

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ, ТРАНСПОРТУ ТА АРХІТЕКТУРИ  
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

«Вибір матеріалу та способу відновлення розподільного валу  
хетчбека ЗАЗ-110247.40 Таврія»

Рівень вищої освіти другий магістерський  
Галузь знань 13 Механічна інженерія  
Спеціальність 132 Матеріалознавство  
Освітня програма Відновлення та технічний сервіс автомобілів

Шифр **КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ**

Виконав студент 2 курсу група МТВАм-24-1

  
Підпис

Ілля СОРОКА

Керівник к.т.н., доцент каф. ТАМ

  
Підпис

Олександр РУДИК

Нормоконтролер к.т.н., доцент каф. ТАМ


  
Підпис

Олег МАКОВКІН

До захисту допускаю:  
Завідувач кафедри ТАМ

05.12.25р

Дата

  
Підпис

Олександр ДИХА

Хмельницький, 2025

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Напрямок підготовки (спеціальність) 132 «Матеріалознавство»

Освітньо-професійна програма Відновлення та технічний сервіс автомобілів»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ТАМ

проф., д.т.н. Диха О.В.

2025 року

**ЗАВДАННЯ**  
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Сороці Іллі Григоровичу

Прізвище, ім'я, по батькові

**1. Тема проєкту (роботи):** Вибір матеріалу та способу відновлення розподільного валу хетчбека ЗАЗ-110247.40 Таврія

керівник проєкту (роботи) Рудик Олександр Юхимович к.т.н., доцент

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом університету від 25.08.2025 р. № 65 (Д 27)

2. Строк подання студентом роботи на кафедру 01.12.2025 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) Матеріали практики; робочі креслення досліджуваної деталі; нормативно-технологічна документація з технології відновлення розподільного валу хетчбека ЗАЗ-110247.40 Таврія

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

1. Аналіз конструкції ГРМ хетчбека ЗАЗ-110247.40 Таврія

2. Перевірка технічного стану деталей ГРМ хетчбека ЗАЗ-110247.40 Таврія

3. Аналіз і вибір методу відновлення розподільного валу

4. Дослідження процесу плазмового напilenня розподільного валу

5. Розробка технологічного процесу відновлення розподільного валу

6. Розробка технологічного процесу механічної обробки розподільного валу після відновлення

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

Графічну частину проєкту представити у вигляді презентації на слайдах (12-15) шт.

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

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

7. Дата видачі завдання 15 жовтня 2025 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Літературний огляд	30.09.2025	
2	Технологічний розділ	25.10.2025	
3	Дослідницький розділ	15.11.2025	
4	Оформлення розрахунково-пояснювальної записки	22.11.2025	
5	Оформлення презентації проєкту	1.12.2025	
6	Нормоконтроль проєкту	05.12.2025	
7	Підписання розділів. Затвердження дати захисту	05.12.2025	

Студент

  
Підпис

Керівник проєкту (роботи)

Г.І. Сорока  
Ініціали, прізвище  
О.Ю. Рудик  
Ініціали, прізвище

## РЕФЕРАТ

Обсяг пояснювальної записки – 100 сторінок, кількість рисунків – 37, таблиць – 23, додатків – 2, кількість джерел згідно із переліком посилань – 36.

Студент гр. МТВАм-24-1 Сорока Ілля Григорович

Тема «Вибір матеріалу та способу відновлення розподільного валу хетчбека ЗАЗ-110247.40 Таврія».

Дана кваліфікаційна робота магістранта присвячена вибору матеріалу та способу відновлення розподільного валу хетчбека ЗАЗ-110247.40 Таврія


У кваліфікаційній роботі вирішувались наступні завдання:

- провести аналіз конструкції ГРМ хетчбека ЗАЗ-110247.40 Таврія та перевірити технічний стан його деталей;
- вибрати метод відновлення розподільного валу;
- дослідити процес плазмового напилення розподільного валу;
- розробити технологічні процеси відновлення та механічної обробки розподільного валу.

Перелік ключових слів: ЗАЗ-110247.40 ТАВРІЯ, ГРМ, РОЗПОДІЛЬНИЙ ВАЛ, ПЛАЗМОВЕ НАПИЛЕННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, МЕХАНІЧНА ОБРОБКА.

## ЗМІСТ

Анотація .....	7
Abstract .....	8
Перелік скорочень.....	9
Вступ .....	11
<b>1 Аналіз конструкції ГРМ хетчбека ЗАЗ-110247.40 Таврія .....</b>	<b>12</b>
1.1 Основні технічні характеристики хетчбека.....	12
1.2 Призначення, загальна будова, основні функції ГРМ хетчбека .....	12
1.3 Конструктивні та технологічні особливості деталей ГРМ.....	14
1.4 Характеристика матеріалу розподільного валу .....	17
<b>2 Перевірка технічного стану деталей ГРМ хетчбека ЗАЗ-110247.40 Таврія</b>	
2.1 Зняття та установка розподільного валу без зняття ДВЗ.....	20
2.3 Ремонт газорозподільного механізму .....	21
2.3.1 Розбирання і складання головки циліндрів .....	21
2.3.2 Перевірка герметичності головки циліндрів .....	21
2.3.3 Перевірка гнізд в головці циліндрів під шийки розподільного валу.....	22
2.3.4 Зняття та установка клапанів .....	23
2.3.5 Перевірка стану клапанів та їх напрямних втулок.....	23
2.3.6 Заміна напрямних втулок клапана.....	23
2.3.7 Заміна сідла клапана.....	25
2.3.8 Шліфування фасок сідел клапанів.....	26
2.3.9 Притирання клапанів до сідел.....	28
2.4 Технічне обслуговування розподільного валу та деталей його приводу.....	29
2.4.1 Перевірка стану мастиловідбивних ковпачків клапанів і манжети .....	29
2.4.2 Перевірка болтів кріплення головки циліндрів.....	30
2.4.3 Перевірка стану розподільного валу та його складових .....	31

КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ					
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	
		Сорока			<b>Вибір матеріалу та способу відновлення розподільного валу хетчбека ЗАЗ-110247.40 Таврія</b>
		Рудик			
		Маковкін			4    97
		Диха			ХНУгр.МТВАм-24-1

## ЗМІСТ

<b>Анотація.....</b>	<b>7</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>8</b>
<b>Перелік скорочень.....</b>	<b>9</b>
<b>Вступ.....</b>	<b>11</b>
<b>1 Аналіз конструкції ГРМ хетчбека ЗАЗ-110247.40 Таврія.....</b>	<b>12</b>
1.1 Основні технічні характеристики хетчбека .....	12
1.2 Призначення, загальна будова, основні функції ГРМ хетчбека .....	12
1.3 Конструктивні та технологічні особливості деталей ГРМ .....	14
1.4 Характеристика матеріалу розподільного валу .....	17
<b>2 Перевірка технічного стану деталей ГРМ хетчбека ЗАЗ-110247.40 Таврія</b>	
2.1 Зняття та установка розподільного валу без зняття ДВЗ .....	20
2.3 Ремонт газорозподільного механізму .....	21
2.3.1 Розбирання і складання головки циліндрів .....	21
2.3.2 Перевірка герметичності головки циліндрів .....	21
2.3.3 Перевірка гнізд в головці циліндрів під шийки розподільного валу.....	22
2.3.4 Зняття та установка клапанів .....	23
2.3.5 Перевірка стану клапанів та їх напрямних втулок.....	23
2.3.6 Заміна напрямних втулок клапана .....	23
2.3.7 Заміна сідла клапана .....	25
2.3.8 Шліфування фасок сідел клапанів .....	26
2.3.9 Притирання клапанів до сідел.....	28
2.4 Технічне обслуговування розподільного валу та деталей його приводу .	29
2.4.1 Перевірка стану мастиловідбивних ковпачків клапанів і манжети	29
2.4.2 Перевірка болтів кріплення головки циліндрів.....	30
2.4.3 Перевірка стану розподільного валу та його складових.....	31

					<b>КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ</b>			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Вибір матеріалу та способу відновлення розподільного валу хетчбека ЗАЗ-110247.40 Таврія</b>	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.	Сорока					4	97	
Перевір.	Рудик							
Н. Контр.	Маковкін					ХНУГр.МТВАм-24-1		
Затверд.	Диха							

2.4.3.1 Зняття й установка розподільного валу .....	32
2.4.3.2 Перевірка корпусу підшипників розподільного валу.....	32
2.5 Аналіз основних дефектів і причин виходу з ладу розподільного валу...	32
2.6 Критерії вибору методів підвищення зносостійкості розподільного валу	34
2.6.1 Дефект №1 – знос кулачків по висоті .....	34
<b>3 Аналіз і вибір методу відновлення розподільного валу.....</b>	<b>36</b>
3.1 Відновлення чавунних розподільних валів методом газотермічного напилення зношених поверхонь.....	36
3.2 Типовий технологічний процес відновлення розподільного валу .....	38
3.3 Визначення оптимального способу усунення дефекту №1 розподільного валу.....	40
3.3.1 Сутність процесу плазмового напилення та його різновиди.....	43
3.3.2 Фізико-хімічні основи процесу плазмового напилення.....	44
3.3.3 Обладнання для плазмового напилення .....	45
3.3.4 Матеріали для напилення .....	47
<b>4 Дослідження процесу плазмового напилення розподільного валу .....</b>	<b>49</b>
4.1 Опис способу відновлення розподільного валу плазмовим напиленням	49
4.2 Властивості напилюваних матеріалів .....	52
4.2.1 Напилення дротом .....	52
4.2.2 Вибір порошкових матеріалів для відновлення .....	53
4.3 Визначення оптимального режиму наплавлення профіля кулачка валу..	53
4.3.1 Доробка інфологічної схеми БД.....	53
4.3.2 Доробка даталогічної схеми БД .....	54
4.3.3 Використання мови SQL для створення таблиць.....	54
4.3.3.1 Дослідження зносостійкості розподільного валу .....	57
4.3.4 Вибір способу усунення дефекту №1 розподільного валу .....	62
<b>5 Розробка технологічного процесу відновлення розподільного валу .....</b>	<b>66</b>
5.1 Оптимальний режим плазмового напилення.....	66
5.2 Обладнання для плазмового напилення.....	67

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.3 Технологічний процес відновлення .....	74
<b>6 Розробка технологічного процесу механічної обробки розподільного валу після відновлення.....</b>	<b>78</b>
6.1 Обробка кулачків .....	78
6.2 Пристрій для шліфування розподільних валів .....	81
6.3 Контроль розподільних валів .....	82
<b>Висновки .....</b>	<b>86</b>
<b>Список використаних джерел .....</b>	<b>88</b>
<b>Додатки.....</b>	<b>92</b>

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Анотація

Розподільний вал хетчбека ЗАЗ-110247.40 Таврія служить для регулювання процесів впускання горючої суміші в циліндри і випуску з них відпрацьованих газів. Для визначення оптимальних методів усунення дефектів розподільного валу використано систему керування базами даних Microsoft Access. На основі запити до створеної бази даних визначено найбільш ефективний метод підвищення довговічності розподільного валу – плазмове напилення, для якого розроблені технологічні процеси відновлення та механічної обробки.

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Abstract

The camshaft of the ZAZ-110247.40 Tavria hatchback is used to regulate the processes of injecting the combustible mixture into the cylinders and releasing exhaust gases from them. To determine the optimal methods for eliminating camshaft defects, the Microsoft Access database management system was used. Based on a query to the created database, the most effective method for increasing the durability of the camshaft was determined - plasma spraying, for which technological processes for restoration and mechanical treatment were developed.

					КВРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Перелік скорочень

ГРМ – газорозподільний механізм.

ДВЗ – двигун внутрішнього згорання.

РВ – розподільний вал.

КВ – колінчастий вал.

ВЧ – Високоміцний чавун.

С – вуглець.

Si – кремній.

Mn – марганець.

Cr – хром.

Mo – молібден.

P – фосфор.

S – сірка.

Cu – мідь.

Fe – залізо.

N<sub>2</sub> – азот.

Ar – аргон.

He – гелій.

H<sub>2</sub> – водень.

Ni – нікель.

X20H80 – ніхром.

Nb – ніобій.

W – вольфрам.

Al – алюміній

Zr – цирконій.

Ti – титан.

Hf – гафній.

B – бор.

V – ванадій.

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\sigma_b$  – межа короткочасної міцності, [МПа].

$\tau_e$  – межа пропорційності (межа текучості для постійної деформації), [МПа].

$\sigma_{-1}$  – межа витривалості на стиск-розтяг (симетричний цикл), [МПа].

$\tau_{-1}$  – межа витривалості на кручення (симетричний цикл), [МПа].

$\Delta$  – відносне подовження при розриві, [ % ].

НВ – твердість за Брінеллем, [МПа].

E – модуль пружності першого роду, [МПа].

СВЧ – струм високої частоти.

БД – база даних.

ТП – технологічний процес.

ТУ – технічні умови.

SQL – мова структурованих запитів (Structured Query Language).

ТО – технічне обслуговування.

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Вступ

**Актуальність теми.** Хетчбек ЗАЗ-110247.40 Таврія займає вагоме місце у транспортному комплексі України. Його простоя, які викликані відмовами двигуна внутрішнього згорання, характеризуються зносом розподільного валу, що призводить до необхідності його ремонту або заміни. Здійснений вибір матеріалу розподільного валу. Для його відновлення розроблені технологічні процеси плазмового напилення та механічної обробки з вибором відповідного устаткування.

**Новизна роботи.** Подано характеристику фізико-хімічних процесів, які відбуваються під час плазмового напилення розподільного валу хетчбека ЗАЗ-110247.40 Таврія, а також описано методику його відновлення цим способом. Для визначення раціональних параметрів режиму плазмового напилення застосовано мову програмування SQL. Отримані результати досліджень опрацьовувалися та відображалися за допомогою програми Microsoft Excel.

**Достовірність отриманих результатів та обґрунтованість висновків і рекомендацій забезпечена** застосуванням сучасних методів досліджень, достатнім об'ємом експериментально-розрахункової частини роботи, використанням комп'ютерної техніки для розв'язання задач.

Результати досліджень були представлені на:

– V Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Ресурсно-орієнтоване навчання в «3D»: доступність, діалог, динаміка», (м. Полтава, 20–21 лютого 2025 року). – Полтава: ПНПУ імені В. Г. Короленка, 2025.

**Можливість використання висновків і рекомендацій на практиці:** застосувати запропоновану методику відновлення і технологічні процеси плазмового напилення та механічної обробки розподільного валу хетчбека ЗАЗ-110247.40 Таврія.

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 Аналіз конструкції ГРМ хетчбека ЗАЗ-110247.40 «Таврія»

## 1.1 Основні технічні характеристики хетчбека

Основні технічні характеристики хетчбека наступні [1-5]:

Тип кузова: закритий суцільнометалевий хетчбек. Кількість дверей: 3 (рис. 1.1).



**Рисунок 1.1 – Хетчбек ЗАЗ-110247.40 «Таврія»**

Двигун: МеМЗ-2457 карбюраторний, 4-циліндровий, 4-тактний, верхньоклапанний, об'ємом 1,2 л, потужність: 51 к.с. Привід: передній (FF). Трансмісія: механічна. Підвіска: передня – незалежна, типу "Макферсон"; задня – напівнезалежна, зі стабілізуючою поперечною балкою. Кермове управління: рейкове. Габаритні розміри: довжина 3708 мм, ширина 1554 мм; висота: 1410 мм.

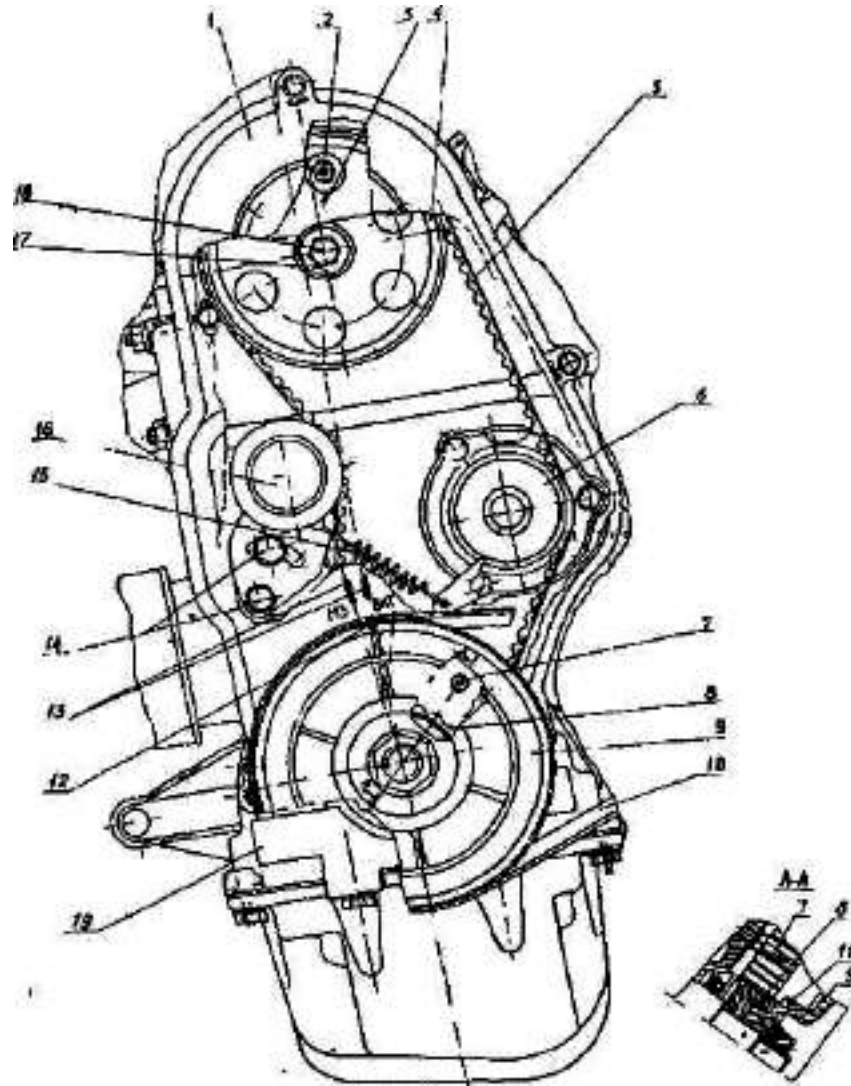
## 1.2 Призначення, загальна будова, основні функції ГРМ хетчбека

ГРМ ДВЗ служить для регулювання процесів впускання горючої суміші в циліндри і випуску з них відпрацьованих газів відповідно до прийнятого для даного ДВЗ порядку роботи циліндрів, фаз газорозподілу і частоти обертання.

Чавунний ведений шків 4 (рис. 1.2) РВ приводиться плоскозубчастим

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пасом від чавунного ведучого шківа 8, встановленого на носку КВ. Плоскозубчастий пас одночасно приводить в обертання чавунний шків 6, закріплений на валу приводу водяного насоса. Натяг паса здійснюється натяжним роликком 16, розташованим із зовнішньої сторони паса.



**Рисунок 1.2 – Привід РВ:**

1 - зовнішній кожух плоскозубчастого паса; 2 - стрілка установки веденого шківа розподільного валу; 3 - мітка на шківі розподільного валу; 4 - ведений шків РВ; 5 - плоскозубчастий пас; 6 - шків водяного насоса; 7 - стрілка установки ведучого шківа приводу РВ у ВМТ; 8 - ведучий шків приводу РВ; 9 - шків приводу генератора; 10 - пас приводу генератора; 11 - мітка ВМТ (свердлине гніздо  $\varnothing$  4 мм) на маточині шківа приводу генератора; 12 - мітка ВМТ на шківі приводу генератора (проріз на зовнішній стороні шківа); 13 -

										Арк.
										13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ					

мітки ВМТ і МЗ на верхньому кожусі зубчастого паса; 14 - болти кронштейна натяжного ролика; 15 - пружина натяжного ролика; 16 - натяжний ролик; 17 - відгибна шайба; 18 - болт кріплення шківів; 19 - упор верхнього кожуха

Напрямок обертання всіх шківів однаковий, співпадаючий з напрямком обертання КВ. Кількість оборотів веденого шківів менше, ніж ведучого, оскільки відношення чисел зубів шківів рівне 2:1.

Головка циліндрів 5 (рис. 1.3), відлита з алюмінієвого сплаву, загальна для всіх циліндрів. Об'єм камери згорання в головці  $(24,685 \pm 0,50)$  см<sup>3</sup>, різниця в об'ємі камер в одній головці не повинна перевищувати 0,60 см<sup>3</sup>.

Головка кріпиться до блоку 10-ма болтами. Між блоком і головкою встановлена металоазбестова прокладка товщиною  $h = (1,15 \pm 0,08)$  мм.

Затягування болтів головки проводять на холодному ДВЗ при  $t = (15,0 - 25,0)^\circ\text{C}$  у два прийоми: спочатку силою  $(45,0 - 50,0)$  Нм і остаточно силою  $F = (81,3 - 84,0)$  Нм.

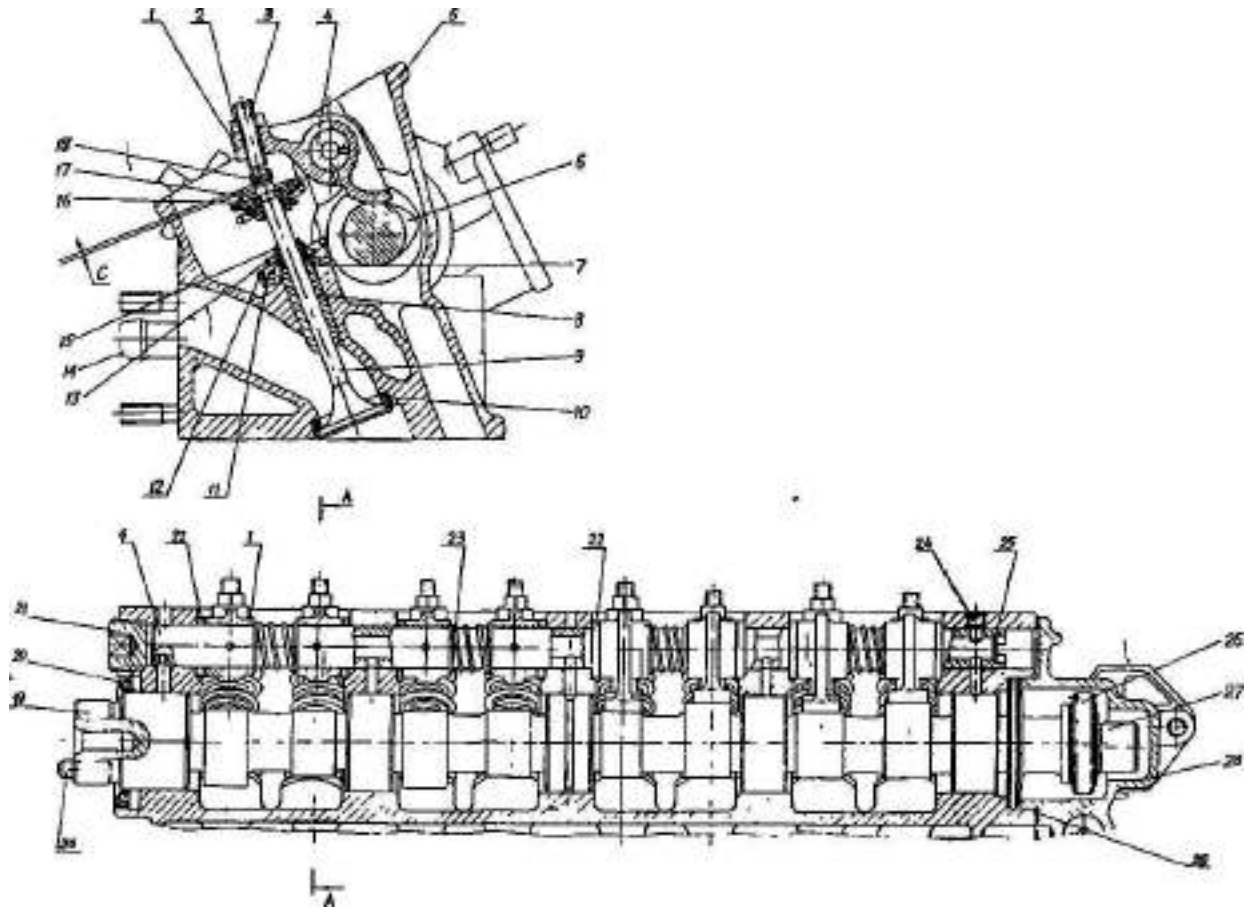
Необхідне ущільнення забезпечується тільки за рахунок попереднього натягу, який враховує різницю коефіцієнтів лінійного розширення сталевих болтів та алюмінієвої головки циліндра.

