

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

### Розробка системи контролю міжелектродного зазору свічок запалювання двигунів автомобілів

Рівень вищої освіти: перший бакалаврський  
Галузь знань: 27 Транспорт  
Спеціальність: 274 Автомобільний транспорт  
Освітня програма: Автомобільний транспорт

Шифр: КРБАТ 26. 22102. 000 ПЗ

Виконав: студент 4 курсу,  
група АТ-22-1

 Михайло СЕМЕНЮК

Керівник, д.т.н., професор

 Олександр ДИХА

Нормоконтролер, к.т.н., доцент

 Олег БАБАК

До захисту допускаю:  
завідувач кафедри ТАМ

 Олександр ДИХА

10 06 2026 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: Інженерії, транспорту та архітектури  
Кафедра: трибології, автомобілів та матеріалознавства  
Рівень вищої освіти: перший бакалаврський  
Галузь знань: 27 Транспорт  
Спеціальність: 274 Автомобільний транспорт  
Освітня програма: Автомобільний транспорт

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ТАМ  
Олександр ДИХА

" 15" квітня 2026 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Семенюк Михайло Михайлович

1. Тема роботи: **Розробка системи контролю міжелектродного зазору свічок запалювання двигунів автомобілів**

Керівник роботи: Диха Олександр Володимирович, д.т.н., проф.

Затверджено наказом університету від 20.01.2026 р. № 7

2. Строк подання студентом роботи на кафедру: 15.06.2026 р.

3. Вихідні дані до роботи:

- 1) Дані про систему запалювання ДВЗ
- 2) Технічні умови експлуатації свічок запалювання
- 3) Матеріали переддипломної практики.
- 4) Нормативно – технологічна документація по стандартизованим методам електричних випробувань
- 5) Результати літературного огляду і патентного пошуку.

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

1. Аналіз конструкції свічок запалювання
2. Технологія виготовлення і етапи виробництва свічок запалювання ДВЗ
3. Проектування спеціальних засобів оснащення
4. Безпека та екологічність технічного об'єкта

### 5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

6. Дата видачі завдання: 20 квітня 2026р.


### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналіз конструкції свічок запалювання	1.05.2026	
2	Технологія виготовлення і етапи виробництва свічок запалювання ДВЗ	15.05.2026	
3	Проектування спеціальних засобів оснащення	30.05.2026	
4	Безпека та екологічність технічного об'єкта	10.06.2026	

Студент

  
\_\_\_\_\_ Михайло СЕМЕНЮК

Керівник кваліфікаційної роботи

  
\_\_\_\_\_ Олександр ДИХА

## РЕФЕРАТ

Обсяг пояснювальної записки – 75 сторінок, кількість рисунків - 43, таблиць - 7, додатків - 1, кількість джерел згідно із переліком посилань - 15.

Студент гр. АТ-22-1 Семенюк М.М.

**Тема «Розробка системи контролю міжелектродного зазору свічок запалювання двигунів автомобілів»**

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання підвищення якості свічок запалювання як важливого елемента системи запалювання двигунів внутрішнього згоряння. Проведено аналіз конструкції свічки та визначено основні параметри, що впливають на стабільність іскроутворення, зокрема міжелектродний зазор. Досліджено вплив відхилень зазору на техніко-економічні та екологічні показники роботи двигуна. Проаналізовано існуючі методи контролю параметрів свічок запалювання та встановлено їх обмеження, пов'язані з низькою точністю та залежністю від людського фактору. Обґрунтовано доцільність впровадження автоматизованого контролю з використанням оптичних методів. Розроблено конструкцію установки для безконтактного вимірювання міжелектродного зазору на основі цифрового аналізу зображення. Проведено оцінку ефективності запропонованого рішення, що підтверджує зниження трудомісткості контролю та підвищення якості продукції. Отримані результати можуть бути використані у виробництві та при входному контролі свічок запалювання.

**Ключові слова:** свічка запалювання, міжелектродний зазор, система запалювання, двигун внутрішнього згоряння, оптичний контроль, автоматизація, якість продукції, виробництво

## Зміст

<b>ВСТУП .....</b>	<b>6</b>
<b>1. Аналіз конструкції свічок запалювання</b>	
1.1. Особливості будови свічки запалювання.....	9
1.2. Вимоги до параметрів свічки запалювання.....	11
<b>2. Технологія виготовлення і етапи виробництва свічок запалювання ДВЗ.....</b>	<b>14</b>
<b>3. Проектування спеціальних засобів оснащення.....</b>	<b>32</b>
3.1. Методики контролю параметрів свічки.....	32
3.2. Методи оптичного контролю.....	37
3.3. Проектування оптичного вимірювального пристрою.....	44
3.4. Результати вимірювань міжелектродного зазору.....	46
3.5. Опис установки для автоматизованого контролю зазору.....	50

					<b>КРБАТ 26. 22102. 000 ПЗ</b>							
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка системи контролю міжелектродного зазору свічок запалювання двигунів автомобілів			Літ.	Аркуш	Аркушів		
Розроб.	Семенюк									4	70	
Перевір.	Диха							ХНУ, гр. АТ-22-1				
Н.контр.	Бабак											
Затвер	Диха											

4. Безпека та екологічність технічного об'єкта.....	53
5. Економічне обґрунтування роботи.....	59
ВИСНОВКИ.....	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	64
Додатки	66

## ВСТУП

Підвищення якості продукції сучасного автомобілебудування неможливе без підвищення якості окремих комплектуючих елементів. Причому чим важливіше функціональне призначення виконує той чи інший елемент, тим суворіший контроль повинні проходити деталі та вузли автомобіля.

Безперечно, до найбільш відповідальних систем відноситься електрообладнання сучасного автомобіля. До нього відноситься також свічки запалювання двигуна внутрішнього згорання. Від рівня виготовлення та конструювання свічок залежить працездатність двигуна, його потужність, економічність, рівномірність роботи.

Для підвищення якості на виробництві можуть застосовуватись різні способи, методи та засоби. На це працюють системно цілі управління. Тенденція сучасна спрямована передусім на попередження чи запобігання створенню проблеми. Завдання виявлення чи виправлення сьогодні вторинні.

Однією з таких методик є методика чи 8 кроків (дій). На прикладі вхідного контролю свічок запалювання та аналізу дефектів різного характеру та походження розглядається приклад її застосування.

Так як свічка виготовляється та поставляється на виробництво у масовому порядку, автоматизація контрольних операцій є завданням, яке необхідно вирішити. Діяльність це робиться з допомогою засобів оптичного цифрового аналізу зображення контрольованого об'єкта.

У сучасних умовах розвитку автомобільного транспорту підвищення ефективності, економічності та екологічності двигунів внутрішнього згорання є одним із ключових завдань інженерії. Важливу роль у забезпеченні стабільної роботи бензинових двигунів відіграє система запалювання, центральним елементом якої є свічка запалювання.

Одним із визначальних параметрів свічки запалювання є

					КРБАТ 25.22128.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

міжелектродний зазор, який безпосередньо впливає на умови виникнення іскрового розряду, повноту згоряння паливно-повітряної суміші та загальні експлуатаційні характеристики двигуна. Відхилення зазору від номінального значення призводить до нестабільного іскроутворення, підвищеної витрати палива, зростання токсичності відпрацьованих газів і зниження ресурсу роботи двигуна.

У процесі експлуатації, а також у ході виробництва свічок запалювання, міжелектродний зазор змінюється внаслідок зношування електродів, термічних і механічних навантажень. Традиційні методи контролю (механічні щупи, візуальний огляд) характеризуються обмеженою точністю, значною трудомісткістю та залежністю від людського фактору, що ускладнює забезпечення стабільної якості продукції в умовах серійного виробництва.

У зв'язку з цим актуальним є впровадження автоматизованих методів контролю параметрів свічок запалювання, зокрема міжелектродного зазору. Перспективним напрямом є застосування оптичних систем вимірювання, які забезпечують високу точність, швидкодію та можливість інтеграції в автоматизовані виробничі лінії.

Таким чином, розроблення та дослідження установок для автоматизованого контролю міжелектродного зазору свічок запалювання є актуальним науково-технічним завданням, спрямованим на підвищення якості продукції, надійності роботи двигунів і ефективності виробництва.

**Мета роботи** полягає у дослідженні конструкції свічки запалювання та

					КРБАТ 25.22128.000. ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обґрунтуванні параметрів, що впливають на стабільність іскроутворення, а також у розробленні підходів до автоматизованого контролю міжелектродного зазору.

**Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:**

1. Проаналізувати будову автомобіля та принцип роботи системи запалювання.
2. Дослідити конструкцію свічки запалювання та її основні параметри.
3. Визначити вплив міжелектродного зазору на процес іскроутворення та роботу двигуна.
4. Проаналізувати існуючі методи контролю параметрів свічок запалювання.
5. Обґрунтувати необхідність автоматизованого контролю зазору.
6. Розглянути можливість застосування оптичних методів для контролю міжелектродного зазору.

## **1. Аналіз конструкції свічок запалювання**

### **1.1. Особливості будови свічки запалювання**

					КРБАТ 25.22128.000. ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Свічка запалювання визначає низку найважливіших експлуатаційних показників якості автомобіля, такі як потужність, надійність, витрата палива. Для нормального функціонування свічки запалювання повинні відповідати ряду технічних вимог: стійкість до перешкод, калільне число, герметичність, ресурс.

Перешкодостійкість пов'язана із спільною роботою з електричними пристроями, і залежить від резистивного герметика. Теплова характеристика залежить від калільного числа свічки. Герметичність має бути і для центрального електрода, і для корпусу. Усі ці параметри залежать від правильного та надійного покриття металевих елементів свічки.

Діяльність не розглядаються конструктивні параметри свічок, які визначають технічні параметри. Основна мета – застосувати методіку керування якістю продукції шляхом підвищення стабільності технологічного процесу.

Сучасні автомобілі є складними технічними системами, що включають механічні, електричні та електронні підсистеми. Однією з ключових складових бензинових двигунів внутрішнього згорання є система запалювання, яка забезпечує своєчасне займання паливно-повітряної суміші та визначає ефективність роботи двигуна [1–3].

У класичних працях з будови автомобіля детально розглянуто конструкцію двигуна, трансмісії, ходової частини та електрообладнання. Зокрема, у роботах [1, 2] наведено загальні принципи функціонування автомобіля, а також роль системи запалювання у забезпеченні стабільності процесу згорання.

Система запалювання сучасних автомобілів пройшла значну еволюцію: від контактних систем до електронних та мікропроцесорних систем керування [3–5]. У працях [4, 5] зазначено, що застосування електронного керування дозволяє підвищити точність моменту запалювання, зменшити витрати палива та знизити рівень шкідливих викидів.

					КРБАТ 25.22128.000. ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Особлива увага в літературі приділяється свічці запалювання як одному з ключових елементів системи. Вона забезпечує утворення електричної іскри в камері згоряння. Як показано в роботах [6–8], конструкція свічки (матеріал електродів, зазор, теплове число) безпосередньо впливає на процес займання суміші та ресурс роботи двигуна.

У дослідженнях [7, 8] встановлено, що оптимальний міжелектродний зазор є критичним параметром, який визначає стабільність іскроутворення. Надмірний зазор призводить до пропусків запалювання, тоді як недостатній — до зниження енергії іскри.

Окремий напрям досліджень присвячений автоматизації контролю параметрів свічок запалювання. У роботах [9–11] розглядаються методи оптичного, електричного та комбінованого контролю зазору, що дозволяють підвищити точність вимірювання та продуктивність виробництва.

Також значна увага приділяється матеріалам електродів і їх зносостійкості. Згідно з роботами [10–12], використання нікелевих, платинових та іридієвих сплавів дозволяє значно збільшити ресурс свічок та стабільність їх характеристик.

У сучасних дослідженнях [13–15] акцент зроблено на застосуванні цифрових технологій, зокрема комп'ютерного моделювання та автоматизованих систем контролю якості. Це дозволяє реалізувати високоточний контроль геометричних параметрів свічки, зокрема міжелектродного зазору.

Таким чином, аналіз літератури показує, що:

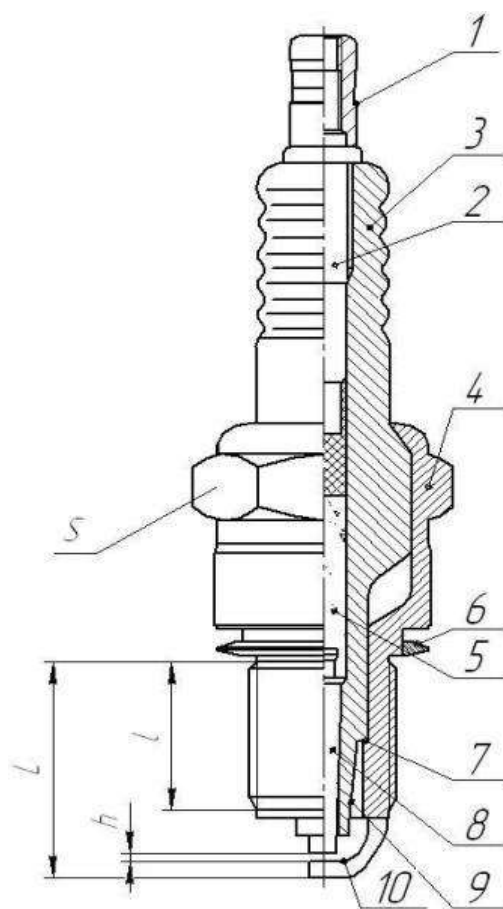
- система запалювання є критично важливою для роботи двигуна;
- параметри свічки запалювання визначають ефективність згоряння;
- автоматизація контролю є перспективним напрямом підвищення якості виробництва.

## 1.2. Вимоги до параметрів свічки запалювання

Свічка служить для займання паливно-повітряної суміші в циліндрі

					КРБАТ 25.22128.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

двигуна внутрішнього згоряння. Вона включає наступні елементи (рисунок). Металевий корпус встановлюється на керамічний ізолятор з контактом по конічній внутрішній поверхні тепловідвідної сталеві або мідної шайби. З нижнього торця металевого корпусу приварений вигнутий бічний електрод маси. Він має у перерізі прямокутний профіль. З упором у буртик металевого корпусу встановлено кільце ущільнювача. Через керамічний ізолятор проходить електрод в отворі зі змінним перетином. Електрод зафіксований буртиком розширеної головки електрода в центральному каналі керамічного ізолятора. Для фіксації електрода канал ізолятора наповнений склогерметиком, який є сумішшю порошків металу і скла. Електричний опір свічки залежить від складу склогерметика.



1 – контактна гайка; 2 – контактний стрижень; 3 – ізолятор керамічний; 4 – металевий корпус; 5 – склогерметик резистивний; 6 – Кільце ущільнювача; 7 – тепловідвідна шайба; 8 – центральний електрод; 9 – робоча камера; 10-бічний електрод; h – зазор; S - L - l -

						КРБАТ 25.22128.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			11

## Рисунок 1.1 – Схема свічки запалювання

Свічка запалювання призначена для ініціювання займання паливно-повітряної суміші в камері згоряння двигуна внутрішнього згоряння. Вона є одним із ключових елементів системи запалювання, від параметрів якого безпосередньо залежать пускові властивості двигуна, його економічність, потужність та екологічні показники.

Конструктивно свічка запалювання складається з металевого корпусу, керамічного ізолятора, центрального електрода, бічного електрода, контактної стрижня, ущільнювальних елементів та резистивного склогерметика. Металевий корпус забезпечує механічне кріплення свічки в головці блока циліндрів і відведення тепла, тоді як ізолятор виконує функцію електричної ізоляції та теплового бар'єру. Центральний електрод проходить через ізолятор і з'єднується з контактним стрижнем, а бічний електрод приварюється до корпусу та формує іскровий проміжок.

Одним із найважливіших параметрів свічки є міжелектродний зазор ( $h$ ), який визначає умови виникнення електричного розряду. Значення зазору, як правило, знаходиться в межах 0,7–1,1 мм залежно від типу двигуна. Зменшення зазору призводить до полегшення пробою, однак знижує енергію іскри, що може негативно впливати на повноту згоряння суміші. Збільшення зазору, навпаки, підвищує енергію іскри, але потребує більшої напруги, що може викликати пропуски запалювання.

Важливою характеристикою є калільне число свічки, яке визначає її тепловий режим. Свічка повинна працювати в такому температурному діапазоні, щоб забезпечити самоочищення від нагару ( $\approx 450\text{--}850\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) і водночас уникнути перегріву, який може спричинити передчасне займання суміші (калільне запалювання). Таким чином, правильний вибір калільного числа забезпечує стабільну роботу двигуна в різних режимах навантаження.

До основних вимог також належить герметичність конструкції, яка повинна забезпечувати відсутність витоків газів з камери згоряння.

					КРБАТ 25.22128.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Герметичність досягається за рахунок ущільнювальних елементів і якісного з'єднання ізолятора з корпусом. Порушення герметичності призводить до втрати компресії та зниження ефективності двигуна.

Електричні характеристики свічки визначаються, зокрема, опором резистивного елемента (склогерметика), який виконує функцію подавлення електромагнітних завад. Наявність резистора дозволяє зменшити рівень радіоперешкод і забезпечити стабільну роботу електронних систем автомобіля.

Матеріали електродів також мають суттєвий вплив на експлуатаційні характеристики свічки. Використання нікелевих, платинових або іридієвих сплавів дозволяє підвищити зносостійкість, термостійкість та ресурс роботи свічки. Зношування електродів призводить до зміни міжелектродного зазору, що погіршує стабільність іскроутворення.

Окремо слід відзначити вимоги до геометричної точності та стабільності розмірів, які є критичними для масового виробництва свічок запалювання. Відхилення форми або положення електродів можуть спричинити нестабільність іскри, локальні перегіви та прискорений знос. Саме тому сучасні технології виробництва передбачають багатоступеневий контроль, включаючи автоматизовані системи вимірювання.

З урахуванням великого обсягу виробництва та високих вимог до якості особливого значення набуває контроль параметрів свічки, зокрема міжелектродного зазору, геометрії електродів та стану поверхні. Традиційні методи контролю (щупи, візуальний огляд) мають обмежену точність і продуктивність, що зумовлює необхідність впровадження автоматизованих систем контролю на основі оптичних методів.

Таким чином, забезпечення заданих параметрів свічки запалювання є комплексним завданням, що включає правильний вибір конструкції, матеріалів та технології виготовлення, а також застосування сучасних методів контролю якості, що дозволяють підвищити надійність та ефективність роботи

					КРБАТ 25.22128.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

двигуна.

**2. Технологія виготовлення і етапи виробництва свічок запалювання ДВЗ**

					КРБАТ 25.22128.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Свічки проходять стандартні випробування визначення відповідності їх параметрів встановленим вимогам. Це випробування ІМЕР для вимірювання чутливості до високого тиску, тест на чистоту ізолятора, теплове випробування на герметичність, контроль іскрового розряду з використанням осцилоскопа, який визначає ступінь іонізації іскрового зазору свічки. Проводяться випробування на іскрову ерозію електродів.

Технологія виготовлення свічок запалювання для двигунів внутрішнього згорання включає в себе три етапи. Перший етап це підготовка сировини для керамічного виробництва та виготовлення ізолятора (рис. 2.1). Другий етап пов'язаний із виготовленням металевих елементів свічок запалювання (рисунок 2.2). На третьому етапі відбувається складання свічки (рисунок 2.3). Особливість технології полягає у просторовому розведенні виробничих ділянок для першого та другого етапів через високі вимоги щодо хімічного складу сировини. Необхідно захистити його від попадання металевих домішок для виключення проблем при електричному пробі. У млинах відбувається перемішування гранул глинозему з необхідними присадками із додаванням води. При перемішуванні одночасно відбувається подрібнення. Виходить емульсія розмір частинок якої трохи більше 3 мкм. Після сушіння порошок пресується у гумовій матриці із формуванням заготовки ізолятора. Для надання твердості вона обпалюється при температурі 1600 °С під час ступінчастої термообробки протягом 30 год.

Сталевий корпус, контактний стрижень, бічний та мідні центральний електроди виготовляють із дроту. Після різання високошвидкісним пресуванням одержують корпуси свічок. Для механічної обробки корпусу використовують токарний верстат. Зварювальним роботом до корпусу приварюють бічний електрод. Далі проводиться таврування з накаткою різьблення. Після цього проходить хіміко-термічна обробка – покриття нікелем. Аналогічні роботи проводять контактного стрижня, центрального електрода.

					КРБАТ 25.22128.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15



Рисунок 2.1 – Схема керамічного виробництва

Складання складається з двох етапів. Перший етап це складання осердя. Другий етап – остаточне складання. Для виконання операцій використовується принцип концентрації. На одному верстаті виконуються маркування ізолятора фарбою, покриття герметиком, глазур'ю, встановлення контактного стрижня, центральний електрод. Наприкінці операції відбувається термообробка для затвердіння глазури.



Рисунок 2.2 – Технологічна послідовність виготовлення виробів

На остаточному складанні багатопозиційний автомат збирає корпус, сердечник з установкою кільця ущільнювача і накручуванням контактної гайки. Наприкінці відбувається обрізання та згинання бокового електрода з регулюванням зазору між бічним та центральним електродами. Після цього відбувається упаковка.





Рисунок 2.4 - Послідовність реалізації етапів процедури



Рисунок 2.5 - Організація роботи з вирішення проблем якості із застосуванням процедури

При виконанні методики постачальник повинен заповнити звіт за формою, яка потрібна для точного визначення проблеми та її аналізу. Форма звіту складається з восьми етапів чи дій. Звіт допомагає взаємодії споживачів та постачальників.

Мінімальні вимоги до змісту звіту щодо вирішення проблем під час використання методики наведено у таблиці 2.1.

					КРБАТ 25.22128.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20



Продовження таблиці 2.1

1	2
	коментарі/результат. Якщо проблема може виникнути на інших výroбах, аналогічних výroбах, інших кольорах, симетричних деталях, спереду/ззаду – це має бути чітко визначено у звіті.
3 Попередній аналіз	
У який момент виробничого процесу невідповідність мала бути виявлено?	Приділити необхідну увагу контрольним операціям (згідно з планами управління або картами контролю), де невідповідність має бути виявлена. У кожному рядку додати галочку в полі так/ні.
Які причини не виявлення?	Вказати причину, чому при виготовленні та при контролі дефект не було виявлено.
4 План термінових, стримувальних дій	
Які дії були вжиті для запобігання постачанню дефектних виробів головне підприємство?	Описати стримуючі заходи, вжиті задля унеможливлення постачання дефектних виробів на головне підприємство. Стримуючі заходи повинні реалізовуватись весь період до моменту впровадження плану коригувальних заходів і докази результативності остаточних дій.
Дія	Вказати конкретний захід, наприклад: 100% контроль, блокування, операцію з доопрацювання (якщо вона можлива та прийнятна).
Кількість придатних / кількість шлюбу	Вказати загальну кількість придатних та бракованих виробів у штуках, до яких було вжито заходів під час виробництва, на проміжних складах, складах готової продукції, підготовлених у запасні частини. Повинні бути заповнені всі рядки.
Як ідентифіковано придатні вироби?	Вказати метод ідентифікації кожного виробу під час всього періоду дії стримувальних заходів. Тарні місця також мають бути ідентифіковано унікальним методом.
№ першої партії постачання придатних виробів	Вказати номер першої партії постачання придатних виробів. Наступні постачання повинні здійснюватися так само під дією стримувальних заходів.
Дата постачання	Вказати дату, з якої почалися постачання придатних виробів

5 Остаточний аналіз причин

Продовження таблиці 2.1

1	2
Дата його завершення	Вказати дату закінчення аналізу
Причини	Описати реальну кореневу причину (и) невідповідності.
Відповідальний	Вказати представника підприємства, який відповідає за розробку плану остаточних дій.
Підрозділ	Вказати підрозділ підприємства, що відповідає за розробку плану остаточних дій.
6 План остаточних дій	
Дія	Описати міру, яка має здійснюватися з метою запобігання повторному виникненню дефектів. Дії повинні бути розроблені для кожної кореневої причини, визначеної на 3 та 5 етапах. Як мінімум – одна дія на одну причину.
Відповідальний	Вказати представника підприємства, який відповідає за реалізацію остаточного дії.
Підрозділ	Вказати підрозділ підприємства, що відповідає за реалізацію остаточної дії.
Дата	Вказати дату впровадження остаточного дії.
7 Аналіз результативності остаточних дій	
Дата затвердження	Вказати дату затвердження результативних остаточних дій.
Є чи об'єктивні докази остаточних дій?	За наявності/відсутності документальних підтверджень результативності остаточних дій, відзначити відповідне поле так/ні.
Чим це підтверджено?	Вказати детально наявність документальних підтверджень щодо кожного остаточного дії.
8 Контроль виконання та облік досвіду	
Дата закриття	Дата закриття звіту

Після виконання дій чи потрібно внести зміни щодо нижчеперелічених пунктів?	Приділити необхідну увагу подальшим діям, які мають бути здійснені у зв'язку з повідомленням про претензії. Вони повинні включати перегляд та оновлення всіх відповідних документів. У кожному рядку додати галочку в полі так/ні. Якщо документ оновлюватиметься - вказати ім'я відповідального, підрозділ та термін переробки документа.
---	--

Мінімальні вимоги щодо застосування інструментів менеджменту якості та документальні підтвердження під час використання методики наведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Способи вирішення проблем за етапами

Етап	Інструмент та документальне підтвердження
Етап 1	7 простих питань, 5 чому, мозковий штурм.
Етап 2	
Етап 3	
Етап 4	
Етап 5	5 Чому, деревоподібна діаграма, діаграма умов та наслідків, діаграма розсіювання, гістограми, мозковий штурм, інші інструменти.
Етап 6	7 простих питань, 5 чому, мозковий штурм тощо.
Етап 7	Вимірювання та статистична обробка результатів вимірювань (індекси Ср та Срк, Рр та Ррк), контрольні карти, результати внутрішніх аудитів технологічних процесів. Протоколи випробування, графіки, контрольні листки.
Етап 8	Як мінімум мають бути оновлені два типи документів.

Звіт «» - це форма, яка допомагає команді вирішити проблему за допомогою її точного визначення та повного аналізу. Звіт «» складається з 8 етапів (8 «Ео» або 8 типів дій). Звіт «» є посередником між постачальником та клієнтом. У таблиці 2.3 наведено тимчасові обмеження щодо кожного етапу запропонованої процедури.

Процедура включає такі етапи. Перший опис проблеми. Далі потрібно сформулювати проблему. Після чого розкрити проблему (Детальний опис проблеми. Інші схожі деталі. Перший аналіз. План негайних дій. Остаточний аналіз. План остаточних дій. Аналіз ефективності остаточних дій. Контроль

виконання та облік досвіду.)

Сформулювати проблему точно і коротко, дістатися джерела проблеми, можна повторюючи послідовно питання «Чому?» до моменту, коли вже неможливо дати повну та достовірну відповідь (метод сходи).

Розкрити проблему, тобто кількісно визначити реальний розмах проблеми можна базуючись на отримані факти. Відповідь на запитання «Що саме не працює і з чим?» можна відповідаючи на запитання: Що, Де, Коли та Скільки.

Таблиця 2.3 - Терміни виконання етапів

Етап звіту	Зміст етапу	Термін
Етап 1-3	Опис проблеми: формулювання та розкриття	Протягом перших 48-ми годин
Етап 4	Негайні дії для огорожі клієнта	Протягом перших 48 годин
Етап 5	Пошук причин	У перебігу 10 календарних днів
Етап 6	План остаточних дій	У перебігу 10 календарних днів
Етап 7	Перевірка результативності плану дій	Після затвердження, відповідно до отриманих результатами
Етап 8	Контроль та облік досвіду	Після затвердження, відповідно до отриманих результатами

Послідовність питань «ЧОМУ?» дозволяє досягти останньої відомої ланки ланцюжка причин та наслідків, не зупиняючись лише на виявлених наслідках.

Для формування звіту необхідно заповнити ряд форм поданих нижче (таблиці 2.4-2.12).

Таблиця 2.4 – Форма для першого етапу

1 Детальний опис невідповідності

Звіт №.			
Ранг		Кількість н/с деталей:	
Опис			
	Повторно	Так	Ні

Таблиця 2.5 – Форма для другого етапу

2. Аналіз подібних виробів			
Чи можуть такі вироби мати подібні дефекти?			
	Так	Ні	Коментарі/Результат
Інші моделі:			
Аналогічна деталь			
Інші кольори			
Симетрична деталь			
Спереду/Ззаду			
Інше			

Таблиця 2.6 – Форма для третього етапу

3. Попередній аналіз		
У який момент виробничого процесу невідповідність має бути виявлено?	Так	Ні
Під час виготовлення		
Після виготовлення (при фінішному контролі)		
При надсиланні замовнику		
Причини невиявлення?		

Приклади виявлення дефектів запалювання свічок наведені нижче. За методикою складається звіт, в результаті якого змінюється або коригується технологія виготовлення, контролю в ході виготовлення свічок, а також

					КРБАТ 25.22128.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

організаційні заходи для виключення появи виявлених або навіть схожих недоліків.

Наприклад, у свічки виявлено дефект: занижений іскровий зазор. Виявилось це під час обкатки автомобілів на двох різних двигунах на стенді обкатки.

Таблиця 2.7 – Форма для четвертого етапу

4. Негайний план дій			
Які дії були вжиті для запобігання постачанню дефектних виробів на підприємство?			
	Дія	Кількість OK	Кількість NOK
Виробничі операції			
Проміжні склади			
Склади готової продукції			
Запасні частини			
Інше			
Як зазначено придатну продукцію?			
Реквізити партії гарантованої якості:			
		Зауваження:	

Таблиця 2.8 – Форма для п'ятого етапу

5. Остаточний аналіз	Остаточний термін для аналізу	
Вказати реальні причини на сукупність процесів: Персонал, матеріал, обладнання, метод		
Хто, де, коли, чому, як Зміни процесу, коригування		
Обслуговування обладнання		
Причина	Відповідальний	Служба

Опис проблеми: фактичні розміри іскрового проміжку – близько 0,5 мм отримані в результаті виміру. Має бути згідно з вимогами (1,0+0,15) мм. Проведено аналіз дефектних свічок. Вплив на клієнта - недостатня робота двигуна (не досягаються робочі характеристики транспортного засобу); недостатня працездатність свічки; пошкодження системи очищення вихлопних газів (не виконуються вимоги стандартів щодо емісії вихлопних газів).

Таблиця 2.9 – Форма для шостого етапу

6. План остаточних дій			
Які дії вжито для запобігання виробленню дефектних виробів у майбутньому? Захист від некваліфікованого звернення, випробування, контроль процесу			
Дія	Відповідальний	Підрозділ	Термін

Таблиця 2.10 – Форма для десятого етапу

7. Аналіз результативності остаточних дій?		
Чи є об'єктивні докази ефективності остаточних дій?	Так	Ні
Опис		
Прикладіть відповідні дані: Протокол випробування, розрахунок коефіцієнта, відтворюваність процесу тощо.		

Цей дефект за останні 3 роки не виникав.

Проведено 100% сортування запасів свічки. Сортування та маркування відсортованих виробів проводилося згідно з методикою (див. аркуш графічної частини).

ЕЗ Строкові заходи наступні. 3 партії 9000 прим. на підприємстві замовника відсортовано клієнтом 2 шт. з невідповідним іскровим зазором з

					КРБАТ 25.22128.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

фактичними розмірами: 0,4 мм та 0,7 мм.

Фірма постачальник відсортувала 17800 шт. (Запас клієнта). З них 6 прим. з невідповідним іскровим зазором з параметром зазору: 0,75 мм, 0,85 мм, 0,65 мм, 0,75 мм, 0,95 мм, 0 мм. І в новій партії 21600 шт. 2 шт. з невідповідним іскровим зазором із зазором: 0,95 мм.

Проведено калібрування контрольного стенду контролю іскрового зазору. Етап Е4 Аналіз причин. Процес, що спричинив дефект: впала свічка. Дефект "Іскровий зазор занижений" виник через механічний вплив, зроблений на бічний електрод (при падінні свічки на тверду поверхню).

Цей дефект міг виникнути наступних етапах виробництва свічки. Автоматична відбраковування свічки на лінії після 100% контролю за камерою (причина 1). При відбраковуванні свічки переміщуються в тару, можливе падіння свічки на попередню свічку в тарі. Ручне перекладання свічки до 100-місної тари на складальній лінії (причина 2). Оператор міг упустити свічку при перекладанні. Ручне упакування свічки в 50-місцеву коробку (причина 3). Оператор міг упустити свічку при перекладанні свічки зі 100-місної тари в 50-місцеву коробку через те, що свічки зачіплюються бічним електродом за рукавички.

Оператор проігнорував вимоги "Порядок дій зі свічками/комплектуючими, що впали" і ідентифікував впавшу свічку як придатну. Причини виявлення: помилка оператора. Невідповідний іскровий зазор на свічці запалення не був виявлений, тому що оператор проігнорував вимоги "Порядок дій зі свічками/комплектуючими, що впали" і ідентифікував впав свічку як придатну.

Етап Е5: Можливі коригувальні заходи. Використання магнітних знімачів. Актуалізація робочих вказівок. Відбраковування свічок на устаткуванні. Заміна рукавичок операторів. Візуалізація на робочих місцях

Етап Е6: Впроваджені заходи, що коректують. Впровадження магнітних знімачів: впровадити на лінії збирання свічки RT5 магнітні

					КРБАТ 25.22128.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

знімники для укладання свічок у 100 місну тару. Актуалізація робітників інструкцій: внести до робочої інструкції вимогу щодо перекладання свічок запалювання в 100-місцеву тару за допомогою магнітного знімача.

Відбраковування свічок на устаткуванні. Для цього змінити конструкцію вузла відбраковування свічок запалювання на обладнанні за рахунок збільшення довжини жолоба відбраковування, установки затримуючої гумової пластини для зниження швидкості падіння свічки при відбраковуванні. Заміна рукавичок операторів. Ввести вимогу щодо використання рукавичок із ПВХ при упаковці свічок запалювання. Рукавички без ПВХ заборонити для використання під час упаковки свічок запалювання. Візуалізація на робочих місцях Візуалізувати на кожному робочому місці упаковки вимогу по деталях, що впали. Повторне ознайомлення. Повторне ознайомлення співробітників ділянки складання та пакування.

Етап Е7: Запобіжні заходи, що включають системи управління якістю. Актуалізувати аналіз видів, наслідків та причин потенційних невідповідностей та внести вимогу щодо застосування магнітного знімання, а також щодо використання рукавичок з ПВХ.

Етап Е8: Закриття рекламації.

Аналогічна процедура при дефекті: вибоїни на різьбленні. Е1: вибоїни на різьбленні.

Е2: Дефект був виявлений візуально під час сортування свічки на підприємстві у рамках термінових заходів щодо рекламації. Зовнішній вигляд відповідає зразкам зовнішнього вигляду.

Можливий монтаж свічки у двигун. Є можливість утруднень при демонтажі або неможливість демонтажу свічки під час сервісного обслуговування автомобіля.

Ця свічка поставляється понад 15 років. Рекламація по дефекту "Вбоїни на різьбовій частині в стані поставки" була отримана вперше.

Е3: Сортування візуально без використання оптичних засобів.

					КРБАТ 25.22128.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Результат: виявлено 9 дефектних свічок.

Е3: Введення додаткового 200% контролю продукції на комплектацію, що випускається з ліній остаточного складання, до впровадження заходів, що коригують, на кроці Е6.

Е4: Дефект "Вибоїни на різьбленні" виник на операції "Калібрування різьблення" на лінії остаточного складання. Через нещільну фіксацію свічки в струмку для подачі (і, як наслідок, зміщення свічки), свічка застрягла у вузлі калібрування, через що вузол пошкодив різьблення, а також кільце ущільнювача і місце під тавро (причина 1).

Свічка не була відбракована датчиком у процесі калібрування, оскільки пошкодження є незначним, перевірку кільцем різьбовим свічка проходить (причина 2). Співробітник, який проводив візуальний контроль, пропустив дефектну свічку (людський фактор, незначне пошкодження).

Е6: Дії наладчика при фіксації свічки у вузлі калібрування визначені та описані в інструкції. Також здійснено заміну направляючої до калібрування. Вимога щодо шліфування напрямних внесено до технічного регламенту. Введено додаткову візуалізацію дефекту "Вбоїни на різьбленні" на робочому місці візуального контролю.

Дії при дефекті виготовлення свічки: усунення електрода.

Е2: усунення бічного електрода. Вплив на клієнта: зміщення електрода призводить до пропусків займання суміші через іскри в неправильному місці і, як наслідок, недосягнення робочих характеристик двигуна або його зупинку, а також порушення норм токсичності (невиконання стандартів з емісії вихлопних газів).

Е3: 100% сортування свічки у клієнта проводилось у рамках термінових заходів. Сортування проводилось візуально без застосування оптичних засобів. Введення додаткового 200% контролю продукції на комплектацію, що випускається з ліній остаточного складання, до впровадження заходів, що коригують, на етапі Е6.

					КРБАТ 25.22128.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Е4: Бічний електрод був підігнутий зі зміщенням на операціях підгинання внаслідок початкового зміщення бічного електрода у не підігнутому стані, що могло статися у завантажувальному бункері для корпусів свічки запалювання. Причина виявлення: вузол перевірки орієнтації бічного електрода. Дефект був відбракований вузлом 100% перевірки орієнтації бічного електрода. Можливість пропуску свічок з невеликими зсувами бічного електрода виникла через знос деталі у вузлі перевірки орієнтації бічного електрода. При цьому перевірка вузла орієнтації за допомогою зразка зі зміщеним бічним електродом не була передбачена (проводилася лише перевірка за допомогою НОК зразка з неправильною орієнтацією бокового електрода).

Е6: Ремонт вузла перевірки орієнтації бокового електрода проведено. Впроваджено перевірку вузла орієнтації за допомогою зразка зі зміщеним бічним електродом: деформація бічного електрода проводиться за допомогою пристосування. Введено додаткову візуалізацію дефекту "Зміщення бічного електрода" на робочому місці візуального контролю.

					КРБАТ 25.22128.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

### 3. Проектування спеціальних засобів оснащення

#### 3.1. Методики контролю параметрів свічки

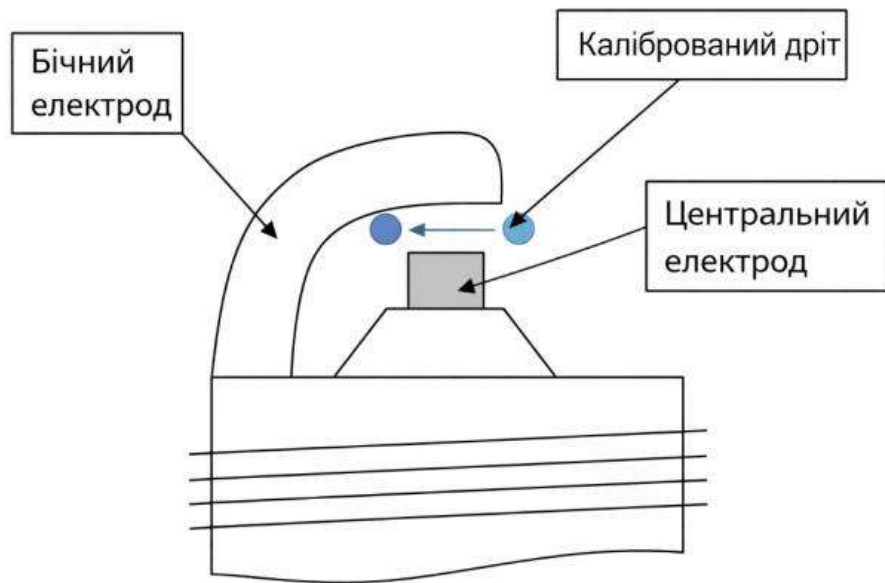
Нижче описуються методики перевірки іскрового зазору свічки запалювання з наступним маркуванням перевірених свічок. Перша методика - перевірка свічок щупом з каліброваним дротом:

1. Взяти щуп із каліброваним дротом діаметром 1,0 мм.
2. Перемістити дріт щупа в міжелектродну відстань бокового та центрального електродів
3. Дріт повинен пройти між електродами (рисунок 3.1). Свічці надається статус «Дічне (Ок)».
4. Якщо дріт не проходить між електродами (див. рисунок 3.2), свічці надається статус «Не придатне (пОк)».



а)

					КРБАТ 25.22128.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33



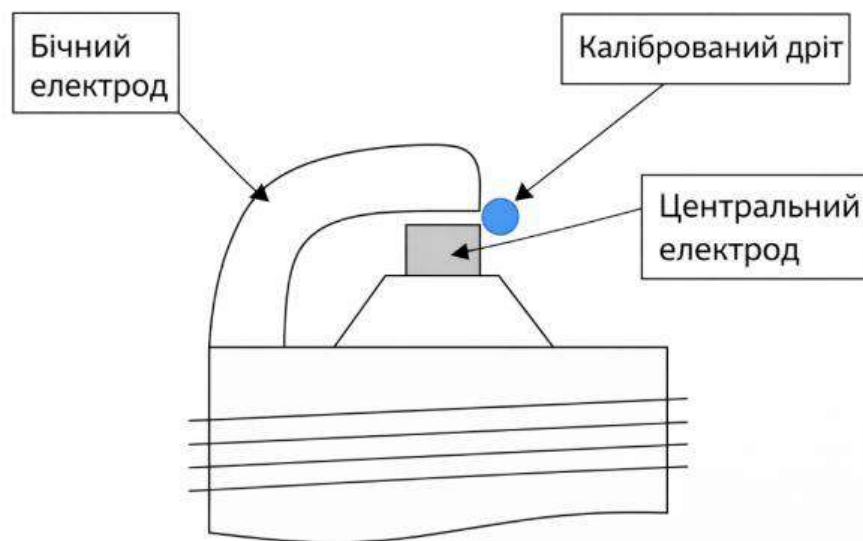
б)

Рисунок 3.1 – Статус свічки «Гідне (Ок)»: а – фото перевірки; б – схема перевірки



а)

					КРБАТ 25.22128.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34



б)

Рисунок 3.2 - Статус свічки "Не придатне (nOk)": а - фото перевірки; б – схема перевірки

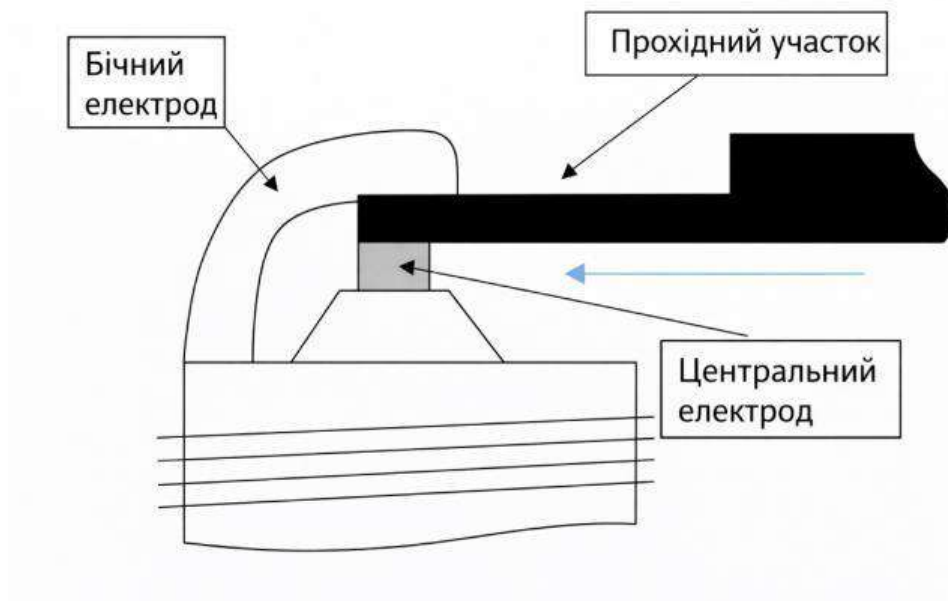
Друга методика – перевірка свічок щупом:

1. Взяти щуп.
2. Перемістити прохідну ділянку щупа в міжелектродну відстань бокового та центрального електродів
3. Прокідна ділянка щупа має пройти між електродами (див. рисунок 3.3), свічці надається статус «Річне (Ok)».
4. Якщо прохідна ділянка щупа не проходить між електродами (див. рисунок 3.4), свічці надається статус «Не придатне (nOk)».

					КРБАТ 25.22128.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35



а)



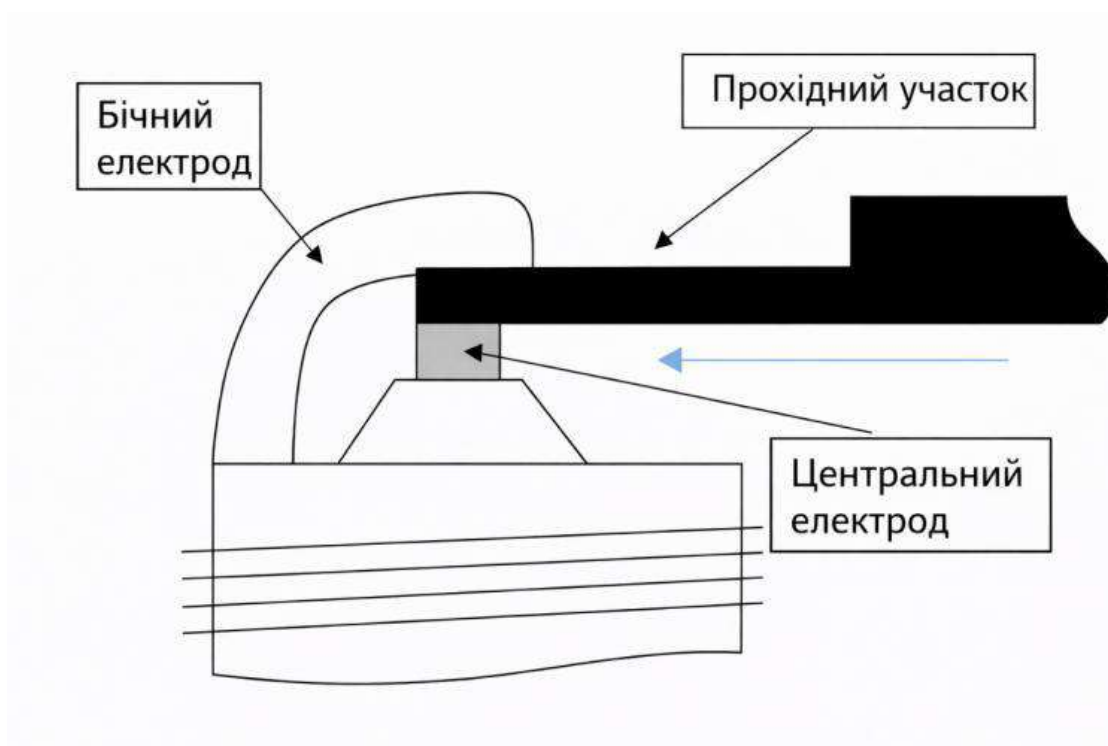
б)

Рисунок 3.3 – Статус свічки «Гідне (Ок)»: а – фото перевірки; б – схема перевірки

					КРБАТ 25.22128.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36



а)



б)

Рисунок 3.4 - Статус свічки "Не придатне (пОк)": а – фото перевірки; б – схема перевірки

Маркування перевірених свічок.

					КРБАТ 25.22128.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

1. Свічки, що пройшли провіку і отримали статус «Річне (Ок)», повинні бути промарковані горизонтальною лінією зеленого кольору, на одній із граней шестигранника свічки запалювання.

2. Після перевірки та маркування всіх 50 шт. свічок запалювання, зі статусом «Річне (Ок)», на 50-ти місцеву коробку необхідно наклеїти етикетку зеленого кольору, із зазначенням дати перевірки, підписом виконавця, номером замовлення.

3. Свічки, що набули статусу «Не придатне (nOk)», під час перевірки необхідно:

- промаркувати горизонтальною лінією червоного кольору, на одній із граней шестигранника свічки запалювання;

- сфотографувати;

- виміряти фактичний розмір зазору;

- сфотографувати розташування негідної свічки в коробці;

- сфотографувати етикетку із штампом коробки, в якій знаходилася негідна свічка;

- сфотографувати внутрішній бік кришки коробки;

- відставити окрему тару щодо подальшого аналізу.

Фото та дані слід негайно передати представнику заводу-виробника.

### 3.2. Методи оптичного контролю

При вимірі 1200 штук свічок вони проходять комплексну перевірку. Незважаючи на виробничий контроль, свічки з різних причин можуть мати низку різних відхилень (дефекти різьблення, зміщення електрода, відхилення міжелектродного зазору тощо). Ці дефекти реєструються при візуальному контролі, а також за допомогою ручних операцій, таких як перевірка дротом або щупом.

Заміна візуального та ручного контролю автоматичним за допомогою системи технічного зору для виявлення як загальних дефектів, пов'язаних з

					КРБАТ 25.22128.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

геометричними відхиленнями взаємного розташування, так і наявністю дефектів різьблення, а також вимірюванням міжелектродного проміжку забезпечує можливість більш швидкої перевірки більшого обсягу виробів у контрольованій вибірці (до 10%).

Для контролю видимих дефектів та відхилень, геометричних вимірів використовуються різні методи. Наприклад, схема контролю бликуючого об'єкта (рисунок 3.5). Він використовується для контролю контуру краю з високою точністю. Може застосовуватись і при обробці, наприклад, для токарних операцій. Необхідне обладнання: коліматор та телецентричний об'єктив з розмірами більшими за об'єкт контролю.

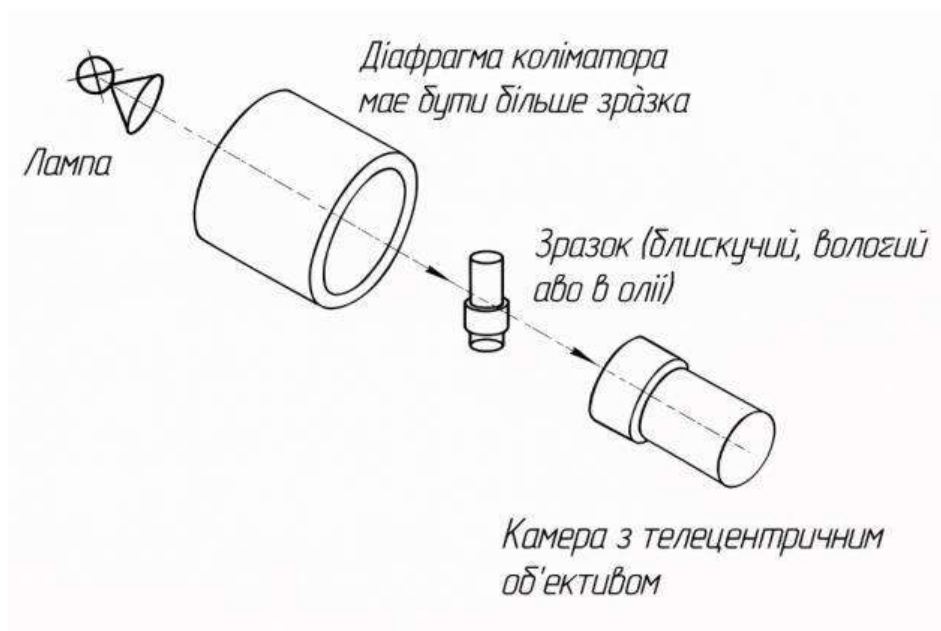


Рисунок 3.5 – Схема контролю бликуючих деталей

Вимірювання статичне. Геометрія особливо підходить для об'єктів зі сферичними, циліндричними та конічними поверхнями. Підходить для будь-якого подовженого об'єкта, зовнішній край якого злегка вигнутий уздовж оптичної осі, наприклад, поверхні електродів. Для плоских об'єктів коліматор не потрібний, тому що край добре визначається і так.

Коліматор запобігає зсуву променів, що відображаються в точках всередині

					КРБАТ 25.22128.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

контрольованого контуру об'єкта.

Контроль непрозорих матових об'єктів із заднім підсвічуванням освітленням трохи відрізняється (рисунок 3.6). Така схема може застосовуватись для габаритних виробів. Камера з лінійним скануванням геометрії з блоком заднього підсвічування.

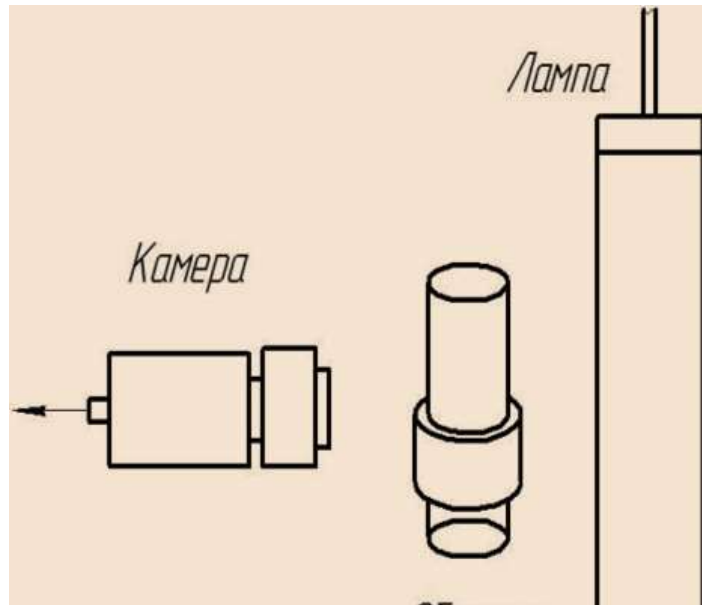


Рисунок 3.6 – Схема контролю подовжених матових об'єктів

У цій схемі застосовується лінійний ланцюжок світлодіодів з екраном, що розсіює, коробка світла для створення фону, камера з однорядковою розгорткою. Камері задають рівномірний рух.

Для вимірювання може використовуватися наступна схема (рисунок 3.7).

Мета даного виміру – визначити об'єкт у полі зору плоскої схеми виміру. Для цього свічку необхідно орієнтувати строго в одному напрямку та знімати її силует або можна об'єкт орієнтувати довільним чином. Це визначає формат фігури, описаної навколо контрольованого силуету (рисунок 3.8).

Для точного визначення розмірів отриманого об'єкта необхідно провести процедуру калібрування. Береться свічка стандарт з відомим зазором і поміщається в площину зйомки. Отримане цифрове зображення об'єкта

									Арк.
									40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБАТ 25.22128.000. ПЗ				



сканування. Для контролю геометричних параметрів із низькою точністю можна використовувати поліхромне світло. Для цього можна використати ряд різних джерел: коліматор як джерело білого світла з дифракційними ґратами; світлодіоди, що випромінюють на різних довжинах хвиль.

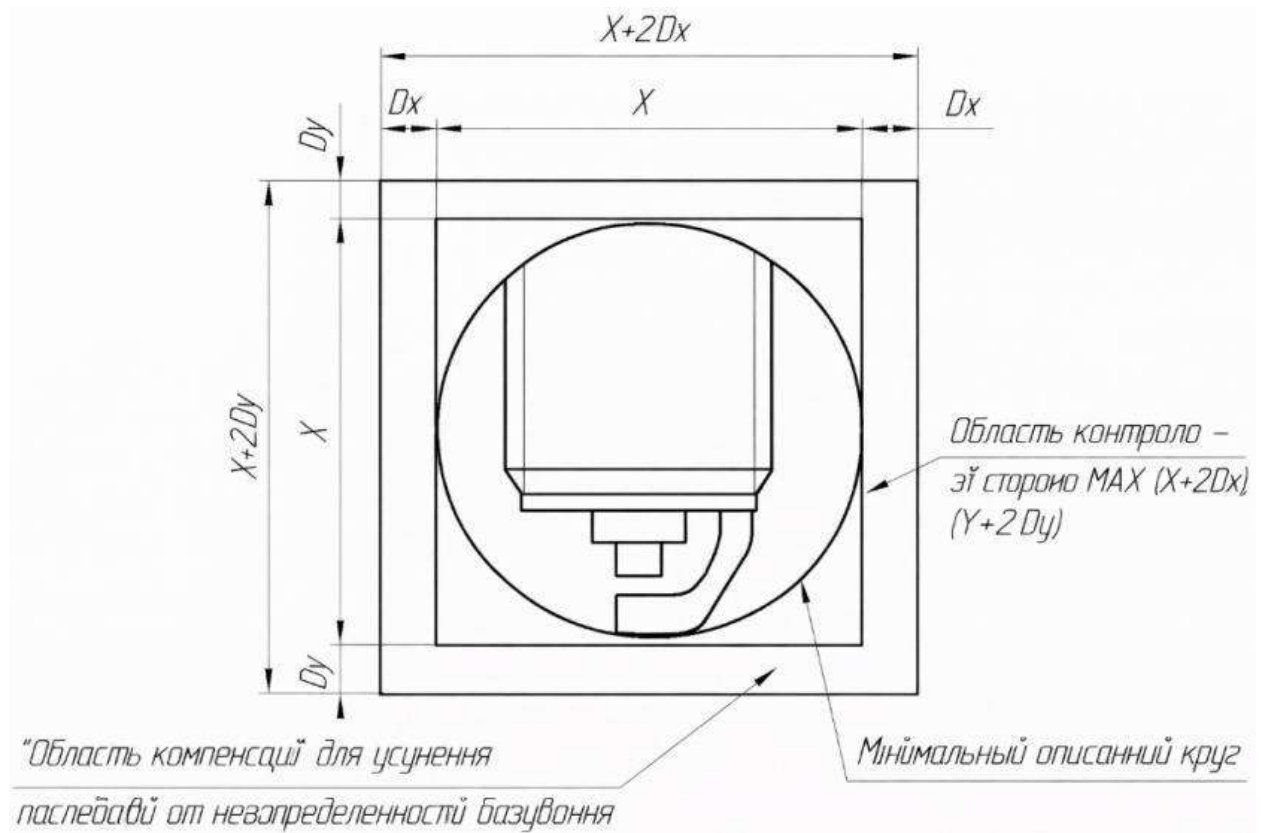


Рисунок 3.8 – Область контролю для орієнтованого об'єкта

Якщо об'єкта в полі дії лазерного випромінювання немає, вони сходяться, формуючи одну світлову смугу. Якщо об'єкт є, промені більше не сходяться і утворюють дві смуги, зміщені з обох боків поля зору камери. Камера в центрі бачить яскраву смугу, коли об'єкт відсутній, і взагалі не бачить світла, коли об'єкт знаходиться на місці (рис. 3.11).



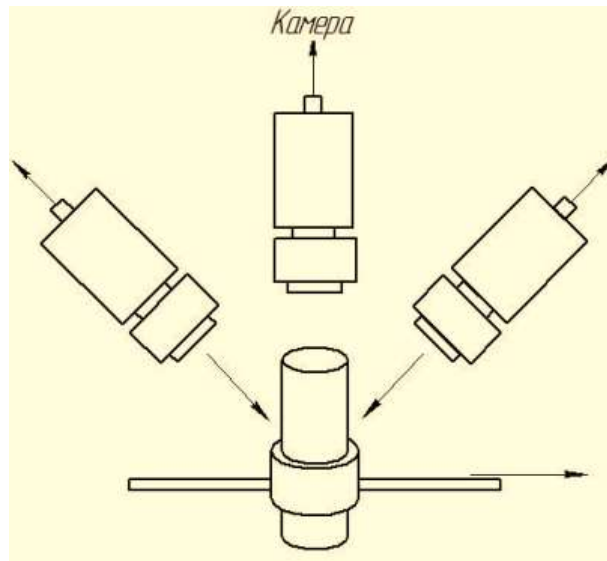


Рисунок 3.11 – Схема контролю наявності об'єкта з малою контрастністю

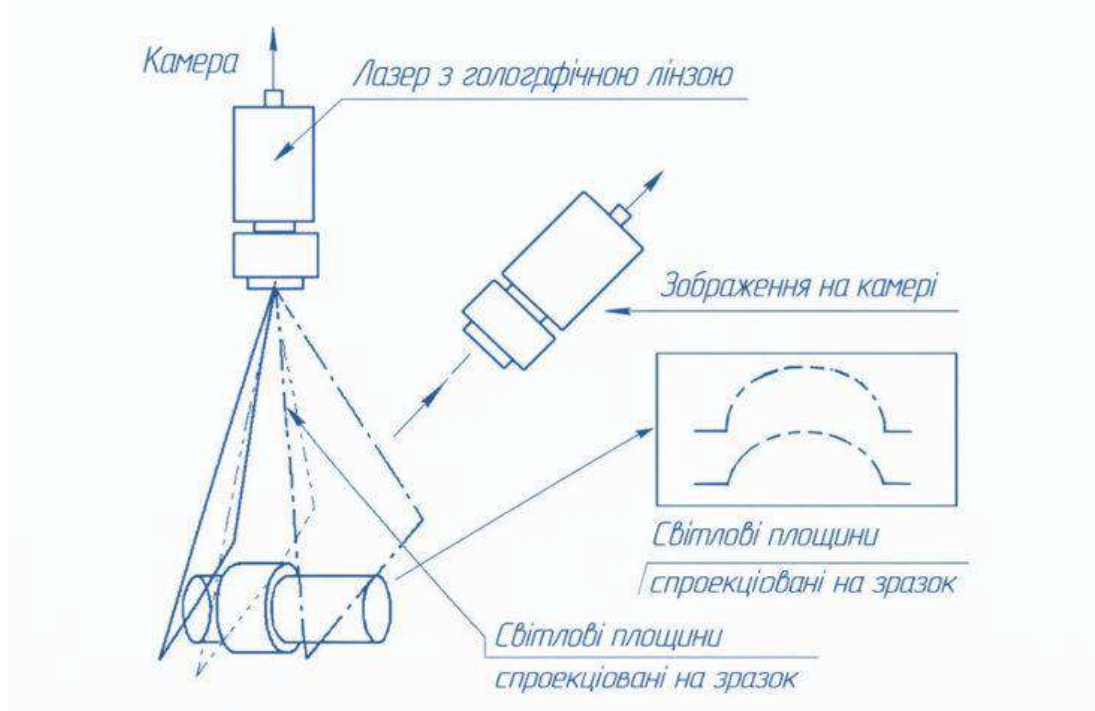


Рисунок 3.12 – Схема контролю за пучком монохроматичного випромінювання

					КРБАТ 25.22128.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

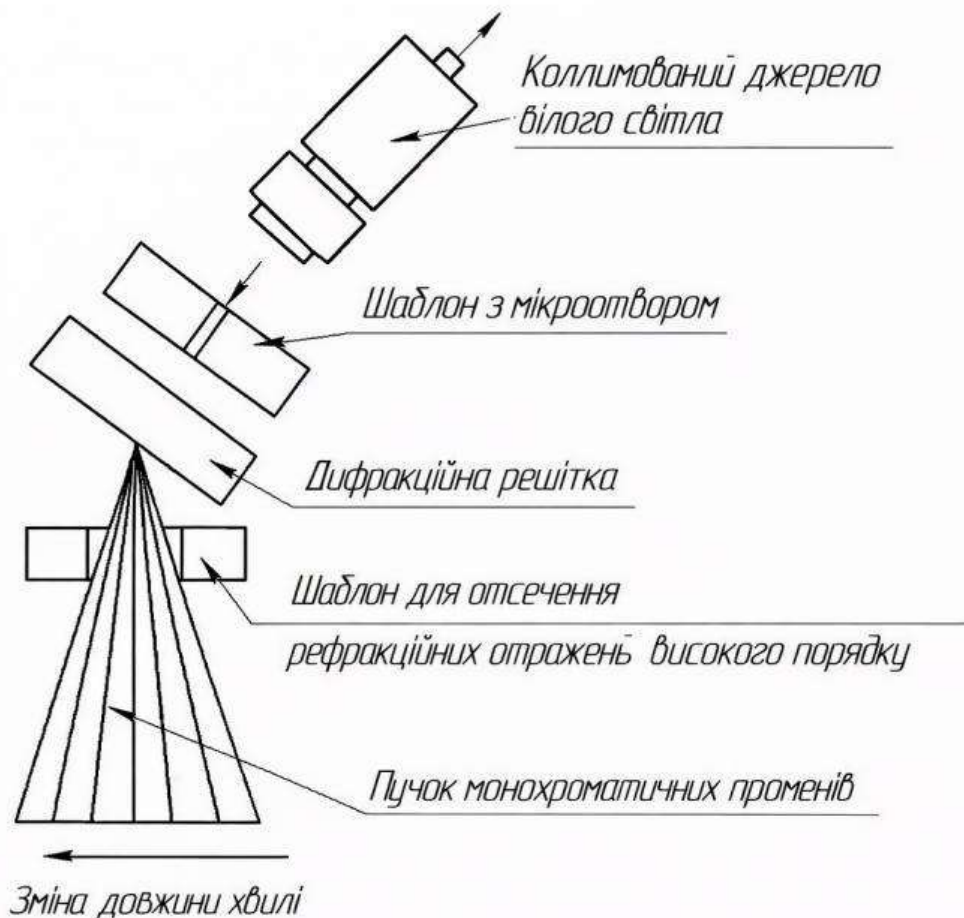


Рисунок 3.13 – Формування монохроматичних площин

### 3.3. Проектування оптичного вимірювального пристрою

Контроль пропонується проводити на основі комбінованої схеми: фотографування силуету зорієнтованої свічки та використання додаткового підсвічування лазерним випромінюванням. Компонування пристрою наведено на аркуші графічної частини. Воно складається із цифрової камери, яка встановлена на штатив. Штатив кріпиться до основи – плити. На ній закріплюється корпус із посадковим місцем під свічку. На ній є контакти для автоматичної фіксації профілю міжелектродного зазору свічки із затримкою 2 с. Збоку на штативі закріплюється лазерне джерело, яке спрямовує промінь на контрольований об'єкт.

									Арк.
									45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБАТ 25.22128.000. ПЗ				



6. Провести контроль непрохідним калібром	0,05
7. Відкласти непрохідний калібр	0,02
8. Покласти свічку	0,02
Разом	0,31

При контролі 5% від партії 1200000 штук загальний час контролю складе 18600 хв або 310 годин.

При використанні автоматизованого контрольного стенду час контролю наведено у таблиці 3.3.

Таблиця 3.2 - Нормування виміру на установці

Перехід	Час переходу, хв
1. Взяти свічку	0,05
2. Встановити у пристрій	0,05
3. Провести контроль	0,05
4. Зняти та покласти свічку	0,03
Разом	0,18

При контролі 5% від партії 1200000 штук тоді загальний час контролю складе 10800 хв або 180 годин. При збільшенні кількості контрольованих деталей до 8% надійність передбачення збільшиться в 1,2 рази, що дозволить знизити кількість рекламаций щодо виробів, що не відповідають заданим вимогам.

### 3.4. Результати вимірювань міжелектродного зазору

Після обробки даних з n вимірювань при виконанні процедур етапів методики були отримані такі дані (таблиця 3.5).

Таблиця 3.5 – Статистика за даними виміру

Замір	Середнє	Середньо-статистичне відхилення	Розмах	Квартиль, %					n
				0	24	40	74	300	
А	0.8646240	0.03743226	0.02024	0.843	0.84474	0.8480	0.8740	0.896	24
Б	0.8664437	0.03744733	0.03940	0,843	0.84600	0.8604	0.8744	0.898	24

Тест нормальності розподілу Шапіро-Вілкса для першого виміру дає показник  $W = 0.86382$  з рівнем значущості  $p\text{-value} = 0.00399$ . Тест Андерсона-Дарлінга на аналогічну перевірку дає показник  $A=3.2992$  з  $p\text{-value}=0.003746$ . Для другого виміру Шапіро-Вілкса:  $W = 0.88243$  з  $p\text{-value} = 0.009305$ . Тест Андерсона-Дарлінга на аналогічну перевірку дає показник  $A=3.3666$  з  $p\text{-value}=0.003798$ . Для t-тест за середнім значенням (перший вимір) статистика: показник Стьюдента  $t = 242.35$ , ступеня свободи  $Ef = 23$ , рівень значущості  $p\text{-value} < 2.2e-36$ . Для 95% рівня значущості довірчий інтервал: від 0.8582302 до 0.8730398 (заданий рівень 0,8(+0,3) мм) із середнім значенням 0.865625 мм. Для другого виміру ті ж показники:  $t = 243.79$ ,  $Ef = 23$ ,  $p\text{-value} < 2.2e-36$  та інтервал: від 0.8593279 до 0.8739555 із середнім значенням 0.8665437 мм.

На рисунках 3.3 – 3.30 показано результати статистичних вимірів та обробки даних для контрольних вимірів.

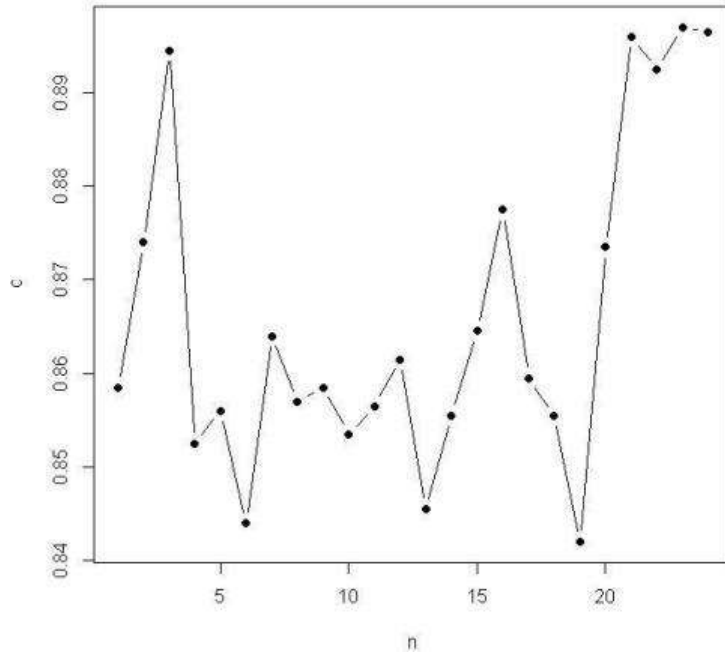


Рисунок 3.3 – Серія вимірів а. Середні значення

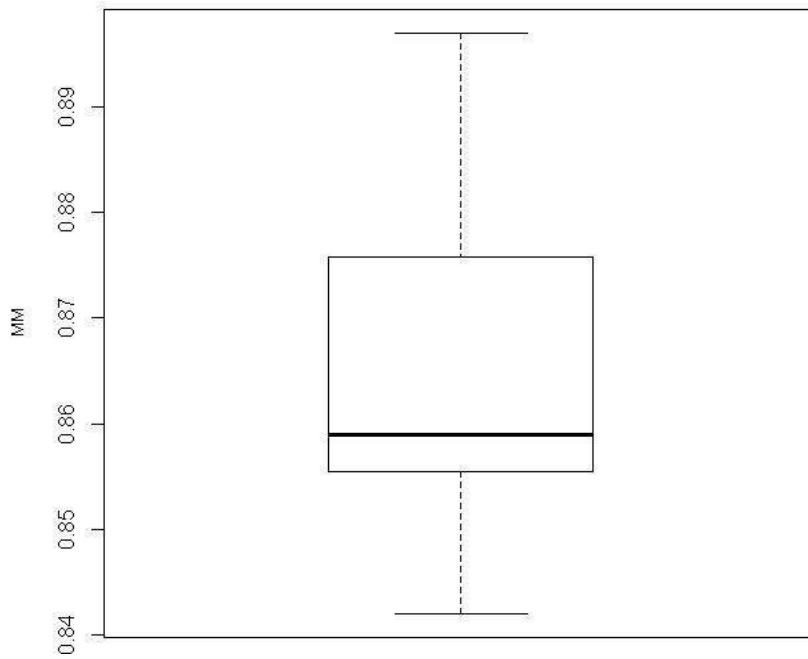


Рисунок 3.2 - Бокс пліт серії вимірів а

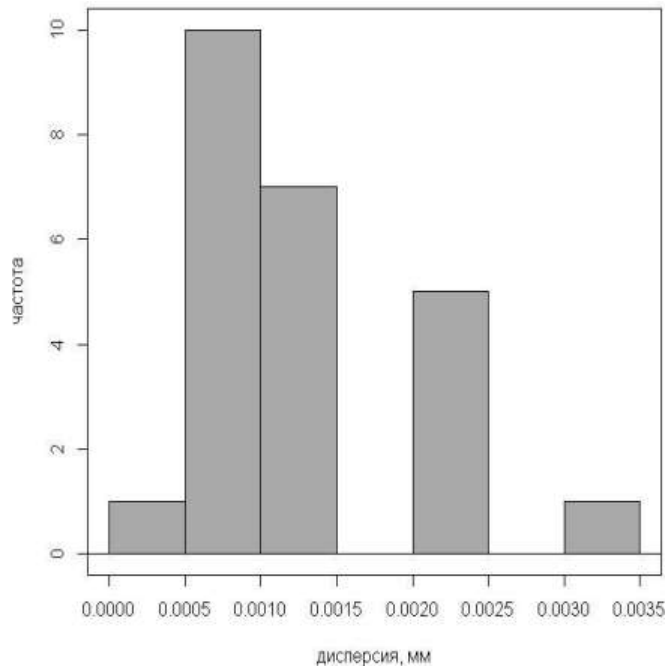


Рисунок 3.3 – Гістограма дисперсії серії вимірів

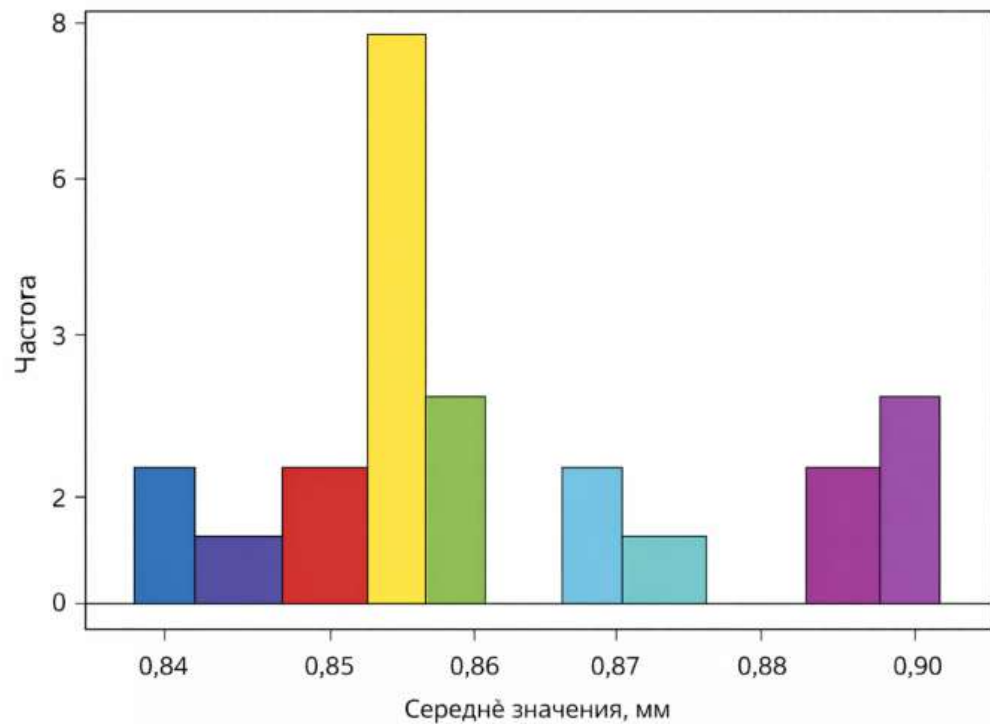


Рисунок 3.4 – Гістограма серії середніх вимірів а

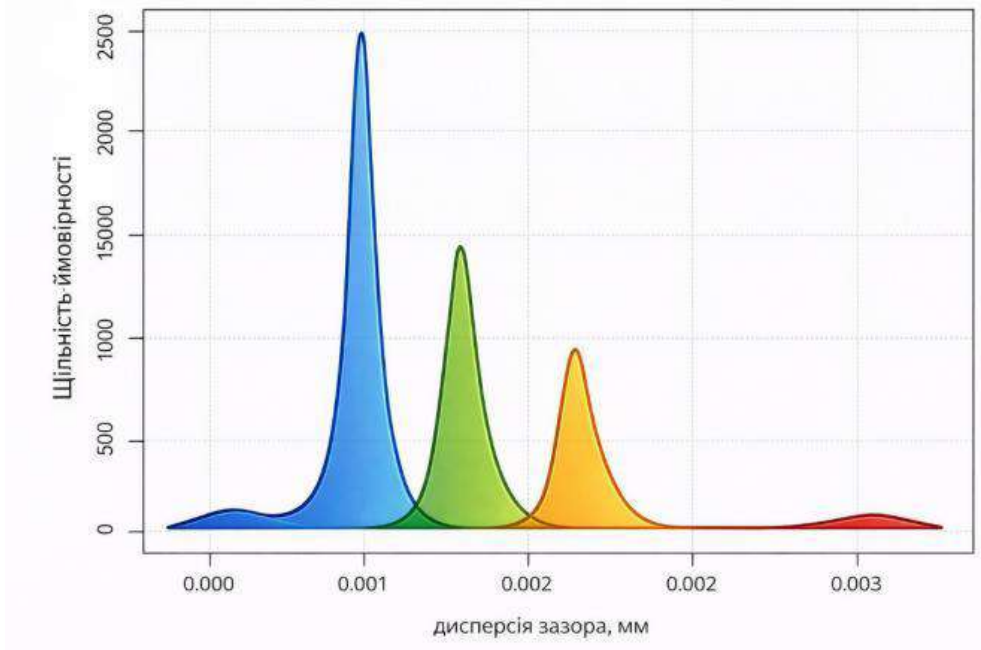


Рисунок 3.5 – Оцінка щільності дисперсії

### 3.5. Опис установки для автоматизованого контролю зазору

Установка розроблена на основі аналізу огляду загальних методів та підходів до використання безконтактного оптичного контролю геометрії невеликих за розмірами об'єктів.

Пристрій установки показано на рис. 3.6, вона призначена для вимірювання міжелектродного зазору шляхом аналізу цифрового зображення отриманого при освітленні зазору смуговим джерелом лазерного випромінювання

Установка складається з основи 3 на якому закріплюються дві стійки 4, на яких фіксуються плити 5. На плитах гвинтами 23 закріплюються кронштейни 6. В них гайками 23 фіксуються винти 34 після того, як цифровий випромінювач 3 і цифровий фотоприймач будуть виставлені у винтами.

22 закріплюється опорна плита 7. Вона через підшипник 24 і опорні кульки 36 з'єднується рухомо з втулкою обертається 8. На ній через кільце

поворотне 30, втулку-фіксатор 33 і проміжне кільце 32 у базовій втулці 33 поміщається контролем. У відвір базової втулки вона поміщається у заданому положенні орієнтуючись по граням корпусу свічки, так щоб зазор був розташований поперек луча випромінювача 3. Фіксатор у вигляді кульки 35 і регулювального гвинта 34 може забезпечити поворот при необхідності на 90°.

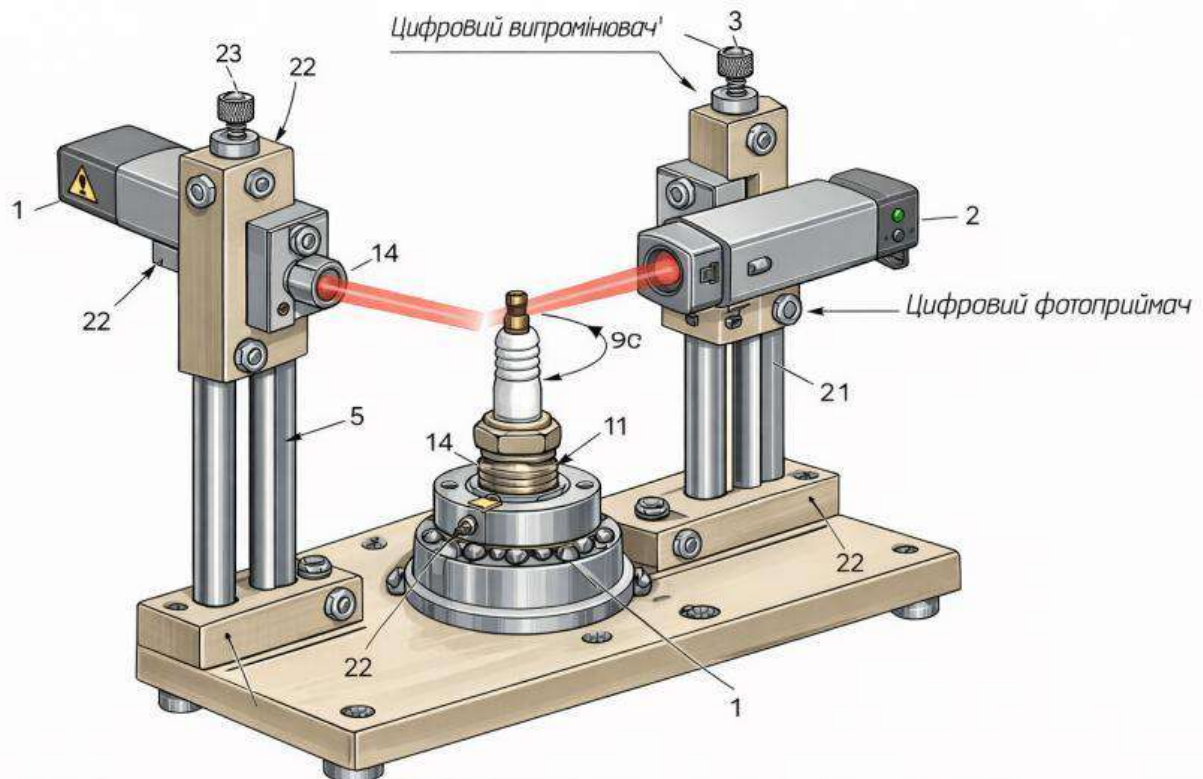


Рисунок 3.6. Пристрій автоматичного вимірювання зазору

Установка працює в такий спосіб. Свічка по краях поміщається в базову втулку 33. Далі проводиться контроль зазору шляхом подачі сигналу від смугового лазерного випромінювача на фотоприймач. При реєстрації визначається довжина лінії випромінювання, що пройшла через зазор. За калібрувальним коефіцієнтом (попередньо отриманим за відомими зазорами) обчислюють величину зазору.

Похибка вимірювання складається через похибку фотоприймача, яка залежить від дозволу цифрової матриці. Також впливає змішування свічки в

					КРБАТ 25.22128.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

отворі базової втулки, що призводить до усунення контрольованої поверхні та появи додаткових похибок через дифракцію лазерного випромінювання. Тому необхідно дуже точно знати площину проходження контрольованого електрода, що може бути реалізовано лазерним інтерферометром. З урахуванням поправного коефіцієнта положення свічки можна частково компенсувати цю похибку.

#### 4. Безпека та екологічність технічного об'єкта

У таблиці наведено дані щодо аналізованої операції.

Таблиця 4.1 – Паспорт технічного об'єкта

Технологічний процес	Технологічна операція, вид виконуваних робіт	Найменування посади працівника, що виконує технологічний процес, операцію	Обладнання, технічний пристрій, пристрій	Матеріали, речовини
Технологія вхідного контролю свічок запалювання	Ручний контроль/огляд	Контролер	Стенд контрольний	Кераміка, сталь
Технологія вхідного контролю свічок запалювання	Автоматизований контроль	Контролер оператор	Встановлення оптичного контролю	Кераміка, сталь

Таблиця 4.2 - Визначення ризиків

Виробничо-технологічна операція, вид виконуваних робіт	Небезпечний та/або шкідливий виробничий фактор	Джерело небезпечного та шкідливого виробничого фактору
3	2	3

Ручний контроль	гострі кромки, задирки та шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів; динамічні навантаження, спричинені монотонністю	Свічка, щуп або тяганина
Автоматизовані й контроль	- підвищена напруженість електричного поля; підвищена яскравість світла; пряма та відбита блискітність; перенапруга аналізаторів	Установка для контролю, лазерне джерело

Результати цього розділу наведено у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Заходи спрямовані на зниження рівня небезпечних та шкідливих виробничих факторів (ОВПФ)

Шкідливий виробничий фактор та/або небезпечний виробничий фактор	Технічні засоби захисту, організаційно-технічні методи часткового зниження, повного усунення ОВПФ	Засоби індивідуального захисту
Гострі кромки, задирки та шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів;	Інструктажі з охорони праці, видалення гострих кромки і задирок на слюсарних переходах	Рукавички з покриттям із полімеру
Небезпечні та шкідливі виробничі фактори, спричинені підвищеною яскравістю світла; прямою та відбитою блискітністю; перенапруга аналізаторів	Інструктажі з охорони праці, застосування захисних екранів та огорож	Спецодяг, захисні окуляри
Небезпечні та шкідливі виробничі фактори, спричинені підвищеною напруженістю електричного поля	Інструктажі з охорони праці, заземлення обладнання, ізоляція струмоведучих частин, застосування запобіжників	Спецодяг
динамічні навантаження, спричинені монотонністю;	Дотримання періодичності та тривалості регламентованих перерв	-

У таблицях 4.4 – 4.6 подано комплекс заходів щодо забезпечення пожежної безпеки технічного об'єкта. Пожежі присвоюється клас Е, оскільки електрична шафа установки автоматизованого контролю знаходиться під

високою напругою, що може спричинити пожежу.

Таблиця 4.4 – Ідентифікація класів та небезпечних факторів пожежі

Виробництво в ділянці	Використовуване обладнання	Номер пожежі	Небезпечні фактори під час пожежі	Супутні фактори під час пожежі
Ділянка вхідного контролю	Стенд для ручного контролю та встановлення для автоматизованого	Пожежа класу Е	Несправність електропроводки; полум'я та іскри; виділення отруйної пари при згорянні легкоплавких речовин	Частини об'єктів, що зруйнувалися під час займання, поширення струму при пошкодженні проводки, шкідливі викиди в атмосферу з осередку пожежі через пошкодження захисних споруд, отруєння довкілля засобами ліквідації пожежі

Таблиця 4.5 - Вибір засобу пожежогасіння

Засоби первинної пожежогасіння	Засоби мобільного пожежогасіння	Установки стаціонарного пожежогасіння та/або пожежогасіння систем	Засоби автоматики для пожежогасіння	Обладнання для пожежувшення	ЗІЗ для порятунку людей	Інструмент для пожежогасіння (механізований і немеханізований)	Сигналізація, зв'язок та оповіщення при пожежі
Вогнетушители, ящики с песком, пожарные краны	Пожарные лестницы	Пенная система тушения	Технические средства оповещения та управління евакуацией	Напирні пожежні рукави та рукавні розгалуження	Мотузки пожежні карабіни пожежні протигази, респіратори	Лопати, багри, ломы, сокири	Автоматичні сповіщувачі

Таблиця 4.6 – Засоби забезпечення пожежної безпеки

					КРБАТ 25.22128.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Назва техпроцесу, застосовуваного обладнання, яке входить до складу технічного об'єкта	Вид запропонованих до реалізації організаційних та/або організаційно-технічних заходів	Нормативні вимоги щодо забезпечення пожежної безпеки, а також ефекти, що реалізуються
Вхідний контроль свічок запалювання	Загальне керівництво та контроль за станом пожежної безпеки на підприємстві.	Наявність пожежної сигналізації, автоматичної системи пожежогасіння, первинних засобів, пожежогасіння, проведення пожежних інструктажів

Результати даного аналізу представлені у таблицях 4.7, 4.8.

Таблиця 4.7 - Визначення екологічно небезпечних факторів об'єкта

Назва технічного об'єкта та/або виробничого техпроцесу	Структурні елементи технічного об'єкту та/або виробничого техпроцесу (виробничого споруди або виробничого будинку за функціональним призначенням, операцій техпроцесу, технічного обладнання), а також енергетичної установки, транспорту тощо.	Екологічний негативний вплив розглянутого технічного об'єкта на атмосферу (небезпечні та шкідливі викиди у повітря)	Екологічний негативний вплив розглядається технічного об'єкта на гідросферу (забір води із джерел водяного постачання, стічні води)	Екологічний негативний вплив технічного об'єкта, що розглядається на літосферу (надра, ґрунт, забір родючого ґрунту, рослинний покрив, псування рослинного покриву, землевідчуження та утворення відходів тощо)
Вхідний контроль свічок запалювання	Стенд. Автоматизована установка	-	Мастильні засоби, технологічні рідини	Розчини технологічних рідин, пакувальні матеріали

Таблиця 4.8 – Розроблені (додаткові та/або альтернативні) організаційні та технічні заходи для зниження антропогенного негативного впливу

Назва технічного об'єкту	Токарна - комплексна
Пропоновані заходи для зниження негативного антропогенного впливу на атмосферу	Фільтрування у системі вентиляції
Пропоновані заходи для зниження негативного антропогенного впливу на гідросферу	Багатоступінчаста відчищення стічних вод

У розділі наведено характеристику технічного об'єкта, що розглядається: процесу вхідного контролю свічок запалювання. Розглядаються ручна та автоматизована операції. На цих операціях використовуються контролери. Як пристосування використовується автоматизована установка оптичного цифрового контролю; при цьому застосовуються технологічні та витратні речовини та матеріали (кераміка та сталі), технічні рідини (таблиця 4.3).

Проведено ідентифікацію професійних ризиків, де на контрольних операціях, що розглядаються, виявлено небезпечні та шкідливі фактори. Це гострі кромки, задирки та шорсткість на поверхнях деталей та контрольних інструментів; небезпечні та шкідливі виробничі фактори, від високої напруженості електричного струму; динамічні навантаження, спричинені монотонністю; а також підвищеною яскравістю світла, прямою та відбитою блискіткою та перенапругою аналізаторів. Як джерела виявлено контрольований об'єкт, а також засоби контролю (ручного та автоматизованого) (таблиця 4.2).

Для усунення або зниження негативного впливу небезпечних та шкідливих факторів пропонуються відповідні методи та засоби. Такі, як інструктажі з охорони праці, застосування захисних кожухів, екранів, огорож, заземлення обладнання, ізоляція струмопровідних частин, застосування запобіжників, а також дотримання періодичності та тривалості регламентованих перерв (таблиця 4.3).

Проведено ідентифікацію класів та небезпечних факторів пожежі для ділянки, де проводиться вхідний контроль (таблиця 4.4). Здійснено вибір засобів пожежогасіння (таблиця 4.5) та запропоновано організаційні заходи щодо забезпечення пожежної безпеки технічного об'єкта процесу вхідного контролю (таблиця 4.6).

У розділі ідентифіковано негативні екологічні фактори технічного об'єкта процесу вхідного контролю свічок (таблиця 4.7). Запропоновано організаційно-технічні заходи щодо зниження негативного антропогенного впливу заданого технічного об'єкта на навколишнє середовище: атмосферу – оснащення системи вентиляції фільтрами, гідросферу – застосування багатоступінчастої системи очищення стічних вод та літосферу – поділ та сортування відходів, а також утилізація відходів на спеці.

Виконання розділу дозволило виявити найбільш значущі небезпечні та шкідливі фактори, що виникають у процесі контролю свічок запалювання, розробити заходи щодо їх усунення та зниження їхнього впливу на працівника. Розглянувши небезпечні шкідливі виробничі чинники виробничого об'єкта, вплив цього об'єкта на довкілля, можна дійти невтішного висновку у тому, що проєктований технічний об'єкт задовольняє необхідним нормам і завдає сильного шкоди людині і довкілля.

					КРБАТ 25.22128.000. ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5. Економічна ефективність

Мета розділу – розрахувати техніко-економічні показники проєктованого технологічного процесу та провести порівняльний аналіз із показниками базового варіанту, визначити економічний ефект від запропонованих у проєкті технічних рішень.

Базовий варіант – вхідний контроль свічок запалювання здійснюється вручну щупом або каліброваним дротом. Нормування вимірювання цієї операції становить 0,33 хв. При контролі 5% від партії 3200000 штук загальний час контролю складе 38600 хв або 330 годин.

Проєктний варіант – вхідний контроль свічок запалювання пропонується здійснювати оптичний контроль зазору. Для цього необхідно використовувати контрольний оптичний пристрій, калькуляція якого представлена у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 - Калькуляція вартості контрольного оптичного пристрою

Елемент конструкції	Вартість одиниці елемента, грн.	Кількість елементів	Загальна вартість елемента, грн.
Плита опорна	2000	3	2000
Стійка штатива	2000	3	2000
Цифрова камера	30000	3	30000
Система оптичної підсвічування	5000	3	5000
Пристосування для базування свічки	20000	3	20000
Разом			59000

Під час використання автоматизованого контрольного стенду час контролю становить 0,38 хв. Тобто. при контролі 5% від партії 3200000 штук тоді загальний час контролю складе 30800 хв або 380 годин. Однак, даний спосіб дозволяє збільшити кількість контрольованих деталей до 8%, це збільшиться надійність передбачення в 3,2 рази, і зрештою дозволить знизити кількість рекламаций з приводу виробів, що не відповідають заданим вимогам.

Після короткого опису відмінностей базового та проектного варіантів, визначимо:

- загальні капітальні вкладення проєктований варіант;
- технологічну собівартість змінних варіантів контрольних операцій;
- повну собівартість контрольних операцій за варіантами;
- показники економічної ефективності проєктованого варіанта контрольної операції

Відповідно до відповідних методик [39] розрахуємо всі необхідні параметри та зробимо висновки про доцільність впровадження запропонованих змін.

Окрім вартості описаного оптичного пристрою загальні капітальні вкладення враховуватимуть витрати на проектування та додаткову виробничу площу, тому загальний обсяг інвестицій становитиме 66895,42 грн.

Наступним важливим показником щодо економічної ефективності є технологічна собівартість. Зазвичай вона складається з чотирьох показників: витрат на основний матеріал (М), основної заробітної плати (ЗПЛ.ОСН), нарахувань на заробітну плату (НЗ.ПЛ) та витрат на утримання та експлуатацію обладнання (РЕ.ОБ). Але оскільки пропонується вдосконалення стосується контрольної операції, тому показник витрат за основний матеріал не буде у визначенні технологічної собівартості операції. Значення, які входять у технологічну собівартість величин, не враховуючи витрат за

					КРБАТ 25.22128.000. ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

основний матеріал, представлені рисунку 5.3.

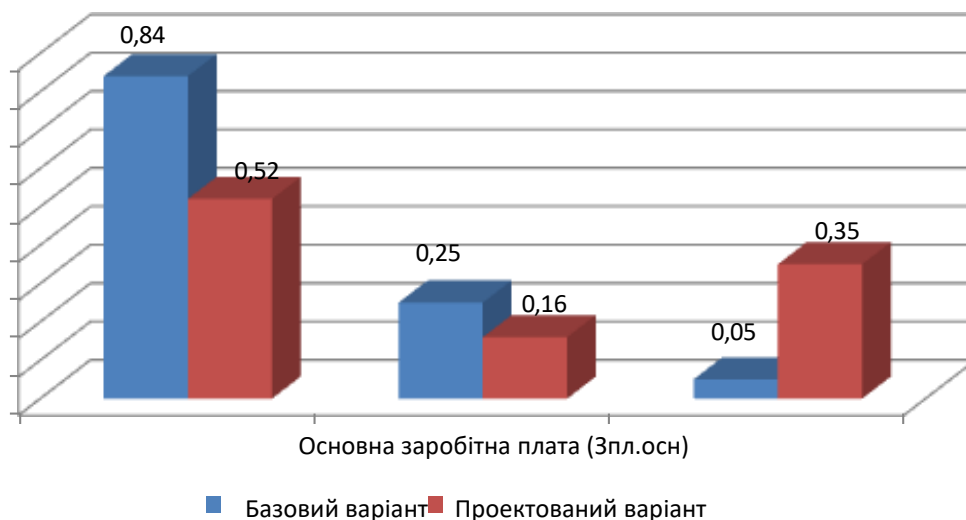


Рисунок 5.3 – Показники технологічної собівартості за операціями, що змінюються, грн.

Аналізуючи представлені значення, видно, що вести і нарахування на вести знижуються у проектному варіанті, це з тим, що трудомісткість контрольної операції знизилася на 0,33 хв., але це становить близько 42%. При цьому витрати на утримання та експлуатацію обладнання зростають. Це також обґрунтовано, оскільки в базовому варіанті контрольна операція виконується вручну, і витрати включають себе лише витрати на контрольний інструмент і виробничу площу, що займається контрольним столом. У проектному варіанті для контролю використовується контрольний оптичний пристрій, для якого вже потрібні витрати на електроенергію, витрати на ремонт та амортизацію та витрати на пристосування. Незважаючи на збільшення витрат на утримання та експлуатацію обладнання, технологічна собівартість у проектному варіанті має тенденцію до зниження, для базового варіанту вона становить 3,35 грн., а для проектного – 3,04 грн.

Аналізуючи, видно, що у варіанті технологічного процесу, що проектується, всі показники зменшуються. Це дозволяє отримати підсумкову

різницю між варіантами 3,28 грн., тобто. вхідний контроль свічок запалювання під час використання контрольного оптичного пристрою обійдеться підприємству на 30,3% дешевше, ніж виконання цієї операції вручну.

Така різниця між варіантами дозволить підприємству отримати додаткову чисту прибуток в обсязі 32570,9 грн., ця величина вийшла не лише за рахунок зниження собівартості виконання контрольної операції. Вона також виходить за рахунок того, що зростає

кількість контрольованих виробів, що зумовлює збільшення надійності передбачення відмов у роботі, тобто. до зниження відсотка шлюбу. Така величина прибутку дозволить окупити вкладені кошти протягом трьох років. Ефективність запропонованих заходів щодо вдосконалення контрольної операції підтверджується позитивною величиною чистого дисконтованого доходу у розмірі 34075,79 грн., що дозволить отримати прибуток на кожен вкладений грн. в обсязі 3,23 грн.

У роботі проведено підвищення якості продукції сучасного автомобілебудування завдяки підвищенню надійності вхідного контролю свічок запалювання.

Для цього використовується методика 83. Для дефектів (зміщення бічного електрода, дефекти (задири) на різьбленні, не відповідність міжелектродного зазору номінальному значення) показано, як виконується аналіз проблеми, шукаються її джерело виникнення (причому всі можливі). Далі розробляються заходи щодо короткострокового та довгострокового виключення впливу даного дефекту.

Оскільки свічка виготовляється і поставляється виробництва у масовому порядку, автоматизація контрольних операцій виконується у роботі з допомогою оптичного цифрового аналізу зображення контрольованого об'єкта.

Також розглянуто заходи щодо охорони праці та економічного обґрунтування запропонованого технічного рішення.

					КРБАТ 25.22128.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

## Висновки

1. Проведено аналіз будови автомобіля та системи запалювання, встановлено ключову роль свічки запалювання у забезпеченні стабільного процесу займання паливно-повітряної суміші та ефективної роботи двигуна внутрішнього згоряння.
2. Досліджено конструкцію свічки запалювання та визначено основні параметри, що впливають на її роботу, зокрема міжелектродний зазор, матеріал електродів і теплові характеристики.
3. Встановлено, що міжелектродний зазор є визначальним фактором стабільності іскроутворення, а його відхилення від номінального значення призводить до погіршення техніко-економічних показників двигуна.
4. Проаналізовано існуючі методи контролю параметрів свічок запалювання, виявлено їх обмеження щодо точності, продуктивності та залежності від людського фактору.
5. Обґрунтовано доцільність застосування автоматизованих систем контролю міжелектродного зазору, зокрема з використанням оптичних методів вимірювання, що забезпечують підвищення точності та швидкодії контролю.
6. Запропоновано принципову схему установки для автоматизованого контролю зазору свічки запалювання, яка дозволяє забезпечити стабільність вимірювань, підвищити якість контролю та може бути інтегрована у виробничі процеси.

					КРБАТ 25.22128.000. ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### Список використаних джерел

1. Кисликов В. Ф., Лущик В. В. Будова й експлуатація автомобілів : підручник. 6-те вид. Київ : Либідь, 2006. 400 с.
2. Боровських Ю. І., Буралев Ю. В., Морозов К. А. Будова автомобілів. Київ : Вища школа, 1991. 303 с.
3. Панченко А. І., та ін. Будова автомобіля : навч. посіб. Мелітополь : ВПЦ «Люкс», 2021. 247 с.
4. Сасов О. О. Автомобілі. Ч. 1 : Будова автомобіля : конспект лекцій. Кам'янське : ДДТУ, 2023. 150 с.
5. Сажко В. А. Електрообладнання автомобілів і тракторів : підручник. 2-ге вид. Київ : Каравела, 2014. 400 с.
6. Кисликов В. Ф., Лущик В. В. Будова й експлуатація автомобілів. 5-те вид. Київ : Либідь, 2005. 400 с.
7. Цимбал О. С. Будова автомобілів : метод. посіб. Ковель, 2020.
8. Будова автомобілів : електрон. навч. курс. Харків : ХАФК, б. р.
9. Підручник по влаштуванню автомобіля : електрон. ресурс. URL: <https://green-way.com.ua/uk/dovidniki/pidruchnyk-po-vlashtuvannju-avtomobilja> (дата звернення: 19.03.2026).
10. Будова автомобіля : електрон. навч. посіб. URL: <https://xn--h1afceeb4a.xn--j1amh/structure-avto/> (дата звернення: 19.03.2026).
11. Говорущенко М. Я. Технічна експлуатація автомобілів. Харків : ХНАДУ, 2011. 400 с.
12. Говорущенко М. Я. Експлуатаційні властивості автомобілів. Харків : ХНАДУ, 2013. 440 с.
13. ДСТУ 3649:2010. Колісні транспортні засоби. Вимоги безпеки до технічного стану та методи контролю. Київ : Держспоживстандарт України, 2011.

					КРБАТ 25.22128.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

- 14.ДСТУ 4278:2006. Автомобілі дорожні. Системи запалювання. Загальні технічні вимоги. Київ : Держстандарт України, 2006.
- 15.Навчальні матеріали з дисципліни «Автомобілі» (спеціальність 274) : електрон. ресурс. Житомир : ЖАТК, 2021.

					КРБАТ 25.22128.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65