеристики резисторів MFP-0.25

Параметри	Опис
1	2
Позиційне позначення	R4,R5 , R7-R10
Назва та тип компонента	Резистор MFP -0.25
Виробник	Yageo
Критерії вибору	потужність розсіювання
Параметри конструкції	Див. рисунок 2.20
Параметри та характеристика	
Максимальна робоча напруга	250В

Продовження таблиці 2.17

1	2
Потужність розсіювання	0.25Вт
Діапазон опорів	160 Ом – 15кОм
Відхилення від номіналу	±5%

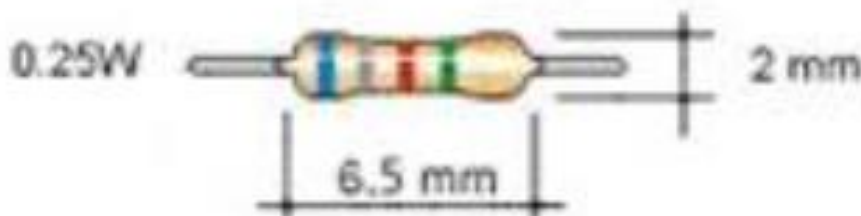


Рисунок 2.20 – Габаритні розміри резисторів MFP-0.25

Застосування резисторів серії MFP-0.5 забезпечує роботу в колах з підвищеним навантаженням, де розсіювана потужність перевищує стандартні 0,25 Вт. Металоплівкова технологія виготовлення гарантує стабільність номіналу опору в широкому діапазоні робочих температур та мінімізує рівень власних шумів

Таблиця 2.18 – Технічні характеристики резисторів MFP-0.5

Параметри	Опис
1	2
Позиційне позначення	R1,R2,R3
Назва та тип компонента	Резистор MFP -0.5
Виробник	Yageo
Критерії вибору	потужність розсіювання
Параметри конструкції	Див. рисунок 2.21

Продовження таблиці 2.18

1	2
Параметри та характеристика	
Максимальна робоча напруга	350 В
Потужність розсіювання	0.5Вт
Діапазон опорів	6.8 Ом – 68кОм
Відхилення від номіналу	±5%

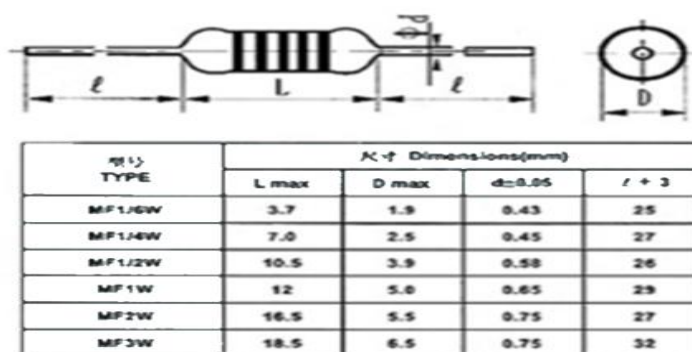


Рисунок 2.21 - Габаритні розміри резистора MFP-0.5

Для реалізації вузла регулювання або підлаштування параметрів схеми застосовано підстроювальний резистор СПЗ-19А. Його використання зумовлене надійністю конструкції, що забезпечує стабільний електричний контакт протягом тривалого терміну експлуатації. Резистор СПЗ-19А характеризується точністю налаштування, що є визначальним фактором для встановлення необхідних значень у вимірювальних або сигнальних колах.

Таблиця 2.19– Технічні характеристики підстроювального резистора СПЗ-19А

Параметри	Опис
1	2
Позиційне позначення	R6
Назва та тип компонента	Резистор підстроювальний однообертовий СПЗ-19А
Виробник	Bourns

Продовження таблиці 2.19

1	2
Критерії вибору	Можливість точного налаштування порогу спрацювання схеми, висока вологостійкість корпусу та стабільність встановленого опору
Параметри конструкції	Див. рисунок 2.22
Параметри та характеристика	
Максимальна робоча напруга	150В
Потужність розсіювання	0.5Вт
Діапазон опорів	3кОм
Відхилення від номіналу	$\pm 10\%$

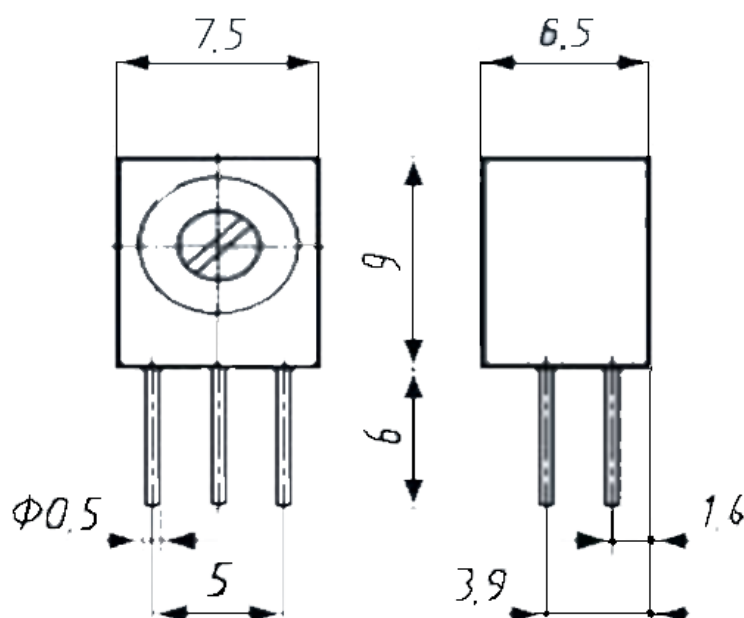


Рисунок 2.22 – Габаритні розміри Підстроювального резистора СПЗ-19А

Для забезпечення комутації зовнішніх електричних кіл до друкованої плати використано роз'ємні клемні колодки серії KF301. Застосування даних виробів спрощує процес монтажу, демонтажу та технічного обслуговування пристрою завдяки можливості надійного закріплення провідників гвинтовими затискачами

Таблиця 2.20– Технічні характеристики Штекера KF301

Параметри	Опис
Позиційне позначення	M1
Назва та тип компонента	Штекер мережевий (або клемник на плату типу KF301)
Виробник	KF (KeFeng), Degson, Phoenix Contact
Критерії вибору	Забезпечення надійного роз'ємного з'єднання дротів з друкованою платою, висока діелектрична міцність корпусу.
Параметри конструкції	Див. рисунок 2.23
Параметри та характеристики	
Максимальна напруга	250 В (змінний струм)
Максимальний струм	6 А (або 10 А залежно від моделі)
Кількість контактів	2 (фаза та нуль)
Опір ізоляції	не менше 500 МОм
Матеріал корпусу	Термостійкий пластик (АБС або нейлон)
Крок виводів (якщо на платі)	5.0 мм або 5.08 мм

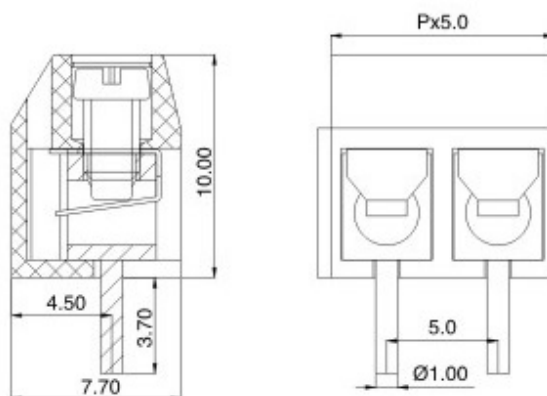


Рисунок 2.23 – Габаритні розміри штекера KF301

Для захисту електричних кіл від перевантажень та струмів короткого замикання в проекті передбачено встановлення плавкого запобіжника. Використання цього елемента дозволяє уникнути критичного перегріву провідників друкованої плати та пошкодження силових напівпровідникових компонентів при аварійних режимах. Номінал запобіжника обрано з урахуванням споживаної потужності пристрою та пускових струмів, що забезпечує коректну роботу системи в штатному режимі з гарантованим розмиканням кола у разі виникнення несправності.

Таблиця 2.21 – Технічні характеристики запобіжника 2A

Параметри	Опис
1	2
Позиційне позначення	FU1
Назва та тип компонента	Запобіжник плавкий скляний серії 2A (або імпортований F2A/250V)
Виробник	Littelfuse, Bussmann
Критерії вибору	Забезпечення захисту від короткого замикання в силовій частині схеми та трансформаторі Т1.
Параметри конструкції	Див. рисунок 2.24

Продовження таблиці 2.21

1	2
Параметри та характеристики	
номінальний струм спрацювання	2.0 А.)
Максимальна робоча напруга	250 В
Тип характеристики	Швидкодіючий
Матеріал корпусу	Скло (дозволяє візуально визначити, чи не "згорів" пристрій).
Падіння напруги	0.15 В при номінальному струмі.

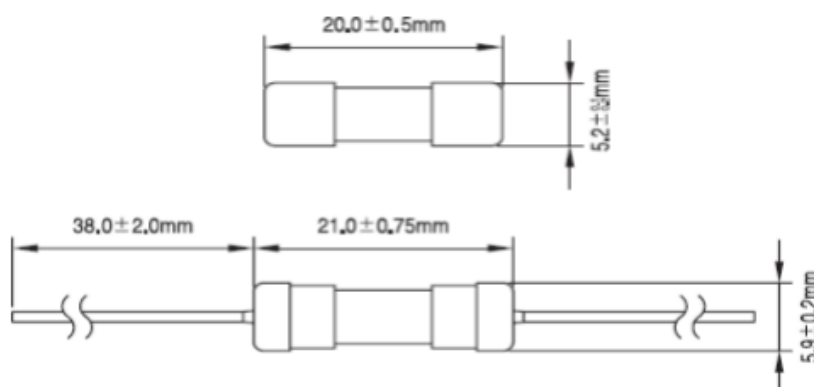
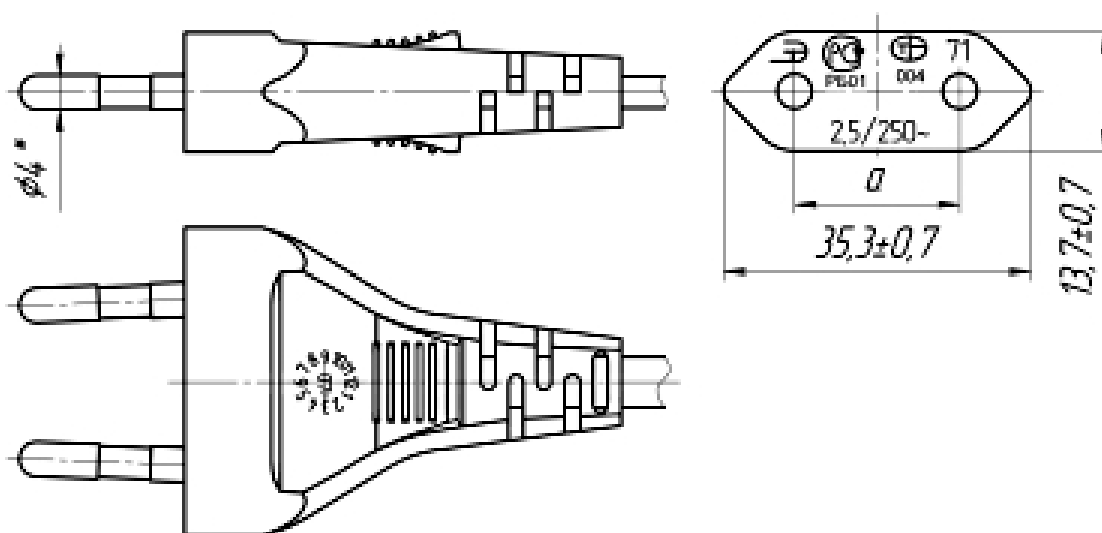


Рисунок 2.24 – Габаритні розміри запобіжника

Для підключення пристрою до мережі змінного струму обрано роз'єм живлення стандарту Тип-71 (відомий як стандартний мережевий штекер/розетка для РЕА). Використання цього компонента забезпечує надійну електричну та механічну фіксацію кабелю живлення з корпусом пристрою. Вибір даного роз'єму зумовлений його стійкістю до механічних навантажень, високою надійністю контактних груп та відповідністю вимогам безпеки при експлуатації стаціонарної радіоелектронної апаратури.

