

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

**магістр**

(назва освітнього ступеня)

на тему: Проект ділянки ремонтного цеху для ремонту та відновлення  
наконечника рульової тяги легкового автомобіля Volkswagen Polo з  
дослідженням явищ захоплення в деталях циліндро-поршневої групи  
автомобілів.

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МАм-61  
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Юрій ІВАСЕЧКО  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Андрій ГУПКА  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Михайло ЛЕВКОВИЧ  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Зав. кафедри Олег ЦЬОНЬ  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент Ігор ЯРЕМА  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій  
(повна назва факультету)

Кафедра Автомобілів  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
Олег ЦЬОНЬ  
(підпис) (прізвище та ініціали)  
«20» листопада 2023 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня магістр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 Автомобільний транспорт  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Івасечку Юрію Івановичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект дільниці ремонтного цеху для ремонту та відновлення наконечника рульової тяги легкового автомобіля Volkswagen Polo з дослідженням явищ захоплення в деталях циліндро-поршневої групи автомобілів

Керівник роботи Гупка А.Б., к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «20» листопада 2023 року № 4/7-1071.

2. Термін подання студентом завершеної роботи 18 грудня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи Ремонтне креслення деталі. Базовий технологічний процес відновлення наконечника рульової тяги

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ.

4 Науково-дослідний розділ. 5 Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Рульове управління 1 лист – А1

Схема збирання наконечника рульової тяги 1 лист – А1

Рульовий наконечник 1 лист – А2

Засоби технічного огляду пошкоджених деталей 1 лист – А2

Карти технологічних наладок 2 листа – А1

Карти ескізів механічної обробки 1 лист – А1

Графічні залежності наукових досліджень 1 лист – А1

Дільниця для ремонту деталей рульового управління 1 лист – А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	к.т.н. доц. Ткаченко І.Г.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	ст. викл. Стручок В.С.		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	20.11.2023	
2	Технологічний розділ	27.11.2023	
3	Конструкторський розділ	4.12.2023	
4	Науково-дослідний розділ	8.12.2023	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	13.12.2023	
6	Оформлення графічної частини	15.12.2023	
7	Захист кваліфікаційної роботи магістра	26.12.2023	

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

**Юрій ІВАСЕЧКО** \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

**Андрій ГУПКА** \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Згідно мети та задач на дослідження, в представлених матеріалах приведено результати детального аналізу технічної та патентної літератури по вибору матеріалів для виготовлення наконечників рульового керування автомобілів, а також сучасних технологічних процесів їх виготовлення та відновлення. Проаналізовано конструктивні особливості даної деталі, умови експлуатації та вимоги по параметрах точності та якості. Систематизовано фактори, які впливають на надійність та довговічність при експлуатації даної деталі та вузла в цілому, в тому числі на зносостійкість робочих поверхонь.

В роботі проведено порівняльний аналіз різних конструкцій наконечників рульової тяги, враховуючи їх вплив на керованість, зносостійкість та загальну безпеку руху автомобільного транспорту.

Особлива увага приділяється конструкторсько-технологічним можливостям по вдосконаленню та оптимізації проектування та виготовлення наконечників рульової тяги автомобіля для забезпечення його високого рівня функціональності та довговічності. Приведено результати лабораторних досліджень по аналізу впливу основних факторів на процеси тертя та зношування деталей циліндро-поршневої групи двигуна автомобіля.

Запропоновано комплекс технічних рекомендацій щодо вдосконалення конструкцій наконечників рульового керування, оптимізації параметрів точності та якості, вибору матеріалу заготовки, технологічних процесів виготовлення, ремонту та відновлення пошкоджених робочих поверхонь.

Із врахуванням технологічних можливостей конкретного автопідприємства, або станції технічного обслуговування приведені результати можливо зреалізувати після деяких змін або доповнень направлених на покращення якості обслуговування та безпеки руху автомобільних транспортних засобів.

## ЗМІСТ

<b>РЕФЕРАТ</b>	1
<b>ЗМІСТ</b>	2
<b>ВСТУП</b>	4
<b>1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ</b>	5
1.1 Характеристика агрегату, який ремонтується	5
1.2 Характеристика умов роботи і основних процесів зношування агрегату в цілому, окремих його спряжень і деталей	7
<b>2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ</b>	9
2.1 Розробка технологічного процесу розбирання вузла	9
2.2 Розробка ремонтного креслення відновлюваної деталі	9
2.3 Характеристика конструктивно-технологічних особливостей відновлюваної деталі	11
2.4 Аналіз причин зношування деталі	11
2.5 Вплив основних зносів відновлюваної деталі на технічний стан спряження, якість роботи агрегату в цілому	12
2.6 Технологічний процес дефектування відновлюваної деталі	14
2.7 Характеристика дефектів, складання технологічного маршруту відновлення деталі	16
2.8 Обґрунтування вибору раціонального способу відновлення деталі	18
2.9 Технічні вимоги на відновлення деталі	20
2.10 Обґрунтування вибору раціонального способу відновлення основної робочої поверхні деталі	20
2.11 Розробка структурної послідовності технологічного процесу відновлення деталі	25
<b>3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ</b>	31
3.1 Опис конструкції і принцип дії пристосування	31
3.2 Перевірочний розрахунок деталі пристрою на міцність	34
3.3 Розрахунок на міцність найбільш навантаженої деталі	36
<b>4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ</b>	40

4.1 Дослідження процесу захоплення деталей пар тертя циліндро-поршневої групи автомобільних двигунів	40
4.2 Оцінка здатності палива та мастила двигунів до передчасного загоряння	46
<b>5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ</b>	51
5.1 Розрахунок звукоізолюючої здатності дільниці	51
5.2 Розрахунок заземлення зварювально-наплавочної дільниці	54
5.3 Організація і порядок проведення робіт по знезараженню на об'єкті	54
<b>ВИСНОВКИ</b>	60
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>	61

## ВСТУП

В сучасному автомобільному виробництві, де безпека, ефективність та комфорт стали ключовими аспектами, рульове керування відіграє визначальну роль у забезпеченні оптимальної керованості та стабільності транспортного засобу. Одним із найважливіших компонентів цієї системи є наконечник рульового механізму, який визначає точність та ефективність кермового управління автомобілем. Незважаючи на простоту конструкції, наконечники рульового керування, відіграють важливу роль у забезпеченні безпеки руху та стабільності процесу керування автомобілем.

До основних факторів, які впливають на параметри надійності та довговічності роботи механізму рульового керування автомобілем відносяться: динамічний характер руху, зносостійкість елементів пар тертя, вібрація, часті пуски та зупинки. Ефективність даних параметрів досягається вибором оптимальної конструкції даної деталі, підбором відповідних матеріалів та сучасних технологій їх виготовлення та відновлення.

Мета роботи – проведення детального аналізу наконечників рульового керування, враховуючи їхню роль у системі керування автомобілем та визначаючи можливості вдосконалення для підвищення їхньої ефективності та безпеки. Результати цього дослідження можуть стати важливим внеском у розвиток технологій автомобільної промисловості, сприяючи подальшому вдосконаленню якості та надійності рульового керування.

## 1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗІДЛ

### 1.1 Характеристика агрегату, який ремонтується

Рульове керування служить для того, щоб підтримувати рух автомобіля в заданому напрямку, змінюючи його в разі потреби шляхом повороту керованих коліс.

По розташуванню на автомобілі розрізняють праве і ліве рульове керування, тобто керування з установкою рульового колеса праворуч і ліворуч (по ходу автомобіля). При правому напрямку руху транспорту на автомобілях звичайно застосовують ліве рульове керування, головним чином для кращого огляду зустрічного транспорту, особливо при обгоні. У деяких випадках міської експлуатації, коли водій повинний часто виходити з автомобіля (розвантаження поштових скриньок, доставка товарів на будинок покупцям і т.п.), доцільно застосовувати праве рульове керування. По числу керованих коліс розрізняють рульове керування з керованими колесами передньої осі, з керованими колесами двох осей, з керованими колесами трьох осей і т.д.

Рульове керування складається з рульового механізму, який перетворює поворот кермового колеса в кутове переміщення кермової сошки або в поперечне переміщення рейки, і кермового приводу, що зв'язує сошку або рейку з поворотними цапфами керованих коліс автомобіля. За принципом дії рульове керування автомобіля поділяється на механічне, механічне з підсилювачем (пневматичним, гідравлічним або електричним) і гідравлічне.

Рульове керування з підсилювачем не тільки полегшує керування автомобіля в нормальних умовах експлуатації, але і підвищує безпеку руху. У випадку проколу шини на великій швидкості рульове керування дозволяє утримувати автомобіль на дорозі. Тому на сучасних міжміських автобусах і швидкохідних легкових автомобілях завжди встановлюють підсилювачі рульового керування. Для найбільш компактних гідравлічних підсилювачів



потрібна установка гідравлічного насоса з приводом від двигуна. При цьому гідравлічну систему доцільно використовувати не тільки для кермових підсилювачів, але і для інших обслуговуючих агрегатів (склопідіймач, склоочисники, домкрати, та ін.).

У вантажних автомобілях і автобусах, оснащених пневматичним гальмовим приводом, пневматичну установку можна використовувати і для обслуговування підсилювача рульового керування, хоча габаритні розміри його при цьому значно зростають у порівнянні з розмірами гідравлічного підсилювача.

Гідравлічне рульове керування застосовують на автомобілях з підвищеною маневреністю (наприклад, на автонавантажувачах). Кермові механізми механічного рульового керування по конструкції бувають рейкові, гвинтові, черв'ячні і комбіновані.

Кермові приводи поділяються по місцю розташування кермової трапеції на кермові приводи з передньою кермовою трапецією, розташованої перед віссю керованих коліс, і на кермові приводи з задньою кермовою трапецією, розташованої за віссю коліс. За конструкцією розрізняють кермові приводи з цільної і з розчленованою кермовою трапецією. Остання звичайно застосовується при незалежній підвісці керованих коліс.

Крім виконання загальних вимог, рульове керування повинне забезпечувати:

1) зручність керування, тобто додавання невеликого зусилля на кермовому колесі при обмеженому куті його повороту;

2) стійкий рух по прямій, для цього необхідно, щоб вільний хід кермового колеса в зоні біля середнього положення у відповідному прямолінійному русі автомобіля, був мінімальним;

3) оборотність кермового механізму, тобто здатність повернутих коліс самостійно, під дією стабілізуючого моменту, повертатися в положення, яке відповідає прямолінійному рухові автомобіля;

4) мінімальну передачу на кермове колесо ударів, випробовуваних керованими колесами автомобіля;

5) правильну кінематику повороту;

6) дотримання пропорційності між зусиллям на кермовому колесі і моментом, який повертає керовані колеса («відчуття дороги»).

Вага рульового керування (з поздовжньою тягою і деталями кріплення) складає 1,0...1,4% від ваги легкового автомобіля середнього і великого літражу і від ваги шасі вантажного автомобіля. Вага рульового керування легкових автомобілів малого та особливо малого літражу складає 1,5...2,0% від їхньої сухої ваги. Тип кермового механізму мало впливає на його власну вагу.



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд механізму рульового управління

1 – колесо рульове, 2 – колонка рульова, 3 – вал карданний, 4 – датчики для заміру величини крутного моменту на рульовому колесі, 5 – підсилювач руля, електричний; 6 – механізм для рульового керування; 7 – тяга рульова; 8 – наконечник для рульової тяги.

## **1.2 Характеристика умов роботи і основних процесів зношування агрегату в цілому, окремих його спряжень і деталей**

В процесі експлуатації автомобіля рульове керування піддається впливу багатьох негативних факторів. Це перш за все навантаження, які виникають під час зміни положення керованих коліс при обертанні рульового колеса. Крутний момент від рульового колеса через редуктор рульового керування перетворюється в поступальний рух рульових тяг, які за допомогою кульових опор зв'язані між собою і керованими колесами.

Нерівності дорожнього полотна викликають додаткові переміщення кульових пальців у втулках і підвищені знакозмінні навантаження. Крім того постійний контакт з навколишнім середовищем надає свій негативний вплив на технічний стан рульових шарнірів. Через пошкоджені захисні чохла в зону тертя кульового пальця і пластмасової втулки можуть потрапляти абразивні частинки, які викликають інтенсивний знос поверхонь пальця і втулки. Крім того потрапляння вологи, а в холодну пору року і солей, якими посипають дороги для уникнення ожеледиці, активізують корозійні процеси на поверхнях кульових шарнірів.

Отже сукупність даних негативних факторів поступово викликає зношування кульових шарнірів рульових тяг і з часом це може спричинити неможливість подальшої безпечної експлуатації автомобіля.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Розробка технологічного процесу розбирання вузла

З рульового керування автомобіля необхідно вилучити кульові пальці для їх відновлення, що характерне для малого (поточного) ремонту автомобілів. Для цього проводиться часткове розбирання автомобіля. Розбирання складається з доставки авто з посту зовнішньої мийки до розбирального відділення і розбирання її на агрегати, вузли і деталі.