Кожний клапан забезпечений 2-ма пружинами, які спираються своїми торцями знизу на сталеву опорну шайбу 11, а зверху – на сталеву плановану опорну тарілку 16, яка на стрижні клапана утримується 2-ма сталевими сухарями 17 із закругленими виступами для з'єднання їх із стрижнем клапана.

### 1.3 Конструктивні та технологічні особливості деталей ГРМ

Вісь коромисел клапанів 4 (рис. 1.3) сталева, порожниста з гартуванням шийок під коромисла та отворами для підведення мастила до коромисел і до гнізд шийок РВ. Вісь в головці стопориться гвинтом, а отвір під вісь закритий різьбовою пробкою.

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



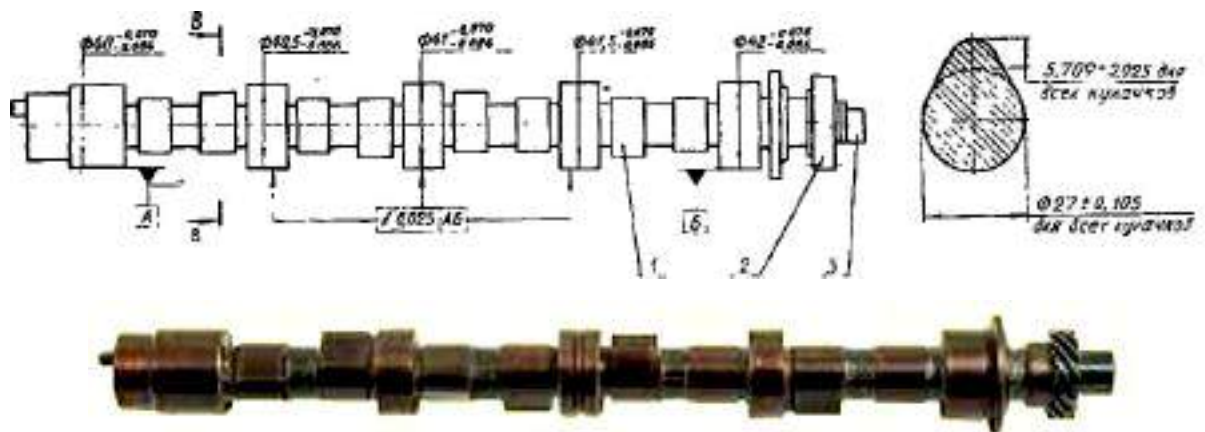
**Рисунок 1.3 - Головка циліндрів і схема регулювання зазорів у механізмі приводу клапана:**

1 - коромисло; 2 - гайка; 3 - регулювальний гвинт коромисла клапана; 4 - вісь коромисел; 5 - головка циліндрів; 6 - РВ; 7 - кільце стопорне; 8 - втулка напрямна; 9 - клапан; 10 - сідло клапана; 11 - шайба опорна внутрішньої та зовнішньої пружини; 12 і 13 - пружини зовнішня і внутрішня; 14 - патрубок; 15 - мастиловідбивний ковпачок клапана; 16 - тарілка пружини клапана; 17 - сухарі тарілки клапана; 18 - наконечник регулювального гвинта коромисла; 19 - РВ; 20 - манжета ущільнювача; 21 - пробка; 22 - шайба упорна; 23 - пружина осі коромисел; 24 - гвинт стопорний; 25 - заглушка масляного каналу; 26 - шестерня приводу датчика-розподільника ведуча; 27 - кулачок приводу бензинового насоса; 28 - корпус приводу датчика-розподільника і бензинового насоса; 29 - прокладки; 30 - штифт

Коромисла клапанів 1 відлиті зі спеціального чавуну. Місця контактів з кулачками РВ вибілені для отримання високої твердості та оброблені по

										Арк.
										15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

циліндричній поверхні. Під регулювальний гвинт виконана різьба М8,0х1. Осьове переміщення коромисла обмежується шайбами 22 і пружинами 23. РВ (рис. 1.4) ДВЗ встановлюється у спеціальні гнізда головки циліндрів.



**Рисунок 1.4 - РВ у зборі:**

1 - РВ; 2 - шестерня; 3 - кулачок приводу бензинового насоса

РВ має 5 опорних шийок, зовнішні діаметри яких послідовно збільшуються для полегшення його установки в головку. Робоча поверхня кулачків вибілена. Діаметр кулачка  $\varnothing (27,0 \pm 0,105)$  мм, а його висота  $h = (5,709 \pm 0,025)$  мм.

Фіксація РВ від осьового переміщення здійснюється упорним буртиком, виконаним на задній шийці валу, який входить в розточування гнізда головки циліндрів. Упорний буртик РВ притискається виступом корпусу приводу датчика-розподільника і бензинового насоса 28 (рис. 1.3). Осьове переміщення РВ знаходиться в межах  $(0,10-0,50)$  мм і визначається установкою прокладки 29 необхідної товщини.

Шків РВ встановлюється на передній циліндричний виступ  $\varnothing 36,0$  мм, положення шківа на РВ визначається штифтом  $\varnothing 7,0$  мм, а його кріплення – болтом М10х1 із силою затягування  $F = (32,0-36,0)$  Нм. Болт стопориться стопорною шайбою.

На задній кінець РВ на циліндричний виступ  $\varnothing 24,0$  мм встановлюється

									Арк.
									16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ				

шестерня 2 (див. рис. 1.4) приводу розподільника, яка кріпиться ексцентриковим кулачком 3 приводу бензинового насоса, укрупчуванням його в різьбовий отвір М10х1 валу. Сила затягування кулачка  $F = (28-36)$  Нм.

#### 1.4 Характеристика матеріалу розподільного валу

Хімічний склад чавунів, які використовуються при виготовленні РВ, та їхні механічні властивості наведені в табл. 1.1 та 1.2 відповідно (перші літери "ВЧ" означають високоміцний чавун на перлітній основі — чавун з кулястим графітом, який утворюється в литій структурі в процесі кристалізації; цифра "60" — це межа міцності при розтягуванні, що становить  $\sigma_s = 60$  кгс/мм<sup>2</sup>; цифра "2" вказує на показник відносного подовження, який становить 2 %. Це означає, що матеріал має бути стійким до механічних навантажень і мати певну пластичність).

**Таблиця 1.1 - Хімічний склад чавуну ВЧ 60-2**

Вміст елементів, %						
C	Si	Mn	Cr	Mo	P	S
3,00-3,30	2,00-2,20	0,60-0,90	0,55-0,65	0,50-0,60	0,20	0,10

**Таблиця 1.2 - Основні фізико-механічні властивості чавуну ВЧ 60-2**

$\sigma_s$ , МПа	$\tau_s$ , МПа	$\sigma_{-1}$ , МПа	$\tau_{-1}$ , МПа	$\Delta$ , %	НВ	E, МПа	G, МПа	$\mu$
600,0	840,0	310,0	155,0	2,0	250,0	$1,55 \cdot 10^6$	$4,5 \cdot 10^5$	0,25

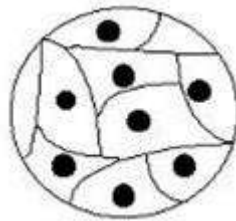
Твердість заготовки РВ складає НВ 250,0, поверхні кулачків між попередньою й остаточною механічними обробками піддають гартуванню СВЧ:

- кінцева температура нагрівання 1025 °С;
- швидкість нагріву – 350 °С/с;

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- частота струму – 440 кГц;
- час нагрівання – 5 с.;
- після гартування проводили низький відпуск при температурі 160 °С протягом 1 год. для зняття внутрішніх напружень;
- твердість після гартування HRC 52-58.

Широке застосування чавунів у вузлах тертя визначається наявністю в його структурі графіту, який має змащувальні властивості. Крім цього, графіт може утворювати на поверхні чавуну плівки з доброю адгезією по відношенню до мастила, ефективність яких зберігається довгий час [6-5]. Форма графіту у високоміцному чавуні наведена на рис. 1.5 [7].



**Рисунок 1.5 - Форма графіту у високоміцному чавуні**

На відміну від інших антифрикційних матеріалів чавуни мають складніший хімічний склад і структуру. ДСТУ 3443-2007 класифікує структуру чавунів по графіту і металічній основі. При визначенні графіту оцінюється: форма, розподіл, розміри та кількість включень графіту. При визначенні металічної основи оцінюється: вид структури, форма перліту, кількість перліту і фериту, дисперсність перліту, площа включень фосфідної евтектики тощо [6].

Антифрикційні властивості чавунів визначаються умовами тертя. Але для чавуну більше значення, ніж для інших сплавів, має хімічний склад і особливо структура.

Великий вплив на зносостійкість чавунів має кількість і форма графіту – при його збільшенні зносостійкість чавуну росте, так як більше графіту поступає в зону тертя і створює поверхню з майже незмінним у процесі тертя мікрорельєфом та будовою, здатними утримати довгий час деякий запас рідкого

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мастила. Але надмірна кількість графіту розрихлює металічну основу та знижує зносостійкість чавуну. Найбільшу зносостійкість при терті з граничним мащенням мають чавуни з перевагою у структурі ізольованих середньо завихрених включень графіту у вигляді пластинок довжиною (25,0-125,0) мкм, а також графіт вермикулярної форми. Наявність у структурі глобулярного, міждендритно-точкового та розеточного графіту понижує зносостійкість чавуну [6-8].

Зносостійкість чавунів дуже залежить від металічної основи. Із збільшенням у структурі чавуну кількості фериту його зносостійкість різко знижується. Збільшення дисперсності перліту не веде до суттєвого підвищення зносостійкості, хоча твердість чавуну й підвищується.

Перелік основних деталей ГРМ хетчбека ЗАЗ-110247.40 Таврія наведено у табл. 1.3

**Таблиця 1.3 - Основні деталі ГРМ ЗАЗ**

■ Основні деталі ГРМ ЗАЗ - таблиця						
Код деталі	Назва деталі	Кількість деталей у вузлі	Матеріал деталі	Твердість заготовки, HB	Термообробка	Твердість після термообробки, HRC
1	Вал розподільний	1	ВЧ60-2	290	Гартування	52-58
2	Важіль	4	ВЧ60-2	290	Гартування	52-58
3	Головка блоку	8	АК8М2	241-266	ТЦО	98-60
★	(Счетчик)	0				

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 Перевірка технічного стану деталей ГРМ хетчбека ЗАЗ-110247.40 Таврія

### 2.1 Зняття та установка розподільного валу без зняття ДВЗ

РВ знімають з ДВЗ, встановленого на автомобілі, при зносі вершин кулачків або заміні шестерні приводу датчика-розподільника запалення [11]:

1. Зніміть вісь коромисел, коромисла і ведений шків РВ.
2. Вийміть РВ з головки циліндрів у бік маховика.

Установку РВ проводити в зворотній послідовності:

1. Змастіть робочу кромку манжети 2 (рис. 2.1), оправки М9840-770 і шийки РВ мастилом Літол-24.

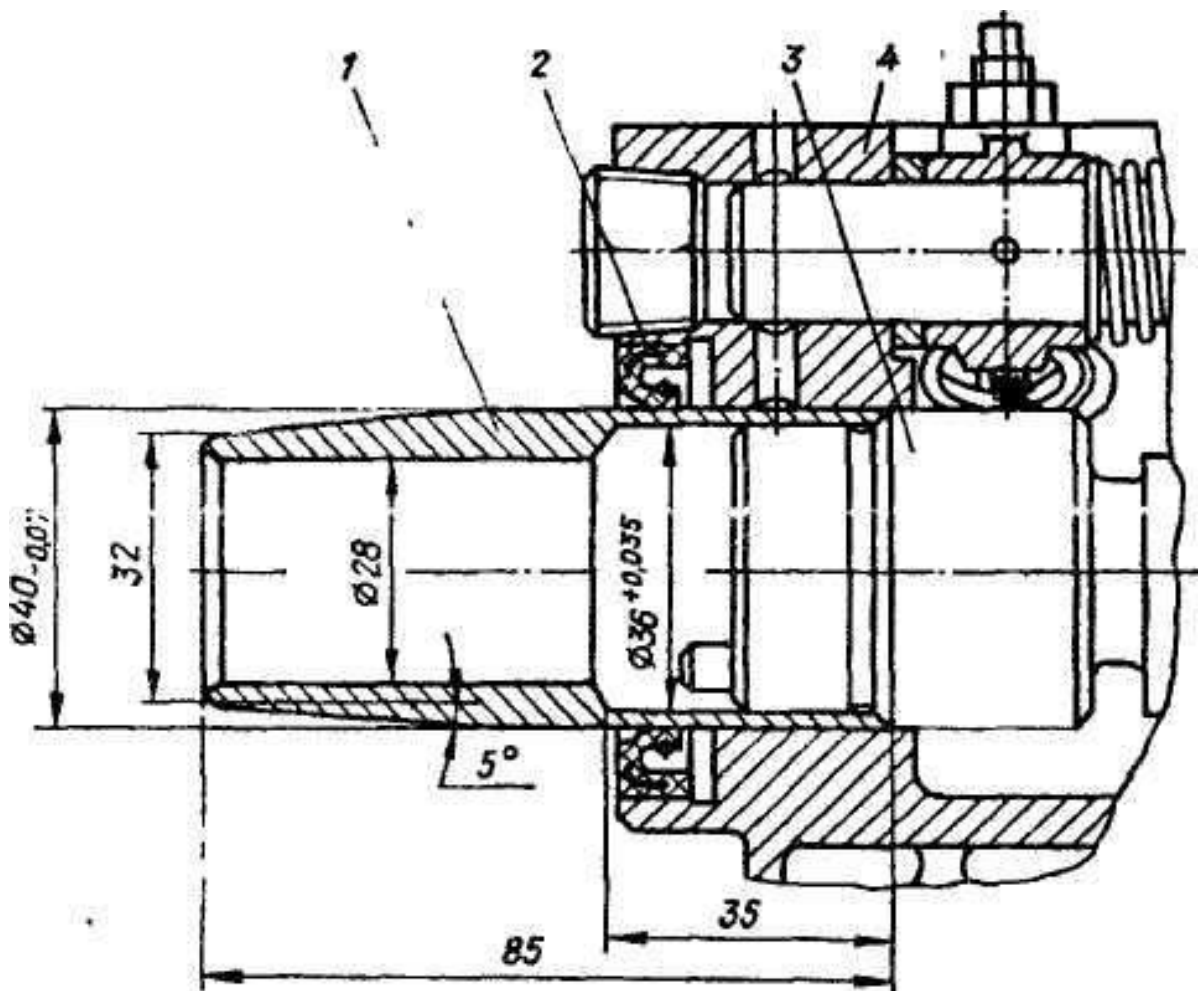


Рисунок 2.1 - Установка РВ в головку циліндрів

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

2. Установіть оправку 1 в гніздо головки циліндрів 4 з боку корпусу приводу бензинового насоса і датчика-розподільника і, проштовхуючи оправку спільно з розподільним валом в гнізда головки циліндрів, установіть РВ в головку.

3. Установіть вісь коромисел і коромисла, змастивши їх моторним мастилом.

4. Установіть корпус приводу розподільника і перевірте осьовий розгін РВ, який повинен бути (0,10-0,50) мм і регулюється прокладкою 29 (рис. 1.3).

5. Установіть на РВ 3 (рис. 2.1) ведений шків.

6. Установіть наконечники регулювальних гвинтів і відрегулюйте зазори в клапанному механізмі.

## **2.3 Ремонт газорозподільного механізму**

Ремонт ГРМ проводиться у разі виявлення несправностей в роботі, а також, якщо при загальному розбиранні ДВЗ виявлені підвищений знос, обгари, поломки або інші пошкодження деталей [12].

### **2.3.1 Розбирання і складання головки циліндрів**

Зніміть вісь коромисел і РВ. Видаліть нагар з камер згорання металевою щіткою. Огляньте та очистьте випускні канали і канали підведення мастила до осі коромисел і РВ.

### **2.3.2 Перевірка герметичності головки циліндрів**

Для перевірки герметичності потрібно заглушити вихідні канали рідинної сорочки головки. Підведіть до внутрішньої порожнини головки стисле повітря і помістіть головку циліндрів у ванну з водою, нагрітою до температури  $t = (70,0-90,0) \text{ } ^\circ\text{C}$ . При тиску повітря  $p = (0,15-0,20) \text{ МПа}$  пропуск повітря не

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

допускається. При виявленні негерметичності головку циліндрів замінити.

Перевірку площинної прилягання головки циліндрів до блоку циліндрів проведіть на перевірочній плиті або лінійкою і щупом. Неплощинність допускається не  $> 0,08$  мм. Якщо, унаслідок деформації непощинність головки  $> 0,08$  мм, прошліфуйте, пришабріть або притріть нижню площину головки. Шліфування, шабрування або притирання допускається при деформації не  $> 0,10$  мм. При великій деформації головку циліндрів замінити.

### 2.3.3 Перевірка гнізд в головці циліндрів під шийки розподільного валу

Внутрішні поверхні гнізд повинні бути гладкими без задирів. Перевірити, чи немає тріщин в гніздах під РВ і вісь коромисел. Оправкою (рис. 2.2) перевірте співвісність, а нутроміром – розміри гнізд на відстані  $1/4$  довжини від торця гнізда під РВ.

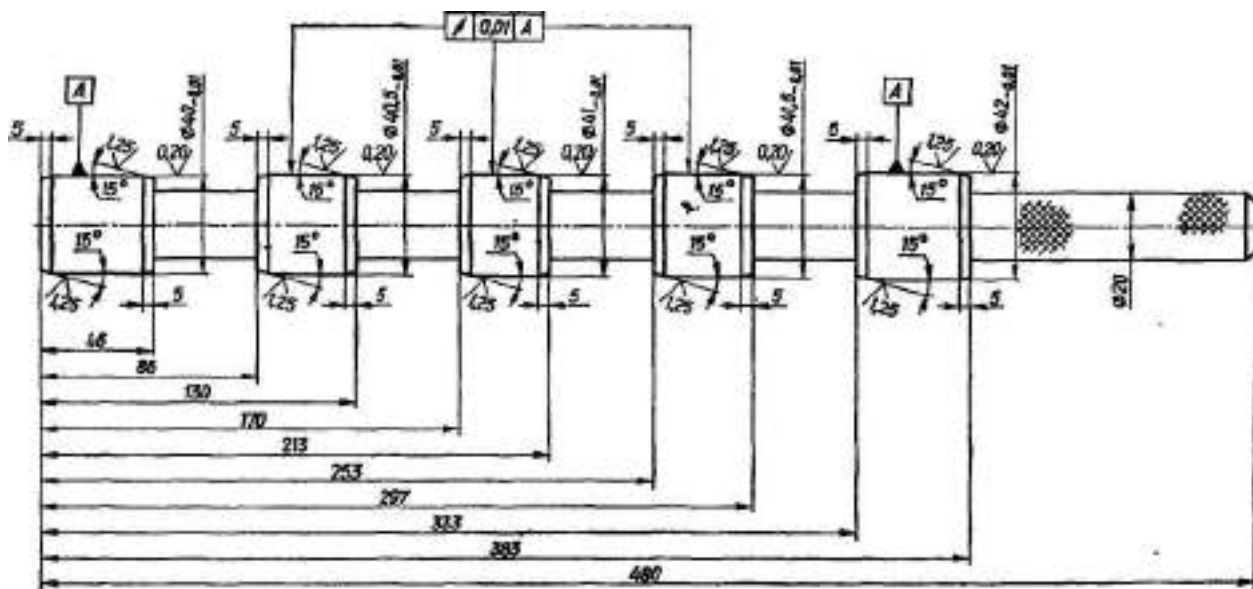


Рисунок 2.2 - Оправка для перевірки співвісності підшипників РВ

Якщо знос гнізд і неспіввісність  $> 0,03$  мм або зазор між шийками РВ і гніздами  $> 0,15$  мм, а також за наявності тріщин - головку потрібно замінити.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

### 2.3.4 Зняття та установка клапанів

Перед зняттям помітьте рисками або кернами клапани, викрутіть свічки запалення, щоб уникнути їх пошкодження.

Стиснувши пружини за допомогою знімача (рис. 56) або пристосування, вийміть сухарі і, поступово відпускаючи пружини, зніміть тарілку пружини клапана, пружини і шайбу. Вийміть клапан з напрямної. Таким же чином зніміть і решту клапанів. Очистьте клапани від нагару, лакових відкладень і промийте.

Очистьте сідла клапанів, впускні і випускні канали головки циліндрів, напрямних клапанів і промийте головку циліндрів.

Перевірте стан клапанів, сідел, втулок, напрямних, пружин клапанів, проведіть необхідний ремонт і установіть клапани на місце в послідовності, зворотному розбиранню.

### 2.3.5 Перевірка стану клапанів та їх напрямних втулок

Якщо за наслідками огляду немає підстав для вибраковування клапанів (обгорання робочої фаски, задир на стрижні), заміряйте стрижні клапанів в двох поясах по двох взаємно перпендикулярним напрямках для визначення їх зносу.

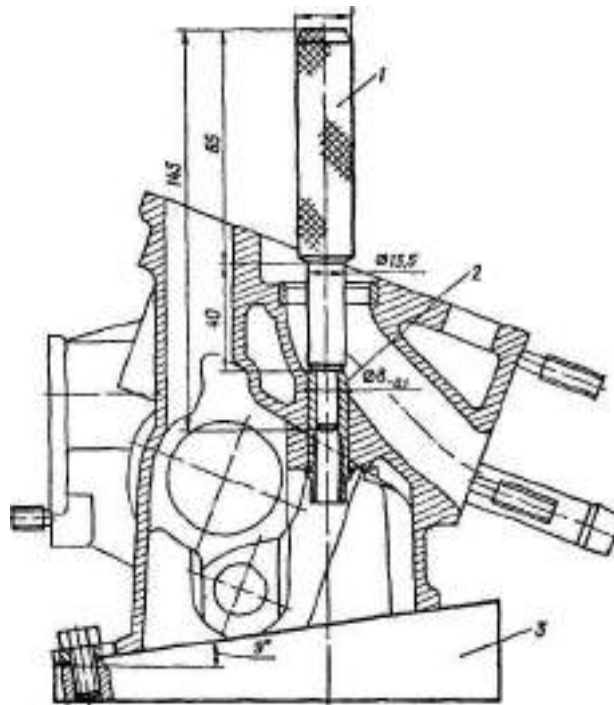
Діаметр стержня нового випускного клапана (7,937-7,925) мм, впускного (7,967-7,955) мм. Непрямолінійність його не > 0,01 мм на довжині циліндричної частини. Якщо діаметр стержня випускного клапана < 7,915, а впускного 7,945 мм, то такі клапани немає сенсу залишати для подальшої роботи навіть з новими напрямними клапана, оскільки зазор буде близький до граничного - клапани замінити.