Таблиця 2.22 – Технічні характеристики вилки Тип-71

Позиційне позначення	XS1
Назва та тип компонента	Штепсельна вилка живлення типу «папа» з гнучким шнуром , Тип-71
Виробник	Україна ГОСТ 60227 ІЕС 52
Критерії вибору	Наявність монолітної (литой) конструкції для захисту від вологи та зламів кабелю
Параметри конструкції	Див. рисунок 2.25
Технічна характеристика	
Номінальна напруга	250 В
Кількість контактів	3(Фаза,Нуль,Заземлення)
Максимальний струм	16 А
Тип монтажу	Литий монтаж на кабель (армована вилка)
Матеріал контактів	Латунь (з нікелевим покриттям)



Рсуюнок 2.25 – Габаритні розміри вилки Тип-71

В якості вентилятора було обрано вентилятор ВН-2. Основною функцією розробленого пристрою є керування мікрокліматом приміщення, тому вентилятор ВН-2 виступає як головний виконавчий механізм системи. Вибір даної моделі зумовлений її високою продуктивністю та надійністю при тривалій безперервній експлуатації. Робота вентилятора забезпечує інтенсивний повітрообмін, що дозволяє ефективно знижувати температуру в приміщенні до заданих параметрів.

Таблиця 2.23 – Технічні характеристики вентилятора ВН-2

Параметр	Опис
Назва та тип компонента	Вентилятор осьовий ВН-2 (220 В)
Виробник	ВАТ «Електромашина» ГОСТ 10616-2015
Критерії вибору	Висока продуктивність (150 м³/год), надійність при тривалій експлуатації,
Параметри конструкції	Див. рисунок 2.26
Тип вентилятора	Осьовий, безкорпусний
Параметри та характеристика	
Номинальна напруга живлення	220 В (змінного струму)
Частота струму	50 Гц
Продуктивність (потік повітря)	145 – 150 м³/год
Споживана потужність	18 – 20 Вт
Частота обертання крильчатки	2500 – 2600 об/хв
Рівень шуму	не більше 40 – 45 дБА
Режим роботи	Тривалий (безперервний)
Габаритні розміри	120 x 120 x 38 мм
Маса	близько 0.5 кг
Діапазон робочих температур	від -10°C до +60°C

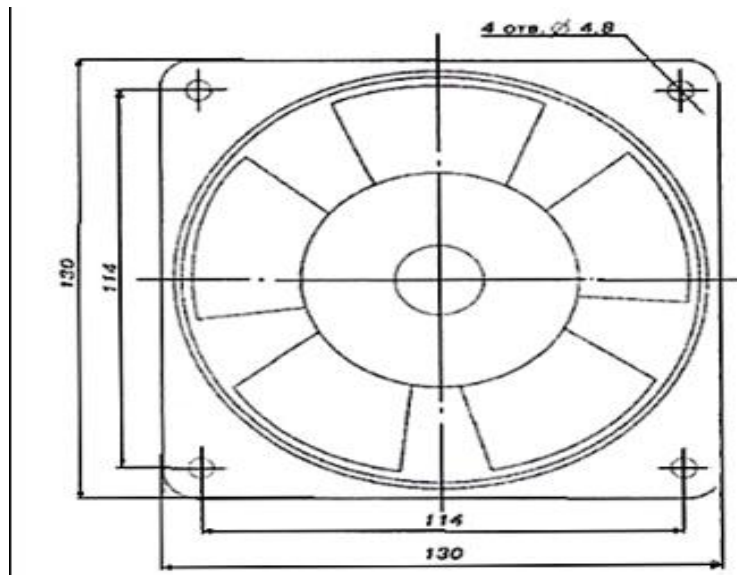


Рисунок 2.26 – Габаритні розміри вентилятора ВН-2

2.1.4 Розрахунок електричних параметрів окремих каскадів

Необхідно провести електричний розрахунок підсилювального каскаду на біполярному транзисторі VT2 типу SS9014, який призначений для підсилення сигналу з датчика вологості HR202 та формування керуючого сигналу для відкриття польового транзистора VT1. У процесі розрахунку необхідно:

- 1) визначити режим роботи транзистора VT2;
- 2) розрахувати струми та напруги каскаду;
- 3) визначити номінали резисторів;
- 4) перевірити потужність розсіювання елементів;
- 5) вибрати стандартні номінали елементів.

Вихідні дані для розрахунку Напруга живлення каскаду: $E_{ж} = 7,5 \text{ В}$ Тип транзистора: SS9014 Коефіцієнт підсилення транзистора: $h_{21e} = 200$ Напруга відкриття база-емітер: $U_{бе} = 0,7 \text{ В}$ Напруга насичення колектор-емітер: $U_{ке} = 0,2 \text{ В}$ Опір датчика HR202: $R_{HR} = 31 \text{ кОм}$ Необхідний струм колектора: $I_{к} = 10 \text{ мА}$

Розрахунок базового струму

Базовий струм транзистора:

$$I_{б} = \frac{I_{к}}{h_{21e}} = \frac{10 \text{ мА}}{200} = 0,05 \text{ мА}. \quad (2.1)$$

Для забезпечення режиму насичення приймаємо:

$$I_6 = 0,1 \text{ мА.}$$

Розрахунок резистора бази R4.

$$R4 = \frac{E_{ж} - U_{6e}}{I_6} = \frac{7,5 - 0,7}{0,0001} = 68000 \text{ Ом.} \quad (2.2)$$

Приймаємо стандартний номінал:

$$R4 = 68 \text{ кОм.}$$

Розрахунок колекторного резистора R3.

$$R3 = \frac{E_{ж} - U_{ке}}{I_k} = \frac{7,5 - 0,2}{0,01} = 730 \text{ Ом.} \quad (2.3)$$

Приймаємо стандартний номінал:

$$R3 = 750 \text{ Ом.}$$

Перевірка потужності резистора R3.

$$P = I^2 \times R = 0,01^2 \times 750 = 0,075 \text{ Вт.} \quad (2.4)$$

Вибираємо резистор потужністю:

$$P_{\text{доп}} = 0,25 \text{ Вт.}$$

Перевірка потужності транзистора VT2.

Потужність, що розсіюється транзистором:

$$P_{VT2} = U_{ке} \times I_k = 0,2 \times 0,01 = 0,002 \text{ Вт.} \quad (2.5)$$

Допустима потужність для транзистора SS9014 становить 450 мВт, тому транзистор працює з достатнім запасом по потужності.

Таблиця 2.24 - Результати розрахунку параметрів

Позначення	Номінал	Тип
VT2	SS9014	NPN транзистор
R3	750 Ом	MFP-0.5
R4	68 кОм	MFP-0.5

У результаті проведеного електричного розрахунку визначено режим роботи підсилювального каскаду на транзисторі VT2. Розраховано параметри резисторів колекторного та базового кіл, а також виконано перевірку потужності

розсіювання елементів. Отримані значення забезпечують надійну роботу каскаду та стабільне керування силовим транзистором VT1.

2.1.5. Опис конструкції друкованої плати. Розрахунок параметрів друкованого монтажу

Конструктивною основою розробленого пристрою автоматичного керування вентилятором є друкована плата (ДП), яка виконує функції механічного носія для електрорадіоелементів та забезпечує їхню електричну комутацію відповідно до принципової схеми. Для виготовлення плати обрано односторонній фольгований склотекстоліт марки СФ-1-35 товщиною 1.5 мм. Цей матеріал відзначається високими діелектричними властивостями, механічною міцністю та хорошою адгезією мідної фольги, що гарантує надійність пристрою в умовах перепадів вологості та температур. Товщина мідної фольги становить 35 мкм (0.035 мм). Габаритні розміри друкованої плати становлять 75 x 150 мм, що дозволяє вільно розмістити всі компоненти без надмірного ущільнення. Монтаж елементів здійснюється в отвори (ТНТ - Through-Hole Technology). Враховуючи специфіку пристрою, топологія друкованої плати чітко розділена на дві зони:

1. Низьковольтна (вимірювальна) зона: містить датчик вологості HR202, підсилювальні каскади на транзисторах SS9014 та елементи уставки порогу.
2. Високовольтна (силова) зона: включає мережевий трансформатор живлення Т1, вилку для підключення в живлення. Таке розділення є обов'язковою вимогою техніки безпеки для запобігання пробією мережевої напруги 220 В на чутливі кола датчика. Для захисту мідних провідників від окислення під дією вологого повітря, готова плата покривається двома шарами електроізоляційного лаку УР-231.

Розрахунок елементів друкованого монтажу полягає у визначенні мінімально допустимої ширини провідників (доріжок) та відстані між ними. Ширина друкованого провідника вибирається з умови допустимого нагрівання струмом,

					26 КР 172.402.022.000.000 ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

що по ньому протікає, та технологічних можливостей виробництва. Розрахунок ширини силових провідників: Максимальний струм (I_{max}), що протікає в силовому колі пристрою (живлення двигуна вентилятора), згідно з попередніми розрахунками становить 0.6 А. Допустима густина струму ($j_{доп}$) для мідної фольги друкованих плат зазвичай приймається в межах 20...25 А/кв.мм. Прийmemo $j_{доп} = 20$ А/кв.мм для забезпечення запасу надійності. Товщина фольги матеріалу СФ-1-35 становить $t = 0.035$ мм.

Мінімальна ширина провідника (b_{min}) розраховується за формулою:

$$b_{min} = \frac{I_{max}}{j_{доп} \times t} = \frac{0.6}{20 \times 0.035} = 0.857 \text{ мм.} \quad (2.6)$$

З урахуванням технологічних похибок травлення (розтравлювання країв доріжки), приймаємо номінальну ширину силових провідників на кресленні плати $b_{сил} = 1.2$ мм. Розрахунок ширини сигнальних провідників: Для низьковольтної частини схеми (кола бази транзисторів, вимірювальний міст датчика вологості) струми є мікроамперними і не перевищують $I_{сигн} = 0.02$ А (20 мА).

$$b_{min_сигн} = \frac{0.02}{20 \times 0.035} = 0.028 \text{ мм.} \quad (2.7)$$

Оскільки така ширина є технологічно складною для виготовлення звичайним хімічним методом і може призвести до обривів, приймаємо ширину сигнальних провідників згідно з 3-м класом точності: $b_{сигн} = 0.5$ мм. Розрахунок мінімальної відстані між провідниками (зазорів): Мінімальна відстань між елементами провідного рисунка (L_{min}) визначається робочою напругою між ними для запобігання електричному пробою. Для низьковольтної частини (напруга до 15 В): мінімальний технологічний зазор приймається $L_{низ} = 0.5$ мм. Для силової частини (напруга мережі 220 В): згідно з нормами безпеки (ГОСТ 23751-86), пробивна напруга по поверхні діелектрика вимагає зазору не менше 2.5 мм. Приймаємо відстань між провідниками підключення трансформатора $L_{вис} = 3.0$ мм.

Розраховані параметри друкованого монтажу (ширина силових доріжок 1.2 мм, сигнальних 0.5 мм, високовольтний зазор 3.0 мм) повністю забезпечують

					26 КР 172.402.022.000.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		54

нормальний тепловий режим роботи плати та вимоги електробезпеки пристрою в умовах підвищеної вологості

Розрахунок монтажу полягає у визначенні діаметрів контактних площадок (КП) для надійного закріплення виводів елементів. Вихідні дані: Діаметр виводу компонента ($d_{вив}$): для стандартних резисторів та діодів — 0.6 мм. Технологічний зазор ($d_{заз}$): на вільне встановлення — 0.2 мм.

$$D_{ов} = d_{вив} + d_{заз} = 0,6 + 0,2 = 0,8 \text{ мм.} \quad (2.8)$$

Розрахунок діаметра контактної площадки

$$D_{кп} = d_0 + 2 \times b = 0,8 + 2 \times 0,25 = 1,3 \text{ мм.} \quad (2.9)$$

де:

$D_{кп}$ — діаметр контактної площадки, мм; d_0 — діаметр монтажного отвору, мм; b — ширина частини мідної контактної площадки навколо монтажного отвору, мм. Відповідно до вимог технологічності та стандартного ряду розмірів приймаємо діаметр контактної площадки $D_{кп} = 1,5 \text{ мм}$

Розрахунок діаметра монтажного отвору

$$d_0 = d_{в} + \Delta = 0,6 + 0,2 = 0,8 \text{ мм} \quad (2.10)$$

де: d_0 — діаметр монтажного отвору, мм; $d_{в}$ — діаметр виводу елемента, мм; Δ — технологічний зазор (0,1...0,3 мм).

2.1.6 Оцінка теплових режимів роботи виробу

Оцінка теплових режимів роботи виробу процесі роботи пристрою тепла енергія виділяється на таких компонентах: Силовий транзистор VT3 (TIP142): Основне джерело тепла. При комутації навантаження (вентилятора) потужністю до 10-15 Вт на транзисторі падає частина напруги, що призводить до нагрівання кристала. Мережевий трансформатор Т1: Нагрівається через втрати в обмотках (омічний опір) та магнітопроводі. Стабілітрон VD7 (у колі живлення): Розсіює надлишкову потужність при стабілізації напруги 7.5 В. Способом

					26 КР 172.402.022.000.000 ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

забезпечення нормального теплового режиму обрано природне конвективне охолодження за допомогою алюмінієвого радіатора для транзистора VT3 та організацію вентиляційних отворів у корпусі пристрою.