Для доставки автомобіля до розбирального відділення станції технічного обслуговування користуються одним із наступних способів: доставка автомобіля своїм ходом, на буксірі, із застосуванням тягача, лебідки або на спеціальному візку. Після того, як автомобіль доставлено до посту розбирання проводиться демонтаж елементів системи рульового керування. При цьому використовують спеціальні пристосування та інструменти.

Спочатку від'єднують рульові тяги від керованих коліс та редуктора рульового керування. Демонтовані тяги встановлюють в спеціальні пристосування і за допомогою пресу випресовують кульові пальці. При цьому їх робочі поверхні повинні залишатися неушкодженими. Зняті деталі вкладають на спеціальні візки за допомогою пристроїв для їх транспортування до мийних машин.

### 2.2 Розробка ремонтного креслення відновлюваної деталі

Розробка ремонтного креслення відновлюваної деталі є складним та відповідальним процесом, який включає в себе декілька ключових етапів. Приведена загальна методологія для розробки робочого ремонтного креслення:

- 1 Діагностика та аналіз пошкоджень поверхонь тертя деталі:
  - детальний огляд та діагностика стану пошкоджуваності деталі;

- визначення степені пошкоджуваності деталі та її вплив на функціональність вузла в цілому.

## 2 Вимірювання геометричних параметрів та їх аналіз:

- точне вимірювання геометричних параметрів поверхонь деталі;
- використання контрольно-вимірювальних приладів та технологій контролю, такі як комп'ютерна діагностика для отримання точних геометричних даних.

## 3 Сканування та 3D-моделювання:

- застосування технологій сканування для створення тривимірної моделі пошкодженої деталі;
- створення 3D-моделі, яка служить основою для подальшого проектування.

## 4 Проектування та досконалення:

- використання отриманих даних для розробки ремонтного креслення;
- врахування фактору міцності, матеріалознавства та вимог до деталі;
- оптимізація форми та геометрії поверхонь деталей для покращення їх функціональних характеристик.

## 5 Контроль та валідація:

- контроль та валідація розробленого креслення деталі;
- використання різних методів візуального огляду, вимірювання та, випробування відновленої деталі.

## 6 Технічна документація:

- створення комплекту технічної документації, яка включає в себе ремонтне креслення деталі, вимоги до матеріалів та процесів її відновлення.

Даний процес забезпечує не лише відновлення пошкодженої деталі, а одночасно забезпечує її відновлення з врахуванням вимог до якості виконаних робіт та безпеки робіт під час її відновлення. На робочому кресленні деталі показано схеми базування при виконанні окремих операцій.

### 2.3 Характеристика конструктивно-технологічних особливостей відновлюваної деталі

Однією з деталей, яка лімітує довговічність кульових шарнірів є кульовий палець. Кульовий палець (рисунок 2.1) призначений для шарнірного з'єднання тяг між собою, сошок і тяг, тяг і керованих коліс і в процесі роботи підлягає впливу великих зовнішніх навантажень, змінних за величиною та напрямком.

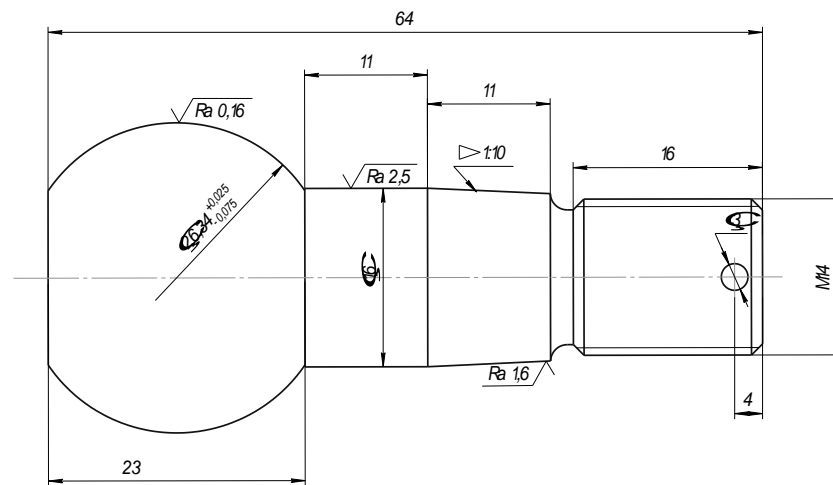


Рисунок 2.1 – Кульовий палець кульового шарніра автомобіля

Матеріалом для виготовлення кульових пальців кульових шарнірів служить переважно сталь 40Х, яка має наступний хімічний склад: С (вуглець) – від 0,38 до 0,43%; S (сірка) – від 0,025 до 0,030%; Р (фосфор) – 0,025%; Cr (хром) – від 0,6 до 0,90%; інше Fe.

Кульовий палець має сферичну поверхню діаметром  $26,34^{+0,025}_{-0,075}$  мм, циліндричну частину, конусну частину, яка служить для встановлення в розточку наступної ланки і різьбову частину з отвором для шплінта.

### 2.4 Аналіз причин зношування деталі

На рисунку 2.2 подано креслення кульового шарніру рульової тяги.

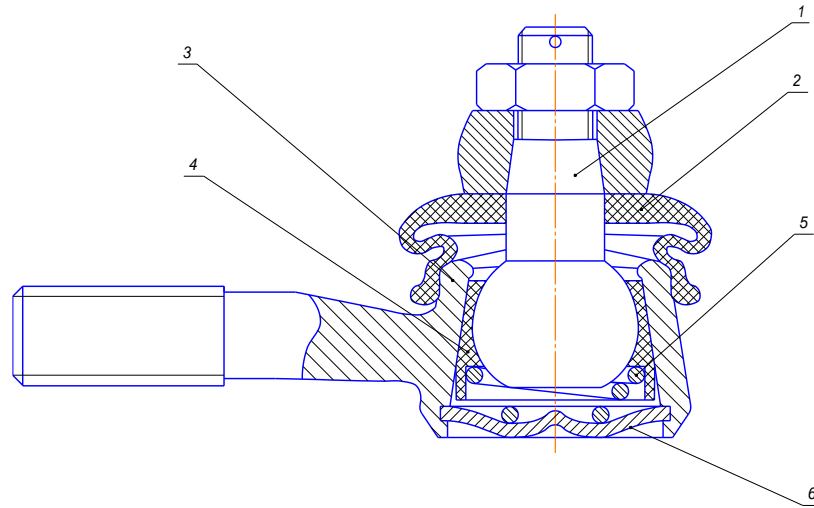


Рисунок 2.2 – Кульовий шарнір рульової тяги.

1 – кульовий палець, 2 – грязезахисний чохол, 3 – корпус шарніру, 4 – опорний вкладиш (втулка), 5 – пружина, 6 – заглушка.

При роботі рульового керування зусилля від рульового колеса через редуктор передається тягами через кульові шарніри до керованих коліс. Причому, незалежно від напрямку переміщення коліс (вліво або вправо), працюють всі шість шарнірів.

В кульовому шарнірі зусилля передається від корпусу через втулку до кульового пальця, або навпаки. При цьому відбувається переміщення кульового пальця у втулці. У випадку пошкодження захисного чохла в зону тертя між втулкою і пальцем може потрапляти абразив, при цьому інтенсивність зношування стрімко зростає.

Постійні знакозмінні навантаження, вібрації, удари при експлуатації автомобіля лімітують ресурс кульового шарніру і деталей, які входять до його складу.

Не менш важливим фактором є зусилля, яке передається керуючим колесам. У випадку переміщення керованих коліс, коли автомобіль не рухається, це зусилля буде максимальним, а отже цей факт безумовно буде впливати на зношування кульових пальців.

## **2.5 Вплив основних зносів відновлюваної деталі на технічний стан спряження, якість роботи агрегату в цілому**

Зношування характеризується поступовою зміною геометричних розмірів деталі при терті, що виявляється у від'єднанні з поверхні тертя матеріалу, або його пластична деформація. При деформації поверхонь під дією зовнішніх сил, тобто при отриманні додаткової енергії, можливий рух дислокацій, коли викривлення ґратки від дислокації передаються в інші області кристала металу. При цьому атоми переміщуються незначно із незрівноваженого положення у зрівноважене, виводячи із стійкості сусідні атоми до певного моменту, наприклад виходу дислокації на поверхню кристалу, перетину з іншою дислокацією або взаємодії з іншими дефектами кристалічної ґратки і здатні перерости у мікро- і макроскопічні дефекти поверхонь.

Основні причини зношування кульових пальців - абразивне та механічне зношування сферичної поверхні. Абразивне зношування полягає в потраплянні в зону тертя продуктів зношування та абразивних часток ззовні.

При цьому, якщо твердість абразивних часток більша за твердість матеріалу, з якого виготовлено палець відбувається мікрорізання або пластичне деформування його поверхні в залежності від геометричних розмірів та форми абразивних часток. Мікрорізання відбувається в тому випадку, коли затиснені між двома рухомими поверхнями абразивні частки мають гострі грані. Пластичне деформування є наслідком ковзання затисненої абразивної частки округлої форми між рухомими поверхнями і при цьому утворюється лунка.

Зношування деталей автомобіля - це невід'ємна частина їхньої експлуатації, яка виникає внаслідок тертя, впливу зовнішнього середовища, та інших факторів. Існує декілька основних видів зношування деталей:



Абразивне зношування: спричинене твердими частками, які потрапляють між поверхнею деталі та іншою поверхнею, з якою вона контактує. Наприклад, пил, пісок, або інші частки на дорозі можуть викликати абразивне зношування.

Адгезивне зношування: виникає при контакті двох поверхонь, які стають взаємно зв'язаними внаслідок атомних сил. Це може відбуватися при великих температурах та високому тиску, наприклад, в контактних точках у двигуні під час роботи.

Корозійне зношування: зумовлене хімічними процесами, такими як окислення металу. Волога, солі на дорозі та інші агенти можуть сприяти розвитку корозії, що призводить до зношування металевих деталей.

Втомне зношування: спричинене повторюваним навантаженням та розтягуванням матеріалів, що може призвести до появи тріщин та інших деформацій. Найбільш характерно для деталей, які піддаються циклічному навантаженню, наприклад, в рухомих частинах двигуна або підвіски.

Кавітаційне зношування: виникає внаслідок утворення мікропузирчастих струменів у рідині, що руйнують поверхню матеріалу. Це може відбуватися у зоні високого тиску, такій як область під водою, де вода швидко рухається.

Розуміння різних видів зношування є важливим для розробки вдосконалених матеріалів, методів виготовлення, та процесів обслуговування, спрямованих на збільшення тривалості служби автомобільних деталей.

Внаслідок зношування кульових пальців відбувається збільшення зазору між ними і сферичною втулкою. Це приводить до збільшення величини люфтів у рульовому керуванні. При цьому в кульових шарнірах спостерігаються характерні стуки при переміщенні автомобіля.

Вищенаведене обумовлює зниження надійності рульового керування і суттєво знижує безпеку руху автомобілів.

## **2.6 Технологічний процес дефектування відновлюваної деталі**

Дефекти в деталях автомобіля - це несправності або недоліки, які можуть

виникнути під час виробництва, експлуатації або під час ремонтних робіт. Ці дефекти можуть впливати на функціональність, безпеку та естетичний вигляд автомобіля. Основні типи дефектів:

Виробничі дефекти: помилки, які виникають під час виготовлення деталі або самого автомобіля. Це може бути, наприклад, неправильна монтажна лінія, невірно встановлені компоненти, дефекти у матеріалах або неякісне з'єднання.

Експлуатаційні дефекти: виникають під час нормальної експлуатації автомобіля. Наприклад, зношування поверхонь, корозія, втрата еластичності матеріалів внаслідок тривалого використання.

Дефекти безпеки: проблеми, які можуть вплинути на безпеку автомобіля та його пасажирів. Це може включати дефективні гальма, подушки безпеки, системи стабілізації, або інші важливі елементи.

Дефекти в конструкції: неправильно спроектовані або неправильно виготовлені деталі, які можуть викликати проблеми у функціонуванні або взаємодії з іншими компонентами.

Дефекти, виявлені під час технічного обслуговування чи ремонту: помилки, які можуть виникнути під час технічного обслуговування, монтажу або ремонтних робіт, наприклад, неправильно встановлені запчастини, некоректно виконані ремонтні роботи тощо.

Ефективна система контролю якості на кожному етапі виробництва та вдосконалені програми технічного обслуговування можуть допомогти позбутися уникнути багатьох дефектів та підтримати високий стандарт якості автомобільних деталей.

Дефектація деталей автомобіля може відбуватися з різних причин та у різних аспектах. Основні способи, які можуть викликати появу дефектів: виробничі недоліки, наприклад, неправильно встановлені або зібрані компоненти під час виробництва, матеріальні дефекти або неправильності у виготовленні деталей.