### 2.3.6 Заміна напрямних втулок клапана

Випресуйте зношену напрямну втулку клапана за допомогою оправки

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(рис. 2.3) і молотка або під пресом.



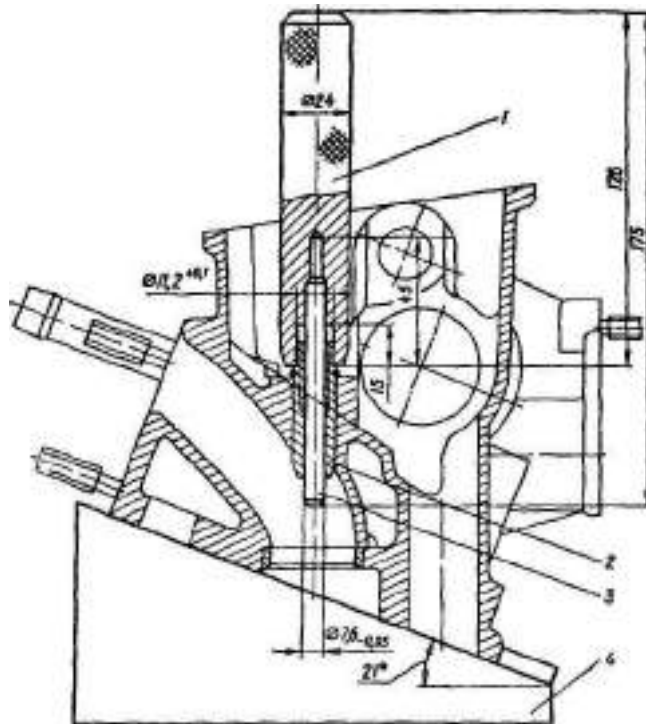
**Рисунок 2.3 - Оправка для випресування прямої втулки клапана:**

1 - оправка, 2 - втулка клапана, 3 - підставка

Установіть стопорне кільце в канавку прямої втулки. Нагрівайте головку до температури  $t = (165,0-175,0) \text{ } ^\circ\text{C}$  і оправкою М9840-748 запресуйте в отвір головки циліндрів нову пряму втулку (рис. 2.4) ремонтного розміру - велику по зовнішньому і меншу по внутрішньому діаметрам до упору стопорного кільця в площину головки. Перед запресуванням занурте пряму втулку в моторне мастило.

Після запресування внутрішній діаметр прямої втулки розверніть до розміру (7,992-8,010) мм для втулки впускного клапана і (7,966-7,980) мм для втулки випускного клапана.

									Арк.
									24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					



**Рисунок 2.4 - Оправка М9840-748 для запресування напрямних втулок клапанів:**

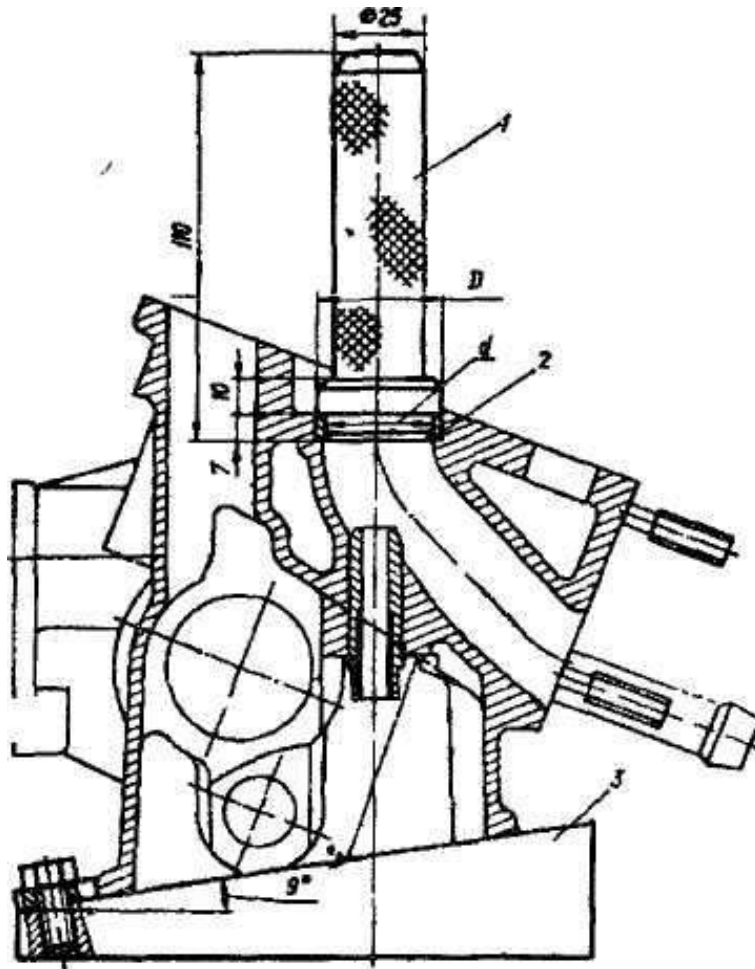
1 - оправка, 2 – напрямна втулка клапана; 3 - напрямний штифт; 4 - підставка

### 2.3.7 Заміна сідла клапана

При виявленні ослаблення посадки сідла клапана, тріщини або значних обгорань сідло підлягає заміні. Виїмку сідла проводити вирізуванням на верстаті або частинами після навмисного облому. Перед установкою нового сідла ремонтного розміру зачистити гніздо від забоїн і ретельно протерти.

Нагрівайте головку циліндрів до  $t = (165,0-175,0) ^\circ\text{C}$ . Установіть сідло на головку так, щоб фаска на зовнішньому діаметрі сідла була направлена убік напрямної втулки клапана і запресуйте його оправкою (рис. 2.5). Простежте за щільною посадкою сідла до упору і прошліфуйте фаску на сідлі клапана.

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



**Рисунок 2.5 - Оправки для запресування сідел клапанів:**

1 - оправка М9840-851 для сідел випускних і М9840-852 для сідел впускних клапанів; 2 - сідло клапана; 3 - підставка

### 2.3.8 Шліфування фасок сідел клапанів

Шліфування фасок сідел клапанів проводять при заміні напрямних клапанів, а також при зносі фасок і для відновлення концентричності фасок відносно отворів у напрямних втулках. Сідла впускних і випускних клапанів виготовлені зі спеціального чавуну, обробка фаски сідла проводиться шліфуванням або, за відсутності шліфувальної машини, зенкером.

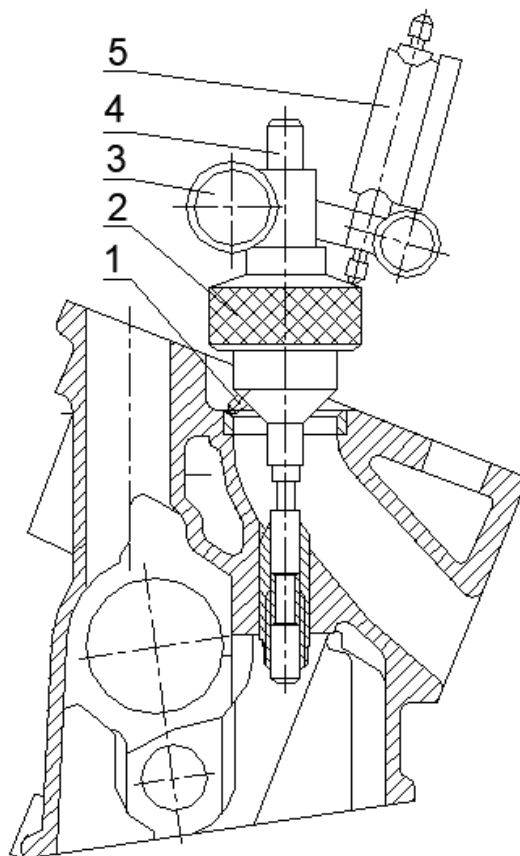
Для шліфування застосовується спеціальна шліфувальна машинка з електричним приводом. Машинка повинна бути забезпечена: набором абразивних кругів з конусами  $90^\circ$ ,  $120^\circ$  і  $60^\circ$ , зовнішнім діаметром (32,0-

									Арк.
									26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ				

34,0) мм; набором спеціальних оправок, які вставляються в отвори напрямних втулок; пристосуванням для правки абразивних кругів.

Перед шліфівкою фаски підберіть по отвору напрямної втулки з набору оправку, яка повинна щільно входити в отвір втулки. Шліфувальний камінь заправити під кутом ( $90^{\circ} \pm 30'$ ).

Шліфування сідла слід вести до зняття металу рівномірно по всьому колу, уникаючи зайвого знімання металу. Перевірте концентричність шліфованої фаски та осі отвору напрямної втулки пристосуванням (рис. 2.6). Величина допустимого биття для фасок сідел впускних і випускних клапанів не повинна перевищувати 0,05 мм.



**Рисунок 2.6 - Пристосування для перевірки концентричності фаски сідла клапана та осі напрямної втулки:**

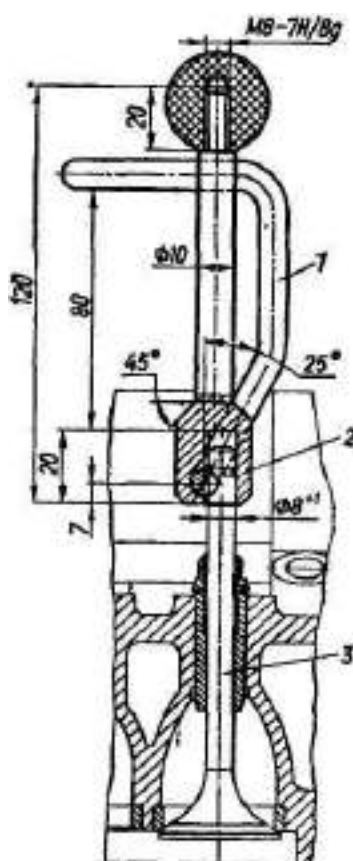
1 - кулькова головка; 2 - муфта, що обертається; 3 - утримувач, 4 - оправка; 5 - індикаторна головка

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 2.3.9 Притирання клапанів до сідел

Притирання клапанів до сідел необхідне для забезпечення герметичності у наступних випадках: шліфовки робочих фасок клапанів або сідел; заміни напрямної втулки або клапана; при незначному зносі сідел і головок клапанів.

Нанесіть на фаску головки клапана тонкий шар притиральної пасти, приготованої у вигляді суміші дрібного шліфувального порошку (шліфпорошок, електрокорунд М14) з мастилом для двигуна. Змастіть стрижень клапана чистим маслом і встановіть клапан у напрямну втулку. Закріпіть клапан у пристосуванні М9849-120 спеціальним затиском (рис. 2.7) та обертайте його по черзі в обидві сторони, злегка притискуючи до сідла.



**Рисунок 2.7 - Пристосування для притирання клапанів М9849-120:**

1 - затиск, 2 - оправка; 3 – клапан

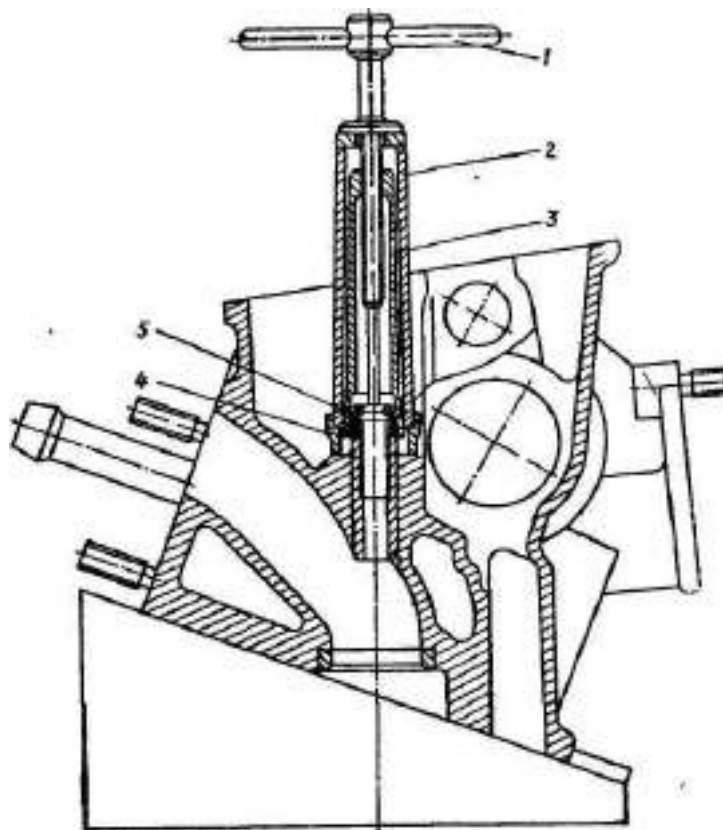
					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.4 Технічне обслуговування розподільного валу та деталей його приводу

### 2.4.1 Перевірка стану мастиловідбивних ковпачків клапанів і манжети

Після тривалої експлуатації ДВЗ мастиловідбивні ковпачки і манжета вимагають заміни. У разі розбирання головки циліндрів з малим пробігом, але з необхідністю зняття клапанів або РВ, мастиловідбивні ковпачки і манжету ретельно оглянути. За наявності на робочій кромці навіть незначних тріщин, надривів, слідів відшаровування від арматури, твердіння або деформації ковпачки або манжету замінити.

Мастиловідбивні ковпачки 5 (рис. 2.8) клапана рекомендується знімати знімачем, а запресовувати на напрямну клапана оправкою, при цьому внутрішню поверхню ковпачка змастити моторним мастилом.

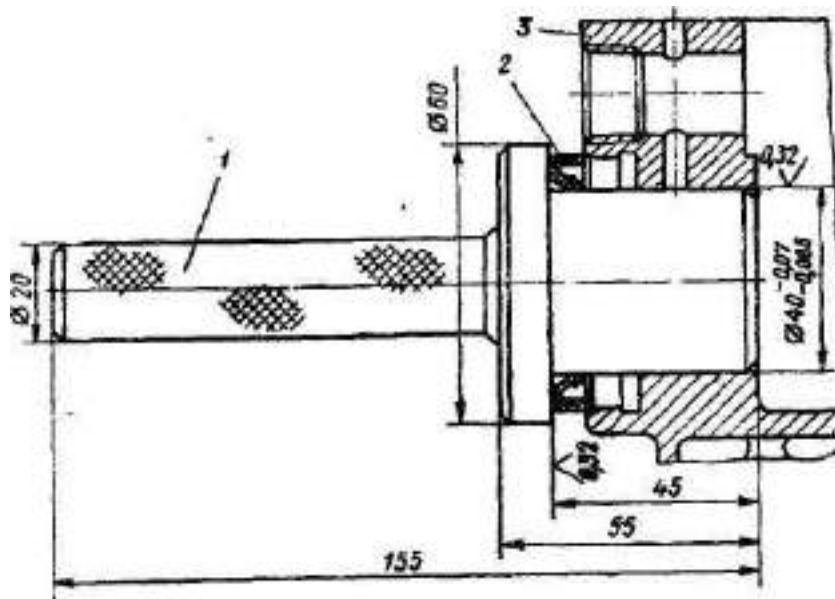


**Рисунок 2.8 - Знімач мастиловідбивного ковпачка клапана:**

1 - вороток; 2 - утримувач; 3 - цанговий затиск, 4 - упорна втулка; 5 - мастиловідбивний ковпачок клапана

						КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
							29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

При запресуванні манжети 2 (рис. 2.9) РВ в головку циліндрів 3 використовувати оправку М9840-716, перед запресуванням зовнішню поверхню манжети змастити моторним мастилом.



**Рисунок 2.9 - Запресування манжети РВ в головку циліндрів:**

1 - оправка М9840-716; 2 - манжета, 3 - головка циліндрів

Після запресування ковпачків і манжети їх робочі кромки змастити мастилом Літол-24.

#### 2.4.2 Перевірка болтів кріплення головки циліндрів

При багатократному використанні болти витягуються. Перевірте довжину болта від головки, і якщо ця довжина  $> 98,80$  мм, болт замінити (довжина нового болта  $l = (98^{+0,435})$  мм).

РВ ДВЗ встановлюється в спеціальні гнізда головки циліндрів. Вал має 5 опорних шийок, зовнішні діаметри яких послідовно збільшуються для полегшення установки валу в головку.

Робоча поверхня кулачків вибілена. Діаметр кулачка  $\varnothing(27,0 \pm 0,105)$  мм, висота кулачка  $h = (5,709 \pm 0,025)$  мм.

Фіксація валу від осьового переміщення здійснюється упорним буртиком,

										Арк.
										30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ					

який виконаний на задній шийці валу і входить в розточування гнізда головки циліндрів. Упорний буртик валу притискається виступом корпусу приводу датчика-розподільника і бензинового насоса. Осьове переміщення валу знаходиться в межах (0,05-0,10) мм і визначається установкою прокладки необхідної товщини.

Шків РВ встановлюється на передній циліндричний виступ  $\varnothing 36,0$  мм, положення шків на РВ визначається штифтом  $\varnothing 7,0$  мм, а його кріплення болтом М10х1 із силою затягування  $F = (32,0-36,0)$  Нм. Болт стопориться стопорною шайбою.

На задній кінець валу на циліндричний виступ  $\varnothing 24,0$  мм встановлюється шестерня 2 (рис. 1.3) приводу розподільника, яка кріпиться ексцентриковим кулачком 3 приводу бензинового насоса укрупчуванням його в різьбовий отвір М10х1 валу. Сила затягування кулачка  $F = (28,0-36,0)$  Нм.

### 2.4.3 Перевірка стану розподільного валу та його складових

Ретельно промитий і протертий досуха РВ перевірити за станом опорних шийок і кулачків. Проведіть виміри опорних шийок на відстані  $l = 5$  мм від торців шийок і порівняйте з допустимим зносом. Визначивши розміри шийок РВ і розміри гнізд в головці циліндрів, визначити зазори між шийками і гніздами, порівнявши з допустимими зазорами.

Перевірити биття шийок РВ. При установці на крайні шийки биття 2-ї, 3-ї і 4-ї шийки не повинне перевищувати в працюючому валу 0,03 мм. Заміряйте кулачки розподільного валу за найбільшим і найменшим профілем.

Якщо знос РВ валу  $> 0,020$  мм, зазор між шийками валу і гніздами в головці циліндрів по одержаних вимірюваннях  $> 0,15$  мм, биття шийок валу  $> 0,03$  мм, або якщо різниця найбільшого і найменшого розмірів профілю хоч би у одного з кулачків  $< 5,534$  мм - вал потрібно замінити.

При незначному зносі вершин кулачків заполірувати їх, інакше можливий прискорений знос циліндричних поверхонь навіть нових коромисел. Перевірте

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стан зубів шестерні приводу датчика-розподільника, за наявності значного зносу і сколювання зубів шестерню потрібно замінити.

Перевірити стан поверхні зубів веденого і ведучого шківів РВ (як бувших в роботі, так і нових); поверхні повинні бути гладкими і чистими. Виявлені забоїни і задири ретельно зачистьте і заполіруйте (навіть незначні задири і забоїни на зубах викликають прискорений знос плоскозубчастого паса).

Оглянути поверхню ексцентрикового кулачка приводу бензинового насоса. Риск, натирань і вироблення робочої поверхні не повинно бути. Дрібні риси і незначні натирання на поверхні заполіруйте.

#### **2.4.3.1 Зняття й установка розподільного валу**

Операції, виконувани для зняття РВ, аналогічні відповідним діям для зняття голівки циліндрів. Тільки тут не потрібно зливати охолодну рідину, викручувати свічки запалювання та від'єднувати шланги і проводи від вузлів, установлених на голівці циліндрів. При заміні РВ замінюють і важелі клапанів.

#### **2.4.3.2 Перевірка корпусу підшипників розподільного валу**

Перед перевіркою промивають і очищають (особливо канали для підведення мастила), а потім перевіряють діаметри отворів в опорах і шийок РВ. Якщо різниця діаметрів отворів в опорах і шийок РВ (зазор)  $> 0,20$  мм (граничний знос), корпус замінюють. Внутрішні опорні поверхні корпусу підшипників повинні бути гладкими, без задири. Якщо маються ушкодження, то корпус підшипників також замінюють.

### **2.5 Аналіз основних дефектів і причин виходу з ладу розподільного валу**

РВ має наступні види відмов:

а) обломи, тріщини між кулачками - визначаються візуально і

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

бракуюються;

б) заусенці та задири на робочих поверхнях опорних шийок і кулачків - визначаються візуально і бракуються;

в) прогин валу визначається вимірюванням призмою та індикатором N4-10, закріпленим у штатив ШМ-ПВ-8, номінальний розмір складає  $h = 0,020$  мм, допустимий  $h = 0,022$  мм і ремонтується правкою;

г) знос кулачків по висоті та опорних шийок визначається вимірюванням за допомогою мікрометра МК-50-1 СТ СЕВ 344-76.

е) на опорних шийках РВ не допускаються задири, забоїни, подряпини, наволакування алюмінію від корпусів підшипників; установлюють РВ крайніми шийками на дві призми, поміщені на перевірочній плиті, і заміряють індикатором радіальне биття середніх шийок, що повинне бути не  $> 0,04$  мм; якщо биття перевищує зазначене значення, то виправляють РВ на рихтувальному пресі; при заміні РВ необхідно замінити також важелі клапанів.

Надійність вузла РВ залежить від правильних режимів експлуатації. В середньому після кожних 10000 км пробігу в головній парі тертя "кулачок - важіль привода клапана" регулюють тепловий зазор між кулачками РВ і важелями привода клапанів. Важелі привода клапанів замінюють приблизно через (80,0-100,0) тис. км пробігу. РВ замінюють через (150,0-200,0) тис. км пробігу, а також інші деталі ГРМ, якщо вони спрацювались.

Аналіз дефектів РВ і вимоги до відремонтованої деталі наведені у табл. 2.1.

**Таблиця 2.1 - Дефекти РВ, вимоги до відремонтованої деталі**

Дефекти вала розподільного, вимоги до відремонтованої деталі : таблиця				
	Код деталі	№ Поверхні	Дефект	Метод чи прилад контролю
	1	1	Знос кулачків по висоті	Мікрометр МК-50-1
$\varnothing$	1	2	Знос опорних шийок	Мікрометр МК-50-1
	1	3	Прогин вала	Призма, індикатор N4-10 , штатив ШМ-ПВ-8
*	0	(Счетчик)		

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.6 Критерії вибору методів підвищення зносостійкості розподільного валу

Заготовку клапана одержують з пруткового матеріалу на горизонтально-кувальній машині. При остаточній обробці різанням ущільнювач фаску головки шліфують і притирають до сідла. Робочі поверхні стержня шліфують і полірують.

Напрямні втулки виготовляють з СЧ 18 або металокераміки, тобто спресованого і спеченого порошку, який складається з Cu, Fe і графіту. Металокерамічні деталі мають пористу структуру, сприяючу зберіганню мастила. Внаслідок цього напрямні втулки клапанів володіють хорошими антифрикційними якостями, що значно збільшує зносостійкість стержня клапана і зменшує небезпеку заїдання клапана у втулці.

При виборі способу відновлення РВ необхідно враховувати [13-15]: його матеріал, хімічний склад і властивості; термообробку і поверхневу твердість, можливість відновлення; умови роботи (характер навантаження і посадки, геометричну форму); величину і характер зношення, товщину нанесеного відновлюючого шару; допустимі величини деформації, зниження поверхневої твердості та витривалості на втому; механічну обробку наплавленого металу і деформованої ділянки; продуктивність відновлення, працездатність та економічність відновлення (включаючи усі операції ТП).

Основна вимога, яку необхідно виконати при відновленні валів, є забезпечення [14-16]: розмірів, шорсткості та твердості відновлюваних поверхонь; суцільності покриття; міцності зчеплення нанесених шарів з основним металом; симетричності, співвісності, радіального і торцевого биттів оброблених поверхонь; паралельності шпонкових пазів осі валу чи утворюючим базових поверхонь.

### 2.6.1 Дефект №1 – знос кулачків по висоті

Згідно креслення та технічних умов на дефектацію і ремонт для

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відновлення кулачків по висоті служать наступні критерії:

- діаметр кулачка  $\varnothing$  (27,0±0,105) мм;
- висота кулачка  $h = (5,709 \pm 0,025)$  мм;
- мінімальна товщина нарощеного шару  $h = 0,275$  мм ( $h_{\text{мін.}} = h_{\text{max.}} - h_{\text{мін.}}$  + припуск на механічну обробку = (5,734 - 5,684) + 0,25 = 0,275мм);
- максимальна товщина нарощеного шару  $h_{\text{max.}} = 0,8$  мм (залежить від методу відновлення; після вибору методу може коректуватися);
- мінімальна твердість HRC 52-58.

Якщо знос шийок  $PB > 0,020$  мм, зазор між шийками валу і гніздами в головці циліндрів по одержаних вимірюваннях  $> 0,150$  мм, биття шийок валу  $> 0,030$  мм, або якщо різниця найбільшого і найменшого розмірів профілю хоч би у одного з кулачків  $< 5,534$  мм - вал замінюють [16].

При незначному зносі вершин кулачків їх полірують, інакше, можливий прискорений знос циліндричних поверхонь навіть нових коромисел.

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3 Аналіз і вибір методу відновлення розподільного валу

#### 3.1 Відновлення чавунних розподільних валів методом газотермічного напилення зношених поверхонь

Уніфікованої класифікації методів газотермічного напилення наразі не існує [17–19]. Згідно зі стандартом ДСТУ 28076:2009, газотермічні покриття поділяються на класи за функціональним призначенням (див. рис. 1) та за типом енергетичного джерела (див. рис. 2), оскільки ключова відмінність між технологіями газотермічного напилення полягає у використуваному джерелі енергії.

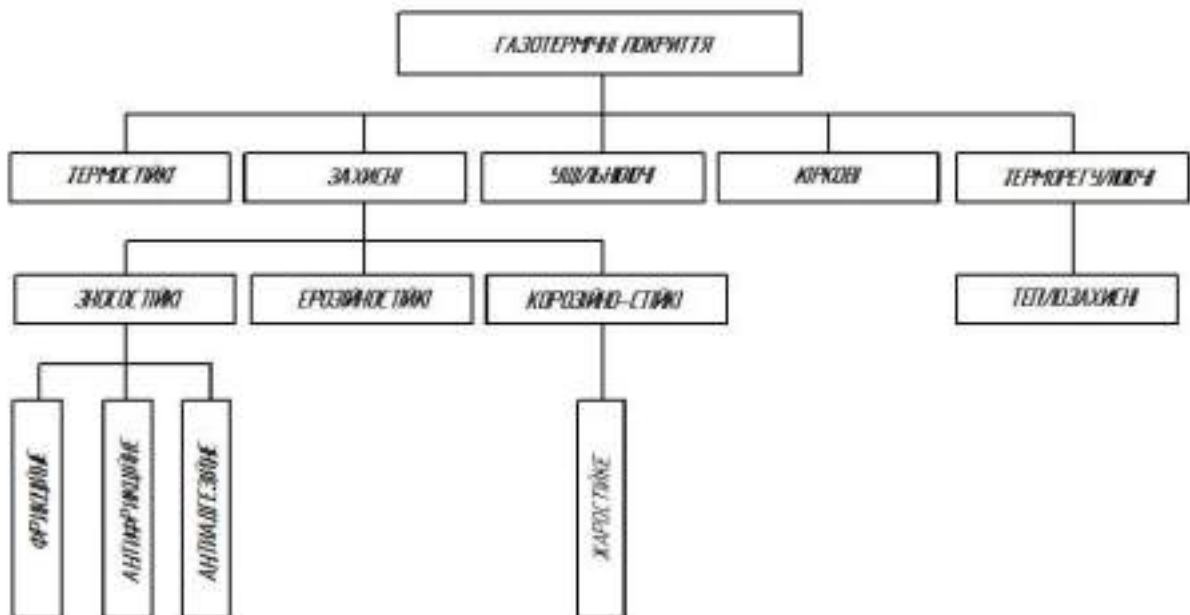
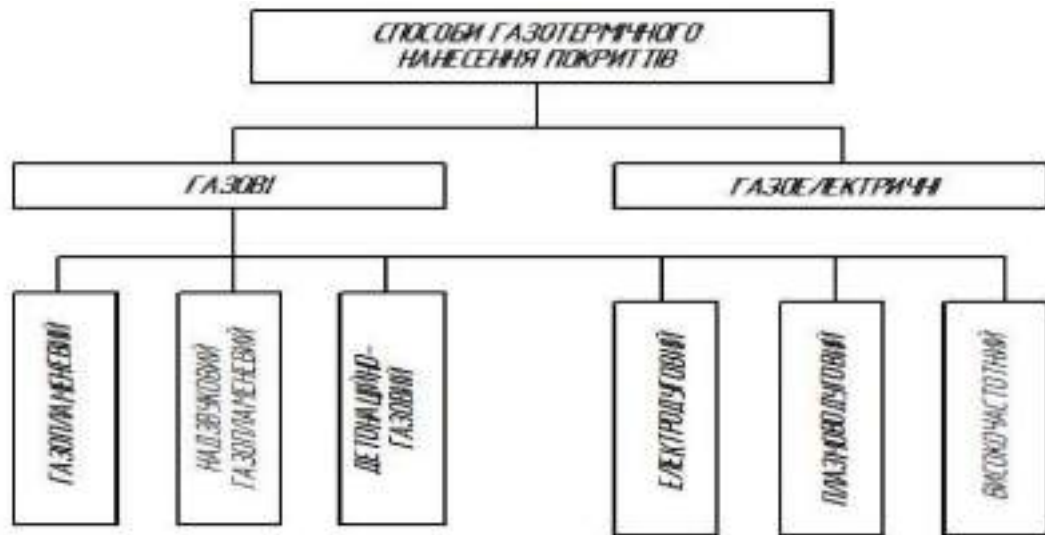


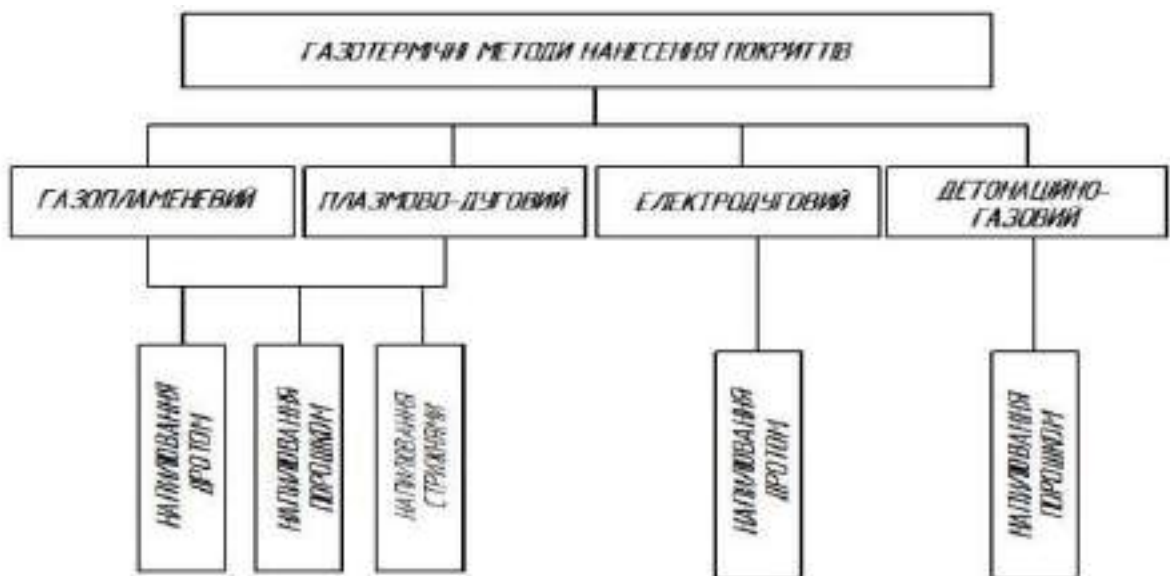
Рисунок 3.1 – Класифікація газотермічних покриттів за функціональним призначенням [17]

Методи газотермічного напилення здебільшого є універсальними, оскільки дозволяють наносити покриття з широкого діапазону матеріалів.



**Рисунок 3.2 – Класифікація процесів газотермічного напилення покриттів за енергетичною ознакою [17]**

Напилювані матеріали можуть відрізнятися за формою — застосовуються порошки, дріт або стержні. З огляду на це, класифікацію технологій газотермічного напилення, подану на рис. 3, можна доповнити характеристиками напилюваних матеріалів [17–19].



**Рисунок 3.3 – Класифікація способів газотермічного напилення за формою напилюваного матеріалу [17]**

Відновлення чавунних РВ двигунів автомобілів ЗАЗ здійснюється

шляхом нанесення присадного матеріалу методом газотермічного напилення зношених поверхонь, при якому кулачки зношеного кулачкового валу проточують по  $\varnothing 27,0$  мм, потім за допомогою спеціальних пальників і порошкового сплаву з флюсом напилюють з безперервним оплавленням на кулачки шар товщиною  $h = (2,50-3,00)$  мм. На 8 кулачків і 2 шийки витрачається  $(120,0-150,0)$  г порошкового сплаву і потрібно  $\tau = (10,0-15,0)$  хв. Після охолодження до кімнатної температури напилені вали правлять по центральній шийці на рихтувальному пристрої. Заключна операція - шліфування напилених кулачків і опорних шийок на копіювально-шліфувальних верстатах або на спеціальних пристосуваннях [20-23].

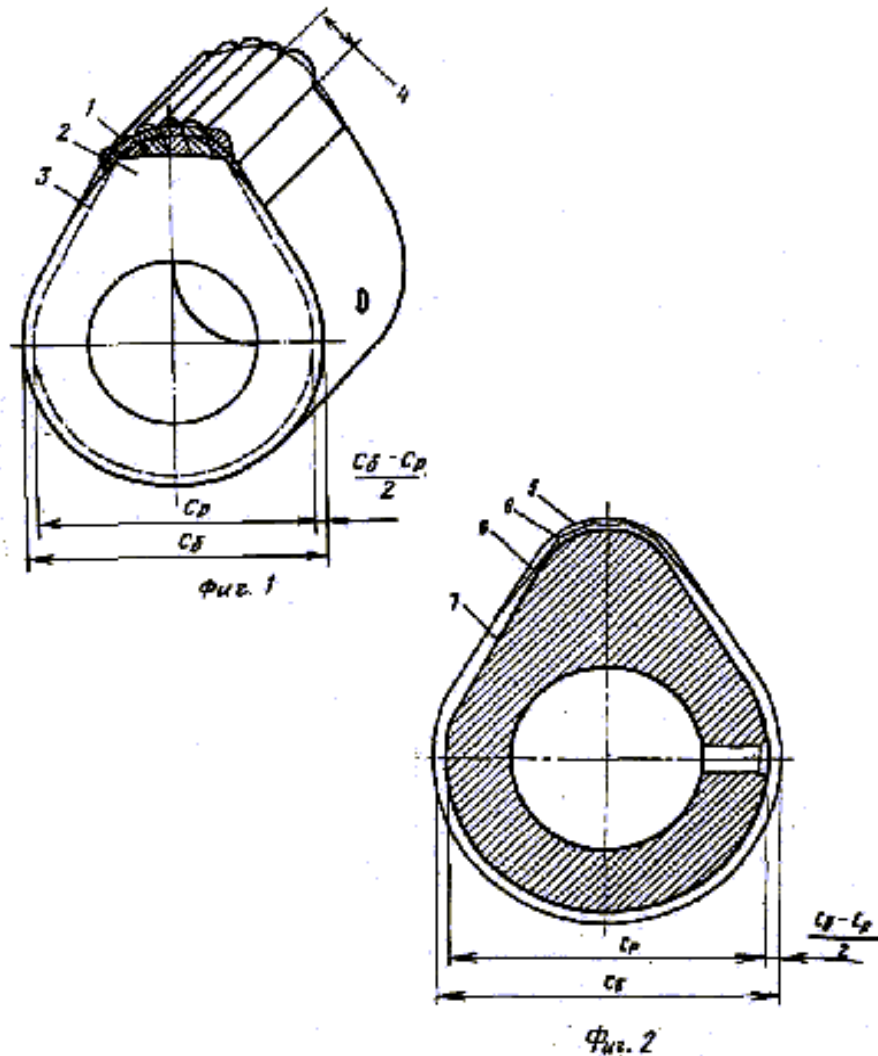
Недоліком цього способу є великою витрата присадного матеріалу, його висока вартість. Крім того, напилення опорних шийок, їх попередня підготовка і подальше шліфування збільшують трудомісткість відновлення внаслідок поганої оброблюваності порошкових сплавів, вимагає додаткових круглошліфувальних верстатів.

На рис. 3.4 наведено схему наплавленого та перешліфованого кулачків. Наплавлений кулачок містить: наплавлений валик 1, профіль 2 кулачка після експлуатації, профіль 3 відновленого кулачка, ширину 4 наплавленого валика. Перешліфований кулачок містить базовий профіль 5 кулачка, профіль 6 кулачка після експлуатації, профіль 7 відновленого кулачка, базовий розмір  $C_0$ , ремонтний розмір  $C_p$ .

### 3.2 Типовий технологічний процес відновлення розподільного валу

РВ має п'ять кулачків зі зносом  $> 0,50$  мм і три кулачки з меншим зносом. Кожна шийка РВ має рівномірний знос по діаметру з величиною, яка не  $> 10$  мкм. Проводять відновлення центрів на токарному верстаті.

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



**Рисунок 3.4 - Схема наплавленого та перешліфованого кулачків**

Після наплавлення п'яти кулачків сталевим електродом  $\varnothing 0,80$  мм в середовищі зварювального вуглекислого газу при силі струму  $I = 65,0$  А, напрузі  $U = 18,0$  В, швидкості подачі з електрода  $v = 55,0$  мм/с на напівавтоматичній установці проводять нагрів до  $t = 600,0$  °С в модернізованій шахтній печі у середовищі екзогазу, витримку протягом  $\tau = 3,0$  год., охолодження з піччю до  $t = 400$  °С і подальше охолодження на повітрі. Для усунення деформацій проводять попередню правку на пресі. Після чорнового шліфування всіх 8-ми кулачків в розмір по ділянці з постійним радіусом  $r = 28,50$  мм на копіювально-шліфувальному напівавтоматі проводять чистове шліфування всіх 8-ми кулачків в ремонтний розмір 28,0 мм. [24, 25]. У табл. 3.1 наведені прийнятні до використання способи усунення дефекту №1 РВ.

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Таблиця 3.1 - Способи усунення дефекту №1 РВ**

Способи усунення дефекту №1 валу розподільного вала					
№ Способу відновл.	№ Поверхні	Спосіб зм'ягчення	Твердість після зм'ягч.	Мін. в'язкість шару	Обладнання
	1	Напilenня газотермічне	54	0.2	Головка напильницька
	2	Наплавка сталевим електродом	52	0.5	Пост наплавковий
	3	Лазерна	56	0.3	Крант_18М
	4	Напilenня плазмові	58	0.4	Плазматрон
*	(Счетчик)	0			

### 3.3 Визначення оптимального способу усунення дефекту №1 розподільного валу

Для вибору оптимального способу усунення дефекту №1 РВ доцільно використати систему управління БД (СУБД).

Microsoft (MS) Access - найпопулярніша сьогодні настільна СУБД. MS Access має один з найкращих наборів візуальних засобів серед аналогічних програмних продуктів. Одна з основних переваг MS Access – тісна інтеграції з популярним офісним пакетом Microsoft Office [26-28].

Уся робота з БД здійснюється через вікно контейнера БД. Звідси здійснюється доступ до всіх об'єктів: таблицям, запитам, формам, звітам, макросам, модулям [29].

Убудована мова запитів SQL дозволяє максимально працювати з даними і значно прискорює доступ до зовнішніх даних.

Для введення, перегляду і роздрукування звітів з інформацією БД застосовуються форми, до переваг використання яких відносяться [30-32]:

- при введенні даних у поля форми додаток може зчитувати словник даних сервера й автоматично перевірити допустимість даних відповідно до правил цілісності;
- поле введення у формі може представляти список припустимих значень, з яких вибирається потрібне;
- командні кнопки у формі можуть виконувати дії, зв'язані з виведенням у формі поточним записом.

Система побудови запитів у Access не має собі рівних серед СУБД

масового використання. Практично усі види запитів, які можна побудувати програмно, у Access можна побудувати візуально. Виключення складають наскрізні запити (SQL pass-through), запити на зміну структури даних (DDL) і запити об'єднання.

Для запитів доступні три режими: Конструктор, SQL, Таблиця. Режими Конструктора і SQL взаємозв'язані, будь-які зміни в одному з них приводять до змін в іншому. При переході в режим Таблиці можна переглянути результати запиту [28-30].

Запити можна складати програмним шляхом. При цьому можливі два варіанти [33]:

- запуск безпосередньо команд SQL; для цього необхідно створити змінну рядкового типу і запустити її за допомогою макрокоманди RunSQL;
- використання об'єктів доступу до даних.

У даній роботі у середовищі Microsoft Access створено БД, в яку увійшли наступні таблиці:

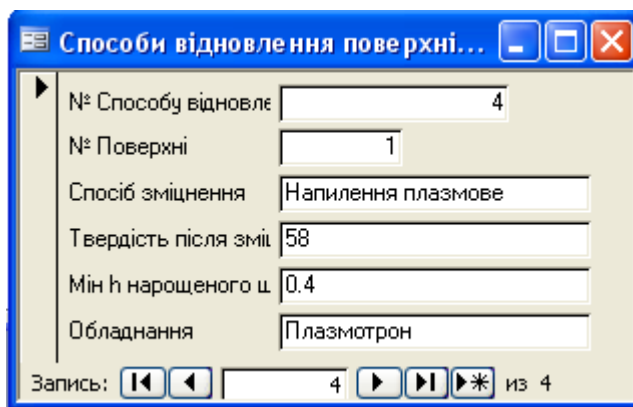
- 1.3 - Основні деталі ГРМ ЗАЗ;
- 2.1 - Дефекти валу розподільного, вимоги до відремонтованої деталі;
- 4.1 - Способи усунення дефекту №1 валу розподільного.

Згідно запиту на вибірку з табл. 4.1 оптимального способу усунення дефекту №1 валу розподільного вибираємо плазмове напилення (табл. 3.2).

Для внесення додаткових способів усунення дефекту №1 створена форма „Способи усунення дефекту №1 валу розподільного ” (рис. 3.5)

**Таблиця 3.2. Вибір способу усунення дефекту №1 розподільного валу**

Вибір способу усунення дефекту №1 вала розподільного : запит на вибірку			
	Назва деталі	Дефект	Спосіб зміцнення
	Вал розподільний	Знос кулачків по висоті	Напилення плазмове
▶			



**Рисунок 3.5 - Форма „Способи усунення дефекту №1 розподільного валу”**

При наплавленні чи напиленні на чавун необхідно враховувати всі металургійні фактори, які відбуваються у основному металі при термічному впливі на нього. При значній термічній дії на основу при наплавленні або напиленні відбувається відбілювання чавуну, в результаті він стає твердим, але крихким, що негативно впливає на подальшу роботу вузла тертя та ускладнює його наступну механічну обробку. Також при значній термічній дії на чавун дуже велика вірогідність того, що деталь, на яку буде нанесено покриття дасть тріщину або під час термічного впливу на основу, або через певний проміжок часу. Також одним з визначальних факторів вибору методу відновлення є те, що при значному термічному впливі буде відбуватися значна деформація деталі, на яку буде наноситись покриття.

Отже, виходячи з поданих вище даних можна зробити висновок: потрібен такий спосіб нанесення покриття, який би забезпечував мінімальну товщину проплавлення основного металу, тобто визначальний критерій вибору методу нанесення покриття є забезпечення мінімального впливу температури на матеріал основи.

Методом, що забезпечує данні вимоги, є плазмове напилення та плазмове наплавлення. Напилення забезпечує нанесення тонких шарів покриття (0,05-0,10 мм), а наплавлення дозволяє наносити покриття товщиною від 0,45 до 8,00 мм, в залежності від присадного матеріалу, який використовується при

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відновленні.

Отже для відновлення шийки РВ вибираємо такий метод нанесення покриття, як плазмове напилення.

### 3.3.1 Сутність процесу плазмового напилення та його різновиди

Плазмове напилення ґрунтується на нагріванні напилюваного матеріалу до рідкого або пластичного стану і перенесенні його високотемпературним струменем плазми до поверхні, на яку наноситься покриття. Цей спосіб дозволяє отримати покриття з металевих, неметалевих і композиційних матеріалів [34].

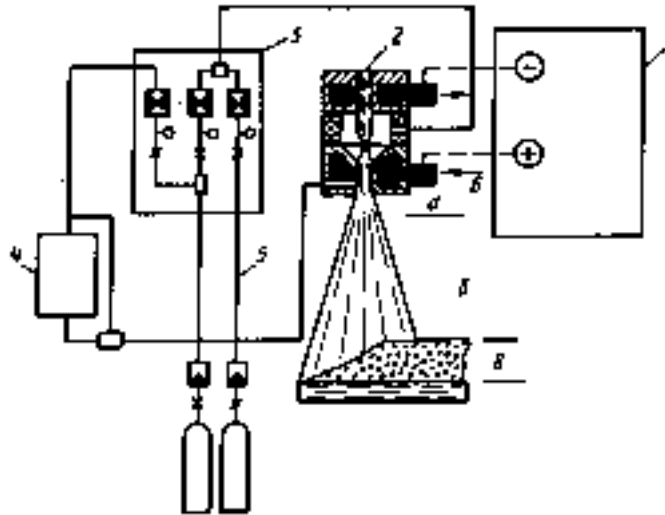
Процес плазмового напилення можна поділити на три стадії:

- а) розпилення напилюваного матеріалу;
- б) утворення направленого потоку частинок напилюваного матеріалу;
- в) утворення шару напиленого матеріалу у результаті кристалізації його частинок на поверхні виробу.