2.1.7 Розрахунок надійності проектного виробу

Надійність пристрою — це його здатність зберігати значення основних параметрів у заданих межах протягом певного часу. Розрахунок проводиться методом підсумовування інтенсивностей відмов усіх елементів схеми для визначення імовірності безвідмовної роботи.

Таблиця 2.25 — Вхідні дані для розрахунку

№	Назва групи радіоелементів	Кільк. Шт.	Кпопр	$I_{відм} \times 10^{-6} \frac{1}{год}$	$K_{нопр} \times I_{відм} \times 10^{-6}$
1	Транзистори потужні	3	1.0	1.2	3.6
2	Діоди випрямляючі	4	0.7	0.2	0.56
3	Стабілітрони	2	0.8	0.25	0.4
4	Конденсатори оксидні	4	0.4	0.5	0.8
5	Конденсатори керамічні	2	0.1	0.15	0.03
6	Резистори постійні	10	0.42	0.1	0.5
7	Трансформатор	1	0.1	0.3	0.03
8	Пайки	84	1.0	0.02	1.68
9	Друкована плата	1	1.0	0.1	0.1
10	Роз'єм (на один контакт)	4	1.0	0.05	0.2
Разом					7.9

Основним показником надійності є інтенсивність відмов пристрою $\lambda_{вир}$, яка обчислюється за формулою:

$$\lambda_{вир} = \sum_{i=1}^n n_i \times \lambda_{oi} \times K_i \quad (2.11)$$

n_i – кількість однотипних елементів;

λ_{0i} – базова інтенсивність відмов (згідно з довідковими даними методички);

K_i – поправочний коефіцієнт (для побутової апаратури в нормальних умовах $K \approx 1$).

Загальна інтенсивності відмов:

$$\lambda_{вир} = 8.475 \times 1.5(K_v) \times 1.2(\text{км}) \times 1.0(K_a) = 15.255 \times 10^{-6} \times 1/200 \quad (2.12)$$

Середній час напрацювання на відмову ($T_{ср}$) розраховується як величина, обернена до інтенсивності відмов:

$$T_{ср} = \frac{1}{\lambda_{вир}} = \frac{1}{15.255 \times 10^{-6}} \approx 65552 \text{ год.} \quad (2.13)$$

Імовірність безвідмовної роботи $P(t)$ для часу $t = 10000$ годин:

$$P(t) = e^{-\lambda_{вир} \times t} = e^{-15.255 \times 10^{-6} \times 10000} \approx 0,86. \quad (2.14)$$

Отримане значення свідчить про те, що конструкція є надійною і відповідає вимогам до пристроїв автоматики.

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

Розрахунок параметрів силового трансформатора: Трансформатор має забезпечувати потужність $P_2 \approx 10$ Вт для живлення двигуна М1 та схеми. Кількість витків на вольт визначається через площу перерізу осердя $S_{ст} \approx 4.5$ см²:

$$n = \frac{45}{S_{ст}} = 10 \text{ витків / вольт.} \quad (2.15)$$

- Первинна обмотка (220 В): $W_1 = 2200$ витків дротом $d_1 = 0.15$ мм.
- Вторинна обмотка (15 В): $W_2 = 150$ витків дротом $d_2 = 0.5$ мм.

Конструктивно трансформатор вибирається в герметичному корпусі, залитому компаундом, для захисту від впливу вологи. Розрахунок параметрів друкованої плати: Мінімальна ширина провідника за постійним струмом b_{min1} для силових кіл розраховується при струмі $I_{max} = 0.6$ А та товщині фольги $t = 0.035$ мм

					26 КР 172.402.022.000.000 ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

$$b_{min1} = \frac{I_{max}}{j_{доп} \times t} = \frac{0.6}{20 \times 0.035} \approx 0.86 \text{ мм.} \quad (2.16)$$

Приймаємо робочу ширину провідників $b = 1.0$ мм. Відстань між провідниками у високовольтній зоні (220 В) згідно з класом точності плати повинна бути не менше 2.5 мм.

Комплексний показник технологічності K оцінює ефективність обраних конструкторських рішень:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n K_i \times \varphi_i}{\sum_{i=1}^n \varphi_i} \quad (2.17)$$

Для даного пристрою розраховано основні показники:

- Коефіцієнт автоматизації монтажу $K_{ам} \approx 0.70$.
- Коефіцієнт повторюваності елементів $K_{пов} \approx 0.65$.
- Коефіцієнт використання матеріалів $K_{вм} \approx 0.85$

Підсумковий показник $K \approx 0.71$ Оскільки $K > 0.6$, конструкція виробу визнається технологічною.

					26 КР 172.402.022.000.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		58

2.2ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

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

Проектований пристрій автоматичного контролю вологості повітря призначений для використання в побутових та адміністративних приміщеннях і належить до радіоелектронної апаратури малої складності. Конструкція виробу містить дискретні напівпровідникові елементи, резистори, конденсатори, трансформатор живлення, датчик вологості, елементи індикації та комутації. Монтаж елементів здійснюється на односторонній друкованій платі із застосуванням технології монтажу в отвори (ТНТ).

Враховуючи призначення виробу та орієнтовний обсяг випуску до декількох тисяч виробів на рік, для його виготовлення доцільно застосувати серійний тип виробництва. Даний тип виробництва забезпечує раціональне співвідношення між собівартістю, продуктивністю праці та якістю готової продукції. Для серійного виробництва характерне виготовлення виробів партіями з періодичним повторенням технологічних операцій та використанням універсального і спеціалізованого обладнання.

Оскільки конструкція пристрою має порівняно невелику кількість елементів та нескладний процес складання, використання повністю автоматизованого конвеєрного виробництва є економічно недоцільним. Найбільш ефективним є застосування потоково-групового методу складання з організацією окремих робочих місць для монтажу компонентів, паяння, контролю та налагодження виробу.

Технологічний процес виготовлення складається з таких основних операцій: підготовка друкованої плати; встановлення резисторів, конденсаторів, діодів та транзисторів; монтаж трансформатора, роз'ємів та інших габаритних компонентів; паяння виводів елементів; візуальний контроль якості монтажу; електричний контроль друкованого вузла; складання виробу в корпус; регулювання та налагодження пристрою; заключні випробування та контроль працездатності.

					26 КР 172.402.022.000.000 ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

Для виконання монтажних операцій використовується таке технологічне обладнання: паяльна станція з регулюванням температури типу Lukey 936 або аналогічна; електричний паяльник потужністю 25–40 Вт; установка для видалення припою; бокорізи, пінцети, монтажний інструмент; антистатичний робочий стіл; витяжна вентиляція робочого місця.

Під час регулювання та контролю параметрів виробу використовуються такі контрольно-вимірювальні прилади: цифровий мультиметр для вимірювання напруги, струму та опору; лабораторний блок живлення постійного струму; цифровий осцилограф для контролю сигналів та пульсацій напруги; вимірювач вологості повітря для перевірки роботи датчика HR202; мегомметр для контролю опору ізоляції; тестер напівпровідникових приладів.

Монтаж електронних компонентів виконується відповідно до вимог чинних стандартів та нормативної документації. Для забезпечення надійності роботи виробу друкована плата після завершення монтажу покривається вологостійким захисним лаком, що підвищує стійкість пристрою до впливу вологи та конденсату. Обрана технологія складання та монтажу забезпечує високу якість виготовлення виробу, достатню продуктивність виробництва, ремонтпридатність конструкції та відповідність вимогам до електронних пристроїв автоматичного керування.

2.2.2 Якісна оцінка технологічності конструкції.

Конструкція розроблюваного автоматичного пристрою контролю вологості спроектована як стаціонарний прилад моноблочного виконання, що призначений для довготривалого функціонування в умовах закритого простору з нестабільним рівнем вологості повітря. Основним каркасним елементом виробу виступає універсальний приладовий корпус прямокутної форми, виготовлений методом лиття під тиском із високоякісного технічного термопласту — ABS-пластику марки Terluran. Даний конструкційний матеріал обрано за сукупністю його високих діелектричних показників, хімічної стійкості до агресивних середовищ та значної механічної міцності, що дозволяє

					26 КР 172.402.022.000.000 ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

забезпечити надійний захист внутрішньої електроніки без використання додаткових електроізоляційних прокладок.

Корпус конструктивно складається з основної глибокої чаші (основи) та плоскої верхньої кришки, які жорстко фіксуються між собою за допомогою чотирьох сталевих самонарізних гвинтів, що вкручуються у посилені кутові стійки. Зовнішні габаритні розміри вибраної конструкції становлять 160x85x65 мм, що є технічно виправданим компромісом для вільного розміщення габаритного силового трансформатора Т1 та основного друкованого вузла.

Внутрішнє компонування приладу базується на модульному принципі, де головним вузлом є одностороння друкована плата, виготовлена з фольгованого склотекстоліту марки СФ-1-35 товщиною 1.5 мм. Вибір даного матеріалу обумовлений його високою стійкістю до розшарування при термічних навантаженнях під час пайки, а також відмінною механічною стабільністю при кріпленні важких компонентів. Друкована плата має геометричні розміри 72x145 мм і надійно закріплюється в основі корпусу за допомогою чотирьох пластикових стійок та гвинтів М3, для виключення ризику розхитування конструкції внаслідок мікро-вібрацій від роботи двигуна вентилятора М1. Електричний монтаж елементної бази на друкованій платі реалізований за технологією монтажу в отвори (ТНТ), що забезпечує високу ремонтпридатність виробу та простоту візуального контролю якості паяних з'єднань.

Резистори серії MFP та оксидні конденсатори типу К50-35 розташовані паралельно до площини плати з дотриманням технологічних зазорів для кращого відведення тепла згідно з вимогами ГОСТ 29137-91. Електрична комутація між друкованим вузлом та іншими функціональними блоками (трансформатором, датчиком вологості ,) здійснюється за допомогою багатожильних мідних дротів марки МГШВ з площею перерізу 0,35мм² . Для підвищення технологічності збирання та можливості оперативної заміни зовнішніх периферійних пристроїв на платі встановлені гвинтові клемні з'єднувачі серії KF301 (з кроком 5,0 мм). Для підвищення технологічності збирання та можливості швидкого підключення зовнішньої периферії на платі встановлений штепсельний з'єднувач типу 3-

					26 КР 172.402.022.000.000 ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

фазної вилки типу-71 кроком 5 мм. Даний компонент жорстко встановлений та запаєний в отвори друкованої плати, що забезпечує надійний електричний контакт та механічну міцність вузла з'єднання.. Гніздова частина роз'єму має спеціальний ізоляційний корпус, який запобігає випадковому торканню контактів та забезпечує від потрапляння вологи до системи .

Система захисту від струмів короткого замикання представлена плавким запобіжником FU1 (2 А), який встановлюється в задній частині друкованої плати приладу, що гарантує безпеку користувача та легкість діагностики без необхідності повного розкриття корпусу. Естетичний вигляд та ергономіка лицьової панелі розроблені з урахуванням сучасних вимог технічного дизайну та зручності експлуатації в побутових умовах. Індикація робочих режимів здійснюється за допомогою двох світлодіодів різного спектру випромінювання: червоний світлодіод HL2 інформує про підключення до мережі змінного струму, а зелений світлодіод HL1 сигналізує про безпосередню роботу витяжного вентилятора.

Для точного налаштування чутливості пристрою до зміни вологості передбачено доступ до шліца підстроювального резистора R6 через спеціальний технологічний отвір у передній панелі. Захист проектованого виробу від впливу конденсату та вологого повітря реалізовано шляхом нанесення двох шарів ізоляційного вологостійкого лаку марки УР-231 на поверхню змонтованої друкованої плати. Система пасивного охолодження внутрішнього об'єму приладу базується на принципі природної конвекції повітряних потоків через ряди перфораційних щілин, які розташовані у днищі та на бічних гранях корпусу.

Технологічний процес збирання приладу передбачає первинну установку силового трансформатора в друковану плату , подальшу фіксацію друкованого вузла та фінальну розпайку міжвузлових комунікацій. Розбирання конструкції у разі необхідності технічного обслуговування здійснюється шляхом демонтажу верхньої кришки, від'єднання провідників та викручування гвинтів кріплення плати. Обраний варіант конструкції є повністю технологічним, економічно

					26 КР 172.402.022.000.000 ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

виправданим та забезпечує зручний доступ до всіх контрольних точок схеми для проведення вимірювальних робіт у процесі налагодження

2.2.3 Аналіз конструкції на технологічність та вибір методів

ВИГОТОВЛЕННЯ

Конструкцією передбачено встановлення всіх компонентів на друковану плату, за винятком вилки 220 В , клемника KF301, датчика вологості HL202 і блок візуалізації L-7113ID та L-7113GD , що фіксуються в корпусних частинах. Друкована плата виконана односторонньою, що є найбільш раціональним рішенням для даного класу пристроїв. Це спрощує процес виготовлення, виключає необхідність металізації отворів та значно знижує собівартість виробу. В якості матеріалу використано склотекстоліт марки СФ1–35–1,5ІКП (ГОСТ 10316-78). Виготовлення плати здійснюється хімічним методом (травлення у розчині хлорного заліза), що забезпечує отримання провідників шириною до 0,3 мм . Корпус пристрою складається з двох частин (основи та кришки), виготовлених з ABS-пластику методом 3D-друку. Адитивні технології дозволяють отримати необхідну конфігурацію вентиляційних отворів для датчика HR202L без додаткової механічної обробки. Якісна оцінка технологічності показує, що виріб є придатним для дрібносерійного виробництва завдяки високому рівню уніфікації компонентів та простоті операцій складання.

2.2.5 Розробка маршрутно-операційної технології складання

Маршрутно-операційна технологія визначає чітку послідовність дій для отримання готового та працездатного блоку. Враховуючи наявність зовнішньої вилки та кріплення корпусу гвинтами по кутах, техпроцес включає наступні кроки:

1. Підготовка та контроль друкованого вузла: перевірка якості паяння компонентів (датчика, МК, резисторів) та очищення плати від залишків флюсу.

					26 КР 172.402.022.000.000 ПЗ	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

2. Підготовка корпусу: видалення підтримок після 3D-друку, перевірка збігу отворів під гвинти М3 .
3. Монтаж Вилки живлення: встановлення вилки Тип-71 у задню панель корпусу, та підключення дротів живлення до клемника KF301 на платі.
4. Встановлення друкованого вузла: розміщення плати на стійки у нижній частині корпусу.
5. Механічне складання корпусу: накриття нижньої частини верхньою кришкою.
6. Фіксація: вкручування 4-х довгих гвинтів М3х25 по кутах корпусу, які одночасно фіксують і кришки, і друковану плату всередині
7. Фінальний контроль: візуальна перевірка відсутності щілин у корпусі та перевірка працездатності пристрою шляхом подачі напруги 220В та імітації зміни вологості біля датчика HR202L.

Запропонована маршрутна технологія є оптимальною, оскільки дозволяє виконувати складання вручну з використанням мінімального набору інструментів (викрутка, пінцет), що відповідає умовам навчальної лабораторії ТНТУ.

					26 КР 172.402.022.000.000 ПЗ	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

3. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок обсягу інвестицій, необхідних для реалізації проекту

Для організації виробництва пристрою автоматичного керування витяжним вентилятором залежно від рівня вологості необхідно визначити обсяг інвестиційних вкладень. До складу інвестицій входять витрати на оренду виробничих площ, придбання технологічного обладнання, інструментів та виробничого інвентарю.

Вартість виробничого приміщення визначається на основі середньої орендної ставки в регіоні. Для розрахунку приймається орендна плата 2000 грн за 1 м² на місяць, а площа приміщення становить 100 м².

Вартість приміщення визначається за формулою:

$$В_{\text{буд}} = Ц_{\text{буд}} \times S_{\text{буд}}, \quad (3.1)$$

$$В_{\text{буд}} = 2000 \times 100 = 200000 \text{ грн.}$$

де: $В_{\text{буд}}$ – вартість оренди виробничого приміщення, грн; $Ц_{\text{буд}}$ – орендна ставка за 1 м²; $S_{\text{буд}}$ – площа приміщення, м².

Оскільки виробниче приміщення орендується разом із технологічним обладнанням, його загальна вартість визначається як:

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

$$В_{\text{буд}\Sigma} = 200000 + 100000 = 300000 \text{ грн.}$$

Вартість обладнання становить:

$$В_{\text{обл}} = В_{\text{буд}} \times K_o, \quad (3.3)$$

$$В_{\text{обл}} = 200000 \times 0,5 = 100000 \text{ грн.}$$

де $K_o = 0,5$ – коефіцієнт, що враховує частку вартості обладнання.

Вартість вимірювальних приладів та монтажного інструменту становить 2 % від вартості обладнання з урахуванням транспортних витрат:

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

$$В_{\text{інстр}} = 100000 \times 0,02 \times 1,1 = 2200 \text{ грн.}$$

Вартість виробничого інвентарю становить 3 % від вартості обладнання:

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

$$В_{\text{інв}} = 100000 \times 0,03 \times 1,1 = 3300 \text{ грн.}$$

					26 КР 172.402.022.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Загальний обсяг виробничих інвестицій:

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

$$\Pi = 300000 + 2200 + 3300 = 305500 \text{ грн.}$$

3.2 Розрахунок собівартості продукції

Собівартість виробу є сукупністю витрат на виготовлення та реалізацію пристрою. Для визначення собівартості автоматичного регулятора вологості необхідно розрахувати витрати на матеріали, оплату праці, соціальні відрахування та загальновиробничі витрати.

Таблиця 3.1 – Розрахунок вартості матеріалів та комплектуючих

№	Найменування елемента	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
1	Друкована плата	1	90	90
2	Корпус пластиковий	1	120	120
3	Датчик вологості HR202	1	180	180
4	Транзистор IRF830	1	35	35
5	Транзистор TIP142	1	55	55
6	Транзистор SS9014	1	8	8
7	Діоди випрямні	4	3	12
8	Стабілітрон	2	4	8
9	Конденсатори електролітичні	4	12	48
10	Конденсатори керамічні	1	6	6
11	Резистори постійні	10	1	10
12	Світлодіоди	2	5	10
13	Трансформатор живлення	1	180	180
14	Роз'єми та клемники	4	12	48
15	Монтажні матеріали та припій	1	35	35
	Разом:			845 грн

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

26 КР 172.402.022.000.000 ПЗ

Арк.

66

З урахуванням транспортних витрат:

$$V_{\text{мат}} = 845 \times 1,04 = 878,8 \text{ грн.} \quad (3.7)$$

Розрахунок основної заробітної плати

Таблиця 3.2 – Розрахунок основної заробітної плати

№	Найменування операції	Тшт, хв	Розряд	Ст, грн/год
1	Монтаж елементів	15	V	220
2	Паяння друкованого вузла	12	V	220
3	Налагодження та перевірка	8	V	220
4	Остаточне складання	5	V	220

Загальна трудомісткість:

$$T = 40 \text{ хв} = 0,667 \text{ год.} \quad (3.8)$$

Основна заробітна плата:

$$V_{\text{о.з.пл}} = 0,667 \times 220 = 146,74 \text{ грн (3.9).} \quad (3.9)$$

Додаткова заробітна плата

$$V_{\text{дод.з.пл}} = V_{\text{о.з.пл}} \times 0,11, \quad (3.10)$$

$$V_{\text{дод.з.пл}} = 146,74 \times 0,11 = 16,14 \text{ грн.}$$

Відрахування на соціальні заходи

$$C_{\text{всз}} = (V_{\text{о.з.пл}} + V_{\text{дод.з.пл}}) \times 0,22, \quad (3.11)$$

$$C_{\text{в.с.з}} = (146,74 + 16,14) \times 0,22 = 35,83 \text{ грн.}$$

Витрати на утримання та експлуатацію обладнання

$$V_{\text{уео}} = V_{\text{о.з.пл}} \times 0,87, \quad (3.12)$$

$$V_{\text{уео}} = 146,74 \times 0,87 = 127,66 \text{ грн.}$$

Загальновиробничі витрати

$$V_{\text{зв}} = 146,74 \times 1,74 = 255,53 \text{ грн.} \quad (3.13)$$

Виробнича собівартість виробу

$$S_{\text{вир}} = 878,80 + 146,74 + 16,14 + 35,83 + 127,66 + 255,33, \quad (3.14)$$

$$S_{\text{вир}} = 1460,50 \text{ грн.}$$

					26 КР 172.402.022.000.000 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.4 – Калькуляція собівартості виробу

№	Стаття витрат	Сума, грн
1	Матеріали та комплектуючі	878,80
2	Основна заробітна плата	146,74
3	Додаткова заробітна плата	16,14
4	Соціальні відрахування	35,83
5	Утримання та експлуатація обладнання	127,66
6	Загальновиробничі витрати	255,33

Разом виробнича собівартість:

$$S_{\text{вир}} = 1460,50 \text{ грн.} \quad (3.15)$$

Для забезпечення прибутковості виробництва приймаємо норму прибутку 24 %.

Ціна виробу:

$$C_{\text{од}} = S_{\text{вир}} \times \left(1 + \frac{\alpha_{\text{пр}}}{100}\right), \quad (3.16)$$

$$C_{\text{од}} = S_{\text{вир}} \times \left(1 + \frac{25}{100}\right),$$

$$C_{\text{од}} = 1825,63 \text{ грн.}$$

$$\Pi = V_{\text{буд}\Sigma} + V_{\text{інстр}} + V_{\text{інв}}, \quad (3.17)$$

$$\Pi = 300000 + 2200 + 3300 = 305500 \text{ грн.}$$

3.3 Оцінка економічної ефективності та доцільності впровадження проектних рішень

Для оцінювання економічної доцільності впровадження автоматичного регулятора вологості повітря необхідно визначити основні показники ефективності інвестиційного проекту.

Річна виробнича програма приймається:

$$N_p = 2100 \text{ шт.}$$

Ціна реалізації одного виробу:

$$C_{\text{од}} = 1825,63 \text{ грн.}$$

Собівартість одного виробу:

					26 КР 172.402.022.000.000 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$S_{\text{пов}} = 1460,50 \text{ грн.}$

Розрахунок річного прибутку

Річний прибуток від реалізації продукції визначається за формулою:

$$\begin{aligned} \text{Пр} &= (\text{Ц}_{\text{од}} - S_{\text{пов}}) \times N_{\text{р}}, \\ \text{Пр} &= (1825,63 - 1460,50) \times 2100, \\ \text{Пр} &= 766773 \text{ грн.} \end{aligned} \quad (3.18)$$

де:

Пр – річний прибуток від реалізації продукції, грн;

$N_{\text{р}}$ – річна програма випуску виробів.

Розрахунок чистого прибутку

Податок на прибуток підприємств приймається на рівні 18 %.

Чистий прибуток:

$$\begin{aligned} \text{ЧП} &= \text{Пр} \times (1 - 0,18), \\ \text{ЧП} &= 766773 \times 0,82, \\ \text{ЧП} &= 628754 \text{ грн.} \end{aligned} \quad (3.19)$$

Собівартість річного обсягу виробництва

$$\begin{aligned} S_{\text{пов.р}} &= S_{\text{пов}} \times N_{\text{р}}, \\ S_{\text{пов.р}} &= 1460,50 \times 2100, \\ S_{\text{пов.р}} &= 3067050 \text{ грн.} \end{aligned} \quad (3.20)$$

Рентабельність продукції

$$\begin{aligned} R_{\text{п}} &= \frac{\text{ЧП}}{S_{\text{пов.р}}} \times 100 \%, \\ R_{\text{п}} &= \frac{628754}{3067050} \times 100, \\ R_{\text{п}} &= 20,50 \%. \end{aligned} \quad (3.21)$$

Отримане значення свідчить про достатній рівень економічної ефективності виробництва.

Розрахунок грошового потоку

Річна сума амортизаційних відрахувань згідно з розрахунками:

$$\begin{aligned} A &= \frac{\text{Вобл} \times \text{На}}{100}; \\ A &= \frac{100000 \times 25}{100} = 25000 \text{ грн.} \end{aligned} \quad (3.22)$$

					26 КР 172.402.022.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

Грошовий потік визначається за формулою:

$$\Gamma\Pi = \text{ЧП} + A, \quad (3.23)$$

$$\Gamma\Pi = 628754 + 25000$$

$$\Gamma\Pi = 653754 \text{ грн.}$$

Визначення чистої теперішньої вартості проекту

Початкові інвестиції:

$$\Pi\Pi = 305500 \text{ грн.}$$

Для розрахунку приймаємо ставку дисконту:

$$r = 15 \text{ \%}.$$

Термін реалізації проекту:

$$n = 2 \text{ роки.}$$

Теперішня вартість грошових потоків:

$$TB = \frac{\Gamma\Pi}{1+r} + \frac{\Gamma\Pi}{(1+r)^2}, \quad (3.24)$$

$$TB = 568481 + 494331,$$

$$TB = 1062812 \text{ грн.}$$

Чиста теперішня вартість:

$$\text{ЧТВ} = TB - \Pi\Pi, \quad (3.25)$$

$$\text{ЧТВ} = 1062812 - 305500,$$

$$\text{ЧТВ} = 757312 \text{ грн.}$$

Оскільки $\text{ЧТВ} > 0$, реалізація проекту є економічно доцільною.

Індекс прибутковості інвестицій

$$\Pi\Pi = \frac{TB}{\Pi\Pi}, \quad (3.26)$$

$$\Pi\Pi = \frac{1062812}{305500},$$

$$\Pi\Pi = 3,47$$

Оскільки індекс прибутковості перевищує одиницю, проект є економічно ефективним.

Дисконтований термін окупності

$$T_{\text{ок}} = \frac{\Gamma\Pi}{\Pi\Pi}, \quad (3.27)$$

					26 КР 172.402.022.000.000 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{\text{ок}} = \frac{653754}{305500},$$

$T_{\text{ок}} = 2,139$ року.

Таким чином, початкові інвестиції повертаються менш ніж за один рік експлуатації виробу.

Таблиця 3.5 – Показники економічної ефективності проєкту

№	Найменування показника	Од. вим.	Значення
1	Річний обсяг виробництва	шт.	2100
2	Собівартість виробу	грн/шт	1460,50
3	Ціна виробу	грн/шт	1825,63
4	Початкові інвестиції	грн	305500
5	Річний прибуток	грн	766773
6	Чистий прибуток	грн	628754
7	Рентабельність продукції	%	20,50
8	Чиста теперішня вартість	грн	757312
9	Індекс прибутковості	-	3,47
10	Термін окупності	років	2,139

Проведені економічні розрахунки показали, що виробництво про високу економічну ефективність проєкту. Індекс прибутковості значно перевищує одиницю, а термін окупності становить менше одного року, що підтверджує доцільність впровадження автоматичного регулятора вологості у виробництво.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Основні заходи щодо запобігання травматизму та професійних захворювань

Запобігання виробничому травматизму та професійним захворюванням є одним із найважливіших завдань системи охорони праці на підприємстві. Для забезпечення безпечних умов праці та збереження здоров'я працівників роботодавець зобов'язаний організовувати і впроваджувати комплекс технічних, організаційних, санітарно-гігієнічних та медико-профілактичних заходів. Їх основною метою є усунення або зменшення впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які можуть спричинити травми, аварії чи професійні захворювання. Важливе місце серед профілактичних заходів займають технічні заходи. До них належать механізація та автоматизація виробничих процесів, що дозволяють мінімізувати безпосередній контакт працівників із небезпечним обладнанням та шкідливими речовинами.

На підприємствах широко застосовуються огорожувальні пристрої, захисні екрани, системи блокування та сигналізації, які запобігають випадковому потраплянню працівників у небезпечні зони. Крім того, використання дистанційного керування технологічними процесами значно підвищує рівень безпеки праці та знижує ризик виникнення нещасних випадків. Не менш важливими є організаційні заходи, які спрямовані на формування безпечної поведінки працівників. До них належить проведення вступного, первинного, повторного та позапланового інструктажів з охорони праці, навчання безпечним методам роботи та перевірка знань працівників. Роботодавець повинен забезпечити розробку необхідних інструкцій з охорони праці, правильну організацію робочих місць, контроль за дотриманням вимог безпеки та трудової дисципліни.

Важливим елементом є проведення атестації робочих місць за умовами праці, що дозволяє виявляти шкідливі та небезпечні фактори виробничого середовища і вживати заходів щодо їх усунення. Особливу роль відіграють санітарно-гігієнічні та санітарно-технічні заходи. Вони передбачають

					26 КР 172.402.022.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

забезпечення нормативного рівня освітлення, вентиляції, опалення, допустимого рівня шуму та вібрації, а також підтримання належного санітарного стану виробничих приміщень. Якщо колективні засоби захисту не можуть повністю усунути небезпеку, працівники забезпечуються засобами індивідуального захисту: спецодягом, спецвзуттям, захисними касками, окулярами, рукавицями, респіраторами та іншими засобами відповідно до характеру виконуваних робіт. Для своєчасного виявлення та профілактики професійних захворювань здійснюються медико-профілактичні заходи.

Працівники, які працюють у шкідливих або небезпечних умовах, проходять обов'язкові попередні та періодичні медичні огляди. Такі огляди дають змогу виявити початкові ознаки захворювань і запобігти їх подальшому розвитку. У передбачених законодавством випадках працівники забезпечуються лікувальнопрофілактичним харчуванням, молоком або спеціальними напоями для зменшення негативного впливу шкідливих виробничих факторів на організм. Важливим напрямом профілактики є також готовність підприємства до дій у надзвичайних ситуаціях. Для цього розробляються плани ліквідації аварій, проводяться навчання та тренування персоналу, а робочі місця забезпечуються аптечками й іншими засобами надання першої домедичної допомоги. Адміністрація підприємства повинна постійно аналізувати причини нещасних випадків і професійних захворювань, виявляти недоліки в організації праці та впроваджувати заходи щодо їх усунення. Важливою умовою профілактики виробничого травматизму є формування в працівників високої культури безпеки праці та відповідального ставлення до виконання своїх обов'язків. Регулярне оновлення обладнання та впровадження сучасних технологій дозволяє значно знизити рівень виробничих ризиків. Особлива увага повинна приділятися працівникам, які виконують роботи підвищеної небезпеки, оскільки вони найбільше піддаються впливу шкідливих виробничих факторів.

Своєчасне проведення технічного обслуговування та ремонту обладнання запобігає виникненню аварійних ситуацій і нещасних випадків. Важливим елементом системи охоро праці є постійний моніторинг умов праці та оцінка

					26 КР 172.402.022.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

професійних ризиків на робочих місцях. Працівники повинні бути забезпечені достовірною інформацією про можливі небезпеки та способи захисту від них. Ефективна взаємодія між роботодавцем і працівниками сприяє своєчасному виявленню недоліків у системі безпеки праці та їх усуненню. На підприємствах доцільно проводити тематичні навчання, семінари та тренінги з питань охорони праці для підвищення рівня знань персоналу. Дотримання правил особистої гігієни також є важливим чинником профілактики професійних захворювань.

Створення безпечного виробничого середовища позитивно впливає не лише на здоров'я працівників, а й на ефективність діяльності підприємства загалом. Велике значення має своєчасне повідомлення керівництва про виявлені небезпечні умови праці або несправності обладнання. Використання сучасних систем контролю та моніторингу дозволяє оперативно реагувати на можливі загрози та запобігати їх негативним наслідкам. Профілактика травматизму повинна здійснюватися безперервно та бути складовою частиною виробничої діяльності кожного підприємства. Виконання вимог законодавства з охорони праці є обов'язком як роботодавця, так і кожного працівника.

Отже, ефективне запобігання виробничому травматизму та професійним захворюванням можливе лише за умови комплексного застосування технічних, організаційних, санітарногігієнічних і медико-профілактичних заходів. Дотримання вимог охорони праці сприяє збереженню життя і здоров'я працівників, підвищенню продуктивності праці та забезпеченню стабільної роботи підприємства.

4.2 Визначення параметрів мікроклімату

Мікроклімат виробничого приміщення — це поєднання фізичних показників повітря, що впливають на теплообмін організму людини з навколишнім середовищем. Основними параметрами мікроклімату, які підлягають нормуванню та постійному контролю на робочих місцях, є температура повітря, його відносна вологість та швидкість руху повітря. Температура повітря визначає інтенсивність тепловіддачі організму. При високих

					26 КР 172.402.022.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

температурах посилюється випаровування поту, що може призвести до зневоднення, а при низьких — до переохолодження. Допустимі рівні температури встановлюються залежно від категорії важкості робіт, яку виконує працівник, та пори року.

Відносна вологість повітря істотно впливає на терморегуляцію. Висока вологість при високій температурі утруднює випаровування поту, що призводить до перегріву організму. Низька вологість (нижче 20%) сприяє пересиханню слизових оболонок дихальних шляхів. Швидкість руху повітря сприяє відведенню тепла від тіла людини. У теплий період року рух повітря є бажаним для полегшення охолодження, проте в холодний період він може стати причиною протягів, що провокують простудні захворювання. Нормативи швидкості руху повітря також залежать від енерговитрат працівника. Крім названих показників, на тепловий стан організму впливає інтенсивність теплового (інфрачервоного) випромінювання від нагрітих поверхонь обладнання. Сумарний вплив цих чинників створює мікрокліматичні умови, які можуть бути оптимальними, або шкідливими.

Вимірювання параметрів проводиться спеціальними приладами: термометрами, психрометрами або гігрометрами, а також анемометрами для вимірювання швидкості повітря. Точки вимірювання повинні обиратися на робочих місцях на висоті 0,5 та 1,5 метра від рівня підлоги. Сприятливий мікроклімат у виробничих приміщеннях є однією з головних умов збереження здоров'я працівників та підтримання їхньої високої працездатності. За оптимальних мікрокліматичних умов організм людини не витрачає надмірної енергії на процеси терморегуляції, що позитивно впливає на самопочуття, концентрацію уваги та продуктивність праці.

Порушення параметрів мікроклімату може призводити до негативних наслідків для здоров'я працівників. Тривала дія підвищеної температури здатна викликати теплове виснаження, теплові удари, порушення діяльності серцево-судинної системи та зниження працездатності. Низькі температури можуть стати причиною переохолодження організму, простудних захворювань та зниження

					26 КР 172.402.022.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

швидкості реакції працівника. Особливе значення контроль мікроклімату має на підприємствах металургійної, хімічної, машинобудівної та харчової промисловості, де працівники часто перебувають під впливом значних теплових навантажень або працюють у приміщеннях зі специфічними умовами середовища. У таких випадках роботодавець повинен здійснювати регулярний контроль показників мікроклімату та вживати необхідних заходів для підтримання їх у межах установлених норм. Для поліпшення мікрокліматичних умов можуть застосовуватися сучасні системи вентиляції та кондиціонування повітря, теплоізоляція виробничого обладнання, автоматичне регулювання температури й вологості, а також раціональна організація режимів праці та відпочинку.

У разі роботи в несприятливих умовах працівникам можуть надаватися додаткові перерви для відпочинку та відновлення організму. Таким чином, забезпечення нормативних параметрів мікроклімату є важливим складником охорони праці, сприяє збереженню здоров'я працівників, запобігає професійним захворюванням і підвищує ефективність виробничої діяльності підприємства. Важливо враховувати, що вимоги до параметрів мікроклімату відрізняються залежно від характеру виконуваних робіт. Для працівників, які виконують важку фізичну роботу, допускаються дещо нижчі температури повітря, оскільки під час роботи їхній організм виділяє значну кількість тепла. Для працівників, зайнятих легкою розумовою або офісною працею, необхідно підтримувати більш комфортні температурні умови.

На формування мікроклімату впливають не лише природні фактори, а й особливості технологічного процесу. Робота печей, котлів, сушильних установок, холодильного обладнання та інших технічних засобів може суттєво змінювати температуру й вологість повітря у виробничих приміщеннях. Саме тому під час проектування підприємств велика увага приділяється системам вентиляції та кондиціонування. Регулярний контроль мікрокліматичних показників дає змогу своєчасно виявляти відхилення від установлених норм і вживати необхідних заходів щодо їх усунення. Результати вимірювань з фіксуються у відповідній

					26 КР 172.402.022.000.000 ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

документації та використовуються для оцінки умов праці на робочих місцях.

Несприятливий мікроклімат негативно впливає не лише на здоров'я працівників, а й на безпеку виробничого процесу. Перегрівання або переохолодження організму можуть спричиняти втому, зниження уважності, погіршення координації рухів та збільшення ймовірності виробничих травм. Важливим профілактичним заходом є проведення інструктажів щодо правил поведінки в умовах підвищених або знижених температур. Працівники повинні знати ознаки перегрівання, теплового удару, переохолодження та вміти надавати першу допомогу постраждалим. Для працівників, які працюють у гарячих цехах або на відкритому повітрі в літній період, велике значення має забезпечення питного режиму. Достатнє споживання води допомагає підтримувати нормальний водно-сольовий баланс організму та запобігати зневодненню. У холодний період року необхідно забезпечувати ефективне опалення виробничих приміщень та використовувати спеціальний утеплений одяг. Це дозволяє підтримувати комфортні умови праці та запобігати виникненню простудних і професійних захворювань. Раціональне поєднання технічних, санітарно-гігієнічних та організаційних заходів забезпечує створення оптимального мікроклімату на робочих місцях. Це сприяє підвищенню продуктивності праці, зменшенню втомлюваності працівників та покращенню загального стану їхнього здоров'я.

Дотримання нормативних вимог щодо мікроклімату є обов'язком роботодавця та важливою складовою системи управління охороною праці на підприємстві. Створення комфортних умов праці сприяє зниженню рівня захворюваності персоналу та підвищенню ефективності виробництва загалом. Отримані значення порівнюються з чинними санітарними нормами. Якщо параметри виходять за межі допустимих, роботодавець зобов'язаний застосувати заходи щодо нормалізації мікроклімату: встановлення систем припливно-витяжної вентиляції, кондиціонування

					26 КР 172.402.022.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

ВИСНОВОК

У ході виконання даної дипломної роботи було розроблено конструкторську та технологічну документацію на пристрій керування вентилятором для контролі вологості приміщення

Основними результатами роботи є: Конструкторська частина та 3D-моделювання: Розроблено детальну 3D-модель пристрою, що дозволило візуалізувати внутрішнє компонування, перевірити ергономіку та точність розміщення вузлів у корпусі. На основі моделі створено складальне креслення друкованого вузла та загальне складальне креслення пристрою. При проектуванні враховано габарити сучасних компонентів, зокрема датчика вологості HR202L, клемника KF301 та роз'єму живлення типу "Тип-71". Вибрано оптимальну схему розміщення елементів, що забезпечує компактність та зручність експлуатації. Розробка друкованої плати: Виконано проектування друкованої плати (PCB), що включає створення принципової схеми та її подальше трасування (розводку). При розведенні доріжок враховано вимоги щодо електромагнітної сумісності, мінімізації завад та забезпечення надійного живлення датчика. Оптимізована топологія плати забезпечує надійність електричних з'єднань при мінімальних габаритах пристрою. Технологічна частина: Складено повний технологічний процес загального складання пристрою. Враховуючи особливості конструкції, застосовано комбінований метод кріплення: механічний та адгезивний (фіксація датчика та клемника на клейову основу). Це дозволило спростити процес збирання та забезпечити надійне розташування датчика навпроти вентиляційних отворів корпусу. Електромонтаж: Визначено параметри паяння та типи припоїв (ПОС-61), що відповідають галузевим стандартам ДСТУ та забезпечують довговічність електричних контактів.

Розроблена документація повністю відповідає вимогам стандартів ЄСКД та може бути використана для виготовлення дослідного зразка пристрою в умовах навчальної лабораторії ТНТУ.

					26 КР 172.402.022.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. [Alldatasheet.com](https://www.alldatasheet.com/) – режим доступу: <https://www.alldatasheet.com/>.
2. [DatasheetCatalog.com](https://www.datasheetcatalog.com/) — режим доступу: <https://www.datasheetcatalog.com/> (дата звернення 16.04.2026).
3. Датчик вологості HR202L Даташит і характеристика — режим доступу: https://www.eecart.com/assembly?gad_source=1&gad_campaignid= (дата звернення 16.04.2026).
4. Клемники KF301 — режим доступу: <https://www.rlocman.com/i/pdf/comp/k/kf301-2p.pdf>. (дата звернення 16.04.2026).
5. Діоди стабілітрон - режим доступу: <https://www.Stabilitiyonstore.eu/i/pdf/comp> (дата звернення 16.04.2026).
6. Корпуси технологія корпусів - режим доступу: <https://ritter.com.ua/ua/>
7. правила написання ДСТУ - режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=78886 (дата звернення 16.04.2026).
8. [ОСТ 4.Г0.070.015](https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293753/4293753696.htm) — режим доступу: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293753/4293753696.htm> (дата звернення 16.04.2026).
9. Програма для розрахунку надійності РЕА [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <http://eguru.tk.te.ua/mod/resource/view.php?id=60057> (дата звернення 16.04.2026).
10. Васишин О.З. Методичні вказівки до виконання комплексного курсового проекту для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТКТНТУ, (дата звернення 16.04.2026). 2020
11. Васишин О.З. Методичні вказівки до виконання графічної частини комплексного курсового проекту для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2020 (дата звернення 16.04.2026).
- 12.. Васишин О.З. Конспект лекцій з дисципліни "Основи конструювання та

					26 КР 172.402.022.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

технології виробництва РЕА" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2016 (дата звернення 16.04.2026).

13. Васишин О.З. Конспект лекцій з дисципліни "Технологія виробництва РЕА" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ (дата звернення 16.04.2026).

14. Васишин О.З. Методичні вказівки для розробки маршрутноопераційної технології складання та монтажу вузлів РЕА для спеціальності 5.05090101 "Конструювання, виробництво та технічне обслуговування радіотехнічних пристроїв". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2016 (дата звернення 16.04.2026).

15. Васишин О.З. Конспект лекцій "Поверхневий монтаж" для спеціальності 172 "Конструювання, виробництво та технічне обслуговування радіотехнічних пристроїв". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2016 (дата звернення 16.04.2026).

16. Штогрин П.І. Методичні вказівки "Розробка 3D-моделей радіоелементів" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2017 (дата звернення 16.04.2026).

17. Васишин О.З., Штогрин П.І. Методичні вказівки "Розробка 3Dмоделей типових корпусів РЕА" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2017 (дата звернення 16.04.2026).

					26 КР 172.402.022.000.000 ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Поз. Познач.		Найменування	Кіл.	Прим.
		Датчик вологості		
B1		HR-202L « Aosong Electronics»	1	
		Конденсатори		
C1		K10-17Б 0.22мкФ «Моноліт»	1	
C2		K50-35 3300мкФ ГОСТ 25486-82	1	
C3		K50-35 100мкФ ГОСТ 25486-82	1	
C4		K50-35 470кФ ГОСТ 25486-82	1	
C5		K50-35 100мкФ ГОСТ 25486-82	1	
C6		K50-35 1000мкФ ГОСТ 25486-82	1	
		Запобіжник		
FU1		2A 250В « Littelfuse»	1	
		Вентилятор		
M1		BH-2 220В 50Гц ГОСТ 10616-2015	1	
		Резистори		
R1		MFP-0.5-6.8 кОм «Yageo »	1	
R2,R3		MFP -0.5-68кОм «Yageo »	2	
R4		MFP -0.25-160 Ом « Yageo »	1	
R5		MFP -0.25-15 кОм «Yageo »	1	
R6		СПЗ-19А 0.5-3 кОм «Bourgnis»	1	
R7		MFP -0.25-1.5 кОм «Yageo »	1	
R8		MFP -0.25-760 Ом « Yageo »	1	
		26 КР 172.402.022.001.00 ПЕ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
Розроб.	Пашковський			
Перевір.	Приймак			
Реценз.				
Н.контр.	Задорожний			
Затв.				
		Управління вентилятором для контролю вологості приміщення		Літ.
		Перелік елементів		Аркуш.
				Аркушів
				1
				2
				ВСП ТФК ТНТУ ТР-402
				м. Тернопіль

<i>Поз.</i>	<i>Найменування</i>	<i>Кіл.</i>	<i>Прим</i>
<i>Позн.</i>			
R9	MFP -0.25-15 кОм « Yageo »	1	
R10	MFP -0.25-1.5 кОм « Yageo »	1	
	<i>Трансформатор</i>		
VT1	TPP-40 12В « Трансвіт»	1	
	<i>Варистори</i>		
RU1,RU2	Myg20-431 «Bourns»	2	
	<i>Діоди</i>		
VD1	KBU6M « Vishay»	1	
VD2	1N5401 « Vishay»	1	
VD3	1N4006 « Vishay»,»	1	
VD4	KBU6M « Vishay»	1	
VD5	1N5352 «ON Semiconductor	1	
VD6	1N4737A«Vishay»	1	
VD7	N4741A «Vishay»	1	
	<i>Транзистори</i>		
VT1	IRF830 « Vishay»	1	
VT 2	SS9014 «ON Semiconductor»	1	
VT3	TIP142 «STMicroelectronics»	1	
	<i>Клемник гвинтовий</i>		
XP1	KF301-2P « KeFeng»	1	
	<i>Вилка живлення</i>		
XS1	Тип-71 ГОСТ 60227 IEC 52 220В	1	

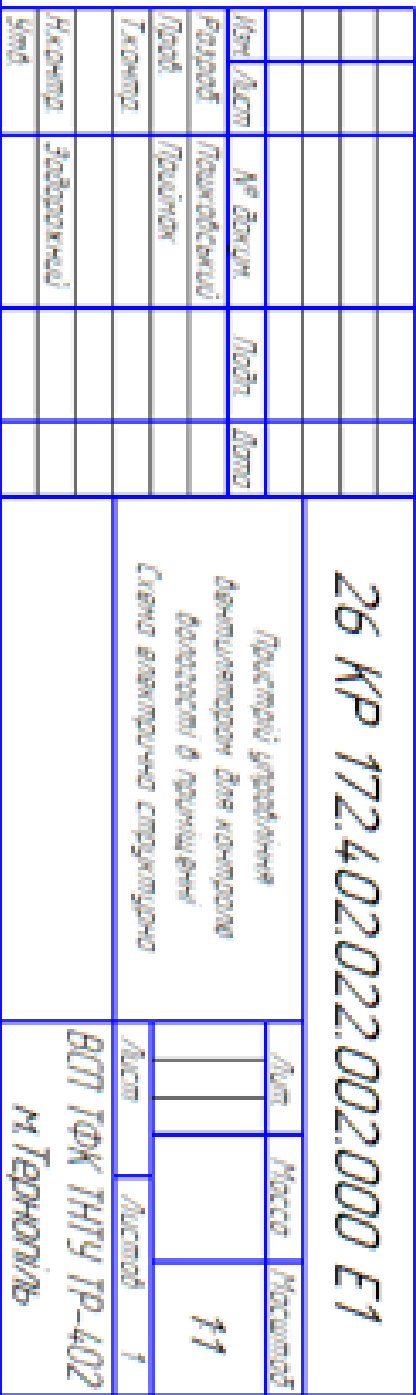
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

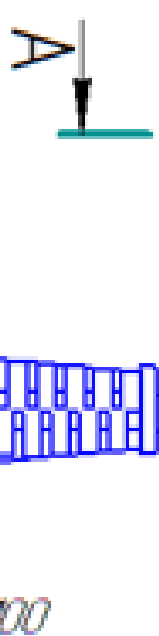
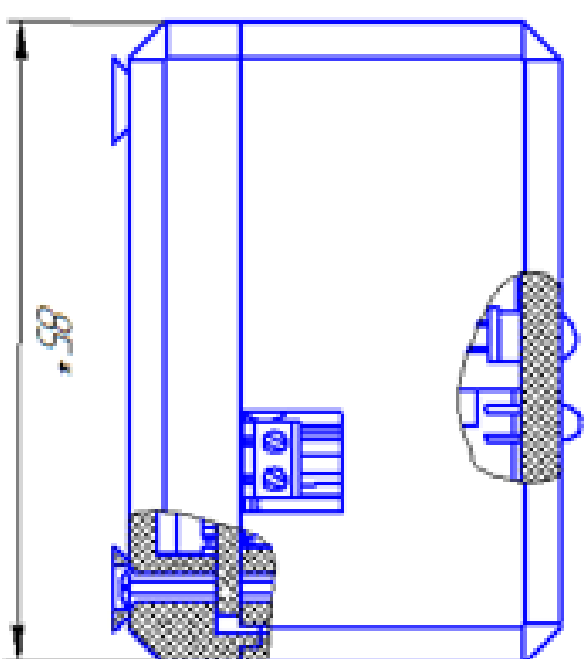
26 КР 172.402.022.000.000 ПЗ

Арк.
2

[illegible]

[illegible]





2. Електронних звітів згідно з 2026.КП.172.40202100 ЕЗ
прикази ПД-61 ДСТУ 21931-76.

3) чертук 171 (ноз 5) та чертук безнозості В1 (ноз. 4) кріпиму до брунькових підвоях корону за допомогою однезубного з'єднання 5. Бруньку Х51 (ноз 6) кріпиму до основи корону

6) робітники що зводять розетку датчик та кінчик, укладати в джгут та зафіксувати

7/Вкладу місця пов'язані та фіксовані елементи похон УР-231
ДСТУ 19039-73

26 KP 172.402.022.004.00 CK

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

Вентилятором для контроля
воздушной в помещении

[illegible]

Abstract

ECN TOK HTY TP-402

История



Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инд. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата	Спрод. №	Перл. примен.

Дубл.																
Замість																
Підпис																
												Аркушів 8		Аркуш 1		
Розробив		Пашковський				ВСП ТФК ТНТУ		26 КР 172.402.022.03.000						26 КР 172.402.022.03.000		
Перевірив		Приймак														
Нормував																
Затвердив																
Н. контр.		Задорожний														
А		Цех	Діл	РМ	Опер	Код, назва операції				Позначення документу						
Б		Код, назва обладнання				СМ.	Проф	Р	УТ	КР	КОВД	ОН	ОП	К ШТ	Т ПЗ	Т ШТ
К-М		Назва деталі, скл. одиниці або матеріалу				Позначення, код					СПП	ОВ	ОН	КВ	ВНТР	
01																
02		Охорона навколишнього середовища, згідно інструкції МВЯ790831														
03																
A04		402		022	005	402.022.005 Комплектування									0,005	
005		Комплектування проводити згідно ТТО 644081 (I)														
06																
A07		402		022	010	402.022.010 Розконсервація ДП									0,005	
008		Розконсервація плати по ТТО 124781														
T09		Скальпель РТ 15937														
10															0,005	
A11		402		022	015	402.22.015 Маркування заводського номеру										
012		Маркувати заводський номер по ТТО 664170 (I)														
K13		Бірка, Штамп											796	100	100	
M14		Фарба ТНФ-01				ГОСТ 12574-45							180	100	0.18	

[illegible]

[illegible]

Дубл															
Замість															
Підпис															
													Аркуш 4		
											26 КР 172.402.022.03.000		26 КР 172.402.022.03.000		
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		Установити запобіжник поз. 8 – запобіжник (FU1) згідно з рис. 11													
02		Установити діоди поз.23 VD1-VD4 — діодний міст) з рис. 12													
03		Установити трансформатор поз. 22 (TV1) згідно з рис. 13.													
04															
05															
К06		Плата друкована			26 КР 172.402.022.01.001										
07	1.	Варистор		Myg20-431 420V (RU1, RU2)		«Bourns» 796 796 1002					796	100	200		
08	2.	Запобіжник скляний		5x20мм 2A (FU1)		«Littelfuse» 796 796 1001					796	100	100		
09	3.	Резистор		MFP 0.5Вт -6.8кОм 10% (R1)		«Yageo» 796 796 1005					796	100	100		
10	4.	Резистор		MFP 0.5Вт-68кОм 10% (R2)		«Yageo» 796 796 1005					796	100	100		
11	5.	Резистор		MFP -0,5Вт-68 кОм 9 10% (R3)		«Yageo» 796 796 1005					796	100	100		
12	6.	Резистор		MFP -0,25-160 Ом 10% (R4)		«Yageo» 796 796 1005					796	100	100		
13	7.	Резистор		MFP -0,25-15кОм 10% (R5)		«Yageo» 796 796 1005					796	100	100		
14	8.	Резистор підстр.		СПЗ-19А -10кОм (R6)		«Bourns» (підстр.)					796	100	100		
15	9.	Резистор		MFP -0,25-750 Ом 10% (R7)		«Yageo» 796 796 1005					796	100	300		
16	8.	Резистор		MFP -0,25-1,5 кОм 10% (R8)		«Yageo» 796 796 1005					796	100	300		
17	11.	Резистор		MFP -0,25-15 кОм 10% (R9)		«Yageo» 796 796 1005					796	100	100		
18	12.	Резистор		MFP -0,25-15 кОм 10% (R10)		«Yageo» 796 796 1005					796	100	100		

[illegible]

[illegible]

[illegible]

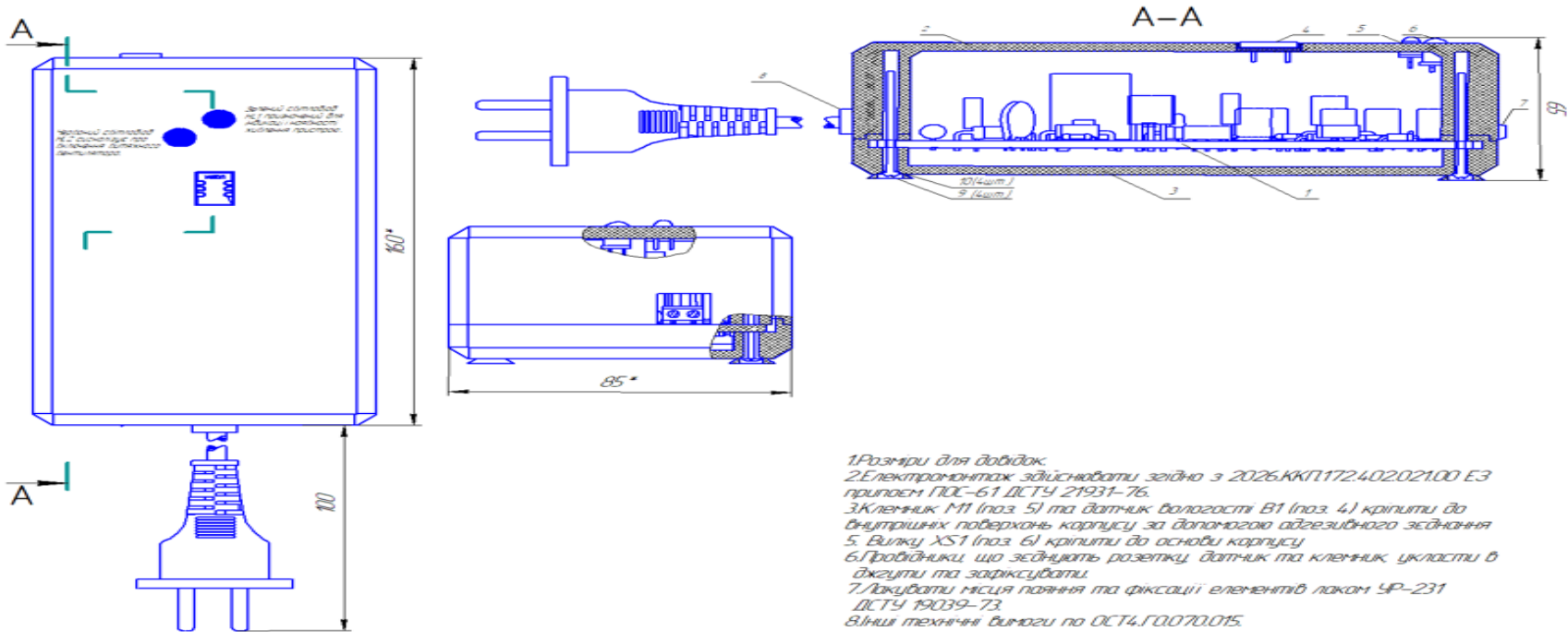
Дубл.															
Замість															
Підпис															
												Аркушів 6		Аркуш 1	
Розробив		Пашковський						ВСП ТФК ТНТУ		26 КР 172.402.022.001 СК				26 КР 172.402.022.001	
Перевірив		Приймак													
Нормував															
Затвердив															
Н. контр.		Задорожний										Н			
А	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	
01				Охорона навколишнього середовища, згідно інструкції МВЯ790831											
A 02	402		022	005	4020022001 Комплектування										0,08
0 03				Комплектування проводити згідно ТТО 644081											
04															
A 05	402		022	010	402022002 Слюсарно-складальна										
Б 06				Пневмоверт РД 532964											
0 07				Складання проводити по ТТП 231587											
08				1. Встановлення Вилки XS1 (поз. 6): Монтувати в отвір задньої панелі корпусу.											
09	2.			Монтаж датчика В1 (поз. 4): Знежирити поверхню кришки. Нанести клей та зафіксувати датчик HR202L на внутрішній стороні кришки.											
10	3.			Монтаж клемника М1 (поз. 5): Нанести клей на основу клемника KF301. Приклеїти його до внутрішньої поверхні корпусу											
11	4.			Установити світлодіоди поз. 9(HL1 — зелений)											
12	5.			Установити світлодіоди, поз. 10 (HL2 — червоний)											
К 13	1			Вузол друкований							26 КР 172.402.022.001.000 СК		796	100	100
14	2			Верхня кришка							26 КР 172.402.0022.004.001		796	100	100

[illegible]

[illegible]

Дубл.									
Замість									
Підпис									

											Аркушів 5		Аркуш 4					
Розробив		Пашковський					ВСП ТФК ТНТУ		26 КР 172.402.022.001 СК					26 КР 172.402.022.001				
Перевірів		Приймак					Управління вентилятором для контролю вологості в приміщені								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				



Дубл.																		
Замість																		
Підпис																		
													Аркушів 5			Аркуш 5		
Розробив		Пашковський						ВСП ТФК ТНТУ			2026ККП172.402.0021.004.000					2026ККП172.402.021.04.018		
Перевірів		Василишин																
Нормував																		
Затвердив																		
Н. контр.																		
А	Цех	Діл	РМ	Опер	Код, назва операції				Позначення документу									
Б	Код, назва обладнання				СМ.	Проф	Р	УТ	КР	КОВД	ОН	ОП	К ШТ	Т ПЗ	Т ШТ			
К-М	Назва деталі, скл. одиниці або матеріалу				Позначення, код					СПП	ОВ	ОН	КВ	ВНТР				

ДОДАТКИ

					26 КР 172.402.022.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

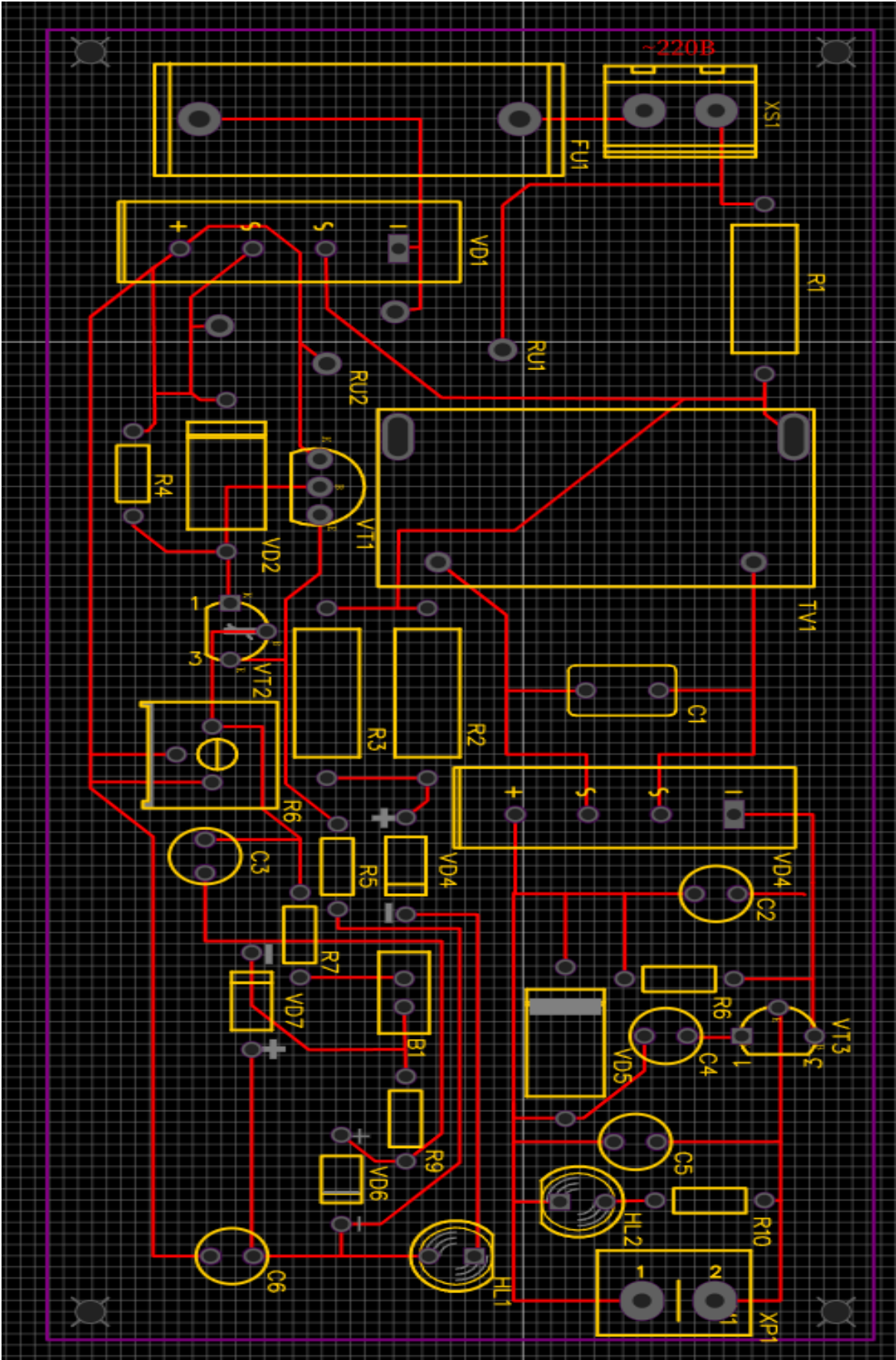


Рисунок А.1 – Друкована плата

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

26 КР 172.402.022.000.000 ПЗ

Арк.

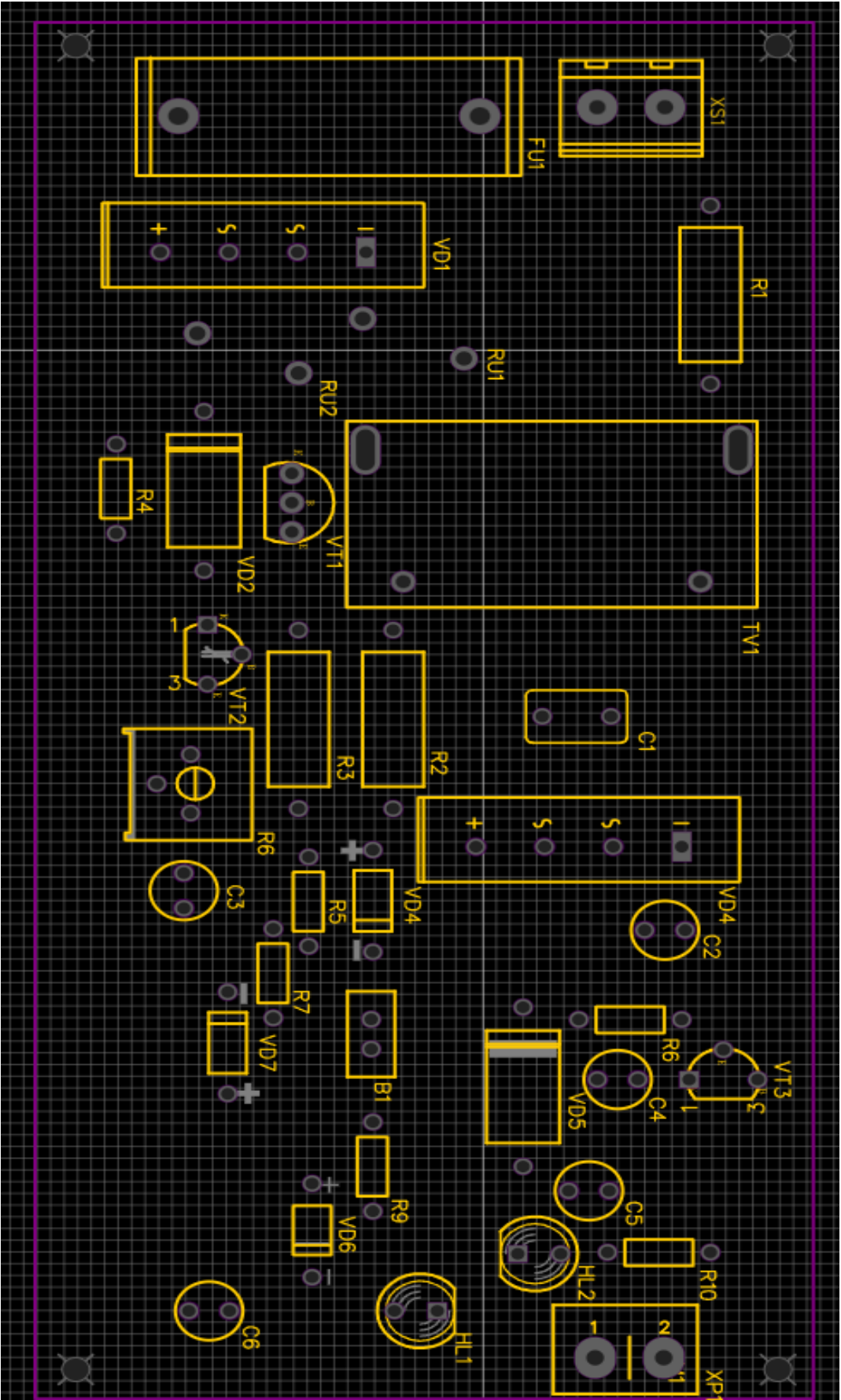


Рисунок А.2 – Друкована плата , шар Overlay

Додаток Б - 3-D модель пристрою

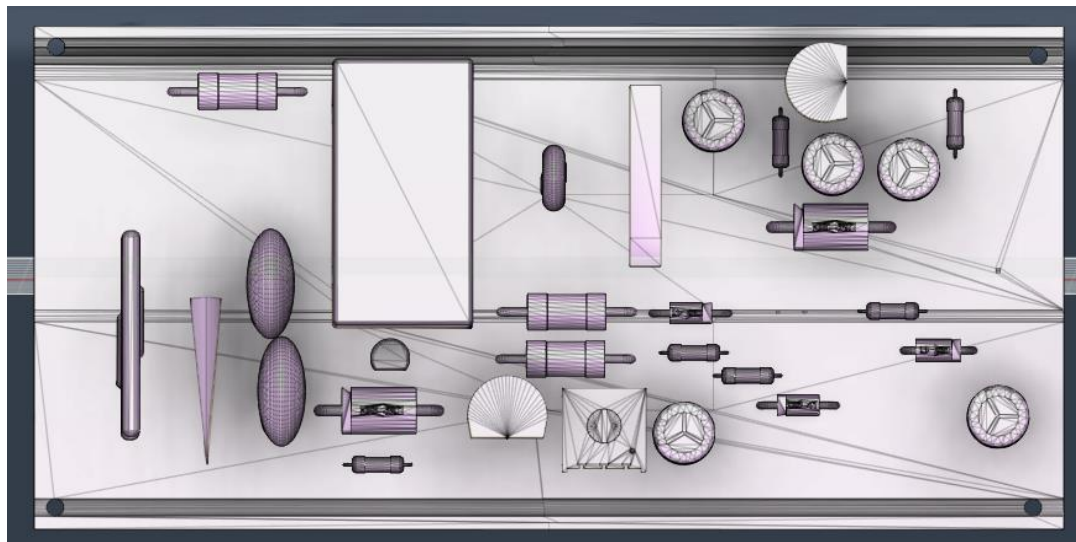


Рисунок Б.1 – 3-D модель пристрою , вузол друкуваний

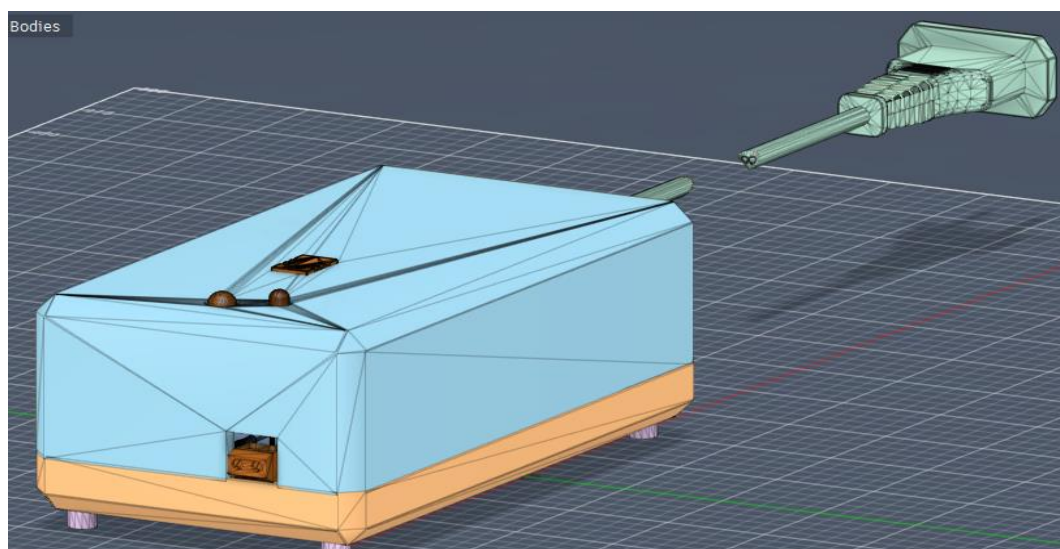


Рисунок Б.2 – 3D модель пристрою , загальний вигляд

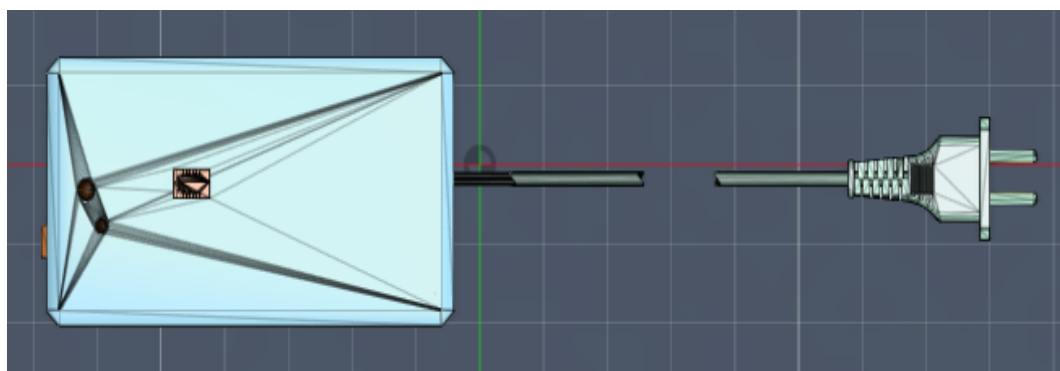


Рисунок Б.3- 3D модель пристрою , Вигляд зверху

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

26 КР 172.402.022.000.000 ПЗ

Арк.

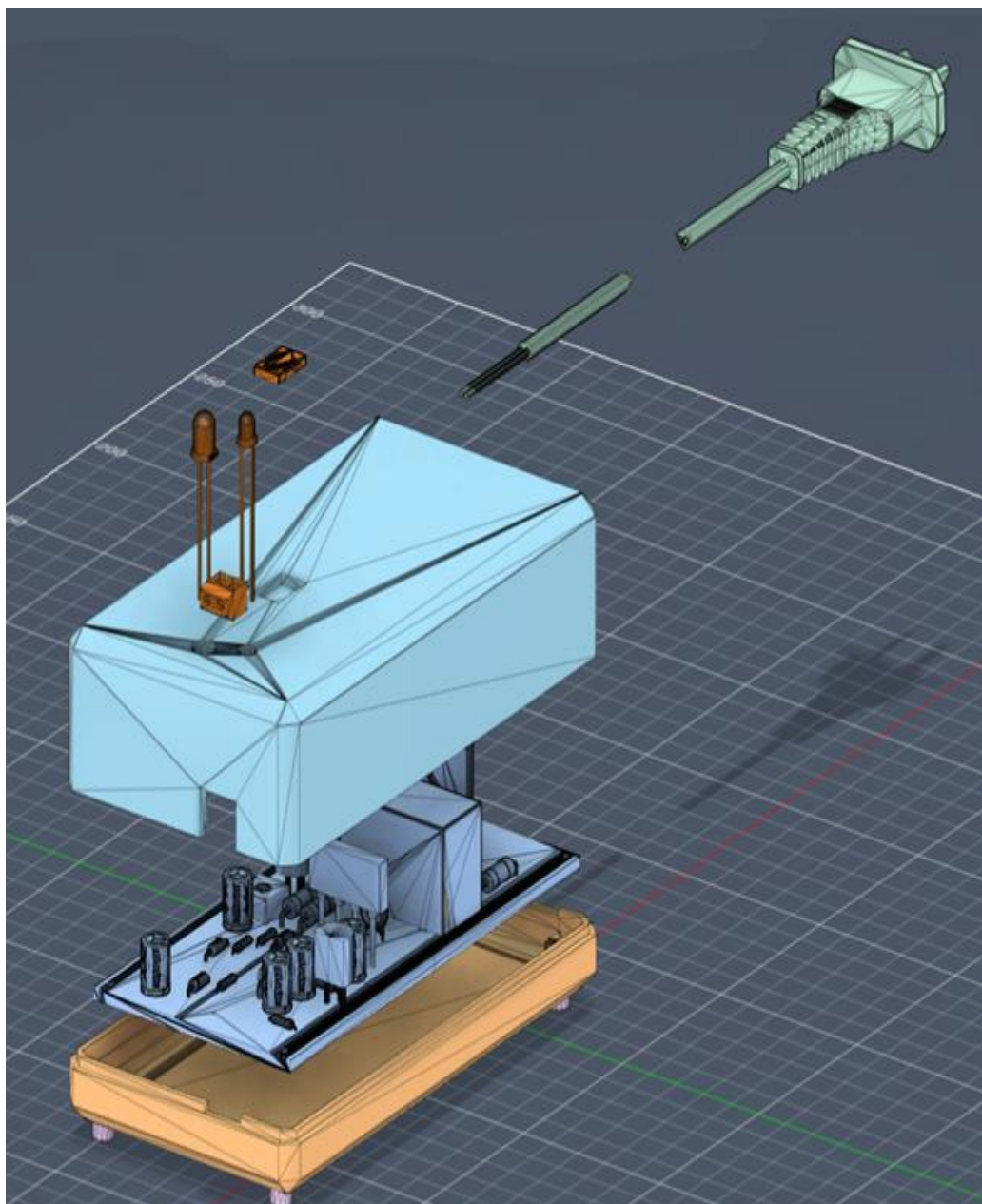


Рисунок Б.4- 3D модель пристрою . Рознесення виробу

					26 КР 172.402.022.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		