Недоліки при виборі матеріалів для виготовлення деталі: використання низькоякісних матеріалів, які можуть призводити до втрати міцності, корозії,

або інших проблем.

Знос та витрати - зношування деталей під час нормальної експлуатації, що може призвести до втрати функціональності або зниження ефективності.

Механічні пошкодження: пошкодження, які виникають внаслідок дорожньо-транспортних пригод, неправильного паркування, або інших механічних впливів.

Корозія та ржавіння: утворення корозії або ржавіння на металевих деталях через взаємодію з агресивними середовищами, такими як сіль на дорозі чи волога.

Дефекти в з'єднанні: неправильно виконані або слабкі з'єднання, які можуть призводити до розгерметизації, витоків рідин або інших проблем.

Дефекти електричних та електронних систем: еправильна робота електричних компонентів, коротке замикання, втрати з'єднань тощо.

Неправильне технічне обслуговування: неправильні дії під час технічного обслуговування або ремонту, такі як неправильне встановлення запчастин чи використання невідповідних матеріалів.

Виявлення та усунення дефектів є важливим етапом в підтримці безпеки, надійності та ефективності автомобіля. Технічні огляди, системи контролю якості та регулярне технічне обслуговування грають ключову роль у процесі виявлення та усунення дефектів.

## **2.7 Характеристика дефектів, складання технологічного маршруту відновлення деталі**

Перелічені раніше умови експлуатації призводять до виникнення в кульовому пальці наступних дефектів:

- тріщини, сколи, забої які недопустимі в подальшій експлуатації пальця;
- зношування кульової поверхні пальця;
- зменшення діаметру конусної поверхні;

– пошкодження різьбової поверхні.

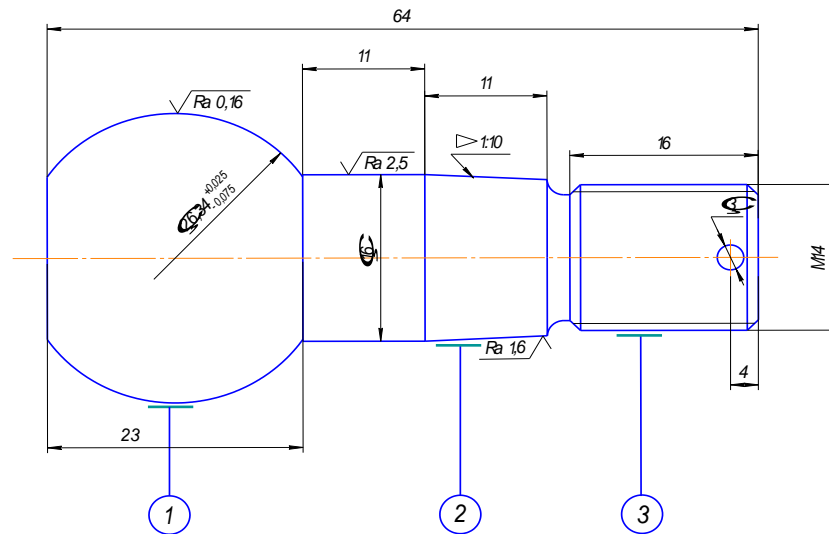


Рисунок 2.3 – Дефекти кульового пальця рульового шарніру.

Величини граничних параметрів дефектів, засоби контролю та висновок щодо подальшого використання деталі при наявності дефекту наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Технологічна карта дефектації кульового пальця.

	Контролюємий дефект	Розміри, мм		Засоби контролю		Висновок
		По кресленню	Граничний	Найменування	Позначення	
1	Тріщини, сколи, забоїни	Не допускається		Лупа		Бракувати
2	Знос кульової поверхні	$\varnothing 26,34^{+0,025}_{-0,075}$	$\varnothing 25,9$	Мікрометр		Ремонтувати
3	Знос циліндричної поверхні	$\varnothing 16$	$\varnothing 15,5$	Мікрометр		Бракувати
4	Пошкодження різьби	M14x1,5		Лупа		Ремонтувати

Аналізуючи дані таблиці 2.1. можна зробити висновок про те, що

відновленню кульовий палець підлягає лише при зношуванні кульової поверхні, яка є робочою та різьбовою поверхні. Оскільки переважним дефектом є зношування кульової поверхні, то згідно з ним складається технологічний маршрут відновлення зношеної поверхні деталі під діаметр  $26,34^{+0,025}_{-0,075}$  мм.

## 2.8 Обґрунтування вибору раціонального способу відновлення деталі

Відновлення зношених деталей забезпечує їх тривалий термін служби, знижує витрати запасних частин, матеріальних витрат і трудових ресурсів. Існує велика кількість сучасних способів відновлення деталей. При цьому згідно загальних вимог стандартів, надійність відновлених деталей повинна складати не менше 80% від надійності нових деталей. В теперішній час розроблено і використовується на виробництві велика кількість сучасних високоефективних способів відновлення деталей.

Розглядаємо різні потенційно можливі способи відновлення, які відповідають критеріям застосування і вибираємо ті, які забезпечують необхідний ресурс деталей, що відновлюються, тобто відповідають необхідному значенню надійності, продуктивності і економічності.

Загальна методика вибору способів відновлення містить чотири розділи методики щодо визначення чисельних значень коефіцієнтів застосування, надійності, продуктивності і відносної економічності ефективності.

Використовуємо інтегральний коефіцієнт, який визначається за формулою:

$$K_i = K_z \cdot K_n \cdot K_p \cdot K_e,$$

Де:  $K_z$  – коефіцієнт застосування вибраного способу;

$K_n$  – коефіцієнт надійності;

$K_p$  – коефіцієнт продуктивності;

$K_e$  – коефіцієнт економічності.

Коефіцієнт застосування способу. При визначенні коефіцієнта застосування керуємось наступними міркуваннями: по-перше, якщо одна з характеристик, що відновлюється не відповідає технологічним можливостям способу, які вибирається, то він не може бути застосований. По-друге, якщо характеристики деталі, яка відновлюється, і технологічні можливості способу не виключають можливості його застосування, то з'ясовуються конкретні можливості підприємства по використанню вибраного способу.

Коефіцієнт надійності. За своєю природою залежить від багатьох факторів і може бути виражений наступною функціональною залежністю:

$$K_H = f(K_{зн} K_{зч} K_{вм}),$$

Де:  $K_H$  – коефіцієнт надійності;

$K_{зн}$  – коефіцієнт зносостійкості;

$K_{зч}$  – коефіцієнт зчеплення;

$K_{вм}$  – коефіцієнт втомленої міцності.

Чисельні значення коефіцієнтів зносостійкості, зчеплення і втомленої міцності можуть бути визначені на підставі лабораторних досліджень зносостійкості, зчеплення і втомленої міцності зразків.

Коефіцієнт довговічності лише в загальному випадку залежний від усіх трьох аргументів. У конкретних випадках, стосовно до груп деталей, які придатні до відновлення, він може бути залежний від двох і, навіть, одного з них.

Коефіцієнт продуктивності. При визначенні коефіцієнта продуктивності користуються відносними коефіцієнтами. За базу порівняння вибрали ручне дугове наплавлення, для якого коефіцієнт продуктивності  $K_n = 1$ . При цьому, чим вища продуктивність методу, тим більший відносний коефіцієнт продуктивності.

Коефіцієнт економічності. Остаточну оцінку обраного способу відновлення можна дати тільки після проведення його економічної оцінки.

При визначенні коефіцієнта економічності користувалися відносними коефіцієнтами. За базу порівняння вибрали ручне дугове наплавлення, для якого коефіцієнт економічності  $K_e = 1$ . При цьому, чим більш економічний метод, тим вищий, тим більший відносний коефіцієнт економічності.

Таким чином інтегральний коефіцієнт  $K_i$  буде дорівнювати:

для вихрового нанесення покриттів дорівнює:  $y$ ;

## **2.9 Технічні вимоги на відновлення деталі**

Кульовий палець виготовляють зі сталі 40X. Це якісна сталь, що містить в якості легуючого елемента до 1% хрому. Після виготовлення деталі гартують для досягнення твердості в межах 43...47 HRC. Мікроструктура поверхневого шару деталі складається з мартенситу гартування та залишкового аустеніту.

Ремонтні матеріали, що застосовуються для відновлення деталі мають добру міцність зчеплення з ним. При цьому не допускаються ризики та задири на сферичній поверхні кульового пальця. Палець, встановлений в призму під кутом  $90^\circ$  повинен витримувати навантаження в межах 26 кН. При відновлення деталі необхідно слідкувати за тим, щоб не виникло пошкоджень різьбової поверхні. У випадку пошкодження різьби її необхідно відновити.

## **2.10 Обґрунтування вибору раціонального способу відновлення основної робочої поверхні деталі**

Відновлення деталей забезпечує подовження терміну їх служби, знижує витрати на запасні частини та трудові ресурси. В даному курсовому проєкті запропоновано відновлювати сферичну поверхню кульового пальця методом вихрового нанесення полімерних матеріалів.

Процес напилення полімерних матеріалів полягає в тому, що порошок полімеру наносять на попередньо нагріту поверхню виробу і під дією тепла, накопиченого виробом, він оплавляється, і утворює рівне гладке покриття.

Процес протікає за схемою: попереднє нагрівання виробу, осадження порошку й оплавлення покриття. Якщо виріб має тонкі стінки і не може акумулювати достатній запас тепла для оплавлення порошку, процес завершують у печі. Попереднє нагрівання виробу необхідне для налипання порошку. Якщо порошок і виробу надати електричні заряди протилежних знаків, то осадження й утримання порошку на поверхні виробу буде здійснюватися за рахунок електричних сил. У цьому випадку процес протікає в дві стадії: осадження і потім оплавлення порошку.

Для одержання порошкових покриттів можуть бути використані композиції як на основі термопластичних полімерів (поліетилену, полівінілхлориду, полівінілбутиралу та ін.), так і термореактивних (епоксидних, поліефірних смол та ін.). До термопластичних відносять полімери, які при нагріванні переходять у в'язко-текучий стан, а при охолодженні твердіють без зміни вихідних властивостей. Термореактивні полімери при нагріванні переходять у неплавкий, нерозчинний стан. Технологія нанесення цих матеріалів відрізняється лише в кінцевій стадії процесу: покриття з термореактивних композицій після оплавлення вимагають додаткової тривалої термічної обробки. При термообробці відбувається хімічне зшивання макромолекул полімеру і покриття набуває міцності і добре зчеплення з підкладкою. У випадку термопластичних композицій процес закінчується відразу ж після оплавлення порошку.

Таким чином, при використанні порошків полімерів вдається одержувати тонкі плівки, минаючи стадії розчинення полімеру і видалення розчинників, які необхідні для утворення плівок у більшості лакофарбових матеріалів. Повна відсутність розчинників – головна відмінність і основна перевага процесу напилення порошкових композицій.

Загальноприйнятої класифікації методів нанесення порошкових



композицій (більше двадцяти промислових варіантів) немає; їх відрізняють за умовами утворення зваженого (псевдозрідженого, киплячого) шару (вихровий, вібраційний, вибровихровий методи), за способом нанесення порошку на виріб (струменевий метод, розпилення в електричному полі, напилення в іонізованому киплячому шарі), за способом плавлення порошку (теплопроменевий, індукційний, полуменевий методи), по виду застосовуваної апаратури (камерні, безкамерні методи) і ін.

Найбільший інтерес для виробництва являють собою вихрове напилення в іонізованому киплячому шарі і розпилення в електричному полі.

Вихрове нанесення. При вихровому методі нанесення порошку полімеру, засипаний у камеру, переводиться в зважений киплячий стан за допомогою газу, який проходить через пористе дно ванни або спеціальну пористу перегородку під тиском 0,3..0,4МПа (рисунок 2.4).

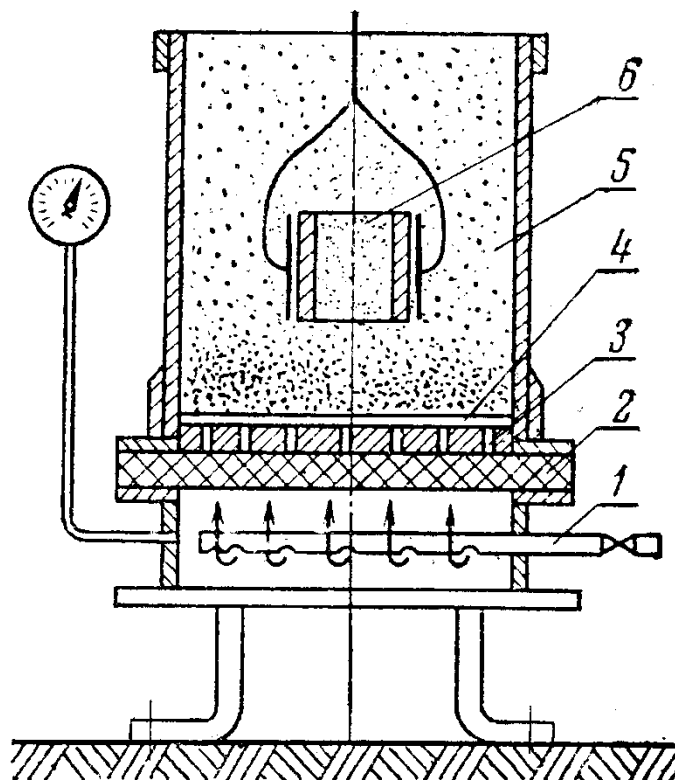


Рисунок 2.4 – Схема вихрового нанесення порошкових пластмас в псевдозрідженому шарі.

1 – трубопровід; 2 пориста перегородка; 3 – металева пластина з отворами; 4 – тканина; 5 камера; 6 – деталь.

Покриття одержують таким способом: виріб нагрівають у печі вище температури плавлення полімеру на  $40...50^{\circ}\text{C}$ , занурюють у зважений шар порошку, струшують для видалення зайвого порошку і потім поміщають у піч. За своїми властивостями киплячий шар порошку полімеру нагадує рідину: порошок вільно обволікає виріб, занурений у ванну. При вивченні киплячого шару полімеру встановлено, що шар має три зони: перша зона за висотою складає  $0,01...0,02$  загальної висоти шару, знаходиться безпосередньо над пористою перегородкою і характеризується великою розрідженістю – малою концентрацією часток полімеру; друга зона за висотою складає  $0,90...0,95$  висоти шару і характеризується постійною густиною і великою однорідністю; третя зона за висотою складає  $0,03...0,09$  висоти шару, відрізняється високою швидкістю пересування (викиду) часток полімеру і великою розрідженістю. Зони не мають чітких границь, проте їхню наявність варто враховувати при виготовленні й експлуатації камер (резервуарів) для нанесення покрить.

Структура киплячого шару залежить у першу чергу від швидкості газового потоку, а також від фізичних властивостей порошкової композиції: розміру частинок, їхньої щільності. При повільному русі потоку газу шар порошку залишається нерухомим, а газ фільтрується через шар. При збільшенні швидкості потоку частки порошку переходять у зважений стан і починають повільно циркулювати в об'ємі апарата. Настає режим кипіння, що характеризується незначним перемішуванням і відносно спокійною поверхнею шару. Подальше збільшення швидкості потоку газу призводить до руйнування шару і різкого зростання видалення порошку з апарата. Рух частинок з хаотичного перетворюється в строго орієнтований в напрямку висхідного потоку газу.

Таким чином, область існування зваженого шару за структурою, сприятливою для одержання порошкових покрить, обмежується швидкостями початку утворення зваженого шару і видалення порошку.

Великий вплив на структуру киплячого шару мають розміри частинок. Хоча в зважений стан можуть бути переведені матеріали з розміром частинок від 0,001 до 2,0 мм, однорідний киплячий шар утворюють частинки розміром від 0,01 до 0,2 мм. Великі частинки викликають сильне коливання шару. Зважений шар частинок менш 0,010 мм характеризуються нестійким режимом кипіння й утворенням наскрізних каналів.

Використання зволоженого порошку також приводить до нерівномірного розподілу газового потоку в шарі: барботування і каналутворення. На практиці діє сукупність факторів. Так, при використанні дрібних частинок порошку можна зменшити необхідну швидкість повітря. Наприклад, для псевдозрідження частинки з розмірами 60 мкм потрібна швидкість повітря – 5,5 м/с, з розмірами 370 мкм – 16,2 м/с.

Можливі стани зваженого шару показані на рисунку 2.5. Варто підкреслити, що за умови існування однорідного виваженого шару порошку вдається одержувати покриття високої якості.

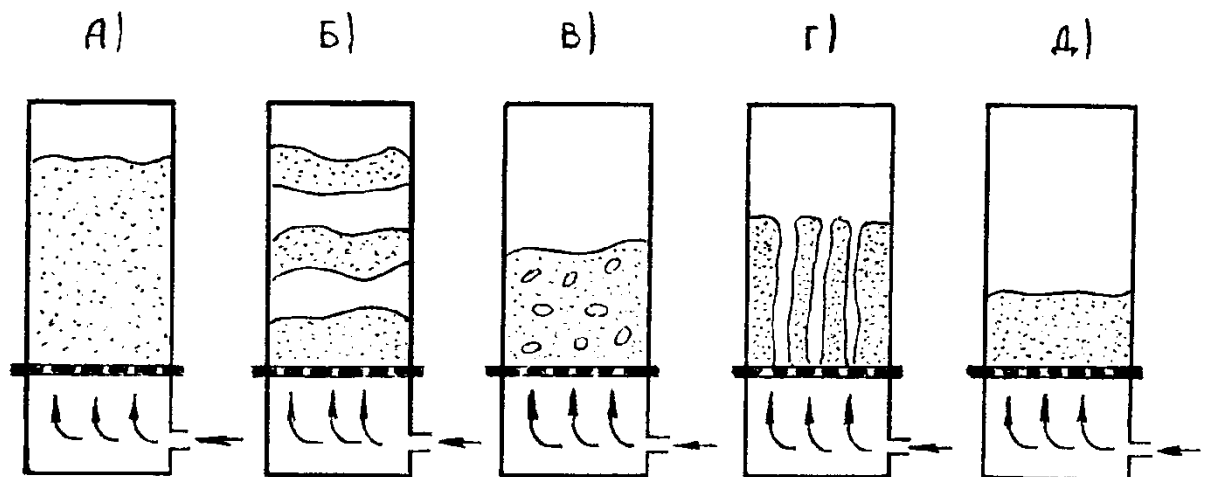


Рисунок 2.5 – Стан зваженого шару порошку полімера.

А – однорідний шар; Б – в умовах поршнеутворення; В – в умовах барботування; Г – в умовах каналутворення; Д – нерухомий.

Важливою характеристикою киплячого шару є коефіцієнт розширення шару порошку (К), що представляє собою відношення висоти киплячого шару

(Н), до висоти нерухомого шару порошку (Н<sub>0</sub>):

$$K = \frac{H}{H_0}$$

Нижче приведені значення коефіцієнтів розширення порошку полімерів, для вихрового напилення:

Поліетилен високої щільності	1,7
Полівінілбутіраль	1,62
Полікапроамід	1,58
Поліформальдегід	1,18
Полістирол	1,16

Повітря, яке подають в апарат, повинне бути сухим і чистим. Методом вихрового напилення одержують покриття товщиною до 1,5 мм за один прохід і більш товсті покриття за кілька проходів. Оптимальна товщина покриття, які одержують методом вихрового напилювання, складає 150...350 мкм.

Товщина шару при нанесенні покриття залежить від температури і часу попередньої витримки виробу в печі; на товщину шару і його рівномірність впливає також структура киплячого шару.

Вихрові апарати прості по конструкції й економічні в експлуатації. При нормально киплячому шарі викиди, тобто втрати порошку незначні. Використання вихрового методу дозволяє автоматизувати процес нанесення покриття. Разом з тим цей метод не може бути застосований для нанесення порошку на вироби складної конфігурації (об'ємні, з поглибленнями, відбортовками) через складність видалення надлишку порошку з площин, що займають горизонтальне положення при зануренні. Неможливе також нанесення порошку на великогабаритні або різнотовщинні вироби. В останньому випадку важко одержати якісне покриття, тому що поверхні виробів нагріваються нерівномірно.

## 2.11 Розробка структурної послідовності технологічного процесу відновлення деталі

Аналіз дефектів кульового пальця показав, що відновлення його працездатності можливе при зношуванні кульової поверхні до діаметру 25,8 мм. Отже запропонований технологічний процес направлений на збільшення кульової поверхні до діаметра  $26,34^{+0,025}_{-0,075}$  мм.

Таблиця 2.2

Технологічний процес відновлення кульових пальців.

№ операції	№ переходу	Найменування операції	Виконання операції
1	2	3	4
005		Мийна	Очистити деталь від бруду
010		Дефектувальна	Визначити придатність кульового пальця для відновлення
015		Шліфувальна	Підготувати кульову поверхню поверхню кульового пальця для відновлення
020		Термічна	Нагріти кульовий палець до температури 280...300 <sup>0</sup> С
025		Напилення	Збільшити діаметр кульової поверхні до 26,5 мм
030		Термічна	Оплавити отримане покриття
035		Шліфувальна	Шліфувати кульову поверхню пальця до $26,35^{+0,05}$ мм
040		Полірувальна	Полірувати кульову поверхню пальця

			до діаметра $26,34^{+0,025}_{-0,075}$ мм
045		Контрольна	Контролювати діаметр $26,34^{+0,025}_{-0,075}$ мм в кількох перерізах

Базовими поверхнями при шліфуванні сферичної поверхні кульового пальця є його торцеві поверхні. При нанесенні покриття – різьбова поверхня пальця.

#### **Операція 005 Мийна.**

В мийну ванну завантажують 6 кульових пальців. Для миття рекомендується використовувати гас і 15% розчин “Лабомід – 101” нагрітий до температури від 75 до 85°C.

#### **Операція 010. Дефектувальна.**

Процес дефектації проводять за допомогою спеціальних вимірювальних інструментів до повного визначення дефектів деталі за технологічною картою дефектації.

#### **Операція 015. Шліфувальна.**

Кульову поверхню пальця зачищають шліфувальною шкуркою. Приймаємо час шліфування за даними хронометражу 1 хвилина.

#### **Операція 020. Термічна**

Кульовий палець поміщають в індукційну піч і нагрівають до температури 280...320°C протягом 0,5 хвилини.

### Операція 025. Напилення.

Кульові пальці в кількості 6 штук встановлюють в пристосування і поміщають в установку для напилення.

Основний час приймаємо згідно даних хронометражу - 15 секунд

$$T_o = 0,25 \text{ хв},$$

Допоміжний час на відновлення приймаємо

$$T_d = 0,2 \text{ хв}.$$

Визначаємо додатковий час

$$T_{доо} = \frac{T_{он} \cdot \kappa}{100} = \frac{0,45 \cdot 4}{100} = 0,018 \text{ хв},$$

$$\text{Де: } T_{оп} = T_o + T_d = 0,25 + 0,2 = 0,45 \text{ хв};$$

Підготовчо-заклучний час

$$T_{пз} = 2 \text{ хв};$$

Визначаємо норму часу

$$T_n = T_o + T_d + T_{доо} + \frac{T_{пз}}{n_{ум}} = 0,25 + 0,2 + 0,018 + \frac{2}{6} = 0,91 \text{ хв};$$

### Операція 030. Термічна.

Кульовий палець поміщають в індукційну піч і нагрівають до температури 280<sup>0</sup>С протягом 0,5 хвилини для плавлення покриття.

### Операція 035. Шліфувальна.

Визначаємо припуск на шліфування

$$h = \frac{D - d}{2};$$

Де: D – початковий діаметр оброблюючої поверхні;

d – кінцевий діаметр оброблюючої поверхні

$$h = \frac{26,5 - 26,35}{2} = 0,075 \text{ мм}.$$

Глибину обробки при чорновому шліфуванні приймаємо в межах від 0,02 до 0,04 мм.

Величину поперечної подачі шліфувального кола визначаємо за формулою:

$$t = S = 0,03 \text{ мм.}$$

Число проходів визначаємо за формулою:

$$i = \frac{h}{t} = \frac{0,075}{0,03} = 3.$$

Колову швидкість різання обираємо

$$V = 14 \text{ м/хв.}$$

Число обертів деталі визначаємо за формулою:

$$n = \frac{318 \cdot V}{d} = \frac{318 \cdot 14}{26,5} = 168 \text{ об/хв,}$$

приймаємо  $n=170$  об/хв.

Виконуємо перерахунок швидкості різання у відповідності з прийнятою частотою обертання деталі за формулою

$$V = \frac{n \cdot d}{318} = \frac{170 \cdot 26,5}{318} = 14,2 \text{ м/хв.}$$

### **Операція 040 Полірувальна.**

Кульовий палець полірують до досягнення необхідних розмірів. Час полірування складає 1,5 хвилини.

### **Операція 045 Контрольна.**

За допомогою мікрометра контролюють діаметр відновленої кульової поверхні.

На інші операції приймаємо норми часу згідно з нормативами та заносимо в таблицю 2.3.



Таблиця 2.3

Норми часу на виконання технологічних операцій.

№ операції	Найменування операції	$T_n$
005	Мийна	1,92
010	Дефектувальна	1,24
015	Шліфувальна	1,45
020	Термічна	0,94
025	Напилення	0,91
030	Термічна	0,87
035	Шліфувальна	1,34
040	Полірувальна	1,42
045	Контрольна	1,05
Всього:		11,14

Процес збирання кульового шарніру проводять в наступній послідовності:

- 1) В корпус шарніра встановлюють полімерну втулку;
- 2) Корпус зі втулкою встановлюють в спеціальне пристосування і встановлюють кульовий палець;
- 3) Монтують пружину і поверх неї заглушку, яку завальцовують на відповідному обладнанні;
- 4) На корпус шарніру та кульовий палець встановлюють грязезахисний чохол і обтискують його;
- 5) Зібраний шарнір покривають антикорозійним покриттям і пакують у парафінований папір.

Відновлені шарніри потрапляють на ділянку збирання рульових систем автомобілів.

## **3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ**

### **3.1 Опис конструкції і принцип дії пристосування**

Спеціальні пристрої в сфері ремонту автомобілів відіграють важливу роль у забезпеченні ефективності та якості проведених робіт. Ось кілька переваг, які вони можуть забезпечити:

**Точність та прецизійність:** Спеціалізовані інструменти розроблені з урахуванням конкретних потреб ремонту. Вони забезпечують точність та прецизійність при виконанні робіт, що є критичним для запобігання додаткових пошкоджень та забезпечення надійності відновлення автомобільних компонентів.

**Ефективність робіт:** Спеціальні інструменти дозволяють прискорити процес ремонту. Це особливо важливо в сучасному світі, де час – один із критичних ресурсів.

**Безпека:** Деякі спеціальні пристрої призначені для підвищення безпеки виконання робіт. Наприклад, системи підняття автомобіля, які забезпечують стабільність та надійність при піднятті та утриманні машини.

**Доступність до важкодоступних місць:** Деякі інструменти розроблені для того, щоб забезпечити легкий доступ до труднодоступних деталей автомобіля, що дозволяє здійснювати ремонт без розбирання великої кількості частин.

**Діагностика та аналіз:** Спеціальні пристрої для діагностики дозволяють виявляти несправності та визначати стан різних систем автомобіля. Це допомагає в швидкому та ефективному виявленні проблем та їх вирішенні.

**Можливість роботи з різними марками та моделями:** Деякі спеціальні інструменти розроблені універсальними для роботи з різними автомобільними брендами, що полегшує обслуговування різноманітних транспортних засобів.

Загалом, використання спеціальних пристроїв у ремонті автомобілів допомагає підвищити якість обслуговування, зменшити ризик помилок та підвищити загальну продуктивність майстра

Знімач який ми запропонували складається із корпусу 3 в центрі якого виконано отвір з різьбою під силовий гвинт 2 і трьох захватів 4 (рис 3.1). Корпус має декілька захватів, які розміщені під кутом 120 відносно один одного. В кожному із цих захватів виконано проріз для закріплення лапи. Всі лапи заходить в захват при допомозі осі 1, яке виконано шарнірно, що дає змогу використовувати пристрів для деталей різних розмірів.

Для запобігання випаданню осей в них вставлені шплінти 6. Для полегшення силового провертання гвинта в ньому у верхній частині виконана рукоятка 5.

Робота пристрою полягає у провертанні рукоятки, що в свою чергу перетворює обертовий рух у поступальний гвинта відносно захватів, що дозволяє полегшити ви пресування наконечника із цапфи.

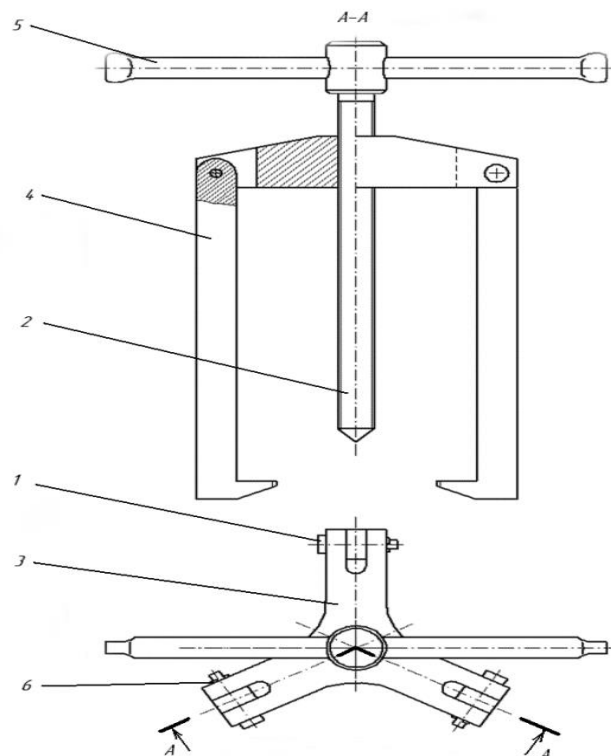


Рисунок 3.1 – Конструкція знімача:

1 – вісь; 2 – силовий гвинт; 3 – корпус; 4 – лапа; 5 – рукоятка; 6 – шплінт

Застосування знімача для розбирання гідропідсилювача рульового керування автомобіля КамАЗ показано на рисунках 3.2 – 3.3. (Для спрощення на рисунках показано тільки дві лапи знімача).

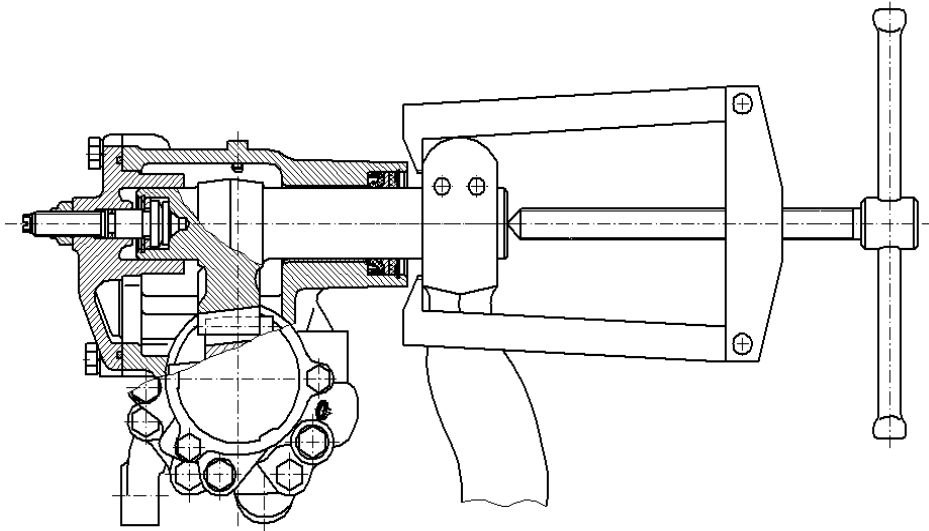


Рисунок 3.2 – Процес зняття сошки при допомозі захвату

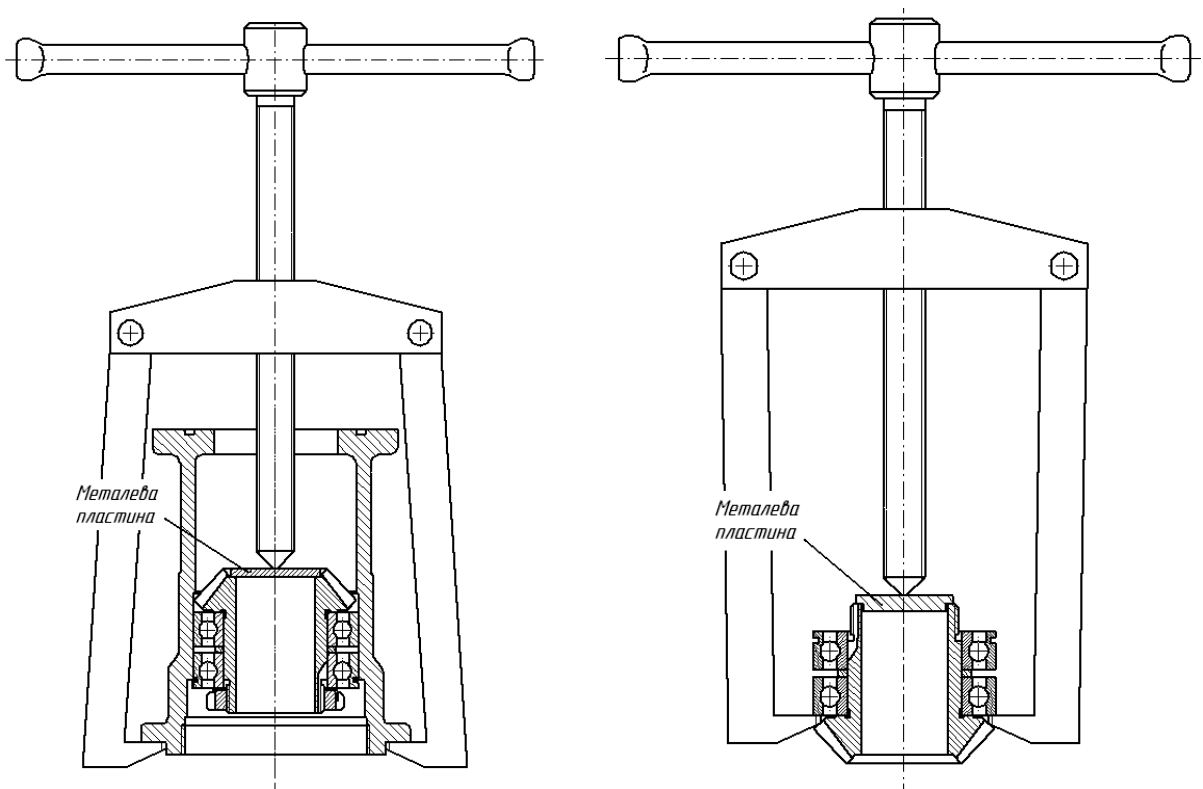


Рисунок 3.3 – Процес випресовування деталей при допомозі захвату



### 3.2 Перевірочний розрахунок деталі пристрою на міцність

Проведемо розрахунки силового гвинта з різьбою М10 на показники міцності. Для цього приймемо, що максимальне значення зусилля яке необхідно прикласти щоб випресувати наконечник становить  $F_0=250$  Н.

Для визначення діаметра необхідної різьби використаємо формулу

$$d_p \approx d - 0,94 \cdot p, \quad (3.1)$$

де  $d$  – діаметр по зовні різьби, мм;  $d = 20$  мм;

$p$  – крок різьби (мм);  $p = 1,32$  мм;

$$d_p \approx 20 - 0,94 \cdot 1,32 = 19,825 \text{ мм.}$$

Напруження стиску від сили, що приклали  $F_0$  визначаємо за формулою:

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot F_0}{\pi \cdot d_p^2}, \quad (3.2)$$

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot 250}{3,14 \cdot 19,825^2} = 1,13 \text{ Н/мм}^2.$$

Напруження скручення від моменту в різьбі визначаємо за формулою:

$$\tau_k = \frac{T}{W_k} = \frac{\left(\frac{F_0 \cdot d_2}{2}\right) \cdot \text{tg}(\varphi + \varphi')}{\frac{\pi \cdot d_p^3}{16}}, \quad (3.3)$$

де  $\varphi$  – кут підйому, град.;

$\varphi'$  – довідниковий кут тертя, град.;

$d_2$  – діаметр різьби середній, мм;

$$\tau_k = \frac{\left(\frac{250 \cdot 16,75}{2}\right) \cdot \operatorname{tg}(20^\circ 29' + 9^\circ 50')}{\frac{3,14 \cdot 16,825^3}{16}} = 1,29 \text{ Н/мм}^2.$$

Граничні напруження визначаємо за формулою:

$$[\sigma_p.] = \frac{\sigma_T}{[S_T]}, \quad (3.4)$$

де  $\sigma_T$  – границя текучості матеріалу гвинта;  $\sigma_T = 300 \text{ Н/мм}^2$ ;

$S_T$  – необхідний коефіцієнт запасу міцності;  $S_T = 3$ ;

$$[\sigma_p.] = \frac{300}{3} = 100 \text{ Н/мм}^2.$$

Розрахункове навантаження визначаємо за формулою

$$F_{\text{розр.}} = 1,3 \cdot F_0, \quad (3.5)$$

$$F_{\text{розр.}} = 1,3 \cdot 250 = 325 \text{ Н.}$$

Визначаємо мінімальний діаметр різьби гвинта для потрібного навантаження  $F_{\text{розр.}}$  за формулою:

$$d_{i.} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\text{дi.}} \cdot 10}{\pi \cdot [\sigma_p]}}, \quad (3.6)$$

$$d_{i.} = \sqrt{\frac{4 \cdot 325 \cdot 10}{3,14 \cdot 100}} = 6,43 \text{ (i i)}.$$

Отже розрахунковий діаметр різьби  $d_p = 19,825 \text{ мм}$  вищий від мінімального  $d_m = 6,43 \text{ мм}$ , то гвинт  $\varnothing 20 \text{ мм}$  придатний до використання.

### 3.3. Розрахунок на міцність найбільш навантаженої деталі.

Найбільш навантаженою деталлю пристрою є тяга (позиція 13). Найбільше навантаження приходить на різь. Розрахунок на міцність різьбового з'єднання навантаженого тільки осьовою силою, проводиться за формулою:

$$\sigma_p = \frac{4P}{\pi d^2} \leq [\sigma_p] \quad (3.7)$$

де  $P$  – розрахункова осьова загрузка, кгс

$d$  – внутрішній діаметр різі, см

$[\sigma_p]$  – допустима напруга розтягу в кгс/см<sup>2</sup>

$$P = Q_l = Q \frac{70}{50} = 1065,8 \cdot \frac{70}{50} = 1492 \text{ кгс}$$

В пристрої передбачена тяга із сталі 45 ГОСТ 1050 – 74, НРС, 33 ...38, з різьбою М20 – 8д.  $[\sigma_p] = 2800$  кгс/см<sup>2</sup>

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot 1492}{3,14 \cdot 1,6933} = 1122 \text{ кгс/см}^2 \leq [\sigma_p]$$

Умова міцності тяги виконується.

Схема базування деталі в пристрої приведена на малюнку 3.2



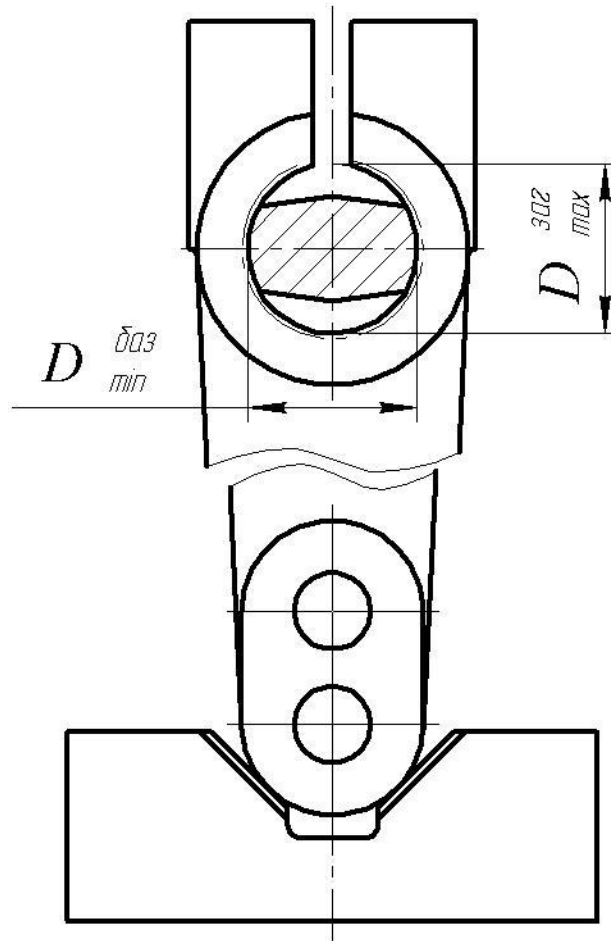


Рисунок 3.2 – Схема базування деталі в пристрої

Для даної конструкції пристрою і технології фрезерування паза, похибку установки враховуємо тільки в горизонтальній площині

$$B_y = \frac{D_{\max}^{\text{заг}} - D_{\min}^{\text{баз}}}{2} \quad (3.8)$$

$$D_{\max}^{\text{заг}} = 22,53 \text{ мм}; \quad D_{\min}^{\text{баз}} = 22,393 \text{ мм}$$

$$B_y = \frac{22,53 - 22,393}{2} = 0,07 \text{ мм}$$

## Проведення розрахунків вартості приспособлення

### 3.3.1 Розрахункова вартості приладу

#### 1. Трудомісткість виготовлення вузлів пристрою

$$T_{\text{виг}} = \Sigma t_{\text{виг}} \cdot K_C, \text{ люд.год}, \quad (3.3)$$

де:  $t_{виз}$  – трудомісткість виробництва окремих деталей пристрою;

$K_C = 1,08$  – співвідношення між основним і нормативним часом.

$$T_{виз} = 10,9 \cdot 1,08 = 11,77.$$

2. Трудомісткість збирання пристрою

$$T_{зб} = \Sigma t_{зб} \cdot K_C,$$

де:  $t_{зб}$  – нормативна трудомісткість збирання пристрою.

$$T_{зб} = 5,3 \cdot 1,08 = 5,72.$$

3. Годинна тарифна ставка робітника верстатника (токаря 4 розряду)

$$C_{зод4} = 1,69 \text{ грн.}$$

4. Годинна тарифна ставка робочого третього розряду, занятого на збиранні пристрою

$$C_{зод3} = 1,51 \text{ грн.}$$

5. Витрати на оплату праці

$$ВОП = (T_{виз} \cdot C_{зод4} + T_{зб} \cdot C_{зод3}) \cdot K_{одд}, \text{ грн.}, \quad (3.4)$$

де:  $K_{одд} = 1,8$  – коефіцієнт, який враховує додаткову заробітну плату інших категорій працівників.

$$ВОП = (11,77 \cdot 1,69 + 5,72 \cdot 1,51) \cdot 1,8 = 51,35.$$

6. Відрахування на соціальні заходи

$$B_{с.з} = ВОП \cdot K_{с.з}, \text{ грн.},$$

де:  $K_{с.з} = 0,3809$  – коефіцієнт, який враховує відрахування на соціальні заходи.

$$B_{с.з} = 51,35 \cdot 0,3809 = 19,56.$$

7. Вартість матеріалу заготовок для виготовлення деталей

$$MB = (\Sigma Q_{заг} \cdot C_n), \text{ грн.},$$

де:  $Q_{заг} = 23 \text{ кг}$  – маса пристрою;

$C_n$  – ціна 1 кг металу.

$$MB = 23 \cdot 1,25 = 28,75.$$

8. Амортизація основних фондів

$$A_B = ВОП \cdot H_B, \text{ грн.}, \quad (3.5)$$

де:  $H_B$  – коефіцієнт, який враховує амортизацію основних фондів;

$$H_B = 0,8 \div 1,2 .$$

#### 9. Інші витрати

$$B_{\text{інш}} = (BOП + B_{C.3}) \cdot K_{\text{інш}}, \text{ грн.}$$

$$B_{\text{інш}} = (51,35 + 19,56) \cdot 0,4 = 28,36.$$

#### 10. Вартість конструкції пристрою

$$B_{\text{ПР}} = BOП + B_{C.3} + MB + A_B + B_{\text{інш}}, \text{ грн.}$$

$$B_{\text{ПР}} = 51,35 + 19,56 + 28,75 + 46,21 + 28,36 = 174,23.$$

## 4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

### 4.1 Дослідження процесу схоплювання деталей пар тертя циліндро-поршневої групи автомобільних двигунів

Надійність роботи автомобільних двигунів має особливо важливе значення, оскільки вона безпосередньо пов'язана з безпекою руху. Досвід експлуатації двигунів показує, що забезпечення високої надійності роботи деталей циліндро-поршневої групи дозволяє суттєво підвищити надійність двигунів в цілому, оскільки можливі відмови та несправності деталей циліндро-поршневої групи, як найбільш напруженого та відповідального вузла двигуна, мають зазвичай і найбільш несприятливі наслідки.

Нижче наводяться матеріали дослідження причин аварійного виду зносу деталей циліндро-поршневої групи - схоплювання матеріалів поршневих кілець, поршня та гільзи циліндра, наслідки якого були причиною руйнування циліндрів і поршнів двигуна в процесі експлуатації.

Розглянутий двигун належить до дворядних зіркоподібних двигунів повітряного охолодження. Шатунний механізм кожної зірки двигуна виконаний за схемою головного шатуна, зчленованого з причіпними шатунами, що обумовлює суттєву різницю в умовах роботи поршня в циліндрах з головним і причіпними шатунами. В результаті передачі на головний шатун додаткових зусиль від причіпних шатунів найбільше значення бічного навантаження на стінку поршня в циліндрі з головним шатуном (понад 2000 кгс) істотно перевищує значення бічних зусиль на стінку поршня з причіпним шатуном (1600-1660 кгс ).

Гільзи циліндрів двигуна виготовляються із сталі 38ХМЮА, яка має після остаточної хіміко-термічної та механічної обробки твердість поверхневого шару не менше 700 кгс/мм<sup>2</sup> та чистоту поверхні, що відповідає 10-му класу. Поршень виготовляється з алюмінієвого сплаву АК-4 в загартованому і штучно зістареному стані ( HV 130 - 140 кгс/мм<sup>2</sup>), поршневі кільця - верхнє зі сталі

X12M, покриті по робочій циліндричній поверхні шаром електролітичного (пористого) хрому ( $HV\ 800\dots850\ \text{кгс/мм}^2$ ), інші кільця - чавунні, окисовані.

При роботі двигуна швидкість поршня змінюється від 0 до 21,8 м/с, номінальний питомий тиск на робочу поверхню поршня в циліндрі з головним шатуном досягає  $55\ \text{кгс/см}^2$ . Змащування поверхонь тертя здійснюється олією МС-20 або МК-22, яка подається через жиклери до колінчастого валу.

Умови експлуатації розглядуваних двигунів, що відрізняються від умов роботи двигунів інших транспортних засобів значно меншим розмаїттям використовуваних режимів та стабільністю останніх. Зокрема, розглянутий двигун під час експлуатації протягом 30...40с працює на номінальному режимі (100% потужності), потім 10...12 хв на режимі набору оптимальних параметрів (близько 70% потужності) та решта руху на іншому режимі (близько 5...-55% потужності), який витримується автоматично. У процесі руху здійснюється контроль за температурним режимом циліндрів, що регулюється у встановлених досить жорстких межах шляхом зміни умов охолодження двигуна. Контроль за роботою системи мащення ведеться за тиском масла в системі.

За описаних умов експлуатації двигунів і конструктивно-технологічних параметрах деталей циліндро-поршневої групи зносостійкість останніх є цілком задовільною і забезпечує відпрацювання двигуном встановлених міжремонтних термінів служби. Більше того, є досить значні резерви зносостійкості деталей циліндро-поршневої групи, що дозволяють істотно підвищити термін служби двигунів. Поодинокі випадки підвищеного зносу деталей циліндро-поршневої групи, що викликають необхідність дострокового зняття двигунів з експлуатації, є, як правило, наслідком абразивного зношування деталей в результаті попадання в двигун пилу при несприятливому стані автомобільних шляхів, або при експлуатації в особливих кліматичних умовах.

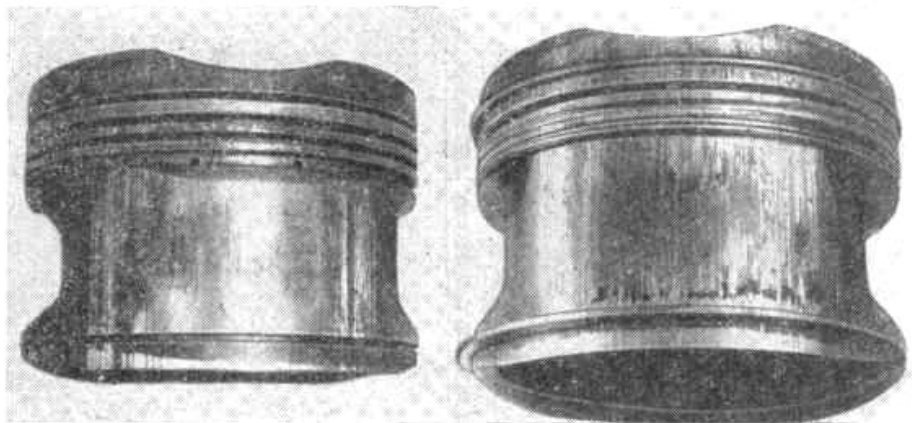
Огляд деталей циліндро-поршневої групи двигунів, які нормально відпрацювали ресурс, показує їх задовільний стан. Середні значення зносу робочої поверхні хромованих поршневих кілець за 1000 год роботи

перебувають у межах 5...6 мкм, середнє зношення гільз циліндрів у верхній частині той самий період становить 25...27 мкм і поршнів - 2...26 мкм.

При експлуатації двигунів даного типу відносно часто спостерігаються дефекти деталей циліндро-поршневої групи, пов'язані з виникненням схоплювання матеріалів в парах сталь-хром і сталь-алюмінієвий сплав (гільза-хромоване кільце і гільза-поршень). Найбільшу небезпеку для надійної роботи деталей циліндро-поршневої групи є схоплювання в поєднаннях гільза циліндра-поршень.

Дослідження знятих з експлуатації циліндрів і поршнів показують, що розвиток дефектів деталей циліндро-поршневої групи проходить наступні стадії: 1) поява місцевих точок схоплювання в зонах найбільших тисків на робочій поверхні поршня з утворенням засвітлення видимого неозброєним оком на поверхні гільзи циліндра; 2) поширення точок схоплювання на всю поверхню поршня, що труться, з утворенням великих місць, виривом об'ємів металу, намазуванням його на поверхню гільзи циліндра, поява тріщин в азотованому шарі гільзи, овалізація нижньої її частини; 3) розвиток втомних тріщин по перерізу гільзи, що починаються від тріщин азотованого шару; руйнування нижньої частини гільзи, що призводить у ряді випадків до повного руйнування поршня та інших пошкоджень двигуна.

У початковій стадії схоплювання (рис. 4.1, рис. 4.2, рис. 4.3) виявляється збільшення шорсткості бічної поверхні поршня і сполученої частини гільзи циліндра.



#### Рисунок 4.1. Різні пошкодження бічних поверхонь поршнів

Суттєвих структурних змін у поверхневих шарах матеріалу при звичайних методах матеріалознавчого аналізу не виявляється. З розвитком процесу відбуваються інтенсивні пластичні деформації поверхневих шарів, фазові перетворення, виникнення вторинних структур, зміна твердості матеріалів, поява тріщин термічного походження.

В експлуатації цей процес, як правило, виявляється на відносно пізніх його етапах, коли деталі циліндро-поршневої групи вже мають пошкодження. Виявити початкові стадії процесу можна випадково, або шляхом спеціальних випробувань двигуна, обладнаного апаратурою сигналізації. Це свідчить про велику швидкість розвитку аварійного процесу, що пояснюється його лавинним характером, оскільки тепло, що виділяється в процесі тертя зі схоплюванням, не встигає відводитися від деталей і температура в зоні контакту безперервно зростає, збільшуючи інтенсивність схоплювання.

Виникнення аварійного виду зношування деталей циліндро-поршневої групи пов'язувалося з відміченими вище конструктивними особливостями шатунного механізму двигуна, що зумовлюють підвищену навантаженість поршнів, зчленованих з головними шатунами, у яких і спостерігається даний вид зносу. Природно, що додаткові навантаження на поршні головних шатунів, особливо при максимальних режимах роботи двигуна, зумовлюють і більш тяжкі умови цих поршнів за рахунок підвищення питомого тиску. У зв'язку з цим вважалося, що навіть незначні відхилення в якості обробки поверхонь, що труться, попередньої їх приробітку, умов експлуатації призводять до порушення нормальних режимів тертя деталей циліндро-поршневої групи і виникнення умов, що сприяють розвитку процесу схоплювання.

В практиці експлуатації двигунів впроваджуються різні конструктивно-технологічні та експлуатаційні заходи, що мають на меті полегшити умови тертя деталей. Заборонено використовувати під час руху автомобіля режим роботи двигунів із 120% номінальної потужності; встановлені поршні з накаткою по робочій поверхні з метою стабілізації масляної плівки; вжито

заходів щодо зменшення навантаження на поршні основних шатунів; в одну з канавок поршнів встановлювалося спеціальне поршневе кільце, що сприяє поліпшенню мастила деталей, що труться.

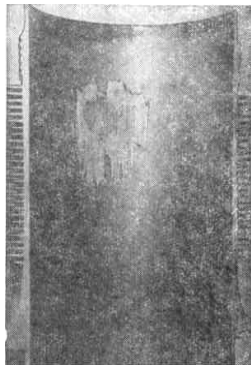


Рис. 4.2 - Намазування алюмінієвого сплаву на поверхню гільзи циліндра

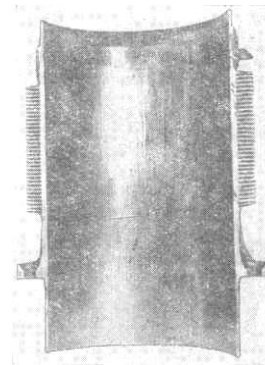


Рис. 4.3 - Втомна тріщина в гільзі циліндра, яка виникла внаслідок розвитку процесу схоплювання матеріалів.

Були переглянуті режими гарячої обкатки двигунів і збільшена її тривалість, вживалися заходи до того, щоб у процесі експлуатації двигуна не створювалися умови для погіршення режимів тертя деталей циліндро-поршневої групи.

Однак ці заходи, спрямовані на полегшення умов тертя деталей циліндро-поршневої групи, виявилися недостатньо ефективними, і ліквідувати випадки виникнення аварійного зносу деталей даного вузла не вдалося.

Вивчення обставин виникнення цього виду зносу в експлуатації виявило, що зазначені вище уявлення про причини появи несправностей значною мірою розходяться з фактичними даними, що впливали з аналізу статистичних матеріалів про випадки аварійного зносу деталей циліндро-поршневої групи, умов роботи цього вузла та фізичної природи явища схоплювання.

Статистичні дані показують, що в міру збільшення напрацювання двигунів зростає кількість випадків несправностей. Якщо вважати, що умови роботи деталей циліндро-поршневої групи при максимальних режимах близькі до критичних, то можна припустити, що ймовірність виникнення процесу схоплювання, навпаки, буде найбільшою на перших годинах роботи двигуна, коли його деталі ще достатньо не прироблені, тим більше що для



автомобільних двигунів відсутні будь-які обмеження щодо застосовуваних режимів у початковий період експлуатації.

Однак було встановлено, що в значній більшості випадків задири поршнів виникали не при роботі двигунів на максимальному режимі під час руху, коли деталі циліндро поршневої групи передають найбільше навантаження і мають найбільшу температуру, а в процесі роботи двигунів на відносно легких, режимах при стабільних умовах механічної та теплової напруженості деталей та їх змащення.

Неодноразові перевірки показали стабільність якості технологічного виконання деталей вузла та належну якість проведення підробітку деталей перед направленням двигунів в експлуатацію.

Спеціальні випробування двигунів виявили відносно малу чутливість деталей циліндро-поршневої групи до впливу можливих експлуатаційних відхилень. Викликати штучно виникнення процесу аварійного зношування деталей цього вузла вдавалося лише за дуже значних відхилень від нормальних умов роботи циліндро-поршневої групи, не реальних для нормальної експлуатаційної практики.

Зазначені фактори та ряд інших спостережень вказували на те, що уявлення про близькі до критичних умов роботи циліндро-поршневої групи потребують істотного уточнення. Було очевидно, що причини виникнення схоплювання деталей даного вузла слід шукати в різкому порушенні нормальних режимів тертя деталей, природа якого була неясною.

Оскільки джерелом зовнішніх механічних і теплових впливів на деталі циліндро-поршневої групи є тиски і температури, що розвиваються в циліндрі при роботі двигуна, вирішено зосередити увагу на можливих порушеннях робочого процесу в циліндрах двигуна та їх вплив на умови роботи деталей вузла, що розглядається. Як відомо, основними видами порушення процесу згоряння в двигунах внутрішнього згоряння з іскровим запалюванням є детонація та передчасне займання суміші.

## 4.2 Оцінка здатності палива та мастила двигунів до передчасного загоряння

Досвід експлуатації показує, що детонація на розглянутих двигунах не спостерігається через досить високі антидетонаційні властивості застосовуваних палив і хорошого їх контролю. У зв'язку з цим виникло припущення, що причиною порушення нормальних умов роботи деталей циліндро-поршневої групи, що зумовлює виникнення захоплення матеріалів цих деталей з усіма наслідками, що звідси випливають, є передчасне займання паливо-повітряної суміші в циліндрі.

Передчасне займання суміші в циліндрі двигуна внутрішнього згоряння з іскровим запалюванням полягає у виникненні полум'я в будь-якій точці або точках камери згоряння до моменту появи іскри між електродами свічки запалювання. Це явище є поверхневе займання суміші від гарячої точки в камері згоряння. До потенційних джерел передчасного займання відносяться найбільш нагріті деталі камери згоряння - свічки та клапан випуску, а також відкладення нагару на деталях камери згоряння.

Відомо, що передчасне займання суміші значно впливає на робочий цикл двигуна і умови роботи деталей циліндро-поршневої групи, оскільки воно супроводжується зростанням тиску і температури газів у камері згоряння і різким збільшенням тепловіддачі в деталі камери згоряння. Особливо велике значення має збільшення температури деталей, яке відбувається головним чином внаслідок того, що при передчасному займанні суміші, гази, які мають високу температуру, знаходяться в циліндрі триваліший час. Вплив передчасного займання суміші на робочий цикл двигуна є таким самим, як і збільшення випередження запалювання.

Найбільшу небезпеку для надійної роботи циліндро-поршневої групи представляє так зване стабільне передчасне займання, що виникає на початку такту стиснення, при якому гарячі гази знаходяться в циліндрі протягом найбільш тривалого часу. При цьому на їх стиск витрачається найбільша

робота, в результаті чого досягаються максимально можливі температури та тиски в камері згоряння циліндра.

У разі виникнення передчасного займання суміші створюються умови для перевантаження деталей циліндро-поршневої групи (збільшення зовнішнього навантаження, підвищення їх температури, порушення масляної плівки) та подальшого виникнення та розвитку процесу схоплювання металів сполучених деталей.

Для визначення причин виникнення передчасного займання суміші при експлуатації двигунів було проведено ряд експериментальних випробувань одноциліндрової установки та повнорозмірних двигунів.

Було встановлено, що як за нормальних умов, так і при можливих в експлуатації відхиленнях у регулюванні та технічному стані двигуна і навіть при його перегріві в двигуні не створюються умови для передчасного займання від нагрітих деталей камери згоряння. Викликати зазначене порушення процесу згоряння суміші вдавалося тільки при використанні досить ефективного джерела передчасного займання у вигляді свічки з зруйнованим керамічним ізолятором центрального електрода (частини ізолятора, що знаходяться в камері свічки, будучи термічно ізольованими, при роботі двигуна перегрівалися і викликали передчасне запалення).

При вивченні передчасного займання суміші від відкладень нагару в камері згоряння циліндра для виявлення та кількісної оцінки порушення процесу згоряння, що здійснювалася за кількістю передчасних спалахів в одиницю часу, використовувався електронний лічильник, розроблений на основі іонізаційного методу. Як іонізаційний датчик застосовувалася звичайна свічка запалювання, встановлена в гніздо на головці спеціально пристосованого циліндра. Пов'язаний з колінчастим валом одноциліндрової установки або двигуна механічний переривник відключав лічильний пристрій в момент нормального іскрового розряду між свічками електродами, так що лічильником фіксувалися тільки передчасні спалахи.

Для проведення випробування на одноциліндровій установці

використовувався циліндр у комплекті з поршнем, поршневыми кільцями та клапанами, знятий з двигуна, що знаходився в експлуатації. У процесі випробування при періодичній зміні режиму від «малого газу» до «оптимального» за нормальних температурних умов на перших хвилинах роботи установки були виявлені передчасні спалахи суміші в циліндрі, які потім спостерігалися на всьому протязі випробування протягом 15 год. При цьому, спалахи не йшли безперервно один за одним, а відзначалися в окремих циклах, розділених деяким проміжком часу. Такий характер передчасних спалахів вказував на те, що вони викликалися частинками відкладень, що відокремилися від стінок камери згоряння, згоряння або викидання яких призводило до припинення передчасних спалахів у наступних циклах.

У ряді етапів була відзначена тенденція до виникнення серій передчасних спалахів, безперервно наступних один за одним протягом 2...3 сек., а в одному випадку передчасні спалахи спостерігалися безперервно протягом 20...25 сек, що супроводжувалося підвищенням температури головки циліндра з 192...230° С. Це свідчило про виникнення короткочасного сталого процесу передчасного займання суміші, який потім припинявся.

Результати випробування показують, що число передчасних спалахів значно змінюється від одного етапу випробування до іншого; це свідчить про імовірнісний характер процесів, які викликають виникнення передчасних спалахів протягом кожного етапу. Поряд з цим, середнє число передчасних спалахів, за час роботи установки при вибраних умовах її роботи було постійним на протязі всього дослідження. І складало близько 3300, що складало що відповідало 6% загальної кількості спалахів (рис. 4.4, рис 4.5).

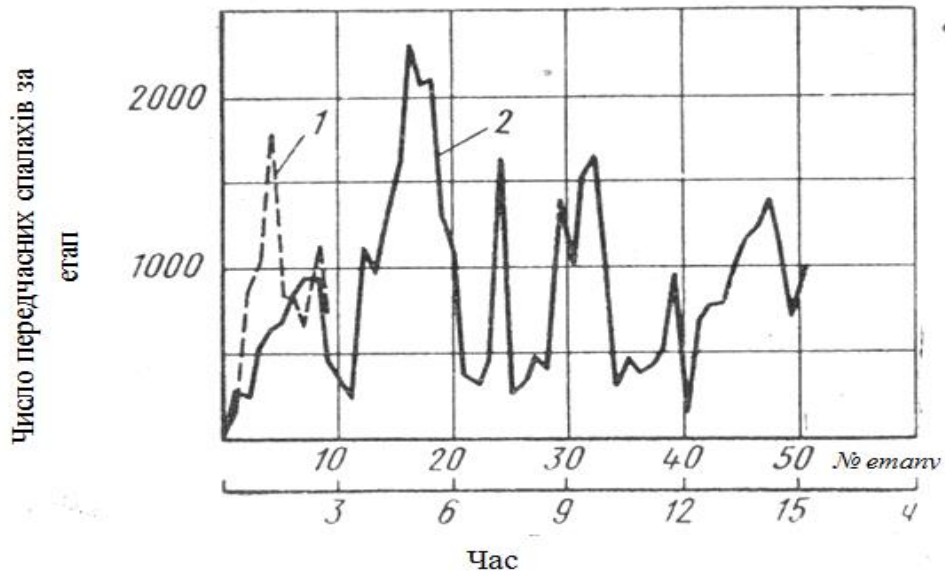


Рисунок 4.4. Характер зміни числа передчасних спалахів за кожний етап роботи одноциліндрової установки при дослідженнях.

1 – паливо А92 ; 2 – паливо А95

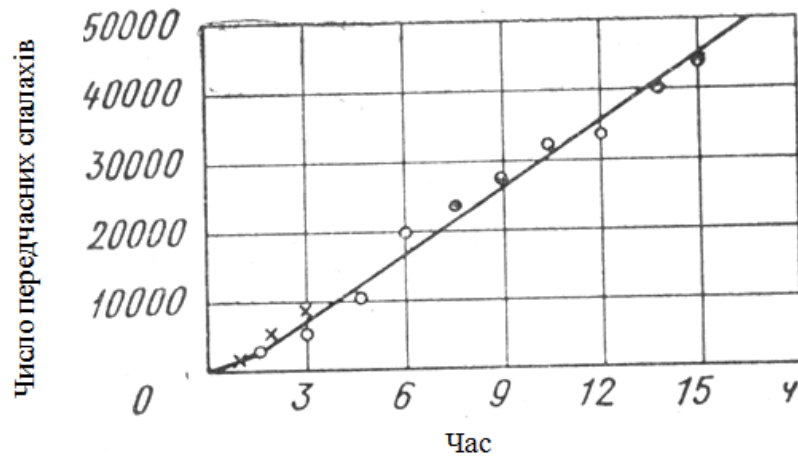


Рисунок 4.5. Залежність загального числа передчасних спалахів від часу дослідження.

x – паливо А92; o - паливо А95;

Після закінчення етапу накопичення відкладень була зроблена спроба викликати стійкий процес передчасного займання суміші шляхом «випалювання» відкладень за рахунок підвищення температури деталей камери згоряння. У процесі роботи установки на режимі 0,9 номінального мало місце

безперервне наростання числа передчасних спалахів за хвилину, спочатку поступове, а починаючи з 10-ї хвилини - дедалі інтенсивніше. На 19, 20-й хвилині роботи лічильник показав, що практично всі спалахи стали передчасними, що свідчило про виникнення сталого процесу передчасного займання. Одночасно спостерігалось значне збільшення температури головки циліндра (220...270 ° С) та падіння потужності установки. На 22-й хвилині роботи одноциліндрової установки процес передчасного займання суміші мимоволі припинився (рис. 4.6).

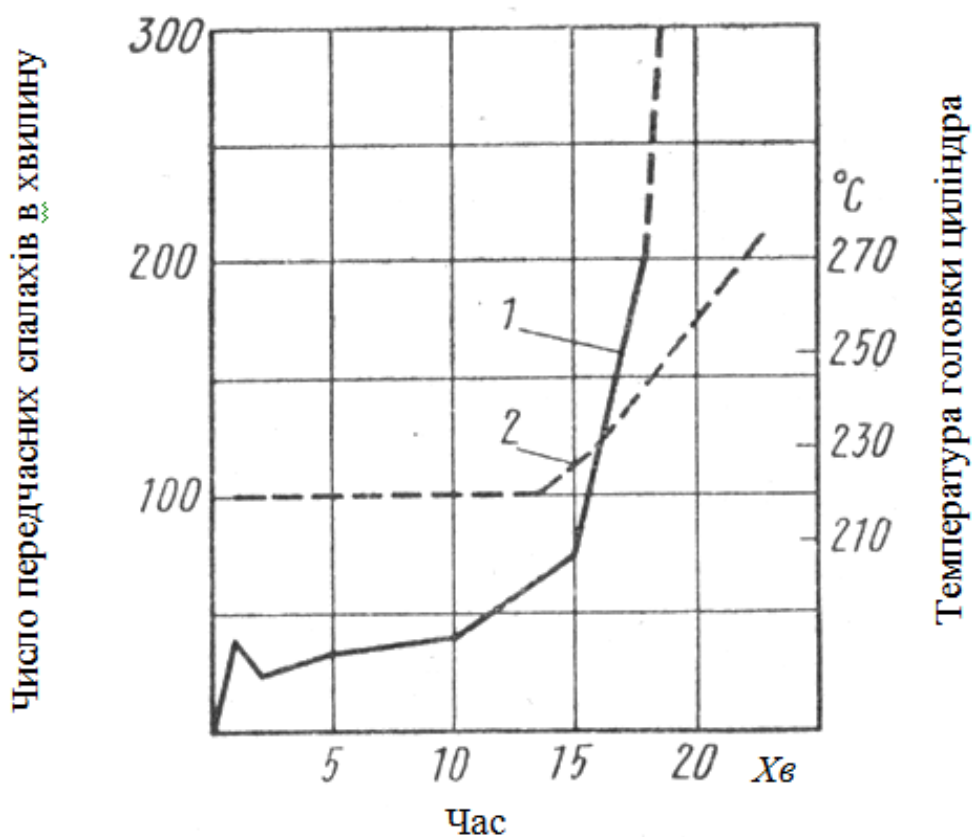


Рисунок 4.6. Характер зміни числа передчасних спалахів (1) та температури головки циліндра (2) при передчасному займанні суміші.

Описаний характер протікання процесу передчасного займання був можливий лише в тому випадку, якщо він викликався відкладеннями нагрівання, яке призводило в кінцевому підсумку до припинення процесу. Останнє підтвердилося після розбирання установки після закінчення

випробування, коли було виявлено, що поверхні головки циліндра, поршня та клапанів, що утворюють камеру згоряння, практично вільні від відкладень.

Наявні дані про залежність температури головки циліндра від кута випередження запалення показують, що зростання температури головки циліндра, яке спостерігалось, випередження запалення при передчасному займанні не менше ніж на  $45...50^{\circ}\text{C}$  роту колінчастого валу до верхньої мертвої точки такту всмоктування. При даному випробуванні не спостерігалось задирання деталей циліндро-поршневої групи, оскільки умови роботи цього вузла на одноциліндровій установці відповідають на повнорозмірному двигуні умов роботи поршня в циліндрі з причіпним шатуном. При випробуванні повнорозмірного двигуна зі штучно збільшеним кутом випередження запалення на  $50^{\circ}$ , викликати задири поршня в циліндрі з головним шатуном не становило труднощів.

Таким чином, є підстави вважати, що передчасне запалення суміші, викликане наявністю нагару на деталях камери згоряння, здатне порушити нормальні умови тертя деталей циліндро-поршневої групи і призвести до виникнення аварійного виду зносу -схоплювання металів деталей, що сполучаються.

Дослідженню проблеми передчасного займання суміші в двигунах внутрішнього згоряння з іскровим запалюванням, і особливо автомобільних, приділяється велика увага . Проведені різними авторами дослідження показали, що виникнення цього виду порушення нормального процесу згоряння залежить від великої кількості факторів і, головним чином, від характеристик застосовуваних палив і масел щодо схильності до запалення розпеченим нагаром і нагрітими поверхнями камери згоряння, а також від конструкції та умов роботи двигуна

У зв'язку з цим можна відзначити, що розглянуті двигуни до 85% всього ресурсу працюють переважно на відносно легких режимах, при невисоких теплових навантаженнях, що сприяє утворенню відкладень нагару в камерах згоряння циліндрів, а зростання кількості випадків задири поршнів при

збільшенні напрацювання відображає, мабуть, вплив закономірного зносу двигуна, збільшення витрати мастила та його загального забруднення. У той самий час контроль застосовуваних палив і мастил за схильністю до передчасного займання відсутня, що виключає можливості суттєвих відмінностей за цим параметром в різних партій палив.

Викладене свідчить про те, що при вивченні причин виникнення захоплення матеріалу деталей циліндро-поршневої групи двигунів внутрішнього згоряння з іскровим запаленням слід розглядати та аналізувати не тільки загальноприйняті параметри роботи сполучених деталей та зміни їх у зв'язку з тертям, а й вплив на них процесу згоряння робочої суміші. Доцільно всіляко розширювати проведення спеціальних досліджень: 1) щодо оцінки схильності палив та масел двигунів до передчасного займання та розробки заходів боротьби з цим порушенням процесу згоряння робочої суміші; 2) з розробки методів оцінки схильності палив та масел до передчасного займання та введення цієї характеристики.



## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 5.1 Розрахунок звукоізолюючої здатності дільниці

Визначити середню звукоізолюючу можливість дільниці, якщо рівень інтенсивності шуму досягає 110дБ, стіни боксу цегляні товщиною 53см, звукоізоляцію стелі приймаємо рівною звукоізоляції стін.

Середня звукоізоляція визначається за формулою:

$$R_{cp} = 231 \cdot \lg \cdot S_s - 9;$$

де  $S_s$  – значення поверхневої густини стін, для цегляної штукатуреної стіни товщиною 53см.

$$S_s = 950 \text{ кг/м}^3;$$

$$R_{cp} = 231 \cdot \lg \cdot 950 - 9 = 60 \text{ дБ.}$$

Середньо часова максимально допустима концентрація газових шкідливих складових в повітрі робочої зони не повинна перевищувати санітарно-технічних норм, мг/м<sup>3</sup>:

- окис вуглецю – 20;
- аерозолі свинцю - 0,01;
- окиси азоту – 5:
- альдегіди – 0,5:
- акролеїни – 0,7:

Загальна вентиляція, розраховується в залежності від розчину газових домішок до максимально допустимої концентрації. При цьому проточне повітря подається в кімнату розгалужено.

При розрахунку загально обмінної вентиляції кількість при точного повітря повинна бути достатньою для компенсації повітря видаленого місцевими підсосами.

## 5.2 Розрахунок заземлення зварювально-наплавочної дільниці

Захисне заземлення повинно відповідати вимогам електробезпеки ДСТУ 12.1030-81 ССБТ і ДСТУ 12.1.009-92. Захисному заземленню підлягають металеві неструмопровідні частини обладнання, які внаслідок несправності ізоляції можуть бути під напругою.

Захисне заземлення електроустановок необхідно застосовувати:

- при номінальній напрузі 380 В і вище змінного струму, а також 440В і вище постійного струму;
- при номінальній напрузі вище 42 В змінного струму і вище 110 В постійного струму тільки в приміщеннях з підвищеною небезпекою, особливо небезпечних і зовнішніх установках;
- при встановленні електрообладнання у вибухонебезпечних зонах.

Захисне заземлення застосовується:

- в електроустановках до 1кВ змінного струму з ізольованою нейтраллю або з ізольованим виводом джерела однофазного струму, а також в електроустановках постійного струму з ізольованою середньою точкою;
- в електроустановках вище 1 кВ.

Мета розрахунку захисного заземлення – визначення основних параметрів заземлюючого пристрою.

Розрахунок проводиться для випадку розміщення заземлюючого пристрою в однорідній землі за допустимим опором розтікання струму заземлювача методом коефіцієнта використання заземлювачів.

## 5.3 Організація і порядок проведення робіт по знезараженню на об'єкті

Забезпечення безпеки людей і здійснення заходів по дезактивації і дезинфекції – складна задача, успішне вирішення якої можливе при умові організованого використання завчасно підготовлених сил і технічних засобів.

Всі заходи по захисту населення від засобів масового ураження в тому

числі і заходів по знезараженню і ліквідації інших можливих наслідків нападу противника, організують і проводять керівники (начальники цивільної оборони) підприємств.

Для проведення рятувальних і відновлювальних робіт в осередках масового ураження на об'єкті створюється формування цивільної оборони. Для цього на об'єкті створюються ланки знезараження, санітарно-обшивочні пункти, станції знезараження техніки, станції знезараження одягу.

Для контролю за якістю проведення робіт по знезараженню крім штатних сил і засобів можуть залучатися різні хімічні лабораторії (об'єктів, учбових, науково-дослідницьких інститутів та інших установ), які завчасно в мирний час по планах штатів цивільної оборони забезпечуються всіма необхідними пристроями і реактивами. Проведення робіт по знезараженню можна умовно поділити на три етапи.

До робіт першого етапу відносяться роботи, що виконуються в індивідуальному порядку кожною людиною з метою знезараження уражених ділянок: тіла, одягу, взуття, особистого інструменту і оснащення. Ці роботи повинні усунути або максимально знизити небезпеку ураження людей і дати можливість продовжувати роботу або виконувати поставлені завдання.

Роботи другого етапу здійснюються особистим складом формувань цивільної оборони під керівництвом спеціалістів і проводиться в окремих ділянках і в тих заражених об'єктах, які представляють найбільшу небезпеку для людей.

Роботи третього етапу виконуються спеціальними формуваннями (частинами) з допомогою табельних технічних засобів і передