

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Сумський державний університет**  
Факультет електроніки та інформаційних технологій  
Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри ЕКТ

\_\_\_\_\_ Анатолій ОПАНАСЮК  
(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

\_\_\_\_\_ 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**на здобуття освітнього ступеня «магістр»**  
зі спеціальності 171 «Електроніка»  
освітньо-професійної програми «Електронні системи»  
на тему:

**ТЕРМОПОВІТРЯНА ПАЯЛЬНА СТАНЦІЯ**  
**З ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИМИ ФУНКЦІЯМИ**

Здобувача групи ЕС.м-31 \_\_\_\_\_ Растворцева Лева Дмитровича

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

\_\_\_\_\_ (підпис)

Лев РАСТВОРЦЕВ  
(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник, доцент, к.т.н., доцент Ігор КУЛИК

\_\_\_\_\_ (підпис)

Консультант з техніко-економічної частини,  
доцент, к.е.н., доцент Олександр МАЦЕНКО

\_\_\_\_\_ (підпис)

Суми – 2024

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет \_\_\_\_\_ електроніки та інформаційних технологій

Кафедра \_\_\_\_\_ електроніки і комп'ютерної техніки

Напрямок підготовки \_\_\_\_\_ 171 «Електроніка»

Освітня програма \_\_\_\_\_ Електронні системи

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою Опанасюк А. С.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ**

на кваліфікаційну роботу магістра

1. Тема роботи \_\_\_\_\_

затверджена наказом по університету «01» жовтня 2024 р. № 1003-VI.

2. Термін здачі студентом завершеної роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи \_\_\_\_\_

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що належить розробити) 1) Огляд літератури та поставлення задачі роботи. 2) Науково-дослідна частина. 3) Розробка електронної системи з використанням отриманих результатів дослідження. 4) Техніко-економічна частина.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1) Схема електрична структурна. 2) Схема алгоритму. 3) Схема електрична функціональна. 4) Схема електрична принципова.

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Консультанти з кваліфікаційної роботи

Розділи	Консультанти	Завдання видав	Завдання прийняв
Техніко-економічна частина	Маценко О. М.		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

8. Керівник роботи \_\_\_\_\_

9. Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломного проекту	Термін виконання етапів роботи	Примітки
1	Огляд літератури та постановка завдання проектування	04.11.24 – 09.11.24	
2	Науково-дослідна частина	10.11.24 – 15.11.24	
3	Розробка алгоритму функціонування та структурної схеми електронної системи	16.11.24 – 20.11.24	
4	Розробка функціональної схеми електронної системи	21.11.24 – 24.12.24	
5	Розробка схеми електричної принципової електронної системи	25.12.24 – 02.12.24	
6	Техніко-економічна частина	03.12.24 – 05.12.24	
8	Оформлення пояснювальної записки	06.12.24 – 08.12.24	
9	Оформлення графічного матеріалу	09.12.24 – 13.12.24	
10	Представлення роботи керівнику і отримання відгуку	14.12.24	
11	Представлення роботи кафедри для отримання рецензії	15.12.24	

Студент \_\_\_\_\_

Керівник роботи \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

						ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
							3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1. РОЗРОБКА ВИРОБУ.....	8
1.1 Огляд літератури та постановка завдання дослідження.....	8
1.2 Науково-дослідна частина.....	20
1.3 Розроблення електронної системи чи пристрою з використанням отриманих результатів дослідження.....	27
1.3.1 Обґрунтування алгоритму функціонування пристрою.....	27
1.3.2 Обґрунтування структурної схеми пристрою.....	29
1.3.3 Розроблення схеми електричної функціональної пристрою.....	34
1.3.4 Розроблення схеми електричної принципової.....	37
1.3.5 Розроблення друкованої плати.....	41
1.3.6 Вибір елементної бази.....	44
1.3.7 Розрахунки та синтез основних електронних вузлів, блоків, схем керування, синхронізації.....	53
2. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	60
2.1 Заходи щодо забезпечення охорони праці при виготовленні пристрою.....	60
2.1.1 Склеювання деталей і вузлів.....	60
2.1.2 Пайка деталей і вузлів.....	61
2.1.3 Виготовлення друкованих плат.....	62
3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	66
3.1 Економічна ефективність ІТ.....	66
3.1.1 Основи оцінки ефективності ІТ.....	66
3.1.2 Підходи оцінки проектів з впровадження ІТ.....	68
3.1.3 Методика та критерії оцінки економічної ефективності ІТ.....	73
3.2 Розрахунок собівартості проектованого пристрою.....	77
Висновки.....	88
Список літератури.....	90

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

## ВСТУП

Електроніка – це сфера науки, техніки та виробництва, що займається дослідженням, розробкою та вдосконаленням електронних пристроїв, а також розробкою методів для їхнього інженерного проектування та технологічного забезпечення. Вона включає створення електронних систем для різних галузей народного господарства.

Як розділ електротехніки, електроніка вивчає процеси в напівпровідниках, газах і вакуумі, а також їх застосування для передачі, обробки та зберігання інформації. Електронні системи відзначаються високою швидкістю, точною роботою, чутливістю, невеликою енергоємністю та зростаючою економічністю, що зумовлює їх широке використання.[1]

Електронні пристрої відіграють ключову роль у сучасних засобах зв'язку, автоматизації та вимірювальних технологіях. Завдяки їм стало можливим дослідження мікросвіту і космосу, вимірювання електричних потенціалів живих клітин і атомарних нерівностей поверхонь. Ці пристрої також здатні перетворювати сонячну енергію на електричну, що живить супутники.

Електроніка відкриває шлях до повної автоматизації виробництва, що вже зараз демонструють верстати з числовим програмним управлінням і промислові роботи.

Стрімкий розвиток електроніки в останні десятиліття супроводжувався створенням мікросхем з дедалі більшим рівнем інтеграції елементів: ІС, ВІС, НВІС. Перехід цифрових обчислювальних пристроїв на електронну, а згодом мікроелектронну основу, дав змогу автоматизувати управлінські процеси та наблизитися до створення інтелектуальних автоматів.

Електроніка досліджує процеси, що пов'язані зі змінами концентрації та переміщенням заряджених частинок у різних середовищах (вакуумі, газах, рідинах і твердих тілах) і умовах (температурі, під дією електричних і магнітних полів).

Основною метою електроніки як технічної галузі є розробка, виробництво

						ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
							5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

та експлуатація електронних приладів і пристроїв. Сучасні електронні засоби широко використовуються у всіх сферах народного господарства.

Ефективність сучасної електронної апаратури визначається високою швидкістю, точністю та чутливістю її компонентів, серед яких найважливішими є електронні прилади. Ці прилади дозволяють з високим коефіцієнтом корисної дії легко здійснювати перетворення електричної енергії в різних формах, величинах та частотах струму або напруги. Таке перетворення енергії застосовується у багатьох схемах електронних пристроїв, таких як випрямлячі, підсилювачі та генератори.

Різноманітні електронні сенсори та вимірювальні прилади забезпечують точне вимірювання, реєстрацію та регулювання змін неелектричних параметрів, як-от температура, тиск і пружні деформації. Процеси енергетичного перетворення в електронних приладах відбуваються дуже швидко завдяки низькій інерційності, що характерно для більшості з них. Це дозволяє використовувати їх на широкому частотному діапазоні, від нуля до десятків і сотень гігагерц, забезпечуючи надзвичайну чутливість, яку не можуть досягти пристрої інших типів. Наприклад, електронні вимірювальні прилади здатні визначати струми порядку  $10^{-15}$  А і напруги  $10^{-6}$  В.

Варто зазначити, що прогрес у багатьох наукових та технічних галузях тісно пов'язаний з досягненнями електроніки, а тому знання основ технічної електроніки є необхідними для інженерів різних спеціальностей. Підвищення ефективності промислових процесів, поліпшення якості продукції та наукові досягнення сьогодні значною мірою стали можливими завдяки широкому впровадженню електронної апаратури.

Паяльна станція є електричним інструментом, призначеним для пайки, що має розширені можливості, оскільки включає не лише паяльник, а й керуючий блок. Паяльні станції є ефективними інструментами для точного виконання пайки, особливо під час ремонту елементів мобільних телефонів та інших портативних пристроїв, а також під час роботи з електронними друкованими

						ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
							6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

платами загалом. Старі інструменти, що використовувалися в минулому, вже не відповідають сучасним вимогам щодо точності та широкого спектру можливостей, які надають новітні паяльні станції. [2]

Паяльна станція — це електричний інструмент, призначений для виконання пайки. В її комплектацію, окрім спеціалізованого паяльника, входить також керуючий блок. На відміну від звичайного паяльника, станція забезпечує розширені можливості: можливість регулювання та підтримання заданої температури, захист від перевантажень і статичної електрики, а також додаткові функції. Деякі моделі оснащені підставкою для паяльника, пристроєм для видалення зайвого припою, термофеном та іншими корисними доповненнями.

Метою даної роботи є дослідження структури та типів паяльних станцій. Сучасна паяльна станція буде корисною не лише в спеціалізованих майстернях, але й у домашньому використанні, за умови, що користувач володіє базовими знаннями з електрики та здатний самостійно виконувати нескладні ремонти побутової техніки.

Паяльні станції є ефективними при автоматизованому та професійному монтажі компонентів. Вони оснащені вакуумним відсмоктувачем, а в деяких моделях застосовують інфрачервоне випромінювання або гаряче повітря для нагрівання, що є більш безпечним для монтажу мікросхем, чутливих до перегріву. Паяльні станції також дають змогу швидко регулювати потужність і температуру нагрівання наконечника паяльника.

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 РОЗРОБКА ВИРОБУ

## 1.1 Огляд літератури та постановка завдання дослідження

Технологічний процес пайки має довгу історію, що налічує близько 3000 років. Археологічні розкопки стародавніх міст виявили артефакти, з'єднані мідним або свинцевим методом пайки. Розвиток техніки постійно впливає на методи пайки та компоненти, які в ній використовуються. Існує велике різноманіття напрямів у ремонті електроніки, де застосовують різні типи станцій, такі як паяльні, інфрачервоні та термоповітряні станції. Ці станції являють собою не просто паяльники, відомі ще з радянських часів, а складні блоки, що забезпечують контроль температури та її стабільність у процесі роботи.

Актуальність цього дослідження обумовлена численними перевагами паяльних станцій над звичайними паяльниками, серед яких можливість регулювання температурного режиму. Використання в роботі паяльної станції з можливістю змінювати насадки та контролювати температуру дозволяє виконувати завдання різного рівня складності та ефективно організувати робочий процес. Основна мета цієї роботи полягає у всебічному аналізі окремих видів паяльних станцій, а також вивченні ринку, включаючи порівняння характеристик, функціональних можливостей та цін. Головним завданням є створення паяльної станції, демонстрація її функцій на практиці та виявлення її переваг порівняно з готовими покупними моделями. [9]

Спочатку паяльники виготовлялися з суцільної мідної головки у формі топірця, що виконувала функцію жала. Руків'я створювали зі сталевих прутів різної довжини та форми, що дозволяло тримати інструмент у руках і підтримувати допустиму температуру на мідному жалі. Нагрівання таких паяльників здійснювалося вугіллям у печі, що надало їм назву "жарових". Їх використовували переважно в кузнях та на заводах для лудіння металу, труб і кабелів. Пізніше їм на зміну прийшли паяльні лампи, які працювали на солярці або бензині.

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Перший у світі паяльник, що працює від електромережі, з'явився завдяки німецькому інженеру та вченому Ернсту Саксу, який у 1921 році винайшов і запатентував його конструкцію, виконану у формі молотка (рисунок 1). Отримавши патент на цей пристрій і завдяки високому попиту на ринку, Сакс заснував компанію Ersa, яка продовжує своє існування і сьогодні. Зовнішній вигляд цього паяльника нагадував ручний інструмент і мав потужність 600 Вт. Ця конструкція стала прабатьком для сучасних моделей паяльників.



Рисунок 1.1- Перший електричний паяльник

На малюнку 2 показано устрій електричного паяльника, представлений у класичному виконанні. Рукоятка має кілька варіантів виготовлення, включаючи дерев'яні або пластикові матеріали. Спеціальні насічки на рукоятці дозволяють зручно тримати інструмент у руці та створюють повітряний зазор, що знижує передачу тепла на рукоятку. Отвори також сприяють зниженню температури, яка передається від нагрівального елемента до рукоятки. Така конструкція використовується і нині для паяльників потужністю від 20 до 100 Вт.

Принцип роботи паяльника полягає у наступному: навколо жала намотана спіраль з ніхромового дроту. При проходженні струму через спіраль вона нагрівається, а отримане тепло передається жалу. Для запобігання короткому замиканню спіраль ізольована від жала матеріалами, які не проводять струм. Зазвичай використовують слюдяні пластини, оскільки вони недорогі та витримують як механічні, так і теплові навантаження. [5,8]

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після нагрівання робочої зони до необхідної температури виконують монтаж або демонтаж компонентів із подальшою фіксацією радіоелементів. Після закінчення пайки плата очищується спиртом, бензином або розчинником для перевірки якості виконаних робіт.

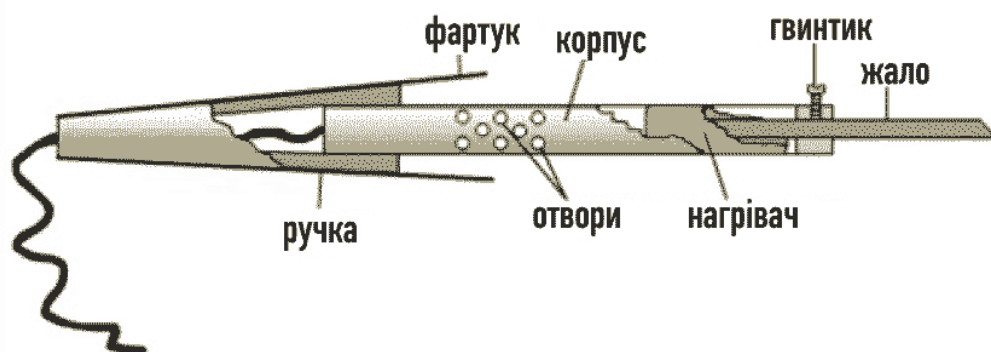


Рисунок 1.2- Паяльники ЕПСН

Для забезпечення високої точності монтажу складних або великих компонентів застосовується метод точкової фіксації електронного елемента в декількох місцях з використанням низькотемпературних типів припою. Підбір відповідного припою та флюсу гарантує надійну фіксацію компонентів. Щоб забезпечити якісний контакт між платою та встановленою деталлю, передбачають невеликий зазор, який заповнюється олов'яно-свинцевим припоєм і розраховується за формулою:

$$d = d_{\text{отв}} - d_{\text{в}} \geq 0,2-0,3 \quad (1.1)$$

де  $d_{\text{отв}}$  - діаметр отвору виконаного на платі;  
 $d_{\text{в}}$  - діаметр виведення ЕРЕ.

Розмір і форма заточки робочої поверхні паяльника визначаються площею контакту та підбором припою, що забезпечує найкраще змочування. Для

						ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
							10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

комфортної та правильної роботи, яка не призводить до перегріву плати та розміщених на ній елементів, температура жала паяльника повинна перевищувати температуру плавлення обраного припою на 30-60 °С.

На графіку, наведеному нижче на малюнку 3, показані значення плинності олов'яно-свинцевого припою залежно від температури робочої поверхні жала. Перша ділянка відображає недостатню температуру для зміни агрегатного стану припою, що спричиняє низьку якість пайки. Друга ділянка представляє оптимальний температурний режим для цього припою, що забезпечує максимальний ефект без перегріву припою, компонентів на платі та текстоліту. Третя ділянка демонструє надмірну температуру, що призводить до обгорання жала та надмірно швидкого розігріву припою.

Через свої великі габарити і нестабільність температури жала в межах 270-310 °С, класичний паяльник погано підходить для виконання сучасних робіт. Відхилення робочої температури на 30-40 °С пов'язане з інтенсивною тепловіддачею при контакті з припоєм і платою. При роботі з багатошаровими друкованими платами та напівпровідниковими компонентами, чутливими до перегріву, підтримка стабільної температури жала є важливим завданням для забезпечення якості пайки і збереження електронних компонентів у робочому стані. Пошкодження радіокомпонентів через перегрів є серйознішою проблемою, ніж знос жала паяльника, оскільки вартість таких компонентів може в кілька разів перевищувати ціну самого паяльника. [4]

Основна перевага паяльної станції перед звичайним паяльником полягає в наявності блоку електронного регулювання. Цей блок дозволяє плавно і точно змінювати температуру, захищаючи пристрої від перевантажень. Паяльні станції можна розділити на дві групи:

- **Контактні станції** – складаються з блоку управління з терморегулятором, що контролює температуру звичайного паяльника.
- **Безконтактні станції** – представлені термофенами, які нагрівають компоненти за допомогою гарячого повітря.

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Нині значну конкуренцію складають пристрої з інфрачервоним нагрівом, який нагріває як припій, так і компоненти. За типом управління паяльні станції також поділяються на:

- **Цифрові станції** – побудовані на основі мікроконтролерів, що реалізують управління за допомогою пропорційно-інтегрально-диференційного (ПІД) регулятора. ПІД-регулятор забезпечує формування керуючого сигналу для переходу в стабільний температурний режим. Він генерує імпульс, що складається з трьох компонентів: пропорційного до різниці між вхідним сигналом і зворотним зв'язком.

Друге значення є інтегральною величиною, отриманою із сигналу розбіжності, а третє — похідною від цього сигналу. Процес роботи, описаний вище, заснований на регулюванні потужності, що надходить до нагрівача. Якщо температура жала паяльника знижується нижче встановленого рівня, потужність нагріву збільшується незначно, і нагрів продовжується, поки не досягне заданого значення. Коли жало охолоджується під час пайки деталей і різниця між заданою та фактичною температурою збільшується, ПІД-регулятор пропорційно підвищує потужність для досягнення необхідного рівня. Цифровий метод підтримки температури є більш точним порівняно з аналоговим.

У станціях з аналоговим управлінням температура регулюється за допомогою циклічних включень і вимкнень нагрівального елемента. Коли температура, виміряна термопарою, досягає значення, встановленого на блоці, нагрівальний елемент вимикається. Після зниження температури процес нагріву запускається заново. Цей метод управління часто призводить до перегріву жала через нелінійність нагріву та труднощі з підтриманням точної температури.

Паяльна станція — це багатофункціональний настільний інструмент для пайки, призначений для використання в електроніці та електротехніці. Вона дозволяє паяти чутливі електронні компоненти з дотриманням технічних вимог щодо температури, тривалості нагріву, рівномірності та швидкості нагрівання, а

						ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
							12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

також розмірів зони пайки.

Конструктивно паяльна станція складається з одного або кількох паяльних пристроїв, підключених до основного блоку, який містить елементи керування та індикацію. Станція також може включати допоміжні елементи, такі як фіксатори, штативи, підставки та засоби очищення жала. Ці пристрої оснащені всім необхідним для якісного та швидкого монтажу й демонтажу електронних компонентів при ручній пайці. Особлива увага приділяється зручності використання, що важливо при великому обсязі робіт та регулярній потребі в пайці. Це робить паяльні станції ідеальними для професійного застосування в радіомонтажі та ремонті. Зазвичай вони використовуються в майстернях з ремонту електроніки, радіолабораторіях, а також іноді на виробничих підприємствах. [7]

Прості паяльні станції також використовуються на побутовому рівні в домашніх майстернях. Конфігурація та оснащення таких станцій можуть значно відрізнятися залежно від специфічних потреб і умов їх використання. У зв'язку з цим станції іноді розподіляють на монтажні та демонтажні, хоча ця класифікація є умовною, оскільки багато моделей допускають підключення додаткових пристроїв за бажанням користувача.

Температура жала паяльної станції може вільно налаштовуватися оператором у широкому діапазоні, зазвичай від 100 до 480 °С. Станції з температурою понад 500 °С практично не використовуються, що робить їх придатними тільки для пайки з м'якими припоями. Деякі моделі мають фіксовану робочу температуру без можливості регулювання.

Поширення паяльних станцій пояснюється тим, що ручна пайка в електроніці з використанням простих паяльників вже не відповідає сучасним вимогам якості. Через тенденції до інтеграції, мініатюризації та здешевлення електронних компонентів для масового виробництва їхня стійкість до теплових пошкоджень зменшилася. Невеликі деталі з дрібними контактами легко перегріти через їхню малу теплоємність і незначну площу розсіювання тепла. Це також

										ЕлІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
											13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

стосується струмопровідних доріжок на друкованих платах, які при перегріванні можуть відшаровуватися через руйнування клею, що їх утримує.

Крім того, для корпусів електронних компонентів дедалі частіше замість металів і кераміки використовують спеціальні пластмаси, які є дешевшими і зручнішими у виробництві, але мають гірші теплові властивості і не витримують термічних ударів. Масовий перехід до безсвинцевих припоїв, які мають вищу температуру плавлення на кілька десятків градусів порівняно зі свинцевими, ускладнює процес пайки. Це підвищує температурні режими до критичних значень, що вимагає обмеження тривалості пайки та звужує допустимий температурний діапазон.

Недотримання температурного режиму пайки може значно вплинути на якість паяних з'єднань. Для забезпечення достатнього прогріву та змочування паяних поверхонь, а також для досягнення оптимальної плинності припою, його температура повинна бути на 30-40 °С вищою за температуру його ліквідусу. Однак, при надмірно високих температурах флюс починає перегріватися, втрачаючи свою хімічну активність. Це призводить до недостатнього очищення поверхонь від окислів, внаслідок чого утворюється ненадійний електричний контакт. Один із найпоширеніших дефектів — «холодне паяння», яке важко виявити та діагностувати. У процесі роботи обладнання з таким з'єднанням може спостерігатися нестабільний електричний контакт між компонентами, що призводить до непередбачуваних несправностей і ускладнює ремонт.

Коли на паяних поверхнях присутні метали, що добре розчиняються в припої (наприклад, золото або срібло), тривалість пайки набуває ще більшого значення. При надмірно тривалому нагріванні в припій потрапляє велика кількість домішок, що призводить до утворення інтерметалічних сполук. Такі сполуки зазвичай є крихкими і можуть погіршувати механічні властивості з'єднання.

Таким чином, ризики виникнення негативних наслідків через порушення температурного профілю пайки збільшуються, що вимагає застосування високоточних паяльних пристроїв.

						ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
							14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Слід зазначити, що всі сучасні електронні компоненти розробляються з орієнтацією на можливість автоматизованого масового виробництва. Технологія поверхневого монтажу продовжує розвиватися, з'являються нові мініатюрні розміри дискретних компонентів та нові типи корпусів мікросхем, а щільність розташування елементів зростає. Розміри електричних контактів стають дедалі меншими, що ускладнює ручне встановлення та пайку таких компонентів.

Найскладнішими для ручної пайки є BGA-компоненти, численні контакти яких розміщені на нижній, прихованій поверхні корпусу. Розплавлення припою можливе лише шляхом наскрізного прогрівання компонента, що вимагає дуже обережного та рівномірного підведення тепла.

Процес пайки ускладнюється тим, що припійні кульки на нижній поверхні корпусу інтенсивно передають тепло на друковану плату і тому швидко охолоджуються. Крім того, перевірити якість пайки BGA-компонента без використання спеціальних технічних засобів, таких як рентгенівські камери, майже неможливо. Тому суворе дотримання заданого температурного профілю стає основним фактором, що забезпечує якість пайки. BGA мікросхеми дедалі частіше застосовуються в побутовій електроніці, що потребує впровадження нових методів ручної пайки, схожих із технологіями безконтактного групового нагріву, які використовуються в масовому виробництві електроніки. Паяльні станції забезпечують відповідні засоби для такої пайки, зокрема, термоповітряні та інфрачервоні нагрівачі. [6]

Основний елемент, що визначає робочі можливості станції, — це її паяльний інструмент. Для виконання різних завдань існують спеціальні інструменти, тому паяльні станції можуть комплектуватися одразу декількома з них.

До основних пристроїв для здійснення пайки відносяться:

- стандартні паяльники різних типів;
- ультразвуковий паяльник;
- термоповітряний нагрівач (термофен);
- демонтажний паяльний пінцет (термопінцет) для SMD-компонентів;

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

- демонтажний помповий паяльник для компонентів з наскрізним монтажем;
- інфрачервоний нагрівач.

Паяльник є найпоширенішим інструментом у складі станцій, причому такі станції можуть бути оснащені кількома паяльниками різних типів і потужностей. Це дозволяє уникнути витрат часу на переналаштування одного інструмента при необхідності змінити форму жала або його температуру, що особливо зручно при виконанні великого обсягу робіт. У деяких станціях можуть використовуватися спеціалізовані або нетипові паяльники, такі як ультразвукові та індукційні моделі.

Паяльники в складі паяльних станцій виступають як інструмент для локального (контактного) нагрівання.

Порівняно зі звичайними окремими паяльниками, паяльні станції мають низку переваг:

#### 1. Покращені робочі характеристики:

- Температуру робочої частини паяльника можна налаштовувати в широкому діапазоні залежно від типу припою, що використовується.
- Задана температура автоматично підтримується з високою точністю, незалежно від типу роботи оператора та швидкості охолодження робочої частини.
- Є засоби індикації робочого режиму, включаючи відображення поточної температури.
- У деяких моделях передбачена технологія ультразвукової пайки.

#### 2. Вища якість нагрівального елемента:

- Забезпечується довший термін служби завдяки використанню керамічних нагрівачів або нагрівачів інших типів (наприклад, індукційних), які мають триваліший ресурс порівняно з дротяними нагрівачами.
- Паяльники швидше нагріваються і переходять у робочий режим за 10-20 секунд, особливо при використанні індукційного нагріву.
- Підвищений ККД паяльника завдяки використанню стрижневих

						ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
							16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			



нагрівачів і трубчастих жал.

### 3. Наявність блоку живлення:

- Забезпечується обов'язкова гальванічна розв'язка нагрівального елемента від електромережі, що унеможлиблює ураження високою напругою паяних деталей у разі порушення ізоляції між нагрівачем та жалом. Це також знижує ризик короткого замикання, особливо якщо паяні компоненти були заземлені.
- Нагрівальний елемент працює на зниженій напрузі (10-30 В), що підвищує безпеку використання та зменшує ймовірність раптового пробоя ізоляції. Крім того, робота на низькій напрузі дозволяє підвищити потужність і тривалість служби нагрівача завдяки використанню в його конструкції дроту більшої товщини, який стійкіший до перегорання.
- Забезпечується заземлення всього пристрою, включаючи жало паяльника. Це знижує ризик пошкодження електронних компонентів через статичну електрику на жалі або паразитну ємнісну напругу, що може виникати від нагрівального елемента.
- Наявність запобіжника захищає пристрій від перевантаження у разі аварійних ситуацій.

### 4. Зручність використання:

- Робоча частина паяльника є компактнішою та легшою, що зменшує втому оператора та дозволяє виконувати тонкі й точні операції.
- Конструкція станції включає весь необхідний набір допоміжних засобів для ефективною та якісної пайки (підставка для жала, засіб очищення жала тощо).
- У деяких моделях є режими автоматичного вимкнення.
- Деякі паяльні станції обладнані додатковими пристроями (термофен, помповий паяльник тощо).

### Недоліки:

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

- Громіздкість паяльної станції обмежує її використання поза стаціонарним робочим місцем, що унеможлиблює її застосування в умовах, що потребують мобільності.
- Для багатьох простих задач конструкція станції є надто складною та часто не потрібною (наприклад, під час лудіння металевих поверхонь чи пайки простих деталей: проводів, роз'ємів та інших металевих елементів), що впливає на вартість.

**Демонтаж компонентів** з друкованих плат є особливо складним завданням.

У процесі діагностики часто необхідно тимчасово відпаяти певні компоненти для перевірки їхньої справності. Це потребує делікатного підходу, оскільки, якщо компонент виявиться робочим, його потрібно повернути на місце без погіршення якості. Компоненти з великою кількістю виводів особливо важко відокремити від плати без їх пошкодження або пошкодження навколишньої області плати. Для успішного механічного від'єднання таких деталей потрібно або одночасно розтопити припій на всіх паяних контактах, або поступово видаляти припій з кожного контакту, що є досить складним завданням.

Існує багато методів демонтажу електронних компонентів, і для цього розроблено чимало допоміжних засобів: ручні механічні помпи для припою, мідні плетені стрічки, спеціальні форми жал для паяльників тощо. Для паяльних станцій обираються найбільш ефективні та зручні засоби, які найкраще підходять для професійного використання при регулярних ремонтних роботах. До них належать:

**Паяльний пінцет (термопінцет)** — це інструмент, що складається з двох малопотужних паяльників, встановлених на спільній осі. Він спеціально призначений для демонтажу дискретних компонентів поверхневого монтажу з двома виводами (таких як SMD-резистори, діоди, конденсатори тощо). Пінцет дозволяє швидко та акуратно знімати компоненти, зводячи до мінімуму вплив на сусідні ділянки друкованої плати. Існують різні варіації паяльних пінцетів, включаючи моделі зі спеціальною формою наконечників, що дозволяє демонтувати багатовивідні компоненти поверхневого монтажу, зокрема

						ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
							18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

мікросхеми.

Помповий паяльник зазвичай має трубчасте жало та виконаний у формі пістолета. При натисканні оператором, через жало паяльника втягується потік повітря, завдяки компресору, вбудованому в основний блок станції. У корпусі пістолета є резервуар для збору припою, який потребує періодичного очищення.

Цей інструмент ідеально підходить для демонтажу мікросхем у DIP-корпусах і наскрізних дискретних компонентів. Спочатку трубчасте жало одягається на припаяний контакт деталі, розтоплюючи припій; після цього потік повітря всмоктує розплавлений припій у резервуар, одночасно охолоджуючи зону пайки. Припій видаляється послідовно з кожного контакту деталі, що дозволяє повністю очистити металеві контакти та отвори, в які встановлено компонент. [3]

У підсумку компонент можна легко зняти з друкованої плати без пошкодження струмопровідних доріжок, контактних майданчиків або металізованих отворів. Крім того, помповий паяльник ефективно видаляє надлишковий припій з будь-яких ділянок пайки, що робить його корисним для демонтажу роз'ємів, провідників і очищення контактів. Цей специфічний інструмент зазвичай входить до складу лише окремих демонтажних паяльних станцій. Деякі помпові паяльники розроблені спеціально для зняття компонентів поверхневого монтажу та дозволяють встановлювати різні насадки для компонентів різних розмірів.

Режим всмоктування повітря також застосовується для утримання мікросхеми та зняття її з плати.

Засоби групового (безконтактного) нагрівання використовуються для демонтажу багатовивідних компонентів, таких як мікросхеми, створені за технологією поверхневого монтажу. До таких засобів відносяться термоповітряні та інфрачервоні нагрівачі.

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

## 1.2 Науково-дослідна частина

Основна перевага паяльної станції над класичним паяльником полягає в наявності блоку електронного регулювання. Цей блок забезпечує плавне і точне налаштування температури, захищаючи підключені пристрої від перевантажень.

Паяльні станції поділяються на два основні типи:

- **Контактні станції** – оснащені електронним блоком із терморегулятором, який керує звичайним паяльником.
- **Безконтактні станції** – представлені у вигляді термофенів, що нагрівають радіокомпоненти за допомогою гарячого потоку повітря. Серед цих станцій особливо поширені моделі з інфрачервоним нагріванням, яке розігріває припій і самі компоненти випромінюванням.

За типом управління паяльні станції також поділяються на:

- **Цифрові станції** – працюють на основі мікроконтролерів, де управління реалізовано через пропорційно-інтегрально-диференційний (ПІД) регулятор. Цей регулятор генерує сигнал для переходу до стабільного температурного режиму, а керуючий імпульс складається з трьох компонентів: перший пропорційний різниці між вхідним сигналом і сигналом, що надходить за зворотним зв'язком; другий є інтегральною величиною від сигналу розбіжності, а третій — похідною від цього сигналу.

Робота ПІД-регулятора полягає в регулюванні потужності, що надходить до нагрівача. Якщо температура жала знижується нижче встановленого рівня, регулятор збільшує потужність нагрівання до досягнення потрібної температури. При пайці, коли жало охолоджується, різниця між заданою і поточною температурою збільшується, і ПІД-регулятор автоматично підвищує потужність для відновлення температури. Цифровий метод контролю температури є точнішим порівняно з аналоговим.

- **Станції з аналоговим управлінням** – регулюють температуру шляхом постійного включення і вимикання нагрівального елемента. Коли

						ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			20

температура, виміряна термопарою, досягає заданого значення, нагрівач відключається; при зниженні температури нагрівання поновлюється. Цей метод часто призводить до перегріву жала через нелінійний характер нагрівання та обмежену точність підтримання встановленої температури.

### **Порівняння характеристик паяльних станцій**

Умовно паяльні станції можна поділити за кількістю підтримуваних пристроїв:

- **Одноканальні станції** – розраховані для підключення лише одного інструменту, такого як паяльник або фен.
- **Двоканальні станції** – оснащені паяльником і феном або двома паяльниками, кожен з яких має незалежне управління і можливість налаштування різних робочих температур. Якість і зручність роботи значною мірою залежать від характеристик робочих інструментів, таких як тип нагрівальних елементів, їх потужність, швидкість розігріву, діапазон налаштування температури та точність її підтримання. Важливими критеріями при виборі станції є також розміри пристрою, тип корпусу та вага.

**Характеристики паяльників для паяльних станцій** розрізняються за робочою напругою, потужністю та типом нагрівального елемента:

- **Керамічний нагрівальний елемент** має високу потужність, тривалий термін служби та короткий час розігріву в порівнянні з ніхромовим нагрівачем. Керамічні нагрівачі зазвичай використовуються в пристроях, що потребують високої інтенсивності. Їхнім недоліком є вища вартість порівняно з ніхромовими нагрівачами та підвищена крихкість. Серед переваг – обмежена кількість виробників, що забезпечує високу якість виробу та точність показників температури термодатчика, розташованого на самому кінці нагрівального елемента.
- **Ніхромовий нагрівальний елемент** має одну важливу перевагу — низьку ціну, проте супроводжується рядом недоліків. Серед мінусів — повільний

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

розігрів і висока ймовірність обриву спіралі при інтенсивній роботі на граничних температурах. Термопара, що використовується як температурний датчик, знижує точність вимірювання та налаштування температури паяльника.

**Термоповітряні паяльники або термофени** поділяються на два типи:

- **Турбінні** – оснащені вентилятором для нагнітання повітря. Невеликий мотор, розташований прямо в рукоятці фена, створює слабкий потік повітря і викликає вібрацію та шум під час роботи.
- **Компресорні** – забезпечують потік повітря завдяки компресору, розташованому в корпусі станції. Завдяки високій продуктивності компресора, вихідний повітряний потік є більш рівномірним і потужним.

#### **Порівняння функціональних особливостей паяльних станцій:**

Паяльні станції, що підтримують підключення лише одного паяльника, зазвичай не вважаються професійними і є бюджетним варіантом для побутового використання. Такі пристрої зазвичай оснащені аналоговим управлінням, що знижує їхню вартість, але обмежує точність підтримки температури. Це підходить для пайки проводів і простих радіокомпонентів, які не вимагають суворого контролю температури. Ці станції відповідають основним потребам для домашнього використання і підходять для початківців. [6]

Останніми роками найбільшого поширення набули двоканальні паяльні станції, які дозволяють підключити два пристрої — паяльник і фен або два паяльники. Ця комбінація є оптимальною та відповідає більшості потреб майстерень для повсякденного використання.

Деякі двоканальні станції оснащені додатковими функціями, такими як:

- лабораторний блок живлення до 15 В,
- вольтметр для вимірювання постійної напруги до 100 В.

**Паяльна станція** складається з двох основних зон нагріву: зони нижнього підігріву та зони верхнього нагріву чіпа.

- **Зона нижнього підігріву** має достатній розмір, щоб забезпечити прогрів

						ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			22

усієї поверхні плати. Попередній підігрів необхідний для уникнення значних температурних перепадів на платі, що може призвести до її деформації. Нижній підігрів має рівномірно і швидко доводити температуру плати до рівня, достатнього для запобігання пошкодженню компонентів, при цьому забезпечуючи якнайвищу температуру, яка залишається безпечною для плати.

Основними критеріями для оцінки нижнього підігріву є:

- розмір робочої зони нагрівального елемента.
- **Зона верхнього нагріву чіпа** відповідає за нагрів верхньої частини корпусу чіпа. Це завдання ускладнюється тим, що монтаж і демонтаж чіпів проводять при високих температурах (200–370 °С), де важливо точно контролювати температуру корпусу чіпа, запобігаючи перегріву. Потрібно підібрати таку температуру, яка дозволить розплавити припій під чіпом, але не зашкодить йому. Перегрів чіпа може призвести до його виходу з ладу, а недостатня температура не дозволить розплавити припій, що унеможливить зняття чіпа з плати. Нагрівання має бути локальним, оскільки перегрів інших компонентів на платі є неприпустимим.

До основних критеріїв оцінки **зони нагріву чіпа** відносяться:

- тип нагрівального елемента;
- розмір робочої зони нагріву;
- інерційність прогріву нагрівального елемента.

Контроль температури в зоні нагріву здійснюється різними технічними методами, але виділимо загальні критерії:

- точність датчиків;
- зручність роботи з датчиками.

**Простота роботи з пристроєм** є важливим фактором, навіть для висококваліфікованого майстра, оскільки завжди існує людський фактор. Наприклад, відволікання оператора може призвести до перегріву чіпа і його пошкодження. Це неприпустимо, адже при роботі на високих температурах

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

перегрітися може не тільки чіп, а й сама плата, що призведе до незворотних наслідків.

Основні критерії, що визначають простоту та зручність роботи на станціях:

- складність початкового налаштування станції;
- необхідність постійної корекції налаштувань;
- зручність користування інтерфейсом і комфорт роботи з пристроєм у цілому;
- здатність приладу контролювати нагрівальні впливи з плином часу.

**Надійність і ремонтпридатність** є важливими показниками. Паяльна станція містить багато компонентів, і вихід з ладу будь-якого з них не повинен створювати проблем для майстра.

Основні критерії ремонтпридатності станції:

- можливість швидкого виявлення пошкодженого компонента;
- вартість компонентів станції;
- швидкість заміни несправної частини.

Станція має розміщуватися в закритому приміщенні, а її ергономічні характеристики важливі для забезпечення якості роботи. Тому розмір і користувацькі властивості станції є важливими критеріями при техніко-економічній оцінці тієї чи іншої моделі.

У сучасній майстерні для повного ремонту техніки необхідна велика кількість приладів, обладнання та інструментів, кожен з яких займає місце. В умовах міста економічно недоцільно, а іноді й неможливо мати велику робочу площу. Компактне розміщення обладнання для ремонту також сприяє якості виконання робіт.

Огляд цін паяльних станцій

Розкид цін на ринку паяльних станцій дуже великий і залежить від виробника, магазину та регіону. Розглянемо тільки двоканальні паяльні станції напівпрофесійного класу таких марок як: Weller, Ersa, Hakko, Quick, Lukey. Якщо розглядати найбільші і зарекомендували себе магазини, отримуємо вартість:

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24



1. Weller WX2020

У комплект поставки входить:

Двоканальний блок WX 2 1шт

Паяльник WXP 120- 2 шт

Жало ХТ В- 2шт.

Підставка WDH 10- 2шт

Ціна зараз: приблизно 1.200\$

2. Ersa I-CON2 У комплект поставки входить:

Блок управління Ersa IC 2000A- 1 шт

Паяльник 100CDJ i-tool- 2 шт

Підставка для паяльника- 1 шт

Ціна зараз: від 1000 \$

3. Накко 928 ESD

У комплект поставки входить:

Блок управління Накко 928 ESD- 1 шт.

Паяльник Накко 900-А ESD- 1 шт.

Паяльник Накко 900-В ESD- 1 шт.

Підставка для паяльника Накко 631- 1 шт.

Ціна зараз: від 500\$

4. Quick 704

В комплект поставки входить:

Термоповітряний станція Quick 704- 1 шт

Паяльник- 1 шт

Термофен- 1 шт

Насадки для фена- 4 шт

Підставка для паяльника- 1 шт

Ціна зараз: від 250 \$

5. Lukey 852D + В комплект поставки входить:

Термоповітряний станція Lukey 852D- 1 шт

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Паяльник- 1 шт

Підставка для паяльника- 1 шт

Термофен- 1 шт

Насадки для фена- 4 шт.

Ціна зараз: від 100\$

Аналіз ринку паяльних станцій і їхньої вартості показав, що за суму приблизно в 150 доларів можна придбати пристрій зі стандартною комплектацією (для цього сегмента обладнання) і досить високою якістю використовуваних матеріалів і компонентів. Така паяльна станція належить до аналогових моделей з цифровим блоком індикації, що задовольняє основні потреби фахівців, які займаються ремонтом електроніки, і цілком підходить для використання в ремонтній майстерні.

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

## 1.3 Розроблення електронної системи чи пристрою з використанням отриманих результатів дослідження

### 1.3.1 Обґрунтування алгоритму функціонування пристрою

Пристрій складається з джерела живлення, блоку контролю температури та блоку індикації.

Блок живлення складається з трьох частин: трансформатора, випрямляча та стабілізатора.

Трансформатор (Т1) знижує мережеву напругу (220-250 В), яка надходить на первинну обмотку (I), до рівня 12-20 В, що знімається з вторинної обмотки (II). Крім того, трансформатор забезпечує гальванічну розв'язку між електромережею і живленням пристрою, що є важливою функцією. У випадку виходу трансформатора з ладу (наприклад, через стрибок напруги) напруга мережі не зможе потрапити на вторинну обмотку і, відповідно, на сам пристрій, оскільки первинна і вторинна обмотки надійно ізольовані одна від одної. Це знижує ризик ураження електричним струмом.

Випрямляч отримує знижене змінне напруження 12-20 В з вторинної обмотки трансформатора Т1. Випрямляч складається з діодного моста VD1, який перетворює змінну напругу з вторинної обмотки на постійну. Для згладжування пульсацій після діодного моста встановлений електролітичний конденсатор.

Блок контролю температури працює наступним чином. Після ввімкнення термостабілізатора симістор вмикається, подаючи на вторинну обмотку змінну напругу 24 В, що збільшує ЕРС термопари. Коли ЕРС термопари досягає певного рівня, напруга на виході першого операційного підсилювача перевищує значення, встановлене регулятором температури R14 на неінвертуючому вході компаратора другого операційного підсилювача, і компаратор переключається. Негативна напруга з виходу компаратора закриває транзистор VT1, припиняючи генерацію імпульсів, які підтримують симістор у ввімкненому стані, і паяльник вимикається.

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При охолодженні жала паяльника та термопари напруга на інвертуючому вході компаратора знижується. Коли вона стає нижчою за встановлену, паяльник знову вмикається. Таким чином, температура жала підтримується в межах, заданих резистором R14.

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

### 1.3.2 Обґрунтування структурної схеми пристрою

**Структурна схема** — це схема, яка визначає основні функціональні частини пристрою, їхні взаємозв'язки та призначення. Функціональною частиною вважається складова елемента, пристрою, функціональної групи чи ланки. Структурна схема показує загальну структуру пристрою: його основні блоки, вузли та частини, а також головні зв'язки між ними. Вона має наочно відображати призначення пристрою та принцип його роботи в основних режимах, а також взаємодію його компонентів. Елементи на структурній схемі можна позначати довільно, дотримуючись загальноприйнятих правил для схем.

На структурних електричних схемах (ГОСТ 2.702-75 [4]) основні частини пристрою (елементи, функціональні групи) позначаються у вигляді прямокутників або умовних графічних символів, а зв'язки між ними показують стрілками на лініях взаємозв'язку. Це наочно демонструє послідовність взаємодії функціональних частин пристрою.

Якщо функціональні частини зображені у вигляді прямокутників, то всередині них записують назву функціональної частини, тип елемента або позначення документа. У випадку великої кількості частин можна замінити ці дані порядковими номерами праворуч від зображення або зверху над ним (зазвичай, зліва направо і зверху вниз), а назви, типи та позначення наводять у таблиці, розміщеній на полі схеми.

**Мережевий фільтр** — це електронний фільтр у колі живлення від електромережі. У корпусі пристрою він розміщується як варисторний фільтр для придушення стрибків мережевої напруги та LC-фільтр (індуктивно-ємнісний) для придушення високочастотних завад.

**Блок живлення** — це вторинне джерело, яке забезпечує живлення електроприладу електроенергією, відповідаючи вимогам параметрів (напруги, струму тощо) шляхом перетворення енергії з інших джерел живлення.

									ЕлІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
										29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

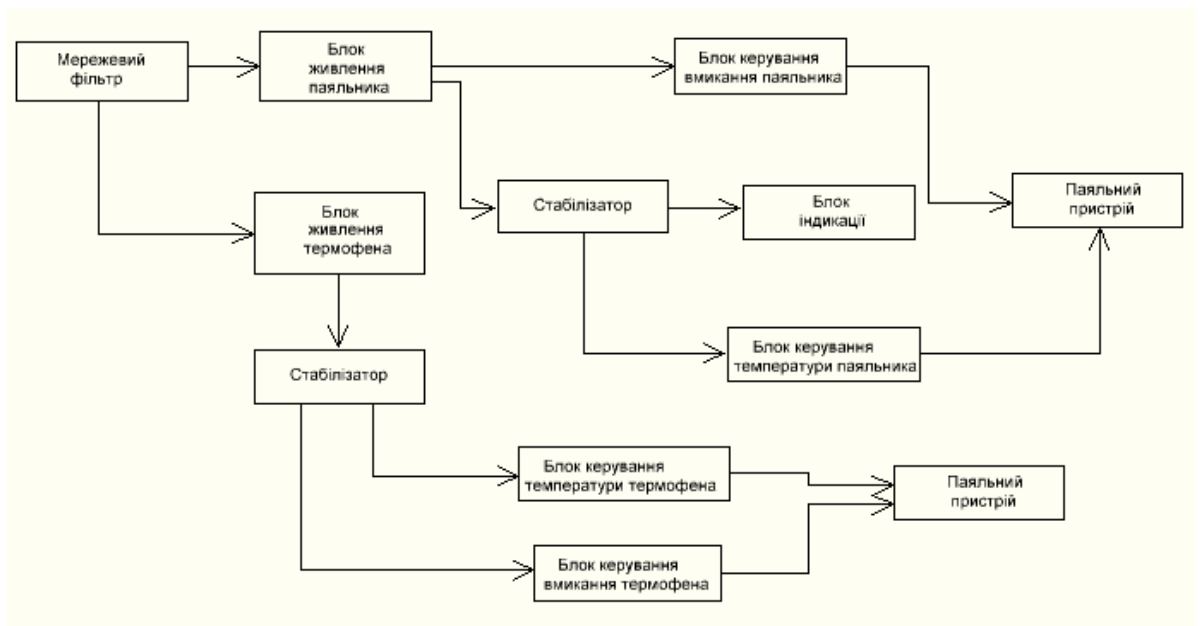


Рисунок 1.3- Структурна схема паяльної станції

Завдання вторинного джерела живлення:

- **Забезпечення передачі потужності** – передача заданої потужності з мінімальними втратами і дотриманням вихідних характеристик без пошкоджень. Потужність джерела живлення зазвичай передбачають із запасом.
- **Перетворення форми напруги** – зміна змінної напруги на постійну і навпаки, а також перетворення частоти, формування імпульсів тощо. Часто потрібно перетворення змінної напруги промислової частоти на постійну.
- **Перетворення величини напруги** – підвищення чи зниження напруги. Часто потрібно набір різних рівнів напруги для живлення окремих ланцюгів.
- **Стабілізація** – вихідна напруга, струм та інші параметри повинні залишатися в допустимих межах, незважаючи на коливання вхідної напруги або навантаження. Зазвичай стабілізується напруга на навантаженні, а для деяких випадків (наприклад, зарядки акумуляторів) — струм.
- **Захист** – при несправності (короткому замиканні тощо) напруга або струм навантаження можуть вийти за допустимі межі, що може пошкодити

електроприлад або джерело живлення. Також потрібен захист від небажаного проходження струму, наприклад, через землю при випадковому дотику до струмоведучих частин.

- **Гальванічна розв'язка кіл** – захищає від протікання струму по небажаних шляхах.
- **Регулювання** – у процесі роботи може виникнути потреба в налаштуванні параметрів для забезпечення правильної роботи електроприладу.
- **Керування** – включає регулювання, увімкнення/вимкнення певних кіл або всього джерела живлення. Керування може бути як безпосереднім (через органи управління на корпусі), так і дистанційним або програмним.
- **Контроль** – відображення параметрів на вході та виході джерела живлення, стану кіл, спрацювання захистів. Контроль може здійснюватися як безпосередньо, так і дистанційно.

**Стабілізатор напруги** – це перетворювач електроенергії, який підтримує напругу в заданих межах, навіть при значних коливаннях вхідної напруги і опору навантаження. [8]

Це пристрої, призначені для автоматичного підтримання стабільного значення електричної напруги на входах споживачів електроенергії (стабілізатори напруги) або сили струму в їхніх колах (стабілізатори струму), незалежно від коливань напруги в мережі живлення та зміни навантаження. Стабілізатор забезпечує стабільну напругу на виході лише в межах допустимих відхилень (робочого діапазону) мережі. Якщо коливання виходять за ці межі (значні перевищення, глибокі короточасні провали або повна відсутність напруги), стабілізатор відключає підключені прилади, які залишаються знеструмленими.

**Діапазон вхідної напруги** — нарівні з точністю стабілізації є однією з найважливіших характеристик стабілізатора і включає два категорії:

- **Робочий діапазон** – межі, у яких стабілізатор забезпечує задану точність, наприклад,  $220\text{ В} \pm 5\%$ .
- **Граничний діапазон** – діапазон, у межах якого стабілізатор зберігає

						ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			31

працездатність, але напруга на виході може відрізнятись від заявленої до 15-18%. Якщо вхідна напруга виходить за граничні межі, стабілізатор відключає пристрої, але сам залишається підключеним до мережі та контролює її, щоб знову включити пристрої, коли напруга повернеться до робочого діапазону.

**Захист від перевантаження та короткого замикання на виході** — якщо потужність, що знімається зі стабілізатора, на 5-50% перевищує номінальну протягом тривалого періоду (від 0,1 сек до 1 хв або більше), спрацьовує система захисту (час спрацьовування залежить від рівня навантаження), яка відключає стабілізатор і запобігає його виходу з ладу. У разі короткого замикання в підключеній мережі стабілізатор також вимикається. Після усунення причини короткого замикання можна знову ввімкнути пристрій.

**Блок керування увімкненням** пальника побудований на симісторі та оптопарі. Після підключення до мережі змінна напруга надходить на один із електродів симістора. На керуючий електрод надходить негативна напруга з діодного моста. При перевищенні порогу увімкнення симістор відкривається, і струм надходить до навантаження. При зміні полярності вхідної напруги симістор замикається, і процес повторюється.

Чим вища керуюча напруга, тим швидше вмикається симістор, і тривалість імпульсу на навантаженні зростає. При зниженні керуючої напруги тривалість імпульсів зменшується. Після симістора напруга набуває пилкоподібної форми з регульованою тривалістю імпульсу. [10]

Блок керування температурою паяльника побудований на основі мікросхеми LM358 та допоміжних компонентів. LM358 – це підсилювач постійного струму з диференціальним входом і зазвичай одним виходом, який має високий коефіцієнт посилення. Операційні підсилювачі (ОУ) зазвичай використовуються в схемах з глибоким негативним зворотним зв'язком, яка завдяки високому коефіцієнту посилення ОУ, визначає загальний коефіцієнт підсилення або передачі схеми

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32



На сьогодні операційні підсилювачі широко застосовуються як у вигляді окремих мікросхем, так і як функціональні блоки в складі більш складних інтегральних схем. Їхня популярність пояснюється тим, що ОУ є універсальними блоками з характеристиками, близькими до ідеальних, на основі яких можна створити безліч електронних вузлів.

Блок індикації – призначений для відображення температури паяльника. Він виконаний на основі мікросхеми ICL7107 та допоміжних елементів.

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

### 1.3.3 Розроблення схеми електричної функціональної пристрою

Функціональна схема паяльної станції зображена на Рисунку 1.4.

Схеми автоматизації загалом розробляються для технологічної (інженерної) системи або її складової частини, такої як технологічна лінія, блок обладнання, установка чи агрегат. Схему автоматизації можна поєднувати зі схемою з'єднань (монтажною), що виконується у складі основного комплекту, або з іншими схемами інженерних систем.

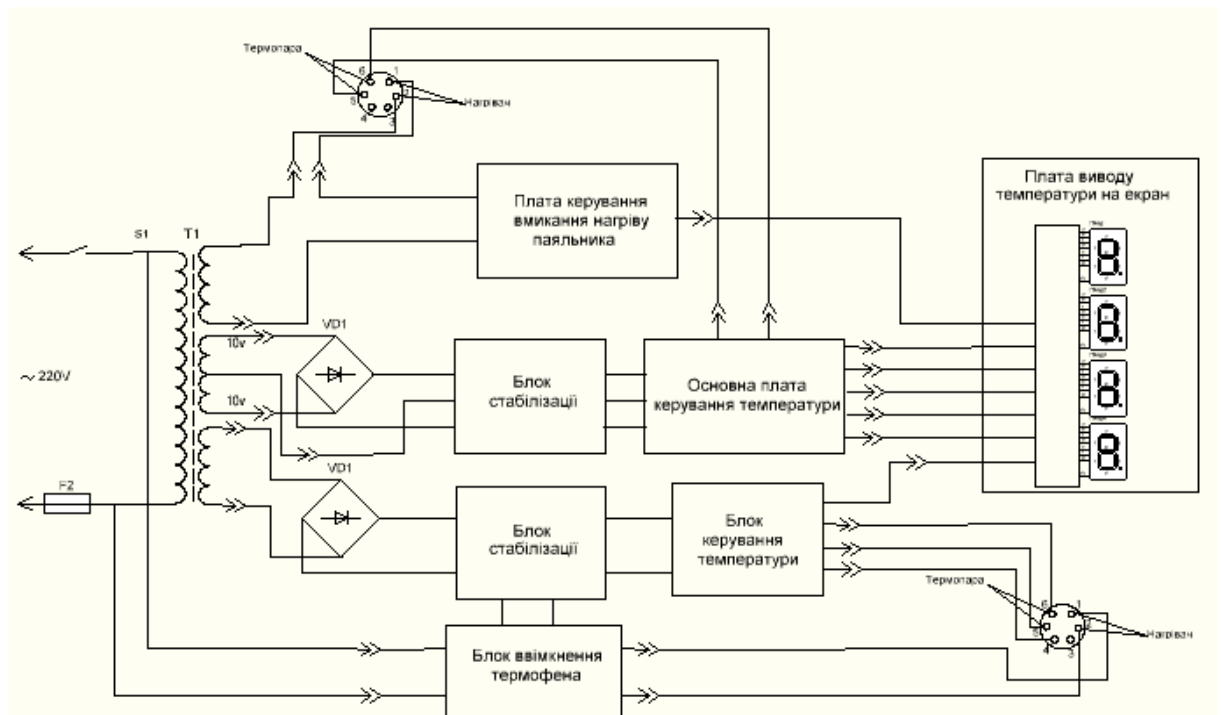


Рисунок 1.4- Функціональна схема паяльної станції

На схемі автоматизації зображають:

1. технологічне й інженерне обладнання та комунікації (трубопроводи, газоходи, повітропроводи) об'єкта автоматизації;
2. технічні засоби автоматизації або контури контролю, регулювання та управління (сукупність функціонально зв'язаних приладів, які виконують завдання з контролю, регулювання, сигналізації, управління тощо);
3. лінії зв'язку між окремими технічними засобами автоматизації або контурами (за потреби).

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

**Структурні схеми системи автоматизації** виконуються за вузлами та включають всі елементи системи від датчика до регулюючого органа з позначенням їх розташування та взаємозв'язків.

**Схеми автоматизації визначають:**

- функціонально-блокову структуру вузлів автоматичного контролю, сигналізації, управління та автоматичного регулювання;
- оснащення об'єкта управління приладами та засобами автоматизації, включаючи засоби обчислювальної техніки (ЗОТ).

При розробці схем вирішуються такі завдання:

- отримання інформації про стан технологічного устаткування;
- безпосередній вплив на технологічний процес для його керування;
- стабілізація технологічних параметрів;
- контроль та реєстрація параметрів процесу і стану обладнання.

Ці завдання реалізуються на базі технічних засобів автоматизації (ТЗА), включаючи ЗОТ.

**Результатом розробки схем автоматизації є:**

- вибір методів вимірювання технологічних параметрів;
- вибір основних технічних засобів автоматизації;
- визначення приводів виконавчих механізмів, які автоматично або дистанційно керують регулюючими та запірними органами;
- розміщення ТЗА на щитах і пультах, технологічному обладнанні та трубопроводах.

**Умови розробки функціональних схем (схем автоматизації):**

1. Система повинна дозволяти розширення функцій керування, дотримуючись принципу відкритості.
2. Вона має базуватися на технічних засобах автоматизації (ТЗА) державної системи промислових приладів і засобів автоматизації (ДСП).
3. Система повинна використовувати уніфіковані комплекси, що забезпечує значні переваги в монтажі, налаштуванні, експлуатації та ремонті.

						ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			35

4. Вибір ТЗА здійснюється на основі таких умов:

- характеристик виробничого середовища (врахування пожежо- та вибухонебезпечності, запиленості, агресивності та токсичності середовища);
- параметрів вимірюваного середовища;
- допустимих відстаней між датчиками, виконавчими механізмами та регулюючими пристроями;
- вимог до точності та швидкодії системи.

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

### 1.3.4 Розроблення схеми електричної принципової

**Схема електрична принципова**, зображена на Рисунку 1.5, є графічним зображенням зв'язків між елементами електричного пристрою, виконаним за допомогою умовних графічних та буквено-цифрових позначень. На відміну від розводки друкованої плати, принципова схема не показує фізичне розташування елементів, а лише вказує, які елементи з'єднані між собою. Зазвичай створення принципової схеми є проміжним етапом при розробці радіоелектронного пристрою, що йде між етапами розробки функціональної схеми та проектування друкованої плати.

Принципова електрична схема виступає своєрідною «картою» всіх електричних з'єднань пристрою. Вона не тільки забезпечує повне розуміння проекту, але й дозволяє на її основі розробляти схеми окремих з'єднань та підключень конкретних вузлів. Крім того, за цією схемою проводиться перевірка правильності монтажу обладнання.

Принципові електричні схеми призначені для повного відображення взаємозв'язків між компонентами з урахуванням принципів їхньої роботи та послідовності дій. Умовні позначення на таких схемах показують пристрої та зв'язки між елементами, блоками та модулями.

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

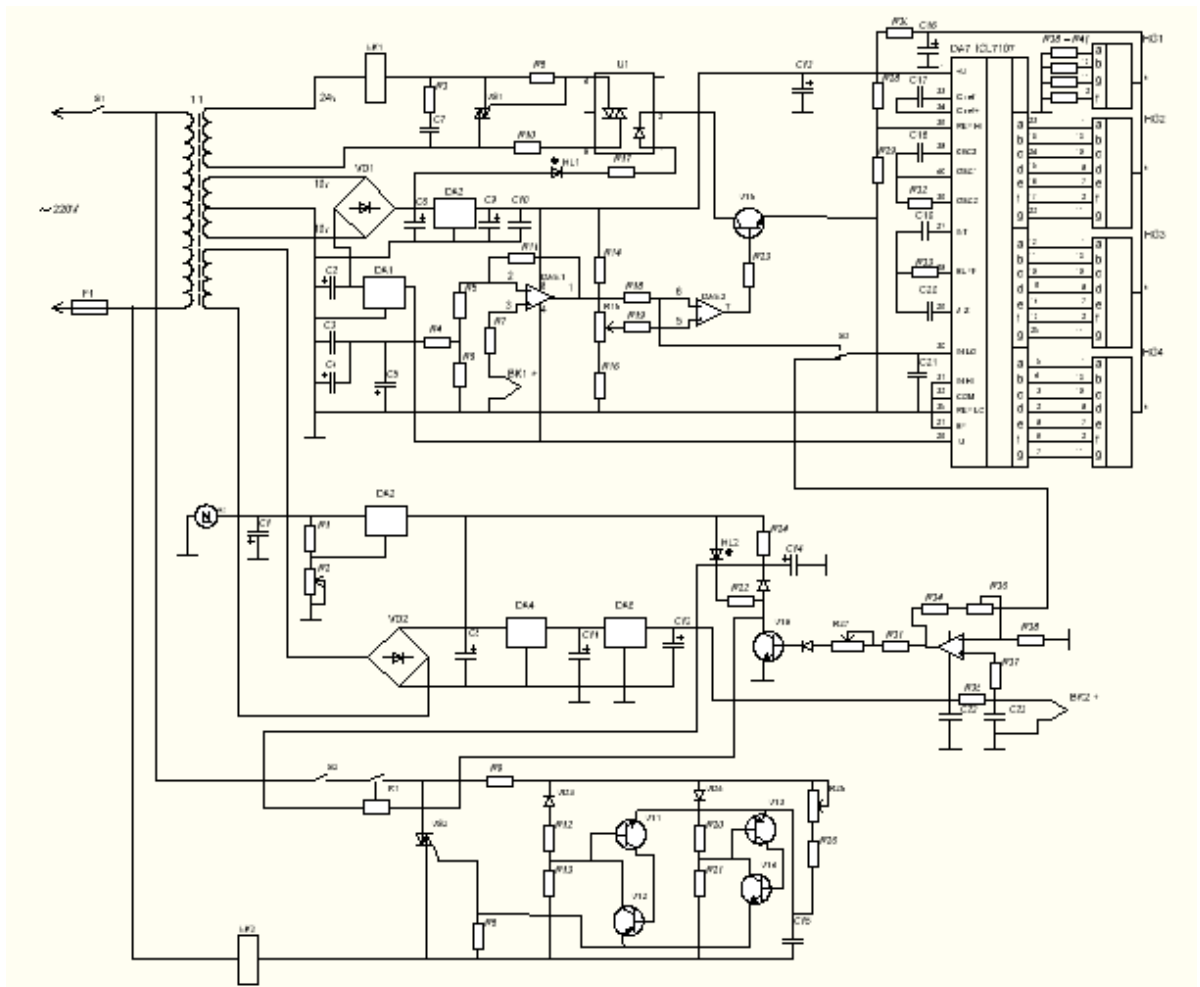


Рисунок 1.5- Схема електрична принципова

На схемі представлена така інформація: умовне зображення принципу дії функціональних вузлів, пояснювальні написи, окремі елементи, діаграми перемикання контактів і перелік використаних пристроїв.

Принципові електросхеми поділяються на два типи:

1. **Повна принципова схема** – використовується для зображення силових мереж. Залежно від призначення, на схемі можуть бути показані окремо кола живлення та розподільчі мережі або їх поєднання. На основі повної схеми створюють «локальні» принципові електросхеми.
2. **Локальні принципові схеми** – включають окремі компоненти, наприклад, схему блоку управління, і містять дані, що стосуються конкретної області виробу.

Принципові електросхеми застосовуються професіоналами під час монтажу

										Арк.
										38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

обладнання, але «локальні» схеми можуть бути корисними й для початківців. Спочатку на схемі визначають систему електроживлення, обмотки, реле, електромагніти та регулятори. Для кожного джерела живлення вказуються вид струму, напруга, фази (у колах змінного струму) та полярність (у колах постійного струму). Це допомагає визначити порядок роботи.

При створенні принципів електричних схем слід враховувати такі фактори:

- Кожен елемент електричного пристрою показується окремо й розташовується на схемі залежно від послідовності дій.
- Усі електричні зв'язки між елементами відображаються на схемі.
- Релейно-контактні схеми розробляються з урахуванням мінімального навантаження контактів реле.
- Схема повинна використовувати мінімально необхідну кількість елементів, що підвищує надійність обладнання.
- Засоби електрозахисту та блокування застосовуються для запобігання аварійним ситуаціям.
- У складних схемах доцільно використовувати сигнальні системи.

Кожен елемент на схемі повинен бути однозначно визначений. Для цього дані про елементи записують у таблицю, яку розміщують на першому аркуші зверху вниз або оформлюють як окремий документ формату А4. Кожен елемент схеми повинен мати позиційне позначення, що складається з літерного символу та порядкового номера. [2]

Наприклад, позначення літерою: резистор – R, конденсатор – С, котушка індуктивності – L, амперметр – А, вольтметр – V, генератор – Г, діод напівпровідниковий – Д, дросель – Др, кнопка – Кн, прилад електронний – Л, двигун – М, запобіжник – Пр, реле – Р, тріод напівпровідниковий – Т, трансформатор – Тр і т.д.

Позиційне позначення розміщують поряд із графічним символом праворуч або зверху. Порядкові номери присвоюються відповідно до послідовності розташування елементів: зверху вниз і зліва направо. Елементи записують у

						ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
							39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

таблицю відповідно до ГОСТ 2.702-75, при цьому в межах кожної групи вони розташовуються в порядку зростання позиційних номерів. Елементи одного типу з однаковими електричними параметрами, які мають на схемі послідовні порядкові номери, можна записувати в графі «Поз.» одним рядком, наприклад, як С1...Сп.

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40



### 1.3.5 Розроблення друкованої плати

Сутність друкованого монтажу полягає в нанесенні на ізоляційну основу тонких електропровідних шарів, які виконують функції монтажних проводів та елементів схеми, таких як резистори, конденсатори, котушки індуктивності та контактні деталі. **Друкована плата** показана на Рисунку 1.6. [8]

Нижче наведені основні терміни, які використовуються у викладенні матеріалу:

- **Друкований провідник** – частина струмопровідного шару, нанесеного на ізоляційну основу, що виконує функції звичайного монтажного проводу.
- **Друкований монтаж** – система друкованих провідників, яка забезпечує електричне з'єднання елементів схеми.
- **Друкована плата** – ізоляційна основа з нанесеним на ній друкованим монтажем.
- **Навісні елементи** – об'ємні електро- та радіоелементи, встановлені та закріплені на друкованій платі способом паяння, які мають електричний контакт з друкованими провідниками.
- **Контактна майданчик** – металізована ділянка навколо монтажного отвору, яка має електричний контакт з друкованим провідником і забезпечує з'єднання навісних елементів схеми з друкованим монтажем.
- **Монтажний отвір** – отвір у друкованій платі, призначений для закріплення виводів навісних елементів та їх електричного з'єднання з друкованими провідниками.
- **Координатна сітка** – сітка, нанесена на зображення плати, яка служить для визначення розташування монтажних отворів, друкованих провідників та інших елементів плати

**Крок координатної сітки** — це відстань між сусідніми лініями сітки, що повинна бути кратною 0,625 мм (0,625; 1,25; 1,875; 2,5 мм тощо). **Вузол координатної сітки** — це точка перетину ліній сітки.

						ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
							41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

- **Вільні місця** – ділянки на друкованій платі, де розміщення провідників дозволяє дотримуватись рекомендованих значень ширини провідників і відстаней між ними та контактними майданчиками.
- **Вузькі місця** – ділянки плати, де при розміщенні провідників їхня ширина та відстані між ними і контактними майданчиками є меншими за рекомендовані, хоча і дотримуються мінімально допустимих значень.
- **Друкований блок** – друкована плата з виконаною схемою, встановленими навісними елементами та іншими деталями, що пройшла всі стадії виробництва.

**Центри всіх отворів** на друкованій платі повинні розташовуватися у вузлах координатної сітки. Якщо конструктивні особливості навісного елемента цього не дозволяють, центри отворів розташовують за вказівками креслення на елемент. Такий підхід використовується для лампових панелей, малогабаритних реле, роз'ємів та інших елементів, з дотриманням таких вимог: центр одного з отворів, обраного як основний, має розташовуватися у вузлі сітки, а центри інших отворів — на вертикальних або горизонтальних лініях сітки.

**Діаметри монтажних і перехідних отворів** (металізованих і неметалізованих) обираються з наступного ряду: (0,2); 0,4; (0,5); 0,6; (0,7); 0,8; (0,9); 1,0; (1,2); 1,3; 1,5; 1,8; 2,0; 2,2; (2,4); (2,6); (2,8); (3,0). Діаметри, не взяті в дужки, є пріоритетними. Не рекомендується використовувати більше трьох різних діаметрів отворів на одній платі.

При прокладанні друкованих провідників слід уникати відгалужень. Кінці провідників, призначені для підключення до схеми, розташовуються з урахуванням зручності застосування перехідних елементів. Ділянки друкованої плати, які не можна займати провідниками, обмежують штрихпунктирною потовщеною лінією.

Габаритні розміри друкованої плати, діаметри та координати отворів, контактних майданчиків і їхнє відносне розташування можна відобразити на кресленні одним із наступних способів:

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

- а) відповідно до вимог ГОСТ 2.307-68, використовуючи розмірні та виносні лінії;
- б) шляхом нанесення координатної сітки;
- в) комбінованим методом, що поєднує розмірні та виносні лінії з координатною сіткою;
- г) за допомогою таблиці координат.

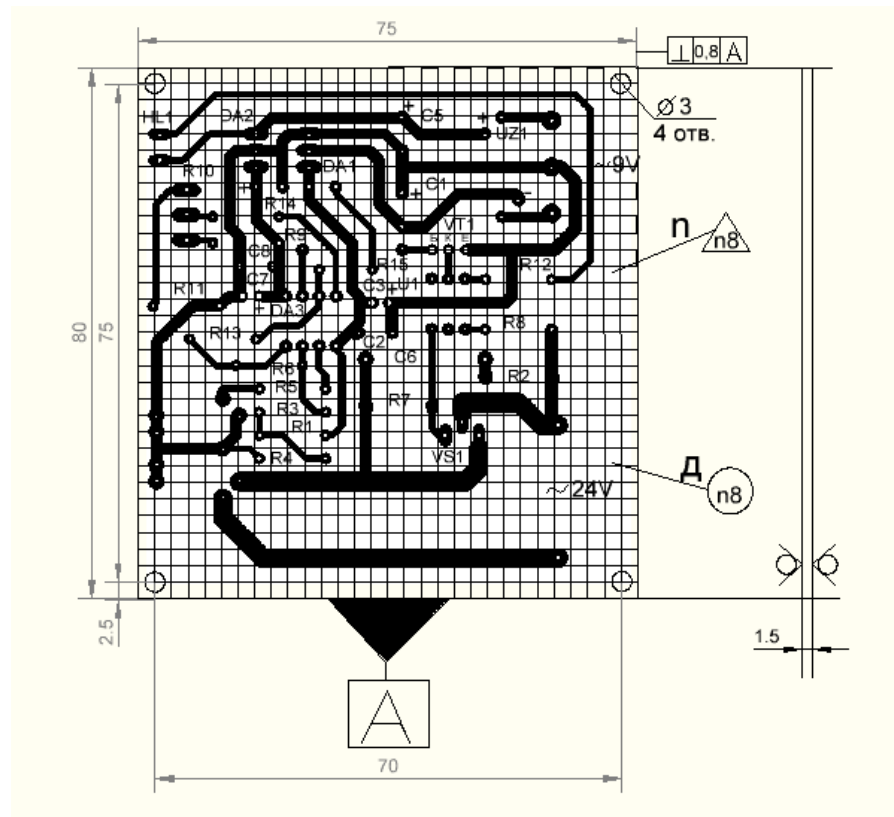


Рисунок 1.6 – Друкована плата

На Рисунку 1.6 показано приклад креслення односторонньої друкованої плати. Розміри всіх елементів вказані за допомогою розмірних і виносних ліній. При такому методі креслення координатна сітка не використовується. Початком відліку обрано центр лівого нижнього отвору плати. Контактні майданчики і отвори із зенкуванням зображені спрощено — однією окружністю.

При нанесенні розмірів за допомогою координатної сітки її лінії повинні бути пронумеровані. Крок нумерації визначають з урахуванням конструктивних особливостей, насиченості та масштабу зображення. Координатну сітку наносять

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

або на все поле плати, або у вигляді позначок по її периметру, залежно від способу виконання документації.

На зображенні плати допускається розміщення маркування (див. Рис. 3) відповідно до вимог ГОСТ 2.314-68. Маркування може бути основним і додатковим. Основне маркування включає умовне позначення плати, порядковий номер зміни креслення, дату виготовлення, серійний або заводський номер плати та партії плат. Умовне позначення плати слід виконувати травленням фольги. Як умовне позначення приймають останні три цифри номера креслення плати або буквено-цифрове позначення функціональної групи, наприклад ЛОГ 2.

### 1.3.6 Вибір елементної бази

Вибір елементної бази здійснюється на основі принципової електричної схеми з урахуванням вимог, викладених у технічному завданні. Експлуатаційна надійність елементної бази значною мірою залежить від правильного вибору типу елементів під час проектування та використання їх у межах допустимих режимів. Варто зазначити, що нижче розглядаються допустимі режими роботи та накладені обмеження виключно з точки зору стійкої роботи самих елементів, без урахування схемотехніки та впливу параметрів цих елементів на інші компоненти.

Вплив ЕДС шумів, коефіцієнтів нелінійності, паразитних ємностей, індуктивностей тощо слід враховувати додатково, залежно від конкретних умов застосування.

Основним критерієм вибору електрорадіоелементів (ЕРЕ) у будь-якому радіоелектронному пристрої є відповідність технологічних і експлуатаційних характеристик ЕРЕ заданим умовам роботи та експлуатації.

Основні параметри при виборі ЕРЕ поділяються на:

**а) Технічні параметри:**

- номінальні значення параметрів ЕРЕ згідно з принциповою електричною схемою;

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- допустимі відхилення величин ЕРЕ від номінальних значень;
- допустима робоча напруга ЕРЕ;
- допустима потужність розсіювання ЕРЕ;
- діапазон робочих частот ЕРЕ;
- коефіцієнт електричного навантаження ЕРЕ.

**б) Експлуатаційні параметри:**

- діапазон робочих температур;
- відносна вологість повітря;
- атмосферний тиск;
- вібраційні навантаження;
- інші (спеціальні) показники.

**Додатковими критеріями при виборі ЕРЕ є:**

- уніфікація ЕРЕ;
- маса і габарити ЕРЕ;
- мінімальна вартість;
- надійність.

Вибір елементної бази за вищенаведеними критеріями забезпечує надійну роботу виробу. Використання принципів стандартизації та уніфікації при виборі ЕРЕ, а також у процесі конструювання виробу дозволяє досягти таких переваг:

- значне скорочення термінів та вартості проектування;
- зменшення на підприємстві-виробнику номенклатури використовуваних деталей і складальних одиниць, що збільшує масштаб і застосовність виробництва;
- усунення потреби у створенні спеціальної оснастки й обладнання для кожного нового варіанта РЕЗ, що спрощує підготовку виробництва;
- можливість організувати спеціалізоване виробництво стандартних і уніфікованих складальних одиниць для централізованого постачання підприємств;

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- покращення експлуатаційної та виробничої технологічності;
- зниження собівартості виробу.

З огляду на вищевказане, переходимо до вибору елементної бази.

### **Конденсатор К50-35**

Алюмінієвий електролітичний конденсатор К50-35 із серії CD110 призначений для використання в побутовій техніці. Діелектриком у цих конденсаторах є тонкий шар оксиду металу, нанесений електролітичним способом на фольгу, яка утворює одну з обкладок конденсатора. Друга обкладка формується з просоченої електролітом паперової стрічки та іншої фольги, не покритої оксидом. Електролітичні конденсатори потребують дотримання полярності при підключенні до схеми, зазвичай корпус підключають до негативного полюса. Основна перевага цих конденсаторів – велика ємність при компактних розмірах.

Алюмінієві електролітичні конденсатори з радіальними виводами і для поверхневого монтажу характеризуються високою ємністю на одиницю об'єму, доступністю і низькою ціною. Вони часто застосовуються в імпульсних блоках живлення як вихідні фільтри з частотами до 150 кГц. Однак у DC-DC перетворювачах ці конденсатори непридатні, оскільки паразитний ESR (еквівалентний послідовний опір) є досить високим на частотах від 150 кГц і значно залежить від температури. Час життя конденсаторів також залежить від температури, а витіки електроліту можуть пошкодити контакти на друкованій платі, розміщені під конденсатором.

**Плівкові конденсатори К73-17 (CL21, X2)** – це металізовані фольгові конденсатори з постійною ємністю, здатні накопичувати заряд від 0,001 мкФ до 4,7 мкФ при напрузі від 63 В до 630 В. Допустиме відхилення ємності становить  $\pm 5\%$ ,  $\pm 10\%$  або  $\pm 20\%$ . Конденсатори призначені для роботи в колах постійного, змінного або пульсуючого струму. Конденсатори серій CL21 і X2 є аналогами К73-17.

Ці конденсатори мають неіндуктивну конструкцію з використанням поліестеру як діелектрика, що забезпечує їх здатність до самовідновлення після

						ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
							46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

пробою. Конденсатор виконаний у вигляді прямокутника без корпусу, залитого ізоляційною і термоактивною епоксидною оболонкою (компаундом). Гнучкі дротяні виводи виходять з протилежних сторін нижньої частини прямокутника, що дозволяє встановлювати їх на друкованій платі шляхом групової пайки або за допомогою паяльника.

Робочий температурний діапазон складає від  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Максимальний тангенс кута втрат  $\text{tg}\delta$  не перевищує 0,008, а граничний струм витоку становить 3 мкА. Термін служби – не менше 10 000 годин. Конденсатори К73-17 стійкі до вібраційних навантажень на частотах від 1 до 80 Гц при прискоренні до 5g, а також до ударів з прискоренням до 1000g (одноразових) або до 40g (багаторазових). Мінімальний опір ізоляції між виводом і корпусом – 30 000 МОм, а між выводами – не менше 12 000 МОм.

Конденсатори К73-17 широко застосовуються в низьковольтних пристроях фільтрації низьких частот, автоматизованих системах з підвищеним температурним діапазоном, шумоподавлювальних приладах, комунікаційному обладнанні та іншій радіоелектронній апаратурі. Вони також мають детальні характеристики, маркування, а також габаритні й настановні розміри.

### **Резистор С2-23**

Резистори типу С2-23 з металоелектричним провідним шаром призначені для роботи в колах постійного, змінного та імпульсного струму як елементи навісного монтажу. Вони належать до неізольованих резисторів. Рівень власних шумів не перевищує 1,5 мкВ/В.

### **Мікросхема**

### **LM7805-7905**

Стабілізатори електричної напруги є частиною блоку живлення, що забезпечують стабільну вихідну напругу. Вони можуть мати фіксовану вихідну напругу (наприклад, 5В, 9В, 12В) або бути регульованими, дозволяючи встановлювати необхідну напругу в межах, передбачених конструкцією.

Стабілізатори розраховані на максимальний струм, який вони здатні витримати. Перевищення цього струму призводить до виходу стабілізатора з ладу,

						ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
							47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

тому сучасні стабілізатори оснащені захистом від надструмів (відключення при перевищенні максимального струму) та захистом від перегріву. Поряд з позитивними стабілізаторами існують також стабілізатори для негативної напруги, які зазвичай використовуються у двополярних джерелах живлення.

LM7805-7905 — це стабілізатори в корпусі, подібному до транзистора, з трьома виводами (див. малюнок), що забезпечують стабілізовану напругу +5 В при струмі до 1 А. Стабілізатор 7805 забезпечує позитивну напругу, а 7905 є його аналогом для негативної напруги, забезпечуючи стабілізовану -5 В на виході. Для обох стабілізаторів потрібна вхідна напруга близько 10 В для нормальної роботи. Існує також малопотужний аналог — 78L05.

#### **Технічні параметри стабілізаторів LM7805-7905:**

- Найменування: LM7905-7805
- Кількість каналів: 1
- Вхідна напруга (min): -25 В
- Вхідна напруга (max): -35 В
- Вихідна напруга: -5 В
- Вихідний струм: 1 А
- Можливість регулювання вихідної напруги: Ні
- Точність: 4%
- Робочий діапазон температур: 0 °С до 125 °С

#### **Мікросхема LM358**

LM358 містить два незалежних малопотужних операційних підсилювача з високим коефіцієнтом підсилення та частотною компенсацією. Вона відрізняється низьким споживанням струму і може працювати в схемах з однополярним живленням від 3 до 32 В. Вихід підсилювача захищений від короткого замикання.

#### **Область застосування:**

LM358 застосовується як підсилювач, у схемах перетворення постійної напруги і в стандартних схемах, де використовуються операційні підсилювачі з

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48



однополярним або двополярним живленням.

### Технічні характеристики LM358

- Однополярне живлення: від 3 В до 32 В
- Двополярне живлення:  $\pm 1,5$  до  $\pm 16$  В
- Струм споживання: 0,7 мА
- Синфазна вхідна напруга: 3 мВ
- Диференціальна вхідна напруга: 32 В
- Синфазний вхідний струм: 20 нА
- Диференціальний вхідний струм: 2 нА
- Диференціальний коефіцієнт підсилення по напрузі: 100 дБ
- Розмах вихідної напруги: від 0 В до VCC - 1,5 В
- Коефіцієнт гармонійних спотворень: 0,02%
- Максимальна швидкість наростання вихідного сигналу: 0,6 В/мкс
- Частота одиничного посилення: 1,0 МГц
- Максимальна потужність, що розсіюється: 830 мВт
- Діапазон робочих температур: 0 ... 70 °С

### Мікросхема

### ICL7107

Інтегральні схеми ICL7106 та ICL7107 виробництва Maxim є монолітними аналогово-цифровими перетворювачами (АЦП) з надзвичайно високим вхідним опором і вбудованими драйверами індикаторів. До активних компонентів цих ІС входять драйвери індикаторів полярності сигналу, дешифратори, джерело опорної напруги (ДОН) і тактовий генератор. ICL7106 призначена для прямого управління ЖКІ, тоді як ICL7107 призначена для управління світлодіодним індикатором з загальним анодом.

Ці АЦП забезпечують універсальність і високу точність, усуваючи вплив інтерференційних сигналів за допомогою алгоритму подвійного інтегрування. Їх повно-диференціальні входи особливо корисні для режиму відносного вимірювання (наприклад, оми або мостові перетворювачі). Завдяки інтегратору з нульовою фазою, ICL7106/ICL7107 уникає ефектів

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

гістерезису і зависання після перевантаження, забезпечуючи високу точність із сумарною похибкою, що не перевищує значення наймолодшого розряду, а також стабільністю рівня нуля, менше 1 мкВ/°С.

#### **Відмінні особливості:**

- Покращена версія ліцензійної ІС
- Гарантоване відновлення параметрів при першому зчитуванні після перевантаження
- Вбудований драйвер дисплея без потреби у зовнішніх ланцюгах узгодження:
  - ICL7106 для ЖКІ
  - ICL7107 для світлодіодів
- Високоімпедансні, CMOS-диференціальні входи
- Низький рівень шумів (<15 мкВ) без гістерезису або зависання після перевантаження
- Вбудовані ДОН і тактовий генератор
- Повно-диференціальні входи для ДОН і вхідного сигналу
- Індикатор істинної полярності для прецизійних вимірювань сигналів, близьких до нульових
- Монолітна CMOS-архітектура

#### **Області**

#### **застосування:**

Ці АЦП широко використовуються в цифрових вимірювальних приладах, зокрема для вимірювання і цифрової індикації таких параметрів, як:

- Тиск
- Напруга
- Опір
- Температура
- Провідність
- Струм
- Швидкість

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

- Товщина матеріалу

### Світлодіодний цифровий семисегментний індикатор RL-S3920GDAW

Сегментний індикатор складається з елементів відображення, званих сегментами, які групуються в знакосинтезувальні місця. Кожен сегмент, що представляє пряму чи криву лінію, створює певну частину зображення, необхідного для формування символів. У відмінності від матричного індикатора, де всі елементи однакові, сегменти в сегментному індикаторі унікальні та розташовані для відображення обмеженого набору знаків.

Сегментні індикатори поділяються на два основні типи:

Цифровий семисегментний індикатор має вісім елементів: сім сегментів для цифр і один для крапки.

Цифро-літерний індикатор включає дев'ять, чотирнадцять або шістнадцять сегментів і здатний відображати більшість букв латинського алфавіту, кирилицю, цифри та спеціальні знаки.

### Оптопара МОС3063

МОС3063 — це симісторний оптрон, що перемикає навантаження в момент переходу мережевої напруги через нуль, знижуючи рівень перешкод. Він широко застосовується для управління симісторними і тиристорними ключами.

Тип виходу: фототиристор

Напруга ізоляції: 7,5 кВ

Максимальний прямий струм: 60 мА

Максимальна вихідна напруга: 600 В

Час вмикання/вимикання: 1 мкс

Корпус: DIP6

### Симістор ТС106

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ТС106 — це низькочастотний симетричний тиристор, застосовується в перетворювальних пристроях та ланцюгах постійного і змінного струму.

Максимальний струм: 10 А

Імпульсна напруга в закритому стані: 600 В

Охолодження: природне повітряне

Корпус: пластмасовий із жорсткими виводами

Діодний міст КЦ407

КЦ407А — це зібраний метадифузійний кремнієвий діодний міст у пластмасовому корпусі з гнучкими виводами, призначений для використання в мостових схемах з активним навантаженням.

Зворотна напруга (імпульсна): 400 В

Випрямлений струм (середній)

при  $T \leq +55^{\circ}\text{C}$ : 500 мА

При  $T = +85^{\circ}\text{C}$ : 300 мА

Гранична частота: 20 кГц

Робочий температурний діапазон:  $-60 \dots +85^{\circ}\text{C}$

Транзистор КТ315

КТ315 — малопотужний, високочастотний кремнієвий біполярний транзистор n-p-n типу, призначений для використання в схемах високочастотного підсилення.

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

### 1.3.7 Розрахунки та синтез основних електронних вузлів, блоків, схем керування, синхронізації.

Розрахунок показників технологічності та ефективності паяльної станції

Основними показниками технологічності та ефективності конструкції є:

$$K_y = (E_y + D_y) / Q_n, \quad (1.2)$$

де  $K_y$  - коефіцієнт уніфікації  $K_y = 10/11 = 0,9$ ;

$E_y$  - кількість найменувань уніфікованих складальних одиниць в конструкції, шт;

$D_y$  - кількість найменувань уніфікованих деталей, що не увійшли до складу складальних одиниць, шт;

$Q_n$  - загальна кількість найменувань в конструкції, без урахування стандартного кріплення, шт. [5]

$$K_p = (E_p + D_p) / Q, \quad (1.3)$$

де  $K_p$  - коефіцієнт повторюваності;

$E_p$  - кількість повторюваних складальних одиниць, шт .;

$D_p$  - кількість повторюваних деталей, що не увійшли до складу складальних одиниць, шт .;

$Q$  - загальна кількість їх в конструкції, без урахування стандартного кріплення, шт.

$$K_p = 47/56 = 0,84 \quad (1.4)$$

$$T_i = 4,38 \text{ ч.}$$

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

де  $T_i$  - трудомісткість виготовлення конструкції, ч.

Розрахунок блока живлення

До складу пристрою входять мережевий трансформатор  $T_1$ , діодний випрямляч  $VD_1$ - $VD_4$  та оксидний конденсатор великої ємності  $C_1$  для згладжування напруги. Допоміжні елементи включають вимикач  $SA_1$ , запобіжник  $FU_1$  і індикатор ввімкнення — мініатюрна лампа розжарювання  $HL_1$ , номінальна напруга якої трохи перевищує напругу вторинної обмотки трансформатора. Використання лампи з дещо нижчим напруженням сприяє збільшенню її строку служби.

Якщо блок живлення оснащений стабілізатором напруги, він підключається між виходом випрямляча та навантаженням, причому на виході стабілізатора напруга зазвичай нижча за вихідну напругу  $U_{вих}$ , а частина потужності розсіюється на стабілізаторі.

Почнемо розрахунок мережевого трансформатора, габарити й маса якого залежать від потужності, яку має забезпечити блок живлення.:

$$P_{вих} = U_{вих} \cdot I_{вих} \quad (1.5)$$

$$P_{вих} = 24 \cdot 2 = 48 \text{ Вт}$$

Якщо вторинних обмоток кілька, то треба підсумувати всі потужності, споживані по кожній з обмоток. До обчисленою потужності слід додати потужність індикаторної лампочки  $R_{инд}$  і потужність втрат на діодах випрямляча

$$P_{випр} = 2U_{пр} \cdot I_{вих}, \quad (1.6)$$

$$P_{випр} = 2 \cdot 0.6 \cdot 2 = 2.4 \text{ Вт}$$

де  $U_{пр}$  - пряме падіння напруги на одному діоді, для кремнієвих діодів воно

						ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			54

становить 0,6 ... 1 В, в залежності від струму.

Значення  $U_{пр}$  можна визначити за характеристиками діодів, наведеними в довідниках. Трансформатор споживає трохи більше потужності, ніж розрахована, через втрати в самому пристрої. Ці втрати поділяються на "втрати в міді" — пов'язані з нагріванням обмоток через активний опір провідників під час проходження струму, та "втрати в залізі" — що виникають при перемагнічуванні осердя і від вихрових струмів у його пластинах. Відношення споживаної з мережі потужності до віддаваної називають ККД трансформатора  $\eta$ .

ККД невеликих трансформаторів зазвичай становить 60-65%, тоді як у потужніших (кілька сотень ватів) він може перевищувати 90%.

На основі цього можна розрахувати площу перерізу центрального стержня осердя (який проходить крізь котушку) за допомогою емпіричної формули.

$$S_2 = P_{тр}. \quad (1.7)$$

У позначеннях магнітопроводів уже зазвичай вказано дані для визначення перетину. Наприклад, маркування Ш25х40 означає, що центральна частина пластини Ш-подібної форми має ширину 25 мм, а товщина набору пластин складає 40 мм. З урахуванням наявного зазору між пластинами і ізоляційного покриття, перетин такого осердя можна оцінити в межах 8-9 см<sup>2</sup>, а його потужність — 65-80 Вт.

Площа перетину центрального стержня осердя, позначена як  $S$ , визначає один із ключових параметрів — кількість витків на вольт. Це число не повинно бути занадто малим, оскільки тоді збільшується магнітна індукція в осерді, що може призвести до насичення матеріалу осердя. У результаті різко зростає струм холостого ходу первинної обмотки, і синусоїдальна форма струму спотворюється, що створює великі пікові значення на вершині позитивної та негативної напівхвиль. Це також призводить до збільшення поля розсіювання та підвищеної вібрації пластин.

						ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			55

З іншого боку, надто велика кількість витків на вольт викликає надмірне використання міді та збільшує активний опір обмоток. У цьому випадку також може знадобитися зменшити діаметр проводу, щоб обмотки помістилися у вікні трансформатора.

Кількість витків на вольт, позначена як  $n$ , у стандартних трансформаторах на осерді з Ш-образних пластин зазвичай розраховують за формулою

$n = (45 \dots 50) / S$ , де  $S$  вимірюється в  $\text{см}^2$ . Знаючи значення  $n$ , можна визначити необхідну кількість витків, помноживши  $n$  на номінальну напругу обмотки. Для вторинних обмоток напруга повинна бути на 10% вищою за номінальну, щоб компенсувати падіння напруги через їх активний опір.

Всі напруги на обмотках трансформатора,  $U_{II}$  та  $U_{III}$  (як на схемі), розглядаються в ефективних значеннях. Амплітудне значення буде приблизно в 1,41 рази вищим. Якщо вторинна обмотка підключена до мостового випрямляча, напруга на виході випрямляча  $U_{\text{вих}}$  у режимі холостого ходу практично дорівнює амплітудному значенню на вторинній обмотці. Під навантаженням випрямлена напруга зменшується і дорівнює:

$$U_{\text{вих}} = 1,41U_{II} - 2U_{\text{пр}} - I_{\text{вих}} R_{\text{тр}} \quad (1.8)$$

$$U_{\text{вих}} = 1.41 \cdot 24 - 2 \cdot 3.75 = 23$$

Тут  $R_{\text{тр}}$  - опір трансформатора з боку вторинної обмотки. З достатньою для практики точністю можна покласти  $r_{\text{тр}} = (0,03 \dots 0,07) U_{\text{вих}} / I_{\text{вих}}$ , причому менші коефіцієнти беруться для більш потужних трансформаторів.

Визначивши числа витків, слід знайти струми в обмотках. Струм вторинної обмотки  $I_{II} = I_{\text{нд}} + R_{\text{вих}} / U_{II}$ . Активний струм первинної обмотки (обумовлений струмом навантаження)  $I_{I} = P_{\text{TP}} / U_{I}$ . Крім того, в первинній обмотці тече ще й реактивний, "намагнічує" струм, що створює магнітний потік в сердечнику, практично рівний току холостого ходу трансформатора. Його величина

						ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
							56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			



визначається індуктивністю  $L$  первинної обмотки:  $I_p = UI / 2pfL$ .

#### Розрахунок випрямляча

Допустимий прямий середній струм діодів в мостовій схемі повинен бути не менше  $0,5I_{вих}$ , практично вибирають (для надійності) діоди з великим прямим струмом. Допустиме зворотна напруга не повинно бути менше  $0,71U_{II} + 0,5U_{вих}$ , але оскільки на холостому ходу  $U$  вих досягає  $1,41U_{II}$ , зворотна напруга діодів доцільно вибирати не менше цієї величини, т. Е. Амплітудного значення напруги на вторинній обмотці. Корисно врахувати ще і можливі коливання напруги мережі.

Амплітуду пульсацій випрямленої напруги в вольтах можна оцінити за спрощеною формулою:  $U_{пульс} = 5I_{вих} / C$ . Вихідний струм підставляється в амперах, ємність конденсатора  $C1$  - в мікрофарадах. [8]

У наведеній схемі найпростішого стабілізатора, що складається з резистора  $R1$  і стабілітрона  $VD1$ , доданий емітерний повторювач на транзисторі  $VT1$ . У простій версії стабілізатора струм навантаження обмежується струмом стабілітрона, тоді як у цій схемі він може перевищувати струм стабілітрона у  $h_{21E}$  разів, де  $h_{21E}$  — статичний коефіцієнт передачі струму бази транзистора в схемі із загальним емітером. Щоб підвищити цей показник, замість  $VT1$  часто використовують складений транзистор. Вихідна напруга стабілізатора зменшується на  $0,6$  В порівняно з напругою стабілізації  $VD1$  (або на  $1,2$  В для складеного транзистора).

Розрахунок стабілізованого блоку живлення рекомендується починати саме зі стабілізатора. Визначивши необхідні напругу та струм навантаження, вибирають транзистор  $VT1$  і стабілітрон  $VD1$ . Струм бази транзистора обчислюється як:

$$I_b = I_{вих} / h_{21E}. \quad (1.9)$$

Він і з'явиться вихідним струмом найпростішого стабілізатора на елементах

						ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
							57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

R1 і VD1. Потім оцініть мінімальну напругу на виході випрямляча  $U_{\text{вих-Упульс}}$  - воно повинно бути на 2 ... 3 В більше необхідного напруги на навантаженні навіть при мінімально допустимій напрузі мережі.

Розрахунок стабілізатора напруги

Вибираємо інтегральну схему стабілізатора напруги LM7805 і LM7905

$U_{\text{min}}=5\text{В}$

$U_{\text{max}}=12\text{В}$

$P_{\text{max}}=8\text{Вт}$

$U_{\text{вих}}=1.5-15$

$I_{\text{max}}=1\text{А}$

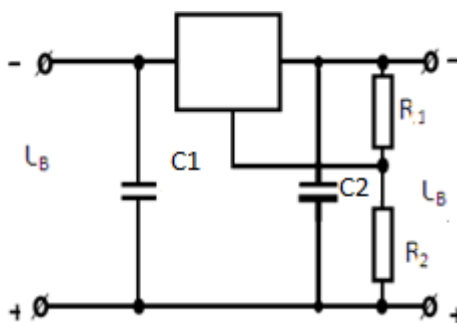


Рисунок 1.7-Стабілізатор

Розрахунок вхідного напруги для обраної схеми стабілізатора  $U_{\text{in}}$ .

Визначаємо допустимі значення вхідної напруги на вході мікросхеми.

Мінімально допустима напруга на вході мікросхеми:

$$U_{\text{min}}=U_{\text{вих}}+\Delta U_{\text{min}}*U_{\text{вхmin}}=7+0.6*5=10\text{В} \quad (1.10)$$

Вибираємо вхідну напругу стабілізатора як середнє арифметичне його допустимих значень:

$$U_{\text{ВХ}}=\frac{U_{\text{вхmax}}+U_{\text{вхmin}}}{2}=\frac{12+5}{2}=8.5\text{В} \quad (1.11)$$

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Перевірка по потужності, що розсіюється мікросхемою:

$$(U_0 - U_{out}) \cdot I_n = 4.625 < 0.9 \cdot P_{max} = 7.2 \quad (1.12)$$

Умова виконується.

Коефіцієнт пульсації на вході:

$$f = \frac{1.15}{U_{вх}} = 0.13 \quad (1.13)$$

Умова задовольняє

Ток на вході стабілізатора:

$$I_{вх} = I_n + 0.02 = 0.52 \text{ А} \quad (1.14)$$

Визначаємо значення резисторів R1 і R2:

$$R2 = \frac{U_{вих}}{1.25} - 1 = 2.7 \text{ кОм} \quad (1.15)$$

$$R1 = 24 \text{ кОм}$$

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

## 2 КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Заходи щодо забезпечення охорони праці при виготовленні пристрою

#### 2.1.1 Склеювання деталей і вузлів

Підготовку поверхонь елементів перед склеюванням здійснюють за допомогою механічної (гідропіскоструминна обробка, шліфування) або хімічної (травлення, знежирення) обробки. Для склеювання деталей найчастіше застосовують клеї на основі фенолформальдегідних, кремнійорганічних і епоксидних смол.

Клеї на основі фенолформальдегідних смол є вогнебезпечними і виділяють пари фенолу, формальдегіду, а також токсичний пил, який містить фенол. Робота з такими клеями може призвести до захворювань шкіри, подразнення дихальних шляхів, розладів травлення тощо. Гранично допустима концентрація фенолу становить 0,3 мг/м<sup>3</sup>, формальдегіду — 0,5 мг/м<sup>3</sup>. До цієї групи належать клеї 88, 88-Н, ВІАМ-Б-3 та інші.

Кремнійорганічний клей є розчином кремнійорганічних смол в органічних розчинниках, наприклад, у толуолі, який є токсичним та негативно впливає на кров, органи кровотворення і центральну нервову систему. Прикладом є клей КТ-17.

Епоксидні клеї також токсичні. Шкідливими є також клеї БФ, зокрема БФ-2 і БФ-4, що являють собою спиртові розчини фенольних і полівінілових смол, термопреновий клей на основі натурального каучуку, розчиненого в бензині, а також перхлорвініловий клей, що містить розчин перхлорвінілової смоли в дихлоретані.

Для зменшення шкідливих випарів при роботі з клеями використовують місцеву витяжну вентиляцію на робочому місці. Індивідуальні засоби захисту включають захисні окуляри, спецодяг, гумові або біологічні рукавички, миючі засоби тощо. Дотримання особистої гігієни є обов'язковим.

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

## 2.1.2 Пайка деталей і вузлів

Пайка — це нероз'ємне з'єднання деталей за допомогою припою. Найпоширенішими є олов'яно-свинцеві припої (ПОС-18, ПОС-30, ПОС-40, ПОС-61) та ПОСК-50, що містить 32% свинцю.

Процес пайки спричиняє забруднення повітря, робочих поверхонь, одягу та шкіри працівників свинцем, що може призвести до отруєння свинцем та викликати зміни в складі крові, вплинути на нервову систему і судини. Щоб уникнути отруєнь, ділянки для пайки облаштовуються відповідно до санітарних норм.

У приміщеннях, де проводиться пайка із застосуванням свинцевих припоїв, забороняється зберігати особисті речі, вживати їжу, палити та прати робочий одяг вдома, щоб уникнути попадання свинцю в організм. Робоче місце для пайки забезпечується місцевою витяжною вентиляцією, яка підтримує концентрацію свинцю в робочій зоні на рівні не більше 0,01 мг/м<sup>3</sup>.

Для запобігання опікам і забрудненню рук свинцем працівникам надаються серветки для очищення паяльника від надлишку припою та пінцети для утримання дротів і подачі припою до місця пайки (якщо автоматична подача відсутня).

При монтажних роботах, які можуть призвести до засмічення чи опіку очей, працівникам видаються захисні окуляри.

Для захисту місць пайки від окислення використовуються флюси: каніфольно-спиртовий при роботі з припоями ПОС-40, ПОС-61 і ПОСК-50, хлористий цинк при пайці та лудженні припоями ПОС-18 і ПОС-30. Каніфоль може викликати подразнення шкіри, а хлористий цинк — сильне подразнення та пошкодження шкіри й слизових оболонок.

Механізація та автоматизація паяльних робіт, а також впровадження сучасних технологій (лужіння методом занурення, вибіркова пайка, пайка хвилею припою з використанням друкованого монтажу) є найефективнішими заходами для попередження професійних захворювань при пайці, оскільки вони повністю

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виключають контакт шкіри з свинцем і флюсами.

Слід зазначити, що при об'ємному монтажі все частіше використовують метод накрутки дроту на висновок з гострими краями без подальшого застосування пайки. Накрутка здійснюється за допомогою спеціального пістолета, який забезпечує з'єднання з десятикратною міцністю, а продуктивність цього монтажу майже вдвічі перевищує продуктивність паяння. Цей метод виключає шкідливі для здоров'я випаровування, що виникають від свинцю, припою, флюсу та розчинників під час промивання місця пайки.

Більшість паяльних робіт все ж виконується вручну за допомогою паяльника, тому, щоб уникнути професійних захворювань, після завершення робіт рекомендується промити руки однопроцентним розчином оцтової кислоти, вимити їх теплою водою з милом, прополоскати ротову порожнину, почистити зуби і прийняти теплий душ.

### 2.1.3 Виготовлення друкованих плат

При виготовленні багат шарових друкованих плат (МПП) важливим етапом є механічна обробка шаруватих пластиків, яка включає різання та пробивання отворів. У цьому процесі працівники повинні дотримуватися правил техніки безпеки для захисту від можливих травм і впливу пилу під час холодної обробки матеріалів.

Додатковим фактором, який впливає на умови праці в механічних цехах, є шум, створений працюючим обладнанням. Для зниження впливу шуму важливо забезпечити правильне розташування робочих місць і організацію достатнього освітлення, що покращує концентрацію та знижує напругу очей під час обробки матеріалів.

Промивання плат зазвичай проводять у розчині ізопропілового спирту та ацетону, які є пожежонебезпечними та шкідливими для здоров'я. Тому потрібно уникати вогню поблизу робочого місця і використовувати засоби індивідуального

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

захисту.

Хімічне очищення плат виконується розчинами фосфатів, натрієвої соди, та інших речовин. Через вплив цих речовин, особливо NaOH, можуть виникнути хронічні ураження шкіри. На робочих місцях обов'язково повинні бути засоби для миття очей, щоб уникнути серйозних травм у випадку потрапляння речовин в очі.

Під час хімічного міднення використовуються сірчана, соляна, азотна кислоти, хлорне мідь та інші шкідливі речовини, що вимагає строгого дотримання правил безпеки. Для травлення міді застосовують токсичні травителі, такі як хлорне залізо, персульфат амонію та інші. Робота з ними дозволяється тільки навченим особам, які пройшли інструктаж.

У випадку потрапляння травителя на шкіру або в очі слід негайно промити уражену ділянку водою або слабким розчином квасців, після чого нанести вазелін або оливкову олію. Після цього необхідно звернутися до медичного персоналу.

Для безпечної роботи з травителями потрібно використовувати спецодяг (халат, поліетиленовий фартух, бавовняні й гумові рукавички) та захисні окуляри. Робочі місця повинні бути оснащені витяжною вентиляцією, що допоможе мінімізувати ризик вдихання токсичних речовин.

## 2.2 Заходи з безпеки охорони праці при експлуатації пристрою

Ці загальні вимоги з охорони праці при роботі з паяльною станцією нагрівання допомагають забезпечити безпечні умови для працівників, які працюють з електрообладнанням та при високих температурах. Важливо дотримуватись вимог щодо інструктажів, електробезпеки, особистої гігієни, а також заходів захисту від небезпечних факторів, таких як підвищена загазованість, висока температура та можливість ураження електричним струмом.

Основні вимоги з охорони праці можна розділити на такі категорії:

### 1. Професійні вимоги:

- Доступ до роботи надається лише особам старше 18 років, які

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пройшли навчання, інструктажі та медичний огляд, мають групу з електробезпеки не нижче II та не мають протипоказань за станом здоров'я.

- Працівники зобов'язані щоквартально проходити повторний інструктаж.

## 2. Засоби індивідуального захисту:

- Забезпечення спеціальним одягом (бавовняний халат, рукавички, захисні окуляри) відповідно до чинних норм.

## 3. Організація робочого місця:

- Обладнання місцевою витяжною вентиляцією та світильниками з відбивачами, які не засліплюють працівників.
- Захист кабелів від пошкоджень та забезпечення електробезпеки діелектричними килимками та попереджувальними знаками.

## 4. Правила особистої гігієни:

- Мити руки перед прийомом їжі та після роботи.
- Їжу приймати у спеціально відведених місцях.

## 5. Дії в небезпечних ситуаціях:

- Негайно звертатися до керівника у разі виникнення питань, що стосуються безпеки.
- У разі нещасного випадку надати першу допомогу, зберегти обстановку та забезпечити безпеку інших.

Порушення вимог охорони праці призводить до дисциплінарних, матеріальних чи кримінальних санкцій у разі завдання шкоди здоров'ю або майну.

Ці вимоги з охорони праці при роботі з паяльною станцією нагрівання забезпечують безпеку на всіх етапах роботи — до, під час і після її проведення, а також в аварійних ситуаціях.

### Перед початком роботи

1. Перевірити порядок та безпечність робочого місця.
2. Надягти спецодяг і засоби індивідуального захисту.

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



3. Оглянути стан кабелів, штепсельної вилки, ізоляції та кожуха.
4. Включити та перевірити роботу вентиляції.
5. Перевірити струмоведучі частини, заземлення та засоби пожежогасіння.

#### **Під час роботи**

1. Утримувати робоче місце в чистоті.
2. Використовувати паяльник лише з витяжною вентиляцією.
3. Встановлювати паяльник на вогнезахисні підставки.
4. Уникати контакту з гарячими елементами.
5. Заборонено працювати без засобів індивідуального захисту, їсти на робочому місці або працювати без вентиляції.

#### **Після завершення роботи**

1. Прибрати робоче місце та інструмент.
2. Використаний матеріал зберігати в металевих контейнерах.
3. Повідомити керівника про несправності.
4. Помити руки та обличчя з милом.

#### **В аварійних ситуаціях**

1. негайно відключити джерело аварії.
2. Зупинити роботи та надати першу допомогу при потребі.
3. Сповістити керівника про подію.
4. Гасити пожежу вуглекислотними чи порошковими вогнегасниками.
5. При нещасному випадку: забезпечити надання допомоги, сповістити керівника, зафіксувати обстановку.

Також слід припинити роботи на висоті під час негоди, зберігати обережність та пріоритетно захищати здоров'я і життя працівників.

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 3.1 Економічна ефективність ІТ

#### 3.1.1 Основи оцінки ефективності ІТ

Ефективність інформаційних систем у бізнес-проектах дійсно є багатограним показником, який включає не тільки фінансову окупність, але і багато інших факторів, що впливають на успішність компанії. Інвестиції в інформаційні технології приносять комплексну вигоду, яка може не завжди безпосередньо вимірюватися прибутковістю, але сприяє загальному розвитку бізнесу. Розглянемо ключові методологічні підходи до оцінки ефективності інформаційних систем.

#### **Основні підходи до оцінки ефективності ІТ-систем**

- 1. Підвищення продуктивності праці:** Один з найбільш очевидних показників ефективності ІТ — це зростання продуктивності праці. Підвищення продуктивності часто стає вирішальним аргументом для керівництва при ухваленні рішення про впровадження нової системи, навіть якщо прямиї фінансовий результат оцінити важко.
- 2. Збільшення ринкової капіталізації та привабливості для інвесторів:** Інвестиції в ІТ допомагають компанії стати більш прозорою, керованою, привабливою для клієнтів і працівників. Це веде до зростання ринкової вартості компанії, оскільки знижуються ризики, а отже, і ставка дисконту на потоки готівки, що підвищує її біржову ціну.
- 3. Конкурентоспроможність та безперервність бізнесу:** ІТ-рішення є основою для забезпечення конкурентоспроможності. Інформаційні системи сприяють формуванню гнучких ланцюгів постачань, управлінню відносинами з клієнтами (через CRM) та управлінню собівартістю продукції, що дозволяє швидко реагувати на зміни ринку.
- 4. Підвищення гнучкості операцій:** ІТ-рішення дають змогу компанії швидко адаптуватися до змін у попиті, впроваджувати нові продуктиві

						ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			66

лінійки і змінювати виробничі процеси, скорочуючи терміни постачань. Це особливо важливо для виробничих і технологічних компаній, де автоматизація процесів є основою для оптимізації витрат і управління матеріальними потоками.

5. **Внутрішня ефективність та автоматизація операцій:** На рівні підрозділів ІТ-рішення можуть значно оптимізувати специфічні операції. Наприклад, автоматизація операційного планування у відділах постачання дозволяє більш точно прогнозувати закупівлі, що, в свою чергу, позитивно впливає на загальну економічну ефективність.

### **Висновок**

Ефективність ІТ-проектів можна оцінити з різних точок зору: фінансові вигоди, покращення операційної ефективності, підвищення конкурентоспроможності, гнучкості та привабливості для клієнтів і працівників. Враховуючи всі ці аспекти, можна зробити висновок, що інвестиції в ІТ не лише приносять безпосередні фінансові вигоди, а й сприяють загальному розвитку компанії та її довгостроковій успішності.

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

### 3.1.2 Підходи оцінки проектів з впровадження ІТ

Портфельний і бюджетний підходи до оцінки ІТ-проектів є ефективними методами для стратегічного управління інвестиціями в інформаційні технології.

#### Портфельний підхід

Цей підхід дає керівництву компанії цілісне уявлення про поточні і заплановані ІТ-проекти, оцінюючи їх за показниками продуктивності, витрат та очікуваних переваг. ІТ-портфель складається у вигляді таблиці, яка містить:

- Всі ключові бізнес-процеси компанії.
- Поточні та запропоновані засоби автоматизації та оптимізації для кожного бізнес-процесу.
- Порівняння витрат і прогнозованих вигод для кожного проекту.

Переваги цього підходу:

- **Простота та доступність:** Керівники отримують необхідну інформацію для прийняття рішень у зрозумілому форматі.
- **Продуктивність як основний критерій:** Проекти обґрунтовуються здатністю підвищити продуктивність праці, що прямо відображає ефективність ІТ-інвестицій.
- **Огляд усіх ІТ-вкладень:** Розуміння ефективності кожного проекту сприяє прийняттю рішень щодо пріоритетності та розвитку.

#### Бюджетний підхід

Бюджетний підхід орієнтований на компанії, які вже мають зрілу ІТ-інфраструктуру, де основні витрати спрямовані на підтримку існуючих рішень. Цей підхід передбачає:

- **Розподіл бюджету на ІТ:** Компанія визначає частку бюджету, яка йде на ІТ, зазвичай як відсоток від загального доходу.
- **Відповідальність функціональних підрозділів:** Підрозділи компанії беруть участь у визначенні потреб у ІТ-рішеннях і контролюють їх реалізацію.

					ЕлІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- **Принцип внутрішнього підряду:** ІТ-підрозділи отримують «замовлення» на розробку або впровадження ІТ-рішень від інших функціональних підрозділів, що сприяє залученню та ефективності команди.
- **Аутсорсинг і ауттаскінг:** Для зменшення витрат і концентрації на ключових бізнес-функціях компанії дедалі частіше передають ІТ-завдання зовнішнім підрядникам.  
Переваги цього підходу:
  - **Оптимізація витрат:** Спрямованість ІТ-бюджету на найважливіші бізнес-функції зменшує витрати на утримання ІТ-підрозділів.
  - **Гнучкість у використанні ресурсів:** Можливість використовувати аутсорсинг допомагає компаніям, зокрема малим, зберігати конкурентоспроможність.
  - **Стимулювання продуктивності:** Орієнтація на зростання продуктивності дозволяє ІТ-підрозділам розвивати проекти з найбільшою бізнес-цінністю.

### **Висновок**

Обидва підходи мають свої переваги й вибір підходу залежить від стадії розвитку ІТ-інфраструктури компанії, а також стратегічних цілей керівництва. Портфельний підхід дозволяє оцінити перспективні проекти та розподілити пріоритети, тоді як бюджетний підхід фокусується на утриманні й оптимізації ІТ-ресурсів. Для компаній, які прагнуть досягти стратегічних переваг, найкраще використовувати обидва підходи, адаптуючи їх до своєї унікальної бізнес-моделі та галузевих вимог.

Проектний підхід до оцінки ефективності ІТ-проектів є одним із найпоширеніших та ґрунтується на застосуванні чотирьох основних методів фінансового аналізу: термін окупності, ROI (повернення на інвестиції), внутрішня норма рентабельності (IRR) і чистий приведений до сьогодення прибуток (NPV). Кожен із цих методів дозволяє по-своєму оцінити економічну ефективність проекту, хоча й має свої особливості та виклики.

### **Основні методи розрахунку ефективності**

						ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
							69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

1. **Термін окупності** — період, за який вкладення в проект повністю покриваються отриманими доходами. Метод простий для розуміння, але не враховує довгостроковий ефект проекту.
2. **ROI (Return on Investment)** — найпопулярніший метод для оцінки ІТ-проектів через свою простоту та наочність для керівництва. Його недолік полягає в обмеженні горизонтами окремих функціональних підрозділів, що може призводити до ігнорування якісних змін у бізнес-процесах.
3. **Внутрішня норма рентабельності (IRR)** — показує очікуваний дохід від проекту у вигляді відсоткової ставки, за якою проект стає безбитковим.
4. **Чистий приведений до сьогоднішнього дня прибуток (NPV)** — враховує всі грошові потоки з урахуванням вартості капіталу. Розрахунок NPV є найповнішим методом, хоча й вимагає великої кількості даних, які можуть бути важкодоступними без відповідної інформаційної системи.

### **Використання ROI для оцінки ІТ-проектів**

ROI є основним індикатором через легкість розрахунку і розуміння. Проте розрахунок його значення зазвичай супроводжується труднощами через складність оцінки якісних покращень у бізнес-процесах, які часто залишаються непоміченими. Для покращення точності ROI можуть використовуватися додаткові методи оцінки ризиків, які дозволяють визначити ймовірність досягнення конкретних значень ROI.

### **Види ефектів від впровадження ІТ-систем**

Щоб отримати більш точну оцінку ROI, ефекти від впровадження інформаційної системи варто поділити на три види:

1. **Розрахунковий ефект** — включає фінансові вигоди, які можна точно розрахувати, наприклад:
  - зниження витрат на незавершене виробництво,
  - економія банківських відсотків,
  - зниження витрат на матеріали (наприклад, папір).
2. **Ефект часу і продуктивності праці** — включає підвищення швидкості

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виконання задач співробітниками. Наприклад, економія часу на підготовку звітів, інвентаризацію, обробку замовлень тощо. Підсумкові вигоди можна обчислити у вигляді трудоднів або годин, які мають об'єктивну вартість.

3. **Якісні зміни в бізнес-процесах** — зміни, які важко оцінити в кількісному вираженні, але які суттєво впливають на ефективність компанії. Наприклад, підвищення задоволеності клієнтів, зниження помилок при обробці замовлень, скорочення простоїв.

### **Переваги та недоліки проектного підходу**

#### **Переваги:**

- Дає детальну оцінку ефективності проектів з позицій фінансових показників, зокрема через простоту та наочність ROI.
- Дозволяє врахувати якісні зміни в роботі компанії.
- Забезпечує керівництво та інвесторів чіткими індикаторами успіху.

#### **Недоліки:**

- Труднощі у розрахунку деяких показників без вже впровадженої ІТ-системи.
- Недостатність методологій для обліку якісних змін у бізнес-процесах, що можуть залишатися поза увагою.

Проектний підхід, застосовуючи комплекс методів оцінки та враховуючи різні типи ефектів, забезпечує всебічну оцінку ефективності інвестицій у ІТ. Це дозволяє керівництву приймати обґрунтовані рішення про доцільність і пріоритетність проектів, орієнтуючись на загальні стратегічні цілі компанії.

"Тонкі" ефекти від впровадження інформаційних систем часто мають значний вплив на стратегічну ефективність компанії, хоча їхня оцінка потребує індивідуального підходу через специфіку діяльності та структури компанії. Одним із прикладів таких ефектів є впровадження ERP-системи на виробництві, яке дозволяє керівництву своєчасно отримувати управлінську інформацію для ухвалення рішень щодо оптимізації виробничих процесів. Це може означати як більш ефективне використання наявних потужностей, так і можливість виявлення

						ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			71

й заміни неефективних робочих місць, що в кінцевому підсумку підвищує загальну продуктивність.

Основні напрямки, у яких зростає ефективність праці після впровадження інформаційних систем, включають:

- **Економію робочого часу менеджерів**, завдяки автоматизації рутинних процесів та звітності, що дозволяє їм більше зосередитися на стратегічних задачах.
- **Ефективніше використання людських ресурсів**, адже завдяки автоматизованому обліку та контролю, співробітники можуть виконувати більше задач або зосереджуватися на роботах, що приносять більшу цінність.
- **Скорочення вартості окремих трансакцій**, що досягається шляхом зменшення часу та людських ресурсів, необхідних для проведення операцій, а також зниження ризиків помилок.

Для більш точної та наочної оцінки ефективності впровадження ІТ-рішень компанії часто застосовують проектний підхід із розрахунком ROI. Такий підхід нерідко вимагає залучення зовнішніх консультантів, які спеціалізуються на оцінках ефективності ІТ, оскільки вони володіють методиками й досвідом для точного визначення, вимірювання й обґрунтування економічних вигод. Це дозволяє отримати максимально об'єктивну та переконливу картину вигод для керівництва та інвесторів.

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72



### 3.1.3 Методика та критерії оцінки економічної ефективності ІТ

У процесі оцінки доцільності ІТ-витрат підприємства важливо відходити від стереотипу розгляду ІТ лише як витратної області. Часто на ринках, що розвиваються, як, наприклад, російський, спостерігається тенденція "випрошування" бюджету на ІТ як частини загальних операційних витрат. Однак, розглядаючи ІТ як інвестиційний проект, підприємство змінює підхід до управління ресурсами та розглядає ці витрати як капіталовкладення з потенційною віддачею. Це дозволяє ІТ-департаменту виступати не просто прохачем, а ініціатором проектів, які можуть генерувати значну цінність для компанії.

У таких умовах обґрунтування витрат стає більш критичним, оскільки зростає роль фінансового директора (CFO) та власника бізнесу, які повинні узгодити бюджетні параметри й оцінити фінансову вигоду від кожного проекту. Тому актуальним стає класичний підхід оцінки інвестиційних проектів, який передбачає аналіз "витратної" та "доходної" частини. Оцінка витратної частини зазвичай не є складною. Основні труднощі полягають у визначенні потенційних вигод, тобто ефектів від впровадження ІТ.

Для отримання якісної оцінки результатів впровадження ІТ необхідно вибудувати чітке цілепокладання, що пов'язує стратегію компанії з конкретними задачами ІТ-проекту. Застосування багаторівневої структури, яка об'єднує стратегію, цілі, задачі й відповідні ІТ-процедури, дозволяє створити зв'язок між стратегічними цілями підприємства, бізнес-процесами та потенційними ІТ-вигодами. Це дає можливість виміряти якісні покращення в конкретних фінансово-економічних показниках.

Прикладом такого підходу може бути ситуація, коли для компанії стратегічною метою є зниження витрат. Це завдання можна вирішити за допомогою якісного управлінського обліку та бюджетування, що забезпечить швидку систематизацію даних про витрати. Це дозволить краще контролювати

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

витратні процеси та потенційно знизити витрати на 4-7%. На рівні департаментів та служб такі завдання можуть бути деталізовані в цілях оптимізації бізнес-процесів (наприклад, зменшення часу обробки заявок чи підвищення оперативності обліку даних). Це забезпечить досягнення локальних цілей, що відповідають глобальній стратегії компанії.

Отже, формулювання цілей на кожному рівні управління повинно враховувати особливості завдань кожного департаменту та служб, але водночас відповідати загальним стратегічним цілям компанії.

У процесі оцінки економічної ефективності ІТ-проектів підприємства стикаються з низкою труднощів, оскільки традиційні фінансові методи, ймовірнісні підходи й евристичні (якісні) інструменти мають свої переваги та обмеження.

### 1. Традиційні фінансові методи

До традиційних фінансових методів належать показники на кшталт **ROI (Return on Investment)**, **TCO (Total Cost of Ownership)** та **EVA (Economic Value Added)**. Переваги цих методів полягають у тому, що вони базуються на загальноприйнятих фінансових показниках, таких як чиста дисконтована вартість чи внутрішня норма прибутку. Такі критерії дозволяють керівництву знаходити спільну мову з фінансовими підрозділами компанії, адже вони є більш універсальними для аналізу інвестиційних проектів.

Проте існує проблема з визначенням прибутковості від таких проектів, оскільки витрати легко оцінити за договорами з інтеграторами, тоді як вигоди не завжди очевидні. Наприклад, у випадку впровадження корпоративної інформаційної системи (КІС) у виробничих компаніях поліпшення якості продукції може призвести до підвищення собівартості через використання нових матеріалів та технологій.

### 2. Імовірнісні методи

Імовірнісні підходи, такі як **Real Options Valuation** або **Applied Information Economics**, дозволяють аналізувати ризики і потенційні можливості проектів,

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

наприклад, зростання конкурентоспроможності або зниження ризиків завершення проекту. Ці методи базуються на ймовірнісних моделях, які можуть оцінити ризики, а також визначити можливість своєчасного завершення проекту та якість виконаних робіт.

Складність застосування ймовірнісних методів полягає у збиранні точних даних, наприклад, статистики виникнення помилок у конструкторській документації, що є рідкістю в компаніях. Відсутність системного обліку проектних ризиків також може призвести до неповної або необ'єктивної оцінки ефективності проекту.

### 3. Якісні (евристичні) методи

До якісних методів належать, наприклад, **Balanced Scorecard** та **Information Economics**. Ці підходи дозволяють доповнити кількісні оцінки якісними, що допомагає розглянути всі видимі й невидимі фактори ефективності. Користувачі таких систем можуть обрати найважливіші для компанії критерії та встановити для них коефіцієнти вагомості, оцінюючи вплив кожного на результат проекту.

Серед переваг цього підходу є те, що він дозволяє врахувати стратегічні плани розвитку компанії, а не лише фінансову вигоду. Наприклад, рішення про впровадження ІТ-проектів може бути зумовлене потребою розвитку нових продуктів чи зниження витрат, що більш важливо для досягнення стратегічних цілей компанії.

Водночас, обмеженням якісних методів є суб'єктивність у виборі критеріїв, а також необхідність створення детальної системи показників для застосування в кожному відділі. Це значною мірою залежить від внутрішньої організації та культури підприємства.

### Загальні висновки

Таким чином, повноцінне обґрунтування ІТ-витрат потребує інтегрованого підходу, що об'єднує різні методи оцінки ефективності та враховує специфіку кожного конкретного підприємства. Оптимальне рішення може включати комбінацію фінансових, імовірнісних та якісних методів, що дозволяє отримати

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

більш збалансовану та об'єктивну оцінку потенційної віддачі від інвестицій в ІТ,  
а також знизити ризики впровадження таких проектів.

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

### 3.2 Розрахунок собівартості проектного пристрою

Собівартість продукту виражається в грошах і включає поточні витрати підприємства на його виробництво та продаж. Витрати на виробництво формують виробничу собівартість, а разом із витратами на реалізацію – повну собівартість. Розрахунок собівартості за статтями витрат називається калькуляцією. Калькулювання собівартості програмного продукту проводиться згідно з Типовим положенням з планування, обліку та калькулювання собівартості продукції (робіт, послуг) у промисловості.

Витрати, пов'язані з виробництвом та збутом продукту, групуються за такими статтями:

1. **Матеріали та комплектуючі вироби.**
2. **Основна заробітна плата.**
3. **Додаткова заробітна плата.**
4. **Загальновиробничі витрати.**
5. **Адміністративні витрати.**
6. **Матеріали та комплектуючі вироби.**

Розрахунок витрат на матеріали, сировину та комплектуючі вироби здійснюється на основі наданих відомостей (прайс-листи, каталоги, веб-сайти виробників і постачальників) з розрахунку на одну одиницю продукції.

Таблиця 3.1 – Розрахунок витрат на комплектуючі

Найменування матеріалів	Одиниця виміру	Марка	Норма витрат	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн.
<i>Покупні компоненти виробу</i>					
Конденсатор	шт	K50-25B	8	5,00	40,00
Конденсатор	шт	K73-50B	11	7,00	77,00

Конденсатор	шт	K73-25B	1	6,00	6,00
Конденсатор	шт	K73-16B	2	8,00	16,00
Конденсатор	шт	K73-10B	1	10,00	10,00
Конденсатор	шт	K50-16B	3	6,00	18,00
Мікросхема	шт	ICL7805	2	16,00	32,00
Мікросхема	шт	ICL7905	1	20,00	20,00
Мікросхема	шт	ICL7107	1	90,00	90,00
Мікросхема	шт	LM358	1	18,00	18,00
Мікросхема	шт	МОС3063	1	18,00	18,00
Мікросхема	шт	LM317	1	20,00	20,00
Мікросхема	шт	ICL7812	1	38,00	38,00
Запобіжник	шт	ВП1	1	12,00	12,00
Світлодіод	шт	АЛ301	1	8,00	8,00
Резистор	шт	С2-23	35	1,50	52,50
Резистор	шт	С2-23	2	15,00	30,00
Реле	шт	SCB-1240	1	18,00	18,00
Діодний міст	шт	КЦ407	2	15,00	30,00
Симистор	шт	ТС106	1	24,00	24,00
Симистор	шт	BT139	1	22,00	22,00
Транзистор	шт	КТ315	3	18,00	54,00
Транзистор	шт	КТ361	2	16,00	32,00
Транзистор	шт	КТ829	1	16,00	22,00
Трансформатор	шт	ТС-180	1	250,00	250,00
Індикатор	шт	RL	4	20,00	40,00
Тумблер	шт	ТВ1-2	2	12,00	24,00
Тумблер	шт	ТВ1-4	1	12,00	12,00
Паяльник	шт	ВК	1	340	340

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ

Арк.

78

Термофен	шт	LUKEY-702		550,00	550,00
Гніздо	шт	-	2	5,00	10,00
Разом	-	-	-	-	1933,00
Всього:	-	-	-	-	

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

Таблиця 3.2 – Приклад розрахунку витрат на сировину та матеріали

Матеріал, сировина	Одиниця виміру	Норма витрати	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
Провід монтажний	кг	0,3	100	30
Склотекстоліт	м <sup>2</sup>	0,15	134	20,1
Каніфоль	кг	0,05	86	4,3
Флюс	кг	0,01	240	2,4
Припій	кг	0,01	250	2,5
Лак	кг	0,02	70	1,4
Сировина для корпусу	кг	0,5	300	150
Хлорне залізо	кг	0,2	200	40
<b>Сумарні витрати</b>				<b>250,7</b>

Витрати на основну заробітню плату ( $Z_0$ ):

$$Z_0 = T \cdot Ч \cdot K \cdot A = 80 \cdot 30 \cdot 2 \cdot 1 = 4800 \text{ (грн)} \quad (3.1)$$

де  $T$  - сумарна трудомісткість розробки продукту (год). Визначається експертним шляхом виходячи з фактично витраченого часу на виробництво і налагодження продукту;

$Ч$  - середня годинна тарифна ставка 1 робітника, який задіяних у виробництві продукту, грн / год;

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



К - коефіцієнт трудової участі (розрядності);

А - кількість працівників задіяних у виробництві.

- додаткова заробітна плата (10-30% от  $Z_0$ ):

$$Z_d = Z_0 \cdot K_d \cdot 0,01 = 4800 \cdot 20 \cdot 0,01 = 960 \text{ (грн)} \quad (3.2)$$

де  $K_d$  - процент додаткової заробітної плати.

Таблиця 3.3 – Ставки і відрахування в фонди

Назва фонду	Ставка
на обов'язкове державне пенсійне страхування	33,2%
на державне страхування від нещасних випадків	0,9%
на обов'язкове державне соціальне страхування на випадок безробіття	1,3%
в зв'язку з тимчасовою втратою працездатності та витратами, зумовленими народженням дитини та похованням	1,5%

$$V_{сз} = (Z_0 + Z_d) \cdot 36,9/100 = (4800 + 960) \cdot 0,369 = 2125,44 \text{ (грн)} \quad (3.3)$$

Витрати на утримання і експлуатацію обладнання:

Оскільки обладнання знаходиться на балансі підприємства, то витрати на утримання та експлуатацію устаткування (ВУЕУ) залежать від основної заробітної плати і відсотка на ВУЕУ; визначаються з відомостей з аналізу повної собівартості продукту (в середньому 120-150%). Прийmemo відсоток ВУЕУ 135%. Тоді

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

$$BUEY = Z_0 \cdot \%_{BUEY} = 4800 \cdot 1,35 = 6480 \text{ (грн)} \quad (3.4)$$

Цехові витрати визначається з відомостей з аналізу повної собівартості продукту (середньому можуть становити 60 - 90%).  
Прийmemo відсоток цехових витрат рівним 70:

$$ЦВ = Z_0 \cdot \%_{ЦВ} = 4800 \cdot 0,7 = 3360 \text{ (грн)} \quad (3.5)$$

Виробничі витрати. Визначаються з відомостей з аналізу повної собівартості продукту (середньому можуть становити 130 - 250%). Приймемо виробничі витрати рівними 190%. Тоді:

$$BV = Z_0 \cdot \%_{BV} = 4800 \cdot 1,9 = 9120 \text{ (грн)} \quad (3.6)$$

Адміністративні витрати визначаються з відомостей з аналізу повної собівартості продукту (середньому можуть становити 140-200%). Приймемо адміністративні витрати рівними 150%.

$$AP = Z_0 \cdot \%_{AP} = 1430 \cdot 1,7 = 8160 \text{ (грн)} \quad (3.7)$$

Позавиробничі (комерційні) витрати. Включають витрати на рекламу і передпродажну підготовку продукту, відрядження. Орієнтовно ці витрати визначаються в розмірі 5-10% від виробничої собівартості сума попередніх статей калькуляції. Виробнича собівартість ВС дорівнює:

$$BC = 4800 + 960 + 2125 + 6480 + 3360 + 3360 = 21085 \text{ (грн)} \quad (3.8)$$

Тоді невиробничі витрати складуть (при відсотку невиробничих витрат 10%):

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$NB = KC \cdot \%_{HP} = 21085 \cdot 0,1 = 2108,5 \text{ (грн)} \quad (3.9)$$

Калькуляція собівартості продукту сводиться в таблицю 4.2:

Таблиця 3.4 - Зведена таблиця калькуляції собівартості

Найменування статей калькуляції	Значення, грн.
Основна заробітня плата	2800
Додаткова заробітня плата	400
Відрахування від заробітньої плати	800
Матеріали та комплектуючі	1933
ВУЕУ	6480
Цехові витрати	3360
Виробничі витрати	9120
Адміністративні витрати	8160
Комерційні витрати	2108,5
Всього	35 109

У ринковій економіці існують різні методи ціноутворення: собівартість плюс прибуток, забезпечення фіксованого обсягу прибутку, в залежності від рівня попиту.

Розрахунок оптової ціни продукту виробляємо за схемою "собівартість плюс прибуток".

$$C_{opt} = C + P \quad (3.10)$$

де С - собівартість програмного продукту, П - величина прибутку.

Прибуток визначається виходячи з нормативу (показника) рентабельності виробництва продукції встановлюється підприємством:

						ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			83

$$R = \frac{П}{C} \cdot 100\% \quad (3.11)$$

де R - рентабельність продукції (продукту), приймається в розмірі до 35%.

Тоді оптова ціна програмного продукту визначається:

$$Ц_{\text{опт}} = C + \frac{C \cdot R}{100} = 35\,109 + \frac{35\,109 \cdot 20}{100} = 42\,130 \text{ (грн)} \quad (3.12)$$

Переваги цієї методики полягають у її простоті та в тому, що вона комплексно демонструє, як ціна може відшкодувати витрати на виробництво та забезпечити прибуток від створення й реалізації програмного продукту. Однак методика має недолік: вона недостатньо враховує ринкові фактори ціноутворення, особливо попит. У перехідній економіці бувають ситуації, коли підприємства доцільно застосовують цей підхід, наприклад, за відсутності конкуренції (монополія), при державних обмеженнях на рентабельність продукції, виконанні одноразових замовлень або виробництві унікальної продукції.

Насамкінець слід зазначити, що для встановлення реальної ціни, яка відповідає б ринковим умовам програмних продуктів, необхідні відповідні маркетингові дослідження.

$$Ц_{\text{роздр}} = Ц_{\text{опт}} \cdot 1,2 = 42\,130 \cdot 1,2 = 50\,556 \text{ (грн)} \quad (3.13)$$

де НДС складає 20%.

Для оцінки економічного ефекту і економічної ефективності ІС (інформаційних систем) використовують чистий приведений дохід (NPV) і індекс рентабельності

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(PI). Основним критерієм доцільності впровадження ІС є

$$NPV = \sum_{i=0}^n \frac{P_i - B_i}{(1+p)^i} > 0, \quad (3.14)$$

де  $P_i$  - результати, отримані в  $i$  – му періоді;

$B_i$  - витрати, отримані в  $i$  – му періоді;

$p$  - норма дисконту;

$n$  - кількість років життєвого циклу ІС.

Нульовий період (при  $i = 0$ ) дозволяє врахувати витрати на початок запуску ІС в експлуатацію (розробка ІС, закупівля і монтаж обладнання, тестування і налагодження тощо).

Результати від впровадження

$$P_i = O_i \cdot C_i \quad (3.15)$$

де  $O_i$  - об'єм збуту;

$C_i$  - ціна одиниці продукції;

$Vp_i$  - виручка від ліквідації майна в  $i$  – му періоді.

Розрахуємо результат и:

$$P_0 = 10 \cdot 42130 = 421300 \text{ (грн)}$$

$$P_1 = 20 \cdot 18138,1 = 842600 \text{ (грн)}$$

$$P_2 = 7 \cdot 18138,1 = 294910 \text{ (грн)}$$

Витрати на інформаційну систему (ІС) загалом можуть включати такі основні компоненти:

**Капітальні (одноразові) витрати:**

- Витрати на установку, налаштування та адаптацію ІС до конкретних умов експлуатації;

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

- Витрати на первинне інформаційне наповнення ІС (створення довідників) тощо.

**Поточні витрати:**

- Заробітна плата обслуговуючого персоналу разом з нарахуваннями;
- Витрати на навчання та перепідготовку персоналу;
- Витрати на ремонт, технічне обслуговування та модернізацію ІС, включно з амортизаційними відрахуваннями;
- Витрати на електроенергію;
- Витрати на поточну інформацію (через Інтернет);
- Матеріальні витрати (вартість паперу, картриджів, дисків тощо);
- Витрати на поточне інформаційне обслуговування ІС тощо.

Витрати в  $i$ -му періоді можна розрахувати за певною формулою, яка враховує перелічені статті витрат.

$$V_i = O_i \cdot C_i \quad (3.16)$$

де  $O_i$  і  $C_i$  - відповідно капітальні та поточні витрати в  $i$ -му періоді.

$$V_0 = 10 \cdot 12595,9 = 351900 \text{ (грн)}$$

$$V_1 = 20 \cdot 12595,9 = 703800 \text{ (грн)}$$

$$V_2 = 7 \cdot 12595,9 = 246330 \text{ (грн)}$$

Тепер розрахуємо чистий приведений дохід (NPV).

$$\begin{aligned} NPV &= \frac{421300 - 351900}{(1 + 0,2)^0} + \frac{842600 - 703800}{(1 + 0,2)^1} + \frac{294910 - 249330}{(1 + 0,2)^2} \\ &= 216719,44 \text{ (грн)} \end{aligned}$$

$$NPV \geq 0$$

						ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			86

Індекс рентабельності, яка розраховується як відношення наведених результатів до приведеними витратами, повинен бути більше або рівним одиниці.

$$\begin{aligned}
 PI &= \frac{\sum_{i=0}^n P_i (1+p)^{-i}}{\sum_{i=0}^n B_i (1+p)^{-i}} = \\
 &= \frac{421300(1+0,2)^0 + 842600(1+0,2)^{-1} + 294910(1+0,2)^{-2}}{351900(1+0,2)^0 + 703800(1+0,2)^{-1} + 249330(1+0,2)^{-2}} = \\
 &= 1,44 \geq 1
 \end{aligned}
 \tag{3.17}$$

За результатами розрахунків можна зробити висновок.

Висновок: у ході роботи було розраховано собівартість проєктованого пристрою та складено зведену таблицю калькуляції. З аналізу видно, що для зниження собівартості продукції необхідно скоротити як виробничі, так і поза виробничі витрати. Впровадження цього пристрою замість базового дозволить підвищити надійність і безпеку роботи, зменшити споживання енергії завдяки відсутності простоїв у системі, що суттєво скоротить витрати на утримання та експлуатацію обладнання.

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87

## ВИСНОВКИ

У процесі виконання роботи було проведено детальний аналіз основних аспектів розробки та впровадження проектного пристрою, починаючи з розрахунку собівартості та складання зведеної таблиці калькуляції витрат, закінчуючи оцінкою експлуатаційної ефективності та економічних показників. Розрахунки показали, що для зниження загальної собівартості продукції важливо сфокусуватися на оптимізації виробничих і позавиробничих витрат. Зокрема, значний потенціал для економії закладений у зниженні витрат на матеріали та комплектуючі, а також у більш раціональному використанні трудових ресурсів.

Враховуючи сучасні вимоги до ефективності та рентабельності виробництва, впровадження запропонованого пристрою замість базового рішення обґрунтовується кількома ключовими перевагами. По-перше, використання нового пристрою сприятиме підвищенню надійності та безпеки роботи, що особливо важливо в умовах постійного підвищення стандартів якості. По-друге, пристрій дозволить знизити енергоспоживання завдяки усуненню простоїв і забезпеченню стабільної роботи системи. Це не тільки позитивно позначиться на зниженні експлуатаційних витрат, а й дозволить підприємству відповідати вимогам екологічної ефективності та економії ресурсів.

Також у ході роботи було підкреслено важливість правильного вибору елементної бази, особливо з урахуванням характеристик, необхідних для стабільної та тривалої експлуатації пристрою. Відбір компонентів, таких як конденсатори, резистори та стабілізатори, базувався на технічних вимогах і умовах експлуатації, що дозволить уникнути проблем у роботі пристрою в майбутньому та мінімізувати витрати на технічне обслуговування й ремонт.

Додатково були розглянуті вимоги з охорони праці та техніки безпеки, які

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88



стосуються роботи з паяльними станціями, хімічними реагентами та іншими потенційно небезпечними матеріалами. Виконання цих вимог має суттєве значення для зниження ризиків, пов'язаних із шкідливими виробничими факторами, такими як загазованість повітря, небезпечні для здоров'я випаровування та підвищена температура робочих поверхонь.

На основі аналізу розглянутої технології було визначено, що для подальшого поліпшення економічної ефективності підприємства важливо проводити маркетингові дослідження для встановлення оптимальних цін на продукцію. Ціна має враховувати не тільки виробничі витрати, але й ринкові чинники, зокрема попит і конкуренцію. У такому підході оптимізація витрат та інноваційні рішення в галузі інформаційних технологій (ІТ) є ефективним інструментом для підвищення загальної рентабельності та конкурентоспроможності виробів.

Загалом виконана робота дала можливість оцінити реальні перспективи економії, а також зрозуміти напрями подальшого вдосконалення процесів виробництва та управління ресурсами. Впровадження проектного пристрою в експлуатацію забезпечить не лише покращення технічних характеристик виробу, але й дозволить значно скоротити витрати на утримання та експлуатацію обладнання, що, у свою чергу, сприятиме зростанню ефективності бізнесу в цілому.

					ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дубровська Г.М. Системи сучасних технологій/ Дубровська Г.М., Ткаченко А.П. - Київ: Центр навчальної літератури, 2004. - 352с.
2. Дудюк Д.Л. Гнучке автоматизоване виробництво і роботизовані комплекси/ Дудюк Д.Л. - Львів: Магнолія, 2015. - 278с.
3. Збожна О.М. Основи технології/ Збожна О.М. - Тернопіль : Карт Бланш, 2014. - 486с.
4. Колонтаєвський Ю.П., Сосков А.Г. Електроніка і мікросхемо техніка/ За редакцією А.Г. Соскова/ [Колонтаєвський Ю.П., Сосков А.Г.]. - К.: Каравела, 2015. - 384с.
5. Невлюдов І.Ш. Основи виробництва електронних апаратів/ Невлюдов І. Ш. - Харків: «Компанія СМІТ», 2014. - 584с.
6. Сулима В.С. Електрорадіоматеріали/ Сулима В.С. - Харків: УПА, 2014. - 140с.
7. [http://tourlib.net/statti\\_ukr/melnychenko15.htm](http://tourlib.net/statti_ukr/melnychenko15.htm)
8. <http://elektrik.info/main/praktika/848-payalniki-i-payalnye-stancii.html>
9. Електротехніка та електроніка. Теоретичні відомості, розрахунки та дослідження за підтримкою комп'ютерних технологій: Навч. посіб. /Щерба А.А., Рябенський В.М., Кучеренко М.Є., Побєдаш .К.К. та ін. – К.: "Корнійчук", 2007, - 488 с. з іл.
10. Електроніка та мікросхемотехніка [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка» / А. А. Щерба, К. К. Побєдаш, В. А. Святненко: – Київ: НТУУ «КПІ», 2013. – 360 с. Режим доступу: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/3569>

						ЕЛІТ 8.171.00.05. 497 ПЗ	Арк.
							90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			