Схема плазмового напилення показана на рис. 3.6. У плазмовому розпилювачі 2, який складається з водоохолоджуваного катодного пристрою (вольфрамовий катод) та анодного пристрою (мідне сопло). за допомогою джерела постійного струму збуджується електрична дуга, яка стабілізується стінками каналу сопла і плазмоутворюючим газом, що подається від системи 5.

Регулювання витрати газу і потужності дуги здійснюється за допомогою пульта керування 3. У високотемпературний плазмовий струмінь, який витікає з сопла розпилювача, подається розпилюваний матеріал у вигляді порошку, стержня або дроту. Залежно від виду розпилюваного матеріалу є різні різновиди плазмового напилення. Якщо напилення здійснюють дротом, то він може виконувати роль анода, замикаючи на себе дугу, що суттєво збільшує продуктивність процесу та коефіцієнт напилення матеріалу [34].

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



**Рисунок 3.6 - Схема плазмового напилення:**

а – розплавлення розпилюваного матеріалу; б – формування направленого потоку розпилюваних часток; в – формування шару напиленого покриття;  
 1 – джерело живлення; 2- плазмовий розпилювач (плазмотрон); 3 - пульт керування; 4 – система подачі розпилюваного матеріалу; 5 – система газозабезпечення; 6 – система водозабезпечення [34]

Напилення порошковими матеріалами дозволяє у більш широких межах змінювати властивості утворюваних покриттів за рахунок динамічних характеристик процесу і використовувати суміші порошків різного складу. Однак на транспортування порошків додатково витрачається біля 10 % газу.

Як плазмоутворюючі гази застосовують  $N_2$ , Ar, He,  $H_2$  та їх суміші. Нейтральні гази запобігають окисленню напилюваного матеріалу [34].

### 3.3.2 Фізико-хімічні основи процесу плазмового напилення

Формування шару покриття при плазмовому напиленні відбувається з окремих дискретних частинок, які кристалізуються спочатку на матеріалі підложки, а потім на матеріалі покриття. Адгезійна та когезійна міцність покриття визначається контактними явищами у місці удару, а також механізмами деформації та кристалізації частинок.

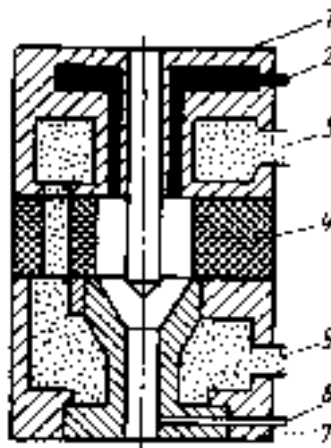
					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно фізико-хімічної теорії взаємодії матеріалів у процесі напилення властивості покриття залежать від температури, тиску, зумовленого ударами частинок, тривалості взаємодії, а також стану поверхні підложки. Технологічні режими роботи установки для плазмового напилення повинні забезпечувати оптимальні умови протікання фізико-хімічних процесів взаємодії матеріалів.

### 3.3.3 Обладнання для плазмового напилення

Для плазмового напилення обладнання складається з системи енергозабезпечення, газозабезпечення, водозабезпечення, подачі порошкових розпилюваних матеріалів і пульта керування.

Система енергозабезпечення складається з джерела живлення постійного струму, плазмотрона, струмопровідних кабелів і контактора. Як джерела живлення використовують напівпровідникові випрямлячі ИПН 160/600, ВКСМ-1000, ВДУ 500 та інші з контакторами КТ-34 або КТВ-35, а також машинні генератори ПСО-500; ПСО-1999, ПСГ-500 та ін., які залежно від потрібної потужності з'єднують послідовно або паралельно. Плазмовий розпилювач будь-якої конструкції містить основні елементи, наведені на рис. 3.4.



**Рисунок 3.4 - Плазмовий розпилювач:**

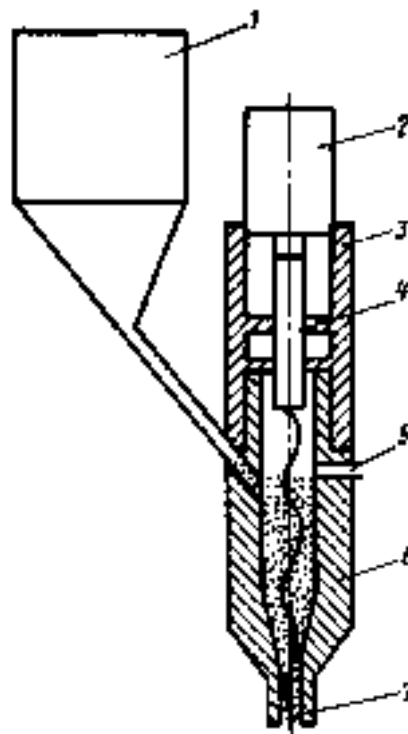
1 - катодна частина з W-електродом; 2 - плазмотвірний газ; 3- зливання охолоджуючої води; 4 - ізолятор; 5 - підведення охолоджуючої води; 6 - підведення розпилюючого матеріалу; 7 - анодна частина з мідним соплом

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Система газозабезпечення служить для подачі плазмоутворюючих газів з балонів через редуктори до пульта. Керування установкою відбувається через звичайні шланги кисневого типу під тиском  $P = (58,86-78,48) \cdot 10^4$  МПа.

Система водозабезпечення необхідна для охолодження плазмотрона з витратою води (50,0-60,0) г/с.

Система подачі порошкових матеріалів складається з бункера-живильника і транспортуючих трубопроводів. Використовують бункери із зубчастими дисками, роторного типу, а також гвинтові з горизонтально або вертикально розміщеним шнеком (рис. 3.5). Регулювання подачі порошку здійснюється за рахунок зміни швидкості обертання шнека.



**Рисунок 3.5 - Схема вертикально-шнекового живильника:**

1 - накопичувач (бункер); 2 - електродвигун; 3 - стакан з'єднання; 4 - вал-шнек; 5 - отвір для транспортуючого газу; 6 - корпус; 7 - отвір виходу порошку

Пульт керування призначений для контролю і регулювання роботи плазмової установки. На цьому змонтовані необхідні для цього електрична та

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

газова апаратура, а також вузли підведення струму, газу та води.

### 3.3.4 Матеріали для напилення

Гранулометричний склад порошкових матеріалів має вирішальне значення, так як від нього залежать продуктивність і коефіцієнт використання матеріалу, а також властивості покриття. Розмір частинок порошку вибирають залежно від характеристик джерела теплової енергії, теплофізичних властивостей напилюваного матеріалу та його густини. При напиленні дрібнодисперсним порошком покриття має меншу пористість, але у ньому міститься більша кількість оксидів, які виникають внаслідок нагрівання частинок і взаємодії їх з високотемпературним потоком газу. Надто великі частинки не встигають прогріватися і не утворюють достатньо міцного зв'язку з поверхнею напилення і між собою або просто відскакують при ударі. При напиленні порошку, який складається із суміші частинок різних розмірів, більш дрібні розплавляються біля виходу з сопла і заповнюють отвір. Наплив матеріалу час від часу зривається і наноситься у вигляді великих крапель, які погіршують якість покриття. Оптимальний розмір частинок для металевих матеріалів – до 100,0 мкм [23-25, 34].

Порошки, призначені для напилення, повинні мати сферичну форму, оскільки вони наділені доброю сипучістю, що поліпшує їх транспортування до плазмотрона. Подача з бункера порошку іншої форми з великої кількості виступів викликає певні труднощі через пульсацію виходу порошку із сопла і погіршує стабільність процесу. Такі частини мають велику питому поверхню і легко окислюються у потоці газів.

Майже усі порошки гігроскопічні і окислюються на повітрі, тому їх необхідно зберігати у закритій тарі; якщо вони знаходились деякий час у відкритій тарі, то перед напиленням їх потрібно прогріти у сушильній шафі на противнях шаром (5,0-10,0) мм при  $t = (393,0-453,0)$  К протягом  $\tau = (1,50-2,0)$  год. Для плазмового напилення найбільш широко використовують

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

порошки металів та їх сплавів, а також різних сполук металів.

Покриття з металів та сплавів застосовують як антикорозійні (Cr, Ni, X20H80), зносостійкі (Nb, Mo) і жаростійкі (W) покриття. Хромонікелеві сплави, які самофлюсуються, дозволяють отримати покриття високої зносо- і корозійної стійкості як при звичайних, так і при високих температурах.

Покриття з окису Al, двоокису цирконію, окису Cr, двоокису Ti застосовують як теплозахисні, що наділені високою жаростійкістю, твердістю, корозійною стійкістю, а деякі з них зносостійкістю та електроізоляцією.

Бориди різних металів мають високу твердість і добру жаростійкість (борид Cr – 1373 К, борид Ti – (1673-1773) К, борид Zr – (1573-1673) К, борид Hf в умовах вакууму > 2773 К). Крім того, борид Al і карбід В мають високу зносостійкість, а борид W стійкий у нейтральних і відновлювальних середовищах при температурах > 2273 К [23-25, 34].

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4 Дослідження процесу плазмового напилення розподільного валу

### 4.1 Опис способу відновлення розподільного валу плазмовим напиленням

Міцність зчеплення характеризується зв'язком між покриттям та РВ, яка зміцнюється (основою), і визначається сукупною дією сил фізичної, хімічної та механічної взаємодії матеріалу покриття з матеріалом основи. Міцність зчеплення покриття з основою - адгезія і пов'язана з нею когезійна міцність зчеплення між частинками напилюваного матеріалу є одним з найважливіших критеріїв оцінки якості покриттів, оскільки багато в чому визначає працездатність виробу в цілому.

Способи підвищення адгезійної міцності зчеплення покриттів з основою та пов'язаних з нею підвищення якості РВ наступні [23, 24, 34]:

1 Вірний вибір та дотримання технології підготовки поверхні під напилення, у тому числі:

- ретельна очистка поверхні РВ від різних забруднень;
- створення оптимальної шорсткості поверхні;
- скорочення до мінімуму міжопераційного часу;
- напилення підшару.

2. Підвищення температури та швидкості частинок матеріалу, що напилюється, за рахунок:

- застосування спеціальної конструкції плазмотрона, яка забезпечує звукову та надзвукову швидкість течії плазмового струменю;
- вибору відповідних плазмоутворюючих газів та газових сумішей;
- форми та гранулометричного складу порошкового матеріалу;
- введення порошку у високотемпературну зону плазменної дуги та можливого використання всієї потужності нагріваючої та прискорювальної дії плазменного струменя; найлегше вводити порошок під зріз сопла плазменної горілки, але температура плазменного факела на виході складає біля  $t = 5000$  °С; при цьому на виході різко скорочується швидкість плазменного потоку, а

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

також скорочується час перебування порошку в плазменному струмені; при подачі порошку в канал сопла горілки за рахунок збільшення часу перебування порошку в високотемпературній зоні істотно збільшується ефективність нагріву та швидкість порошку і стає можливим досягнення бажаних результатів;

- за рахунок застосування плакованих порошоків, які характеризуються екзотермічною реакцією при розплавленні;

- за рахунок підвищення щільності струму в плазменній горілці та збільшення потужності останньої до 80 кВт та більше.

3. Оптимізація ТП наплення та забезпечення однорідності параметрів технологічної зони, у тому числі:

- по чистоті та однорідності застосовуваних матеріалів (напиляємих матеріалів та плазмоутворюючих газів);

- по витраті напиляемого матеріалу;

- по витратам плазмоутворюючого та транспортуючого газів та їх співвідношенню;

- по швидкості руху РВ відносно джерела наплення;

- по дистанції наплення;

- по куту атаки та ін.

4. Підвищення стабільності та надійності роботи основного та допоміжного обладнання, у тому числі:

- стабільність роботи джерела живлення;

- стабільність роботи системи подачі порошку, що забезпечує поступове та точно дозоване введення порошку в потік газорозпилювача та рівномірну подачу газопорошкової суміші в плазменний струмінь та гарантує отримані результати

5. Вірне конструювання РВ.

6. Товщина напиленого покриття, мм:

$$H = h_{\min} + \delta_{zn} + \delta_{mo} + \delta_y, \quad (4.1)$$

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $h_{\min}$  - мінімальна товщина покриття (табл. 4.1),

$\delta_{zn}$  - допуск на знос, мм,

$\delta_{mo}$  - припуск на механічну обробку, мм,

$\delta_y$  - допуск на усадку, мм (20 % від товщини напиленого шару;

враховується лише при напиленні сплавами, які самофлюсуються),

$\delta_{mo}$  - залежить від якості напилення та способу механічної обробки.

**Таблиця 4.1 - Мінімальна товщина покриття**

Діаметр РВ, мм	Мінімальна товщина покриття $h_{\min}$ , мм на сторону
<25,0	0,25
25,0-50,0	0,40

Величина припуску на механічну обробку ( $\delta_{mo}$ ) напиленого покриття в залежності від діаметра РВ та способу обробки наведена в табл. 4.2.

**Таблиця 4.2 - Припуск на механічну обробку**

Діаметр РВ, мм	Величина припуску $\delta_{mo}$ , мм (на сторону)		
	Попереднє шліфування	Обточка	Остаточне шліфування
20,0-40,0	0,25	0,40	0,10
40,0-60,0	0,35	0,50	0,15

Якщо напилене покриття отрималось занадто шорстким, то варто збільшити значення  $\delta_{mo}$ .

7. Нанесення проміжних шарів (застосовується як спосіб попередження відшарованих покриттів, переважно керамічних).

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8 Застосування наступної термічної обробки, що сприяє зниженню рівня внутрішніх залишкових напружень (відпуск, низькотемпературне відпалення) та оплавлення покриття.

## 4.2 Властивості напилюваних матеріалів

Плазмове напилення може здійснюватися з подачею присадкового матеріалу у вигляді дроту, стрічки або порошку в стиснуту дугу [23, 24, 34].

### 4.2.1 Напилення дротом

Напилення стиснутою дугою з подачею присадкового дроту може здійснюватися [23, 24, 34]:

- дугою прямої дії, коли вона горить між неплавким електродом і поверхнею валу, а дріт є електрично-нейтральним;
- дугою непрямої дії, коли вона горить між електродом і струмоведучим присадковим дротом, наплавлюваний виріб електрично-нейтральний;
- комбінованим способом, коли горить дві дуги: між плавким електродом і виробом і між неплавким електродом і струмоведучим присадковим дротом;
- дугою прямої дії з нагріваним присадковим дротом від окремого джерела струму;
- плазмово-електрошлаковим способом.

Твердість покриття є узагальненою характеристикою, яка в значній мірі визначає його зносостійкість. Вона залежить від багатьох факторів і перш за все від наплавлюваних матеріалів та режиму нанесення покриття [17-24, 34]. При плазменно-дуговому напиленні твердість покриття збільшується із збільшенням вмісту С у сталюму дроті.

Значний вплив на твердість покриття має відстань наплавлення. Найтвердіше покриття отримується при відстані під наплавлення  $l = (10,0-18,0)$  мм, під напилення  $l = (200,0-300,0)$  мм. При малій відстані напилення

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

твердість покриття знижується внаслідок підвищеного нагріву покриття, а при великій зменшується завдяки зменшенню швидкості польоту частинок металу та збільшенню пористості покриття.

Найбільший вплив на міцність зчеплення має метод підготовки поверхні РВ до напилення. Чим більш шорсткою буде поверхня РВ, тим буде вищою міцність зчеплення покриття з основним металом. Міцність зчеплення покриття з основним металом визначається температурою нагріву та швидкістю удару металічних частинок об поверхню РВ.

Втомлювальна міцність РВ при їх напиленні майже не знижується, якщо при підготовці РВ до напилення використовують методи створення шорсткості, які не мають впливу на втомлювальну міцність РВ.

#### **4.2.2 Вибір порошкових матеріалів для відновлення**

Усі порошкові матеріали, які передбачені ТП, повинні пройти вхідний контроль на відповідність їх стандартам або технічним умовам.

Кожна партія напилюваних порошків повинна мати паспорт з вказівкою назви матеріалу, його марки, хімічного вмісту, розміру частинок, дати виготовлення.

Металічні порошки повинні мати гранулометричний склад в межах (40,0-100,0) мкм, керамічні – (20,0-60,0) мкм. При необхідності вихідна партія порошків підлягає просіюванню через стандартний набір сит за ДСТУ 6613:2006 для отримання потрібного гранулометричного складу.

Для отримання високоякісних покриттів бажано використовувати порошки з малим розкиданням по діаметру (60,0-80,0, 80,0-100,0 мкм тощо) та досягнути мінімальної шорсткості (до 1,10 мкм).

Порошки повинні зберігатися в щільно упакованій тарі для запобігання від насичення вологою та окислення з врахуванням ТУ на кожний конкретний порошок. Перед використанням порошкові матеріали повинні бути просушені.

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4.3 Визначення оптимального режиму наплавлення профіля кулачка валу

### 4.3.1 Доробка інфологічної схеми БД

Після визначення оптимального способу усунення дефекту №1 розробляється інфологічна схема даних (табл. 4.3) для визначення оптимального режиму відновлення вибраним способом.

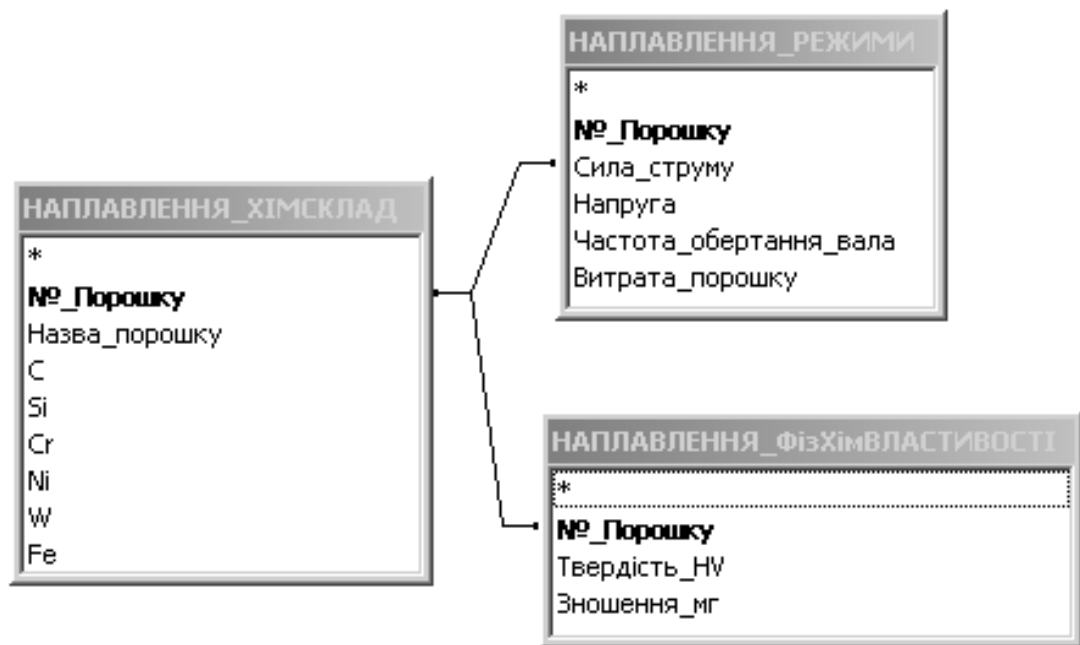
**Таблиця 4.3 - Доробка інфологічної схеми БД**

Ненормалізована БД	Перша нормальна форма
Назва_порошку C Si Cr Ni W Fe	НАПЛАВЛЕННЯ_ХІМСКЛАД *№_Порошку Назва_порошку C Si Cr Ni W Fe
Сила_струму_A Напруга_V Частота_обертання_валу_об_хв Витрата_порошку_г_хв	НАПЛАВЛЕННЯ_РЕЖИМИ *№_Порошку Сила_струму_A Напруга_V Частота_обертання_валу_об_хв Витрата_порошку_г_хв
Твердість_HV Зношення_мг	НАПЛАВЛЕННЯ_ФізХімВЛАСТИВОСТІ *№_Порошку Твердість_HV Зношення_мг

### 4.3.2 Доробка даталогічної схеми БД

Відображення інфологічної схеми в даталогічну наведено на рис. 4.1.

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



**Рисунок 4.1 - Доробка даталогічної схеми БД**

### 4.3.3 Використання мови SQL для створення таблиць

Для забезпечення одночасного доступу до даних багатьох користувачів, нерідко розташованих досить далеко один від одного і від місця збереження БД, створені мережні мультикористувацькі версії СУБД.

Спільна робота користувачів у мережах можлива тільки при наявності стандартної мови маніпулювання даними, якою стала SQL - інтерпретована мова, яка описує операції (створення, обробка і витяг) над реляційними БД. SQL - найуживаніша мова управління БД у системах клієнт/сервер. Основна її перевага - розробка запитів у будь-якій системі управління даними, сумісною з SQL. На сьогоднішній день SQL підтримують понад сто СУБД, які працюють як на персональних комп'ютерах, так і на великих ЕОМ.

**Створення таблиці НАПЛАВЛЕННЯ\_ХІМСКЛАД – керуючий запит**

```
CREATE TABLE НАПЛАВЛЕННЯ_ХІМСКЛАД
```

```
(№_Порошку INTEGER NOT NULL UNIQUE PRIMARY KEY,
Назва_порошку VARCHAR,
C VARCHAR,
Si VARCHAR,
Cr VARCHAR,
Ni VARCHAR,
W VARCHAR,
Fe VARCHAR );
```

**Введення рядка 1 у таблицю НАПЛАВЛЕННЯ\_ХІМСКЛАД – запит на додання**

```
INSERT INTO НАПЛАВЛЕННЯ_ХІМСКЛАД
VALUES ('1', 'Порошок 1', '1', '2,2', '28', '48', NULL, '20');
```

**Таблиця 4.4 - НАПЛАВЛЕННЯ\_ХІМСКЛАД**

	№_Порошку	Назва_порошк	C	Si	Cr	Ni	W	Fe
▶ +		1 Порошок 1	1	2,2	28	48		20
+		2 Порошок 2	1,5	0,4	26	55	6,5	20
+		3 Порошок 3	0,45	2,8	14		5-10	2,5
*								

**Створення таблиці НАПЛАВЛЕННЯ\_РЕЖИМИ – керуючий запит**

```
CREATE TABLE НАПЛАВЛЕННЯ_РЕЖИМИ
(№_Порошку INTEGER NOT NULL UNIQUE PRIMARY KEY,
Сила_струму VARCHAR,
Напруга VARCHAR,
Частота_обертання_валу VARCHAR,
Витрата_порошку VARCHAR );
```

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Введення рядка 1 у таблицю НАПЛАВЛЕННЯ\_РЕЖИМИ – запит на додання**

INSERT INTO НАПЛАВЛЕННЯ\_РЕЖИМИ  
VALUES ('1', '120-140', '25', '0,45-0,50', '20-22');

**Таблиця 4.5 - НАПЛАВЛЕННЯ\_РЕЖИМИ**

	№_Порошку	Сила_струму	Напруга	Частота_обертання_вала	Витрата_порошку
▶	1	120-140	25	0,45-0,50	20-22
	2	125-150	30	0,30-0,45	18-20
	3	120-140	30	0,45-0,50	18-20
*					

Плазмове напилення проводилось при наступних постійних параметрах:

- температура  $t = 570$  °С;
- дистанція напилення  $l = 220$  мм;
- витрати плазмоутворюючого газу – 2.4 л/хв..

#### 4.3.3.1 Дослідження зносостійкості розподільного валу

Основною характеристикою зносу деталі є лінійний знос, який вимірюється в напрямку, перпендикулярному поверхні тертя [35, 36]. Внаслідок ряду причин знос може бути нерівномірним. Тому для повної характеристики величини зносу деталі необхідно знати розподіл по поверхні тертя  $u(x, y)$ , тобто форму зношеної поверхні.

Зразки, умови та порядок проведення випробувань:

Зразок №1 – чавун ВЧ 60-2, HRC (52-58) – кулачок РВ;

Зразок №2 – чавун ВЧ 60-2 після напилення порошком, HRC (52-58) – кулачок РВ;

Контртіло - чавун ВЧ 60-2, HRC (52-58) – важіль.

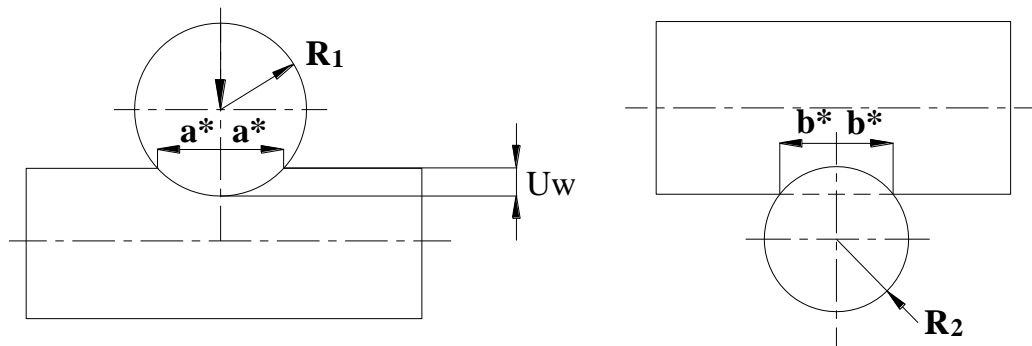
Умови та порядок проведення випробувань: дослідження зносостійкості

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

втулок вказаних матеріалів проводиться за схемою перехресних циліндрів (рис. 4.2 – [35]).

Випробування проводяться за наступних умовах:

- 1 зразок - діаметр робочого валу  $d_1 = 20$  мм;
- 2 зразок - діаметр робочого валу  $d_2 = 20$  мм;



**Рисунок 4.2 – Схема перехресних циліндрів**

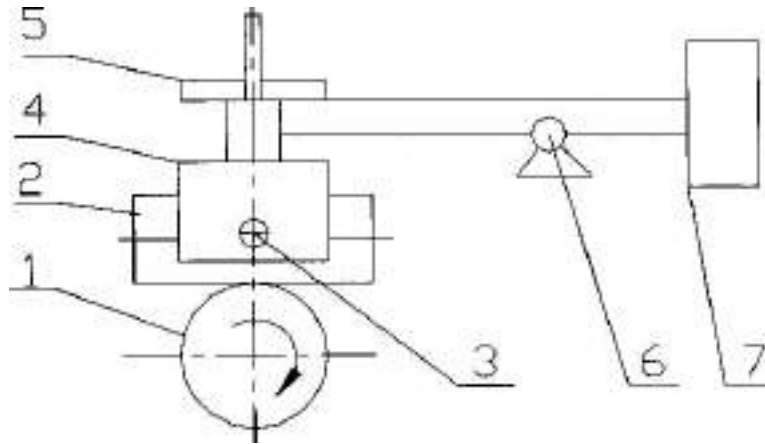
- діаметр контртіла  $d_3 = 20$  мм;
- загальне навантаження на контакт  $Q = 0,1$  кг;
- частота обертання робочого валу  $n = 100$  об/хв.

Проводимо випробування по 3 рази на кожному зразку по чергово з проміжком часу 1, 5, 10 і 15 хв. та замірюємо осі еліптичної плями контакту, які позначають  $2a^*$  і  $2b^*$ . Отриманні данні занотовуємо.

Для одержання залежностей розміру площадки контакту а від шляху тертя  $S$  були проведені випробування на зношування 2-х пар тертя. Випробування проводились на токарному верстаті, обладнаному спеціальною пристосування (рис. 4.3).

У шпинделі верстату вмонтований вал 1 з чавуну ВЧ 60-2 - контртіло, на який встановлюється циліндричний зразок 2, та притискається силою  $Q$  (вантажем 5 з відомою масою). Зразок закріплюється до оправки 4 гвинтом 3. Для компенсації маси пристосування на іншому кінці тримача накручується противага 7. Для проведення досліджень зі змащенням на верстат встановлюється стакан з мастилом, тоді обидва циліндри занурені у мастило.

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



**Рисунок 4.3 – Схема пристосування для випробувань на зношування за схемою перехресних циліндрів:**

1 – вал; 2 – зразок; 3 – гвинт; 4 – оправка; 5 – вантаж; 6 – опора; 7 – противага

Випробування проводяться у наступній послідовності:

- встановлюємо зразок у затиск 4;
- піджимаємо зразок 2 гвинтом 3;
- противагою 7 компенсуємо масу зразка та інших елементів пристосування ;
- на вісь затиску встановлюємо вантаж з відомою масою;
- вмикаємо верстат та засікаємо час;
- через певний період часу виймаємо зразок в оберненій послідовності та вимірюємо розміри площадки контакту;
- встановлюємо зразок у затиск таким чином, щоб пляма контакту встала на своє попереднє місце.

Зразок №1 - пара тертя: чавун ВЧ 60-2 загартований СВЧ (кулачок РВ) – чавун ВЧ 60-2 (важіль -контртіло).

Результати випробування зразків заносимо в табл. 4.6, визначивши перед цим еквівалентний радіус кола:

$$a = (a * b *)^{1/2} \quad (4.1)$$

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Таблиця 4.6 – Результати випробування зразка №1**

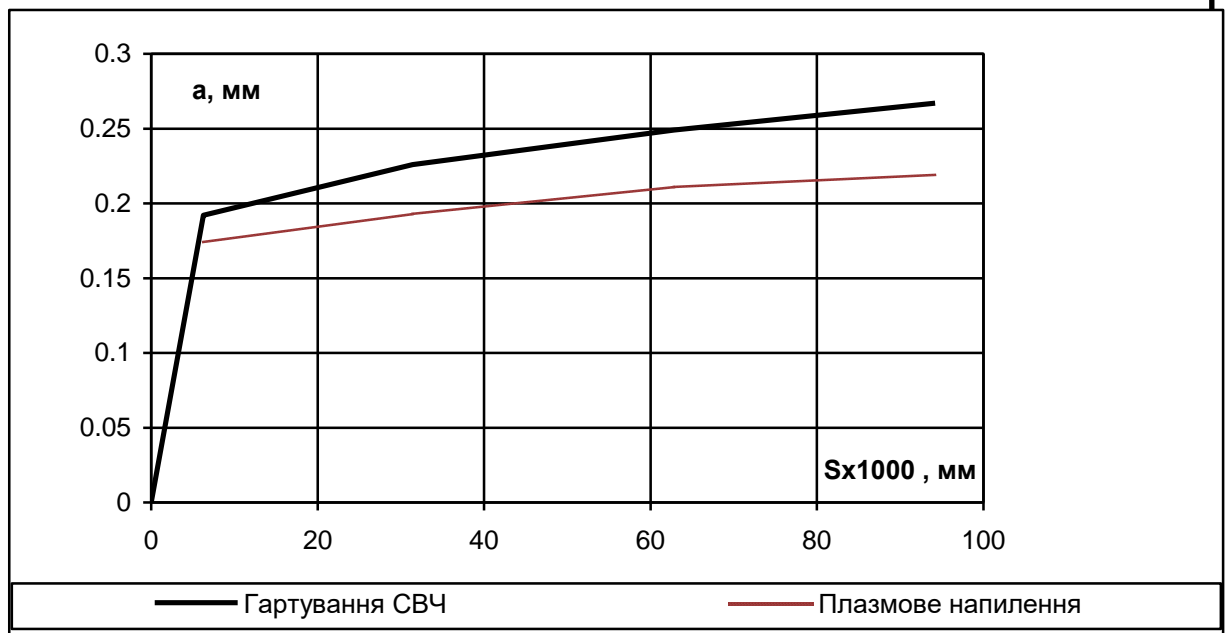
T, хв.	Sx1000, мм	2a*, мм	2b*, мм	a, мм
1	6,280	0,554	1,167	0,192
5	31,40	0,634	1,428	0,226
10	62,80	0,75	1,598	0,249
15	94,2	0,943	1,761	0,267

Зразок №2 – пара тертя: чавун ВЧ 60-2 після напилення порошком (кулачок РВ) – чавун ВЧ 60-2 (важіль - контртіло). Результати випробування зразків заносимо в табл. 4.7.

**Таблиця 4.7 – Результати випробування зразка №2**

T, хв.	Sx1000, мм	2a*, мм	2b*, мм	a, мм
1	6,280	0,554	1,167	0,174
5	31,40	0,634	1,428	0,193
10	62,80	0,75	1,598	0,211
15	94,2	0,943	1,761	0,219

Відповідно до цих результатів будемо графік залежності п'ятна контакту від шляху тертя ( $S = \pi d n T$ ) - рис. 4.4.



**Рисунок 4.4 – Графіки залежності розмірів еквівалентного радіусу п'ятна контакту зразків №1 і №2 від шляху тертя**

Об'єктивне порівняння матеріалів за зносом у заданому діапазоні тисків може бути виконано тільки при наявності параметрів  $k_w$  та  $m$  моделі усталеного зношування контакту [35]:

$$\frac{du_w}{dS} = k_w \sigma^m \quad (4.2)$$

Порівняння проводиться при деякому фіксованому тиску  $\sigma_c$ , обраному в заданому діапазоні. Знос, який відповідає цьому тискові:

$$u_w = k_w \sigma_c^m S_c \quad (4.3)$$

Порівняння проводиться при деякому фіксованому шляху тертя  $S = S_c$ .

Нехай необхідно порівняти 2 матеріали з параметрами моделей  $k_{w1}$ ,  $m_1$  і  $k_{w2}$ ,  $m_2$ .

Вираз для зносу кожного матеріалу:

$$\begin{aligned} u_{w1} &= k_{w1} \sigma_c^{m1} S_c, \\ u_{w2} &= k_{w2} \sigma_c^{m2} S_c. \end{aligned}$$

Узявши відношення цих величин, одержуємо порівняльний критерій зносу:

$$\frac{u_{w1}}{u_{w2}} = \frac{\sigma_c^{m1}}{\sigma_c^{m2}} \quad (4.4)$$

За цим співвідношенням судять про зносостійкість.

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно проведених розрахунків, найвищою зносостійкістю володіє чавун ВЧ 60-2 після напилення порошком:

Чавун ВЧ 60-2 (гартування СВЧ) -  $k_w = 1.84 \cdot 10^{-5} \text{ мм}^2 / \text{кг}$ .

Чавун ВЧ 60-2 (плазмове напилення) -  $k_w = 1.52 \cdot 10^{-5} \text{ мм}^2 / \text{кг}$

Підвищення зносостійкості:

$$1.84 \cdot 10^{-5} / 1.52 \cdot 10^{-5} = 1,21 \text{ рази.}$$

#### 4.3.4 Вибір способу усунення дефекту №1 розподільного валу

**Створення таблиці НАПЛАВЛЕННЯ\_ФізХімВЛАСТИВОСТІ – керуючий запит**

```
CREATE TABLE НАПЛАВЛЕННЯ_ФізХімВЛАСТИВОСТІ
(№_Порошку INTEGER NOT NULL UNIQUE PRIMARY KEY,
Твердість_HV VARCHAR,
Зношення_мг VARCHAR );
```

**Введення рядка 1 у таблицю**

**НАПЛАВЛЕННЯ\_ФізХімВЛАСТИВОСТІ – запит на додання**

```
INSERT INTO НАПЛАВЛЕННЯ_ФізХімВЛАСТИВОСТІ
VALUES ('1', '1150', '0,5');
```

**Таблиця 4.6 - НАПЛАВЛЕННЯ\_ФізХімВЛАСТИВОСТІ**

		№_Порошку	Твердість_HV	Зношення_мг
▶	+	1	1150	0,5
	+	2	1250	0,35
	+	3	1100	0,3
*				

## ПОРОШОК – запит на вибірку

SELECT

НАПЛАВЛЕННЯ\_ХІМСКЛАД.Назва\_порошку,  
НАПЛАВЛЕННЯ\_РЕЖИМИ.Сила\_струму,  
НАПЛАВЛЕННЯ\_РЕЖИМИ.Напруга,  
НАПЛАВЛЕННЯ\_ФізХімВЛАСТИВОСТІ.Твердість\_HV,  
НАПЛАВЛЕННЯ\_ФізХімВЛАСТИВОСТІ.Зношення\_мг

FROM

(НАПЛАВЛЕННЯ\_ХІМСКЛАД INNER JOIN

НАПЛАВЛЕННЯ\_РЕЖИМИ

ON

НАПЛАВЛЕННЯ\_ХІМСКЛАД.№\_Порошку=НАПЛАВЛЕННЯ\_РЕЖИМИ.№\_Порошку)

INNER JOIN НАПЛАВЛЕННЯ\_ФізХімВЛАСТИВОСТІ

ON

НАПЛАВЛЕННЯ\_ХІМСКЛАД.№\_Порошку=НАПЛАВЛЕННЯ\_ФізХімВЛАСТИВОСТІ.№\_Порошку;

**Таблиця 4.7 - Запит на вибірку ПОРОШОК**

	Назва_порошку	Сила_струму	Напруга	Твердість_HV	Зношення_мг
▶	Порошок 1	120-140	25	1150	0,5
	Порошок 2	125-150	30	1250	0,35
	Порошок 3	120-140	30	1100	0,3
*					

Запись: 1 из 3

## ОПТИМАЛЬНИЙ ПОРОШОК – запит на вибірку

SELECT

```

        Назва_порошку, Зношення_мг
FROM ПОРОШОК
WHERE
        Зношення_мг=(SELECT Min(Зношення_мг)
FROM ПОРОШОК);

```

**Таблиця 4.8 - Запит на вибірку ОПТИМАЛЬНИЙ ПОРОШОК**

Назва_порошку	Зношення_мг
Порошок 3	0,3

Запись: 1

**РЕЗУЛЬТУЮЧА ТАБЛИЦЯ – запит на вибірку**

```

SELECT
        [Деталі].[Назва деталі],
        [Дефекти].[Назва дефекту],
        [ВСУД№1].[Спосіб усунення дефекту],
        [ОптП].[Назва_порошку]
FROM
        [Основні деталі ГРМ ЗАЗ] AS Деталі,
        [Дефекти валу розподільного, вимоги до відремонтованої деталі] AS
        Дефекти,
        [Вибір способу усунення дефекту №1 валу розподільного] AS
        ВСУД№1,
        [ОПТИМАЛЬНИЙ ПОРОШОК] AS ОптП
WHERE
        [Деталі].[Код деталі]=[Дефекти].[Код деталі]
And
        [Дефекти].[Назва дефекту]=[ВСУД№1].[Назва дефекту];

```

**Таблиця 4.9 - Запит на вибірку Вибір способу усунення дефекту №1 РВ**

Вибір способу усунення дефекту №1 вала розподільного : запит на вибірку			
	Назва деталі	Дефект	Спосіб зміцнення
▶	Вал розподільний	Знос кулачків по висоті	Напилення плазмове
*			

Таким чином, згідно запиту на вибірку, оптимальним є наступний режим плазмового напилення РВ ГРМ хетчбека ЗАЗ-110247.40 Таврія:

- порошок, який містить %: C = 0,45; Si = 2,80; Cr = 14,0; Ni = 0; W = (5,0-10,0); Fe = 2,50;
- витрата порошку  $j = (18,0-20,0)$  г/хв.;
- сила струму  $I = (120,0-140,0)$  А;
- напруга  $U = 30,0$  В;
- частота обертання РВ  $n = (0,45-50,0)$  хв<sup>-1</sup>;
- температура  $t = 570$  °С;
- дистанція напилення  $s = 220,0$  мм;
- товщина шару покриття  $h = 1,35$  мм;
- витрати плазмоутворюючого газу (Ar) – 2,40 л/хв.;
- витрати транспортуючого газу (Ar) – 15,0 л/хв. ;
- витрата порошку – (18,0-20,0) кг/год.;
- продуктивність напилення (15,0-30,0), кг/год.;
- дисперсність порошоків – (100,0-200,0) мкм;
- витрати води на охолодження – (8,0-10,0) л/хв. ;
- температура води на виході  $t$  до 50,0 °С;
- частота поперечних коливань плазмотрону – (0,40-0,50) Гц;
- амплітуда поперечних коливань плазмотрону – (18,0-20,0) мм.

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

## 5 Розробка технологічного процесу відновлення розподільного валу

### 5.1 Оптимальний режим плазмового напилення

Згідно п. 4.34 оптимальним є наступний режим плазмового напилення РВ ГРМ хетчбека ЗАЗ-110247.40 Таврія:

- порошок, який містить %: С = 0,45; Si = 2,80; Cr = 14,0; Ni = 0; W = (5,0-10,0); Fe = 2,50;

- витрата порошку  $j = (18,0-20,0)$  г/хв.;

- сила струму  $I = (120,0-140,0)$  А;

- напруга  $U = 30,0$  В;

- частота обертання РВ  $n = (0,45-50,0)$  хв<sup>-1</sup>;

- температура  $t = 570$  °С;

- дистанція напилення  $s = 220,0$  мм;

- товщина шару покриття  $h = 1,35$  мм;

- витрати плазмоутворюючого газу (Ar) – 2,40 л/хв.;

- витрати транспортуючого газу (Ar) – 15,0 л/хв. ;

- витрата порошку – (18,0-20,0) кг/год.;

- дисперсність порошоків – (100,0-200,0) мкм;

- витрати води на охолодження – (8,0-10,0) л/хв.;

- температура води на виході  $t$  до 50,0 °С;

- частота поперечних коливань плазмотрону – (0,40-0,50) Гц;

- амплітуда поперечних коливань плазмотрону – (18,0-20,0) мм.

Товщина шару, який необхідно нанести на опорну шийку РВ, визначається з урахуванням попередньої механічної обробки, мінімальної товщини покриття та припуску на наступне шліфування та полірування шийок.

Отже:

$$H = 0,50 + 0,55 + 0,30 = 1,35 \text{ мм.}, \quad (5.1)$$

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

де 0,50 мм – товщина шару, який було знято токарною обробкою при відновленні форми РВ;

0,55 мм – мінімальна товщина напиленого шару;

0,30 мм – припуск на наступне шліфування та полірування.

Напилення кулачків РВ здійснюють тим же матеріалом, що і напилення опорних шийок.

## 5.2 Обладнання для плазмового напилення

Серійно випускаються установки:

- для плазмового напилення - УМП-5, УМП-6, УПУ-3, УПУ-6;

- плазмового зварювання – УПС-301, УПС-804;

- плазмового наплавлення -УПН-303, УПН-602.

Установки для плазмового зварювання можна також використовувати для плазмового наплавлення.

Установки для плазмового напилення можуть бути використані для плазмового наплавлення при зміні електричної схеми та заміни плазмотрона для напилювання на плазмотрон для наплавлення.

Монтажна схема установки для плазмового напилення з подачею порошку в плазмовий потік наведена на рис. 5.1. Стабільність та ресурс роботи установки, яка використовується для плазмового напилення порошковими матеріалами, в першу чергу залежить від надійності роботи плазмотрону та порошкового живильника.

В залежності від виду ТП (різка, напилювання, зварювання, наплавлення), роду струму (постійний, змінний), числа дуг (однодугові, багатодугові) використовують велику кількість конструкцій плазмотронів. У даному ТП для напилення порошковими сплавами використовують плазмотрон постійного струму прямої полярності.

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Корпус 1 складається з 3-х частин. Нижня частина пов'язана з соплом 2 плазмотрону, це є анодний вузол. У верхньому (катодному) вузлі розташований вольфрамовий електрод 4. Електроди ізольовані ізолятором 3. Плазмотрон - водоохолоджуваний. Для герметизації при охолодженні водою передбачені прокладки 5 та гвинти 6. Дуга збуджується і горить між електродами і при подачі плазмоутворюючого газу утворюється плазмовий струмінь, який є джерелом нагріву та прискорення часток напилення. Для початкового збудження дуги використовують малопотужний високочастотний високовольтний генератор (осцилятор).

*Порошковий живильник.* Порошкові живильники необхідні для втримування порошку, регулювання його витрат і забезпечення стабільної та рівномірної подачі порошку. Після плазмотрона порошок живильник є найбільш важливим вузлом, який визначає якість напилення. В наш час на установках для газотермічного напилення використовують різні по конструкції типи порошкових живильників: інжекторні, вертикально- і горизонтально-барабанні, шнекові. Як правило, перераховані типи живильників забезпечують стабільну подачу порошку при витратах не  $< 30 \text{ г/хв}$ .

*Коливальний механізм.* Коливальний механізм (коливач) необхідний для зворотно-поступального переміщення плазмотрона вздовж осі РВ із заданою частотою та амплітудою з метою підвищення продуктивності праці шляхом отримання валика необхідної ширини за один оберт РВ. При відновленні деталей типу "вал" плазмовим наплавленням необхідно, щоб коливач забезпечував частоту коливань  $(50,0-70,0) \text{ кол/хв}$  з амплітудою  $(4,0-30,0) \text{ мм}$ . Використовують коливачі з пневматичним та електричним приводом. Останні забезпечують плавніші та рівномірні коливання, що дозволяє отримувати якісні наплавлені шари без подрізів. Але коливачі з пневматичним приводом простіші в конструкції і для їх приводу не потрібно використовувати малогабаритні електродвигуни постійного струму. Саме коливач з пневматичним приводом використовується у даному ТП.

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

*Джерела живлення.* Для живлення установки плазмового напилення з подачею порошку в зварювальну ванну необхідні джерела живлення постійного струму з падаючою вольт-амперною характеристикою і напругою холостого ходу не  $< 60$  В. Цим вимогам задовольняють серійно виготовляемі зварювальні випрямлячі: ВД-306, ВД-303, ВДУ-504, ИПН-1600/600 та інші.

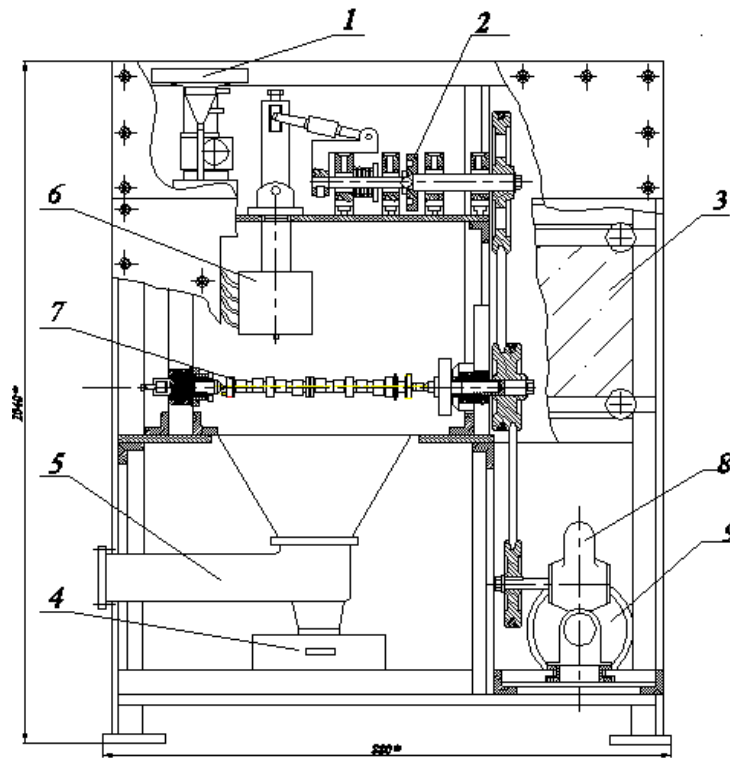
*Обертач.* В якості обертача використовується токарний верстат CORMAK 310x900 (TU3109V). Це самий простий і доступний механізм, який забезпечує задану частоту обертання РВ і швидкість переміщення плазмотрону вздовж деталі. Підтримка необхідної частоти обертання здійснюється встановленням до верстата понижуючого редуктора. Частота обертання (0,30-10,0) *об/хв*. При плазмовому наплавленні на супорті токарного верстата необхідно змонтувати пристрій для кріплення плазмотрона і його переміщення по вертикалі. Для захисту напрямних токарного верстата використовують спеціальні захисні піддони із жароміцної сталі.

*Інше обладнання.* Крім перерахованого обладнання в установку для плазмового напилення входять: баластні реостати (РБ-300) для регулювання струму і створення падаючої характеристики джерела струму, осцилятор (ОСПЗ-2М1), дросель для запобігання ізоляції джерел живлення від пробоя висковольтними і високочастотними розрядами осцилятора (зазвичай використовують дроселі від зварювальних трансформаторів типу РСТЕ-24, РСТЕ-34, балони високого тиску, редуктори для зниження тиску газу до робочого, ротаметри для визначення витрат газу).

На посту напилення встановлюються також спеціальні стенди-камери з механізмами обертання РВ і переміщення апарату для напилення. На рис. 5.3 наведена стенд-камера для плазмового напилення РВ.

Плазмотрон призначений для нанесення захисних покриттів на поверхні деталей методом плазмового напилення порошкових матеріалів (W, Мо та ін.) для придання цим поверхням корозійностійких, зносостійких, фрикційних та інших властивостей. Технічні дані плазмотрону наведені в табл. 5.1.

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



**Рисунок 5.3 – Стенд-камера для напилення РВ:**

1 – дозатор порошковий ; 2 - механізм приводу плазмотрона, 3 - камера для напилення; 4 - ящик для порошку; 5 - уловлювач порошку; 6 - плазмотрон; 7 – РВ; 8 — редуктор; 9 – електродвигун

**Таблиця 5.1 – Технічні дані плазмотрону**

Параметри	Значення
Максимальний струм (при роботі на Ar), А	140,0
Плазмоутворюючі гази	Ar, He, N <sub>2</sub> , Ar + N <sub>2</sub> + H
Витрати плазмоутворюючого газу, л/хв.	15,0-100,0
Дисперсність порошків, мкм	100,0-200,0
Продуктивність напилення покрить, кг/год.	15,0-30,0
Дистанція напилення, мм	180,0-320,0
Витрати води на охолодження, л/хв	8,0-10,0
Температура води на виході, град.	до 50,0

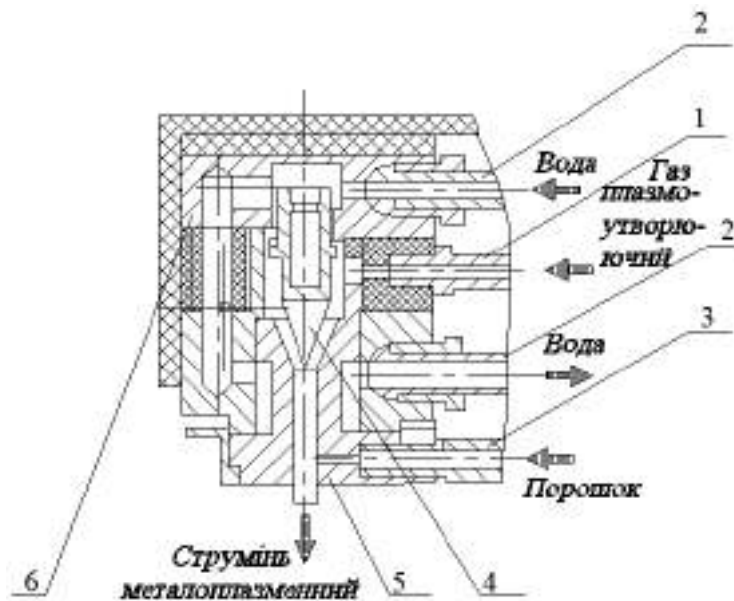
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ

Арк.

71

Плазмотрон складається з двох ізольованих вузлів - катодного (верхній) 6 та анодного (нижній) 4 (рис. 5.4). У нижньому (анодному) корпусі встановлено змінне водоохолоджуване сопло 5 та закріплений струмопідвід 2, який подає воду в плазмотрон.



**Рисунок 5.4 - Схема плазмотрону:**

1, 2, 3 - штуцери; 4 - анодний вузол; 5 - змінне водоохолоджуване сопло; 6 - катодний вузол

Сопло герметизується верхньою (гумовою) та нижньою (свинцевою) прокладками та утримується в корпусі фланцем з 4-ма гвинтами. Сопло має спеціальний отвір для приєднання штуцера подачі порошків на зріз сопла. Передбачено три конструкції сопел: для роботи на Ar з N<sub>2</sub>, для роботи на N<sub>2</sub> та його сумішах та для напилення дрібнодисперсних порошків (5,0-20 ,0 ) мкм.

В верхній (катодний корпус) ввертається змінний електрод, виконаний з W. На корпусі закріплений струмопідвід для виходу охолоджуючої рідини.

Водяна магістраль плазмотрону герметична за рахунок застосування спеціальних ущільнень (гумові, фторопластові та свинцеві).

Ізолятор, верхній та нижній корпуси скріплюються між собою 4-ма гвинтами.

*Принцип дії плазмотрону.* Дуга збуджується між електродом та соплом (пробиванням проміжку іскровим високоякісним розрядом), проходить через

									Арк.
									72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ				

сопло під тиском робочого газу, який подається в камеру. Анодна пляма дуги переміщується по внутрішній стінці каналу сопла, а стовп дуги жорстко стабілізується по осі електроду та сопла.

Частина робочого газу, проходячи через стовп дуги, нагрівається, іонізується та виходить із сопла плазмотрону у вигляді плазмового струменя. Зовнішній шар газу, який омиває стовп дуги, залишається відносно холодним та утворює електричну та теплову ізоляцію між потоком плазми та каналом сопла, захищаючи сопло від руйнування.

Щільність струму в плазмотроні сягає  $100,0 \text{ А/мм}^2$ . Температура сягає декількох тисяч градусів.

Матеріал покриття, спеціально підготовлений у вигляді дрібнозернистого порошку, подається через сопло в потік плазмового струменя та, нагріваючись або розплавляючись в цьому потоці, переноситься на оброблюваний виріб.

Завдяки високій швидкості плазмового струменя, частинки порошку набувають значної кінетичної енергії та, вдаряючись у папилювану поверхню, розплющуються, занурюючись в неї та заповнюючи нерівності. При цьому кінетична енергія часток перетворюється у тепло, температура їх підвищується, що забезпечує з'єднання часток між собою та з поверхнею РВ.

Ефективність нагріву часток порошку визначається часом їх перебування у плазмі, тобто відстанню від зрізу сопла до РВ та потужністю плазмового струменя. Підвищення потужності може бути досягнуто при використанні двохатомних газів з високим тепловмістом, наприклад  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$ . Завдяки високій теплопровідності водню збільшується довжина високотемпературної частини факелу, що дає можливість підвищити температуру порошку за рахунок віддалення плазмотрону від оброблюваного виробу. Але швидкість плазмового струменя при віддаленні від зрізу сопла знижується.

Підвищення потужності плазмотрону за рахунок збільшення струму дуги обмежується стійкістю аноду. Під час ерозії сопла виникає не тільки

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						73
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

небезпека його руйнування, але й можливість забруднення напилюваного матеріалу.

При використанні  $H_2$  якості робочого газу з метою зменшення величини теплового потоку, направлено від дуги до сопла.  $H_2$  застосовують в суміші з  $Ar$ , що забезпечує теплову ізоляцію сопла від стовпа дуги.

### 5.3 Технологічний процес відновлення

При зміцненні і відновленні деталей в залежності від їх форми, умов роботи використовують декілька різновидів плазмового напилення, які відрізняються типом присадного матеріалу, способом його подачі на зношену поверхню і електричною схемою підключення.

Плазмове напилення характеризується високими швидкостями нагріву та охолодження часток та великими імпульсними навантаженнями в зоні контакту часток з основою. Це обумовлює особливості структури покриттів, які можна змінювати в залежності від умов наплавлення.

Основними технологічними операціями процесу відновлення РВ є:

- підготовчі операції;
- здійснення процесу напилення;
- механічна обробка після напилення;
- правка РВ.

У якості підготовчих операцій для відновлення РВ ГРМ виконують такі операції:

- а) видалення заглушки масляного каналу;
- б) очистка РВ від забруднень і знежирення;
- в) сушка РВ;
- г) відновлення форми РВ;
- д) створення захисту отворів для змащування.

Першою операцією підготовчої фази є видалення заглушки масляного каналу РВ яка знаходиться в його задній шийці. Заглушку видаляють керном,

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						74
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

після чого добре прочищають і промивають отвори для змащування. Після цього проводять загальне знежирення поверхонь РВ у киплячому водному розчині миючих засобів. Основними забрудненнями РВ є залишки мастила та абразив, який потрапляє до нього разом із мастилом. Існують різні способи видалення мастила з поверхні РВ. Найбільш розповсюдженим є промивка РВ у водних розчинах і розчинах лугів. Мастило можна видаляти шляхом розчинення трихлоретиленом, перхлоретиленом, але ці способи є дуже шкідливими для здоров'я людини, оскільки при їх використанні відбувається інтенсивне випаровування шкідливих речовин.

В якості матеріалів для приготування розчинів для знежирення використовують такі речовини: натр їдкий технічний; сода кальцинована технічна; тринатрійфосфат; рідке натрієве скло та ін. Для місцевого знежирення використовують бензин, спирт, ацетон та ін. розчинники, які швидко випаровуються з поверхні. Отже проводять чистку РВ і знежирювання ацетоном.

Після знежирення проводять ополіскування для видалення миючого агенту, що залишився на поверхні. Ополіскування проводять чистою гарячою або холодною водою.

Після ополіскування проводять сушіння РВ для повнішого видалення з поверхні РВ як миючого агенту, так і води. Його проводять обдувом стисненого повітря або в сушильних камерах при  $t = 60...150^{\circ}\text{C}$ .  $t = (60,0-150,0) ^{\circ}\text{C}$ .

Наступною підготовчою операцією є точіння на токарному верстаті (наприклад на 16К20) шийок РВ. При роботі РВ зазвичай утворюється певна овальність, яка має бути усунена. Товщина шару, що буде зніматися при токарній обробці залежить від діаметра оброблюваного валу. У даному випадку товщина шару, яка буде зніматись для відновлення форми шийки, буде складати 0,50 мм. Обробку ведуть токарними різцями з твердосплавними пластинами. Різець закріплюється в різцетримачі супорта верстату і здійснює повздовжнє і поперечне переміщення подачі. Для даної деталі проводять чистове точіння, яке забезпечує необхідну шорсткість поверхонь, на які буде

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

наноситись покриття. Режими точіння:  $t = 0,5$  мм ;  $V_{пиз} = 120$  м/хв.;  $S = 0,2$  мм/об . Далі, не знімаючи РВ з верстата, знімають фаски з торців підшипників РВ і проводять обдув оброблених поверхонь стисненим повітрям для видалення залишків абразиву. Завершальною підготовчою операцією є створення захисту для мастильних отворів. Для того щоб покриття не покривало ці отвори їх замащують спеціальною глиною.

Процес наплавлення потребує комплексного вирішення ряду складних питань: вибір напилюваного матеріалу, який би забезпечував необхідні властивості напиленої поверхні, вибір способу та режимів напилення. Вибір напилюваного матеріалу визначається видом зношування РВ. Вибір напилюваного матеріалу оптимального складу викликає певні складності, оскільки напилення шарів із заданими фізико-механічними властивостями залежить від багатьох факторів: складу і форми напилюваного порошку, складу металічної основи РВ, характеру взаємодії легуючих елементів тощо. При відновленні деталей машин нанесення покрить твердими порошковими сплавами в декілька раз підвищує строк служби деталей.

На отримання якісного покриття при напиленні на непідігріті чавунні деталі значний вплив мають як технологічні, так і металургійні фактори. До технологічних відносяться: сила струму, напруга дуги, швидкість наплавлення. До металургійних: графітизація, видалення вуглецю, карбідоутворення.

При графітизації С при високих швидкостях охолодження, характерних для напилення, в металі шва знаходиться у зв'язаному стані та утворює в чавуні ледебурит або нагартвану структуру. Для отримання більш м'якої перліто-феритної структури необхідно щоб процес графітизації йшов повніше, тобто до такої стадії при якій залишилось би мало вуглецю у зв'язаному стані. Прискоренню графітизації сприяють такі елементи: С, Si, Al, Ti, Ni.

*Видалення С.* Введення в склад напилюваних матеріалів кисневмісних компонентів забезпечує максимальне окислення надлишкового вуглецю.

*Карбідоутворення.* Введення в напилювані порошки карбідоутворюючих компонентів (W, Cr, V, Mo) сприяє отриманню в

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

напилюваних шарах ферито-перлітної структури.

Найбільш трудомістким і важким є відновлення кулачків. При зношеннях, які не перевищили границі допустимих розмірів, кулачки перешліфовують на копірувально-шліфувальному верстаті, зберігаючи гранично допустиму загальну висоту. Вторично кулачки як правило не перешліфовують, оскільки знос перевищує граничний. У цьому випадку їх відновлюють нанесенням шару покриттів.

Технологія плазмового напилення передбачає ретельну очистку поверхні, яка буде напилюватися, і присадного матеріалу від будь-яких забруднень.

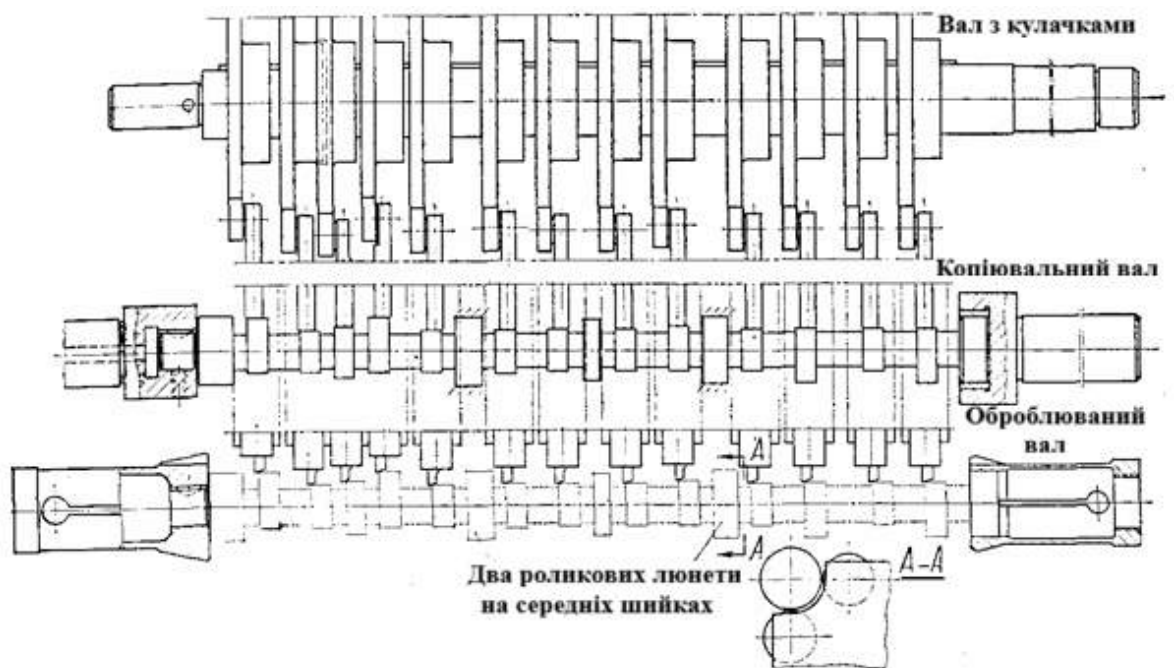
Перед напиленням РВ миють керосином або синтетичними порошками, використовуючи волосяні щітки та спеціальні скребки. Після чого готують поверхню напилюваної основи кулачків до напилення, а саме - знімають тонкий шар металу з поверхні по профілю кулачка на копірувально-шліфувальному верстаті. Потім для усунення ознак масляних забруднень РВ прокалюють при  $t = (250,0-300,0) \text{ } ^\circ\text{C}$ . Після прокалювання виникає необхідність в усуненні окисних плівок та нагару, які легко усуваються кварцовим піском спеціальним піскоструминним обладнанням.

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						77
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6 Розробка технологічного процесу механічної обробки розподільного валу після відновлення

### 6.1 Обробка кулачків

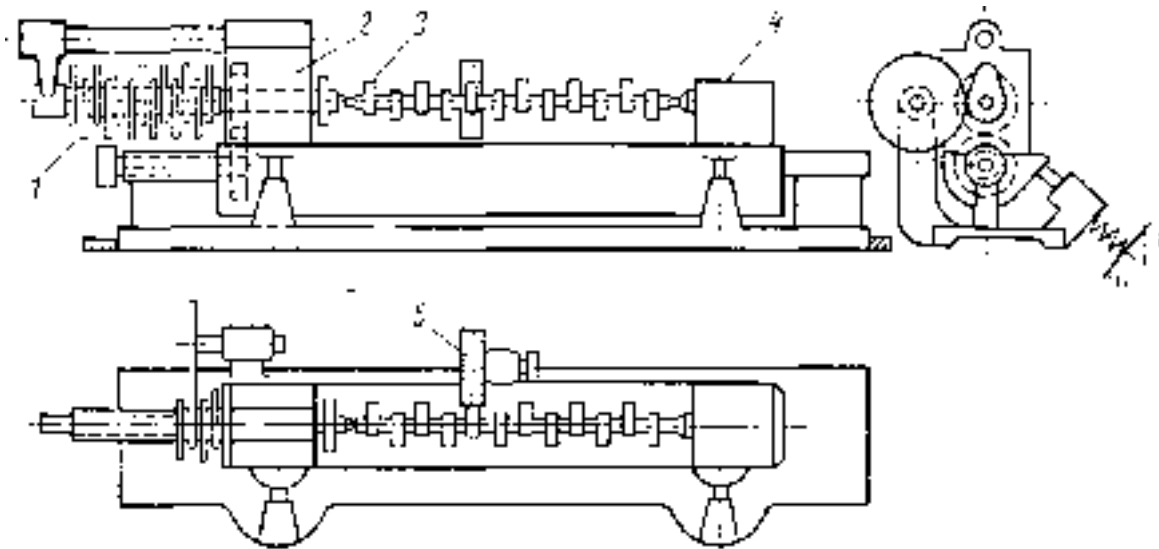
Кулачки литих заготовок РВ до відновлення обробляють 2 рази тільки на шліфувальних верстатах, а потім обробляють на шліфувальних і полірувальних верстатах. Схема обточування кулачків на спеціальних копіювальних напівавтоматах наведена на рис. 6.1. Застосовують послідовне шліфування кожного кулачка окремо по копію (рис. 6.2).



**Рисунок 6.1 - Схема обточування кулачків РВ на токарному багаторізцевому копіювальному напівавтоматі**

Час однократного обточування кулачків заготовки РВ з 16 кулачками і загальною довжиною  $l = (600,0-1000,0)$  мм на верстатах цієї моделі складає  $\tau = (3,0-4,0)$  хв.

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78



**Рисунок 6.2 - Схема послідовного шліфування профіля кулачків РВ на напівавтоматичному копіювальному верстаті**

Для шліфування кулачків застосовують верстати, які працюють методом копіювання по напівавтоматичному циклу.

Трудомісткість шліфування в значній мірі залежить від припусків і методу шліфування. У штампованих заготовок РВ припуск на шліфування до термічної обробки по зовнішньому контуру кулачків після дворазового обточування складає (0,50-0,80) мм. У заготовок, відлитих у скорлупчастій формі або у формі з місцевими кокілями, припуск на перше шліфування по зовнішньому контуру кулачка коливається в межах (0,80-1,20) мм, а після термічної обробки в межах (0,25-0,50) мм.

РВ 3 встановлюється в центрах бабок 2 і 4 (рис. 6.2). Шліфувальний круг 5 одержує поперечні переміщення від копіїв 1 через ролик, закріплений на диску. Після шліфування одного кулачка шліфувальний круг переміщається до іншого кулачка і профіль його шліфується по наступному копію.

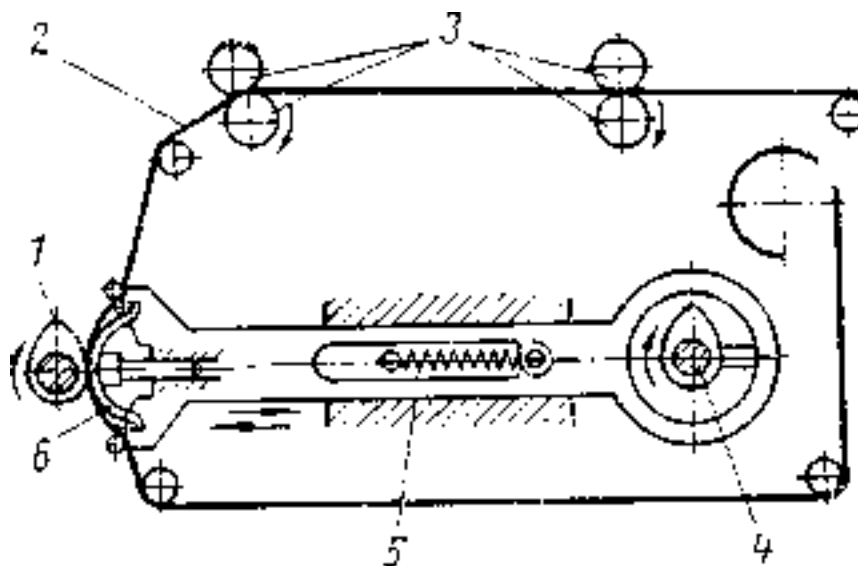
Щоб одержати необхідну концентричність шийок і кулачків, заготовки на шліфувальних верстатах встановлюють основними базами (шліфованими крайніми опорними шийками) у точних цангах і 2ма-3ма середніми опорними шийками в гідрофікованих люнетах. Крім того, заготовки встановлюють у центрах, вводячи часто після термообробки перецентрування валу. У кутовому

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						79
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

положенні заготовки фіксують по шпонковому пазу чи по отвору у фланці. Робочий профіль кулачків у більшості випадків шліфують з поперечною подачею, при цьому осцилографом записується осьове переміщення шліфувального круга.

Після термічної обробки кулачки шліфують на аналогічних копіювальних круглошліфувальних верстатах. Шліфування кулачків після термічної обробки ускладнюється можливістю появи припалів і тріщин на робочій поверхні кулачків. У зв'язку з цим по можливості зменшують припуски на остаточне шліфування.

Остаточні кулачки, як правило, полірують абразивною стрічкою. Верстат має кілька полірувальних голівок, число яких дорівнює числу кулачків, які поліруються. Схема полірування кулачків наведена на рис. 6.3.



**Рисунок 6.3 - Схема пристрою для полірування кулачків**

При поліруванні профілю кулачка 1 розподільного валу (рис. 6.3) безупинна абразивна стрічка 2 переміщається між роликами 3 і притискається опорною пластинкою 6 за допомогою пружини 5 і кулачка копіра 4 до поверхні кулачка 1.

При поліруванні знімається припуск, рівний (0,006-0,008) мм. Процес йде при швидкості обертання валу  $v = (10,0-15,0)$  м/хв. Поверхня кулачків полірується по (8-9)-му класах чистоти. На полірувальних верстатах заготовки

										Арк.
										80
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ					

встановлюють у центрах. У кутовому положенні заготовка встановлюється по шпонковому пазу.

## 6.2 Пристрій для шліфування розподільних валів

Пристрій для шліфування кулачкових валів (рис. 6.4) має розширений діапазон зміни подачі. Це досягається тим, що пари ведуча шестерня-сателіт і сателіт-ведена шестерня виконані з різним виглядом зачеплення, причому відношення зубів веденої шестерні до числа зубів сателіта, що в парі з нею, дорівнює кратності профілю деталі, що обробляється. Пара «ведуча шестерня-сателіт» може бути виконана із зовнішнім зачепленням, а пара «сателіт-ведена шестерня» – з внутрішнім зачепленням.

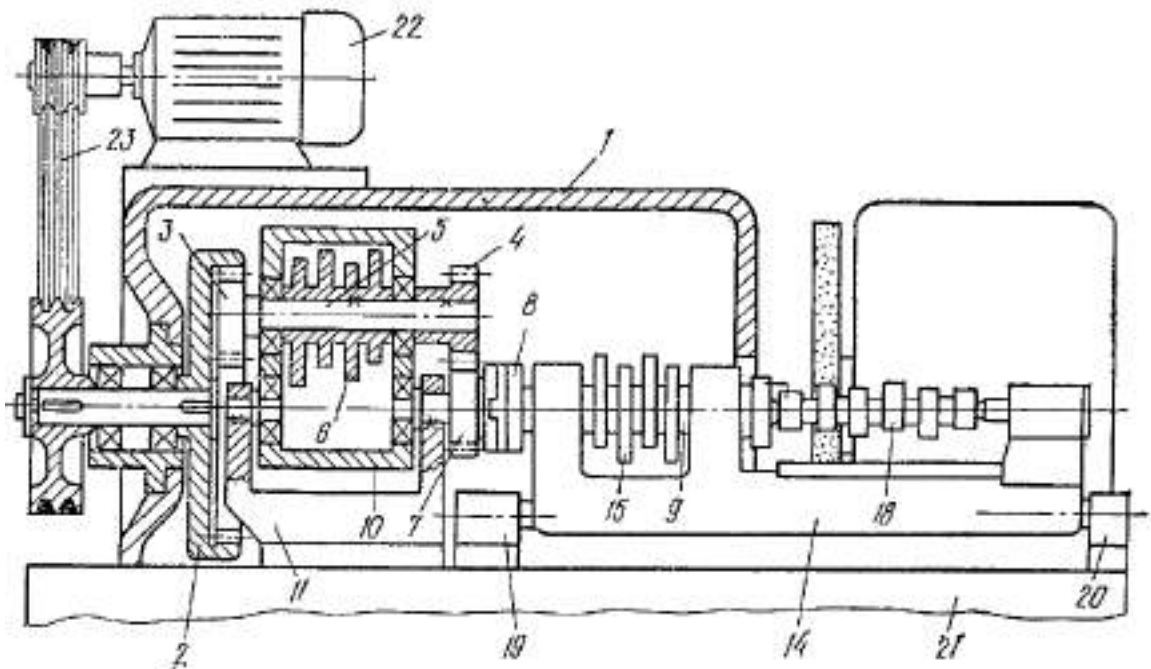


Рисунок 6.4 - Пристрій для шліфування кулачкових валів

Пристрій змонтований у передній бабці 1 копіювального верстата і складається з ведучої шестерні 2, сателітів 3 і 4, на валу 5 яких закріплений задаючий кулачок 6. Ведена шестерня 7 через хрестову муфту 8 пов'язана з шпинделем 9 РВ. Вал 5 обертається в опорах водила 10, виконаного

										Арк.
										81
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ					

поворотним відносно осей, закріплених в корпусі 11. Корпус 11 встановлений в передній бабці 1 верстата. Пружина 12 служить для підтискування задаючого кулачка 6 до ролика 13, розташованого в передній бабці 1. Шпиндель 9 РВ встановлений в опорах копіювального супорта 14 і несе на собі копії 15, почергово взаємодіючи з роликом 16, також розташованим в передній бабці 1. Ролики 16 і 13 пов'язані між собою тягою (на кресленні не показані). Пружина 17 здійснює притискання копіра 15 до ролика 16. Оброблюваний РВ 18 встановлено в центрах копіювального супорта 14, виконаного поворотним відносно опор 19 і 20, розташованих на столі 21 верстата. Ведуча шестерня 2 приводиться в обертання від привідного двигуна 22 через передачу 23. Ведуча шестерня 2 приводиться в обертання з постійною кутовою швидкістю від двигуна 22 через пасову передачу 23. Завдяки взаємодії задаючого кулачка 6 з роликом 13 водило 10 з сателітами 3 і 4 отримує коливальний рух, в результаті веденій шестерні 7 передається обертання зі змінною швидкістю. Від веденої шестерні 7 обертання передається через хрестову муфту 8 шпинделю 9 РВ з копіром 15. Хрестова муфта 8 допускає зміщення осі обертання шпинделя 9 відносно осі веденої шестерні 7, які відбуваються внаслідок періодичного копіювального рушення супорта 14. Після обробки одного кулачка РВ двигун 22 зупиняється, копіювальний супорт 14 і водило 10 відводяться відповідними гідроциліндрами (на кресленні не показані) від роликів 16 і 13, стіл 21 займає положення для обробки наступного кулачка, а ролики 16 і 13 переміщуються на своїх осях на крок для взаємодії з наступним копіром і задаючим кулачком, супорт 14 і водило 10 займають робочу позицію, включається двигун 22, і цикл повторюється.

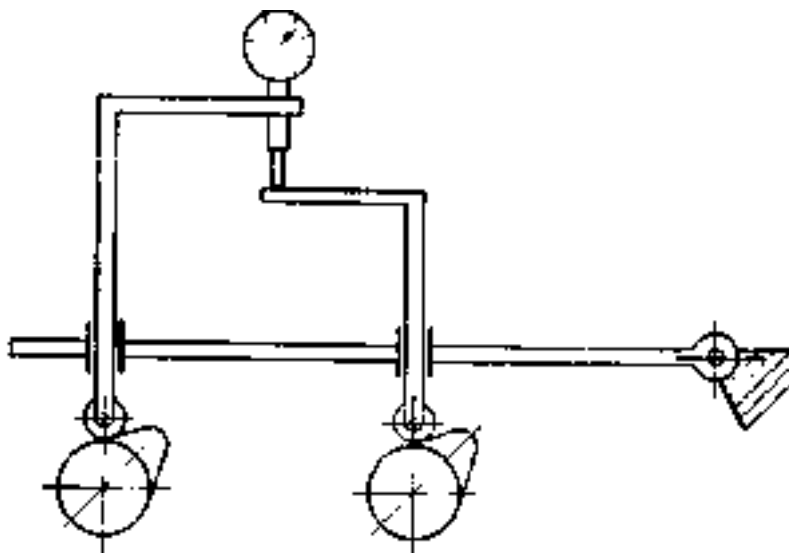
### 6.3 Контроль розподільних валів

У процесі обробки після основних операцій заготовки РВ піддають контролю. Крім зовнішнього огляду, для виявлення на робочих поверхнях РВ дрібних тріщин, раковин тощо, вали перевіряють на магнітних дефектоскопах.

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						82
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для контролю розмірів шийок, їхньої співвісності та биття торця фланця використовують багатомірні індикаторні чи світлофорні пристосування, оснащені електроконтактними або індуктивними датчиками.

Для контролю правильності розташування кулачків та їхнього профілю використовують компаратори для порівняння РВ з еталонним валом. У компараторі еталонний і перевіряємий РВ розташовуються. Потім РВ синхронно обертають. У задній частині приладу на спеціальній качалці установлюють відкидні кронштейни з індикаторами (рис. 6.5). Індикатори зв'язані зі штифтами, які мають роликові наконечники, які перекочуються по поверхні кулачків контрольованого валу.



**Рисунок 6.5 – Схема контрольного приладу для перевірки профілю кулачків РВ**

Інші штифти знаходяться в контакт з кулачками еталонного валу й упираються в гнізда індикатора. Якщо кулачки еталонного і контрольованого валів мають однаковий профіль і кути розташування, то плече Н при синхронному обертанні обох валів не зміниться. Якщо який-небудь кулачок контрольованого валу має похибку форми чи розташування, то плече Н змінюється і стрілка індикатора відхиляється. На лімбі чи шківі маховичка приладу відраховуються кути повороту валів. У табл. 6.1 наведений технологічний маршрут обробки. Режими різання наведені на рис. Б1 і Б2.

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						83
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Таблиця 6.1 - Технологічний маршрут обробки РВ**

№	Операція	Обладнання	Технологічні бази
1	Фрезерування торців валу і центрування з 2-х сторін	Фрезерно-центрувальний двосторонній верстат	Крайні опорні шийки. Фіксація РВ в осьовому напрямку по торцю 3-ї опорної шийки
2	Обточування від 1-ї до 4-ї шийок, шийки під розподільчу шестерню, опорних шийок й вінця шестерні; підрізання торців та зняття фасок. Попереднє шліфування 4-х опорних шийок та остаточне шліфування вінця шестерні	Автоматична лінія, яка складається з 2-х токарних багаторізцевих та 2-х круглошліфувальних автоматів	Центрові отвори
3	Фрезерування шпонкової канавки та свердління отворів в передньому кінці РВ	Агрегатний верстат з багатопозиційним столом	1-а і 4-а опорні шийки і торець 1-ї опорної шийки. Фіксація положення валу по одному з кулачків
4	Свердління 3-х отворів в задньому кінці РВ	Агрегатний однопозиційний верстат	1-а і 4-а опорні шийки і задній торець РВ
5	Попереднє шліфування кулачків	Круглошліфувальний напівавтомат	Центрові отвори і шпонкова канавка
6	Нарізання зубів шестерні приводу маслонасоса і розподільника запалювання	Зубофрезерний двошпиндельний напівавтомат	Центрові отвори
7	Зняття фасок на торцях зубів	Спеціальний фрезерний верстат	Шийки під розподільну шестерню і задній центровий отвір
8	Промивання	Спеціальна машина	-
9	Контроль	Пристосування	-

10	Остаточне шліфування опорних шийок і шийки під розподільну шестерню	Автоматична лінія, яка складається з 2-х круглошліфувальних верстатів	Центрові отвори і шпонковий паз
11	Вторинне шліфування кулачків	Круглошліфувальний напівавтомат	Центрові отвори і шпонковий паз
12	Остаточне шліфування кулачків	Круглошліфувальний напівавтомат	Круглошліфувальний напівавтомат
13	Полірування торця 1-ї опорної шийки	Полірувальний напівавтомат	Центрові отвори
14	Полірування шийок і кулачків	Полірувальний напівавтомат	Полірувальний напівавтомат
15	Промивання	Спеціальна машина	-
16	Контроль	Спеціальні пристосування	-

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						85
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Висновки

Подано інформацію про призначення, загальну конструкцію та основні функції хетчбека ЗАЗ-110247.40 «Таврія», а також описані конструктивні й технологічні особливості елементів його газорозподільного механізму (ГРМ). Головним способом підвищення ресурсу роботи вузла є використання сучасних методів відновлення та зміцнення його деталей, зокрема, розподільного валу.

Відповідно до поставленої задачі подано методіку контролю технічного стану розподільного валу, виконано аналіз його основних дефектів та причин відмов у роботі; визначено технічні умови проведення дефектації й ремонту, а також наведено критерії вибору способів підвищення зносостійкості. Для визначення оптимальних методів усунення дефектів розподільного валу використано систему керування базами даних Microsoft Access. На основі запиту до створеної бази даних визначено найбільш ефективний метод підвищення довговічності розподільного валу – плазмове напилення.

Подано характеристику фізико-хімічних процесів, які відбуваються під час плазмового напилення, а також описано методіку відновлення розподільного валу цим способом. Для визначення раціональних параметрів режиму плазмового напилення застосовано мову програмування SQL. Отримані результати досліджень опрацьовувалися та відображалися за допомогою програми Microsoft Excel, яка використовується для роботи з електронними таблицями, аналізу даних, виконання розрахунків і представлення інформації у вигляді діаграм.

Згідно запиту на вибірку з бази даних, оптимальним є наступний режим плазмового напилення розподільного валу ГРМ хетчбека ЗАЗ-110247.40 Таврія:

- порошок, який містить %: C = 0,45; Si = 2,80; Cr = 14,0; Ni = 0; W = (5,0-10,0); Fe = 2,50;

– витрата порошку  $j = (18,0-20,0)$  г/хв.;

– сила струму  $I = (120,0-140,0)$  А;

– напруга  $U = 30,0$  В;

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						86
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- частота обертання РВ  $n = (0,45-50,0) \text{ хв}^{-1}$ ;
- температура  $t = 570 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- дистанція напилення  $s = 220,0 \text{ мм}$ ;
- товщина шару покриття  $h = 1,35 \text{ мм}$ ;
- витрати плазмоутворюючого газу (Ar) – 2,40 л/хв.;
- витрати транспортуючого газу (Ar) – 15,0 л/хв. ;
- витрата порошку – (18,0-20,0) кг/год.;
- продуктивність напилення (15,0-30,0), кг/год.;
- дисперсність порошоків – (100,0-200,0) мкм;
- витрати води на охолодження – (8,0-10,0) л/хв. ;
- температура води на виході  $t$  до  $50,0 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- частота поперечних коливань плазмотрону – (0,40-0,50) Гц;
- амплітуда поперечних коливань плазмотрону – (18,0-20,0) мм.

Для плазмового напилення застосовано:

- плазмова установка УПМ-4;
- зварювальний випрямляч ВД-306;
- токарний верстат CORMAK 310x900 (TU3109V);
- круглошліфувальний верстат 3A151;
- баластні реостати для регулювання струму і створення падаючої характеристики джерела струму РБ-300;
- осцилятор ОСПЗ-2М1.

Проведені дослідження зносостійкості розподільного валу після гартування СВЧ і плазмового напилення. Встановлено, що підвищення зносостійкості після відновлення розробленим способом за оптимальним режимом становить 1,21 рази.

Розроблений технологічний процес механічної обробки розподільного валу після відновлення з призначенням відповідних пристроїв.

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						87
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Список використаних джерел

1. ЗАЗ Таврія [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/ЗАЗ\\_Таврія](https://uk.wikipedia.org/wiki/ЗАЗ_Таврія)
2. Технічні характеристики ЗАЗ 1102 Таврія-Нова (ЗАЗ Таврія 1.2) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://auto.ria.com/uk/car/zaz/1102-tavriya-nova/44282/tth>
3. ЗАЗ-11024 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/ЗАЗ-11024>
4. ЗАЗ Таврія Нова Універсал 1.2 МТ 110247.40 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://zaz.autoua.net/uk/tavria-wagon/tavria\\_sw/1102](https://zaz.autoua.net/uk/tavria-wagon/tavria_sw/1102)
5. ЗАЗ - 110247-40 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://vse-o-zaz.at.ua/load/12-1-0-8>
6. Високоміцний чавун [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Високоміцний\\_чавун](https://uk.wikipedia.org/wiki/Високоміцний_чавун)
7. Вивчення мікроструктури та властивостей чавунів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fmbt/shapovalova\\_materialoznavstvo/7.htm](https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fmbt/shapovalova_materialoznavstvo/7.htm)
8. Високоміцний чавун [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/5056451/page:8>
9. Чавун з кулястим графітом для виливків [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://foundry.kpi.ua/wp-content/uploads/2020/05/dstu-3925---99-chavun-z-kulyastym-grafitom-dlya-vylyvkiv.pdf>
10. Вплив структуроутворюючих факторів на формування структури та властивостей виливків з високоміцного чавуну [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P\\_vcheniy\\_secretar/МАТЕРІАЛ/2021/robot\\_u\\_zaprosH/TKMтаМ\\_Matrytsia\\_1.pdf](https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_vcheniy_secretar/МАТЕРІАЛ/2021/robot_u_zaprosH/TKMтаМ_Matrytsia_1.pdf)
11. Особливості зняття та встановлення деяких вузлів та деталей двигуна ЗАЗ Таврія [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						88
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

[https://krutilvertel.com/ua/zaz-tavrija-glava3-osobennosti-snjatija-ustanovki-uzlov-dvigatelja?srsltid=AfmBOorcjRbg2AmAejtz-FbeCCkV2\\_-Sv28pPS-gl1YB6MojBA6x2df](https://krutilvertel.com/ua/zaz-tavrija-glava3-osobennosti-snjatija-ustanovki-uzlov-dvigatelja?srsltid=AfmBOorcjRbg2AmAejtz-FbeCCkV2_-Sv28pPS-gl1YB6MojBA6x2df)

12. Складання двигуна Таврія [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://krutilvertel.com/ua/zaz-tavrija-glava3-sborka-dvigatelja?srsltid=AfmBOoqNmb6dJq4SI9mYkcL10fR7bAkBQXybUy3z51tmHWqCdQHR7yHX>

13. Биков К. П. ЗАЗ Таврія 1102. Посібник з ремонту / К. П. Биков, Т. А. Шленчик. – К.: Ранок, 2014. – 192 с.

14. Капітальний ремонт двигуна ЗАЗ Таврія [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://krutilvertel.com/zaz-tavrija-glava3-kapitalnyj-remont-dvigatelja?srsltid=AfmBOorX8aQR6IYRg-eBHBugMWowDxi0N4LcHGJoaFM2W7ZC4wReOBeo>

15. Керівництво з ремонту автомобілів ЗАЗ-110206, ЗАЗ-1103, ЗАЗ-1105 та їх модифікацій [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ride-classic.com/sites/default/files/books/2020-09/rukovodstvo-po-remontu-tavrii-filipenko.pdf>

16. ЗАЗ Таврія, Славута. Будова, експлуатація, ремонт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://manualov.net/downloadbooks.php?id=4132>

17. Кучеренко Ю. С. Основні технології та способи нанесення покриттів газотермічним напиленням / Ю. С. Кучеренко, В. А. Матвійчук. – Хмельницький: Вісник Хмельницького національного університету, № 6, 2021 (303). – С. 240-242.

18. Способи газотермічного напилення та матеріали покриттів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://web.kpi.kharkov.ua/svarka/wp-content/uploads/sites/125/2021/11/Lk\\_5\\_VF\\_Sposoby\\_gazotermich\\_napylennya\\_2021.pdf](https://web.kpi.kharkov.ua/svarka/wp-content/uploads/sites/125/2021/11/Lk_5_VF_Sposoby_gazotermich_napylennya_2021.pdf)

19. Лузан С.О. Інженерія поверхні. Конспект лекцій. – Харків: НТУ «ХПІ», 2023. – 168 с.

20. Оснащення робочого місця [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						89
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

<https://studfile.net/preview/5585101/page:31>

21. Шиліна О. П. Газотермічні методи напилювання покриттів / О. П. Шиліна, А. Ю. Осадчук. – Вінниця: ВНТУ, 2007. – 103 с.

22. Газотермічне напилення [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Газотермічне\\_напилення](https://uk.wikipedia.org/wiki/Газотермічне_напилення)

23. Білик І. І. Технологія нанесення покриттів та їх властивості. Навчальний посібник / І. І. Білик, С. О. Руденький. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 120 с.

24. Камель Г. І. Конспект лекцій з дисципліни «Наплавлення та напилення» для студентів напряму 6.050504 «Зварювання»/ Г. І. Камель, Ю. А. Гасило. – Кам'янське: ДДТУ 2017. – 108 с.

25. Попіль Ю.С. Обладнання та технологія для газотермічного нанесення покриття: Методичні вказівки до практичних робіт для студентів напряму підготовки 6.050504 «Зварювання» / Ю.С. Попіль, А.В. Чорний, Д.В. Степанов. – Київ: НТУУ «КПІ», 2013 р. -36 с.

26. Microsoft Access [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Microsoft\\_Access](https://uk.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Access)

27. Верьовкіна Г. В. Система управління базами даних Access. Навчальний посібник з дисципліни "СУБД". – Київ: КНУ ім. Тараса Шевченка, 2022. – 71 с.

28. Microsoft Access [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://nikolay.in.ua/navchaemos/ms-access>

29. Основні відомості про бази даних [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://support.microsoft.com/uk-ua/topic/основні-відомості-про-бази-даних-a849ac16-07c7-4a31-9948-3c8c94a7c204>

30. Поняття бази даних і систем керування базами даних, їх призначення [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.miyklas.com.ua/p/informatica/10-klas/sistemi-keruvannia-bazami-danikh-326161/skbd-reliatciini-bazi-danikh-326453/re-ecb32162-0c19-4c15-bc5d-61d53b7add6b>

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						90
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

31. Система управління базою даних. СУБД Microsoft Access [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib\\_upload/Електронний%20посібник%20Дацюк%20А.А/page27.html](https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload/Електронний%20посібник%20Дацюк%20А.А/page27.html)

32. Основні поняття баз даних [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://sites.google.com/view/ddkbmta-info/лекції/системи-керування-базами-даних-microsoft-access/основні-поняття-баз-даних>

33. Microsoft Access [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://umity.in.ua/concept/?id=1399>

34. Вельбой В.П., Каплун П.В. Технологія і обладнання для напилення покриттів. Конспект лекцій. – Хмельницький: ХНУ, 2006. – 142 с.

35. Кузьменко А.Г. Методи розрахунків та випробовувань на зношування та надійність. – Хмельницький: ТУ Поділля. – 2002. – 150 с.

36. Диха О.В. Вузли тертя та мащення машин. Конспект лекцій з курсу для студентів спеціальності «Технологія і устаткування відновлення та підвищення зносостійкості машин і конструкцій». - Хмельницький: ТУП, 2003. - 75 с.

					КвРМТВА 024357.01.37.ПЗ	Арк.
						91
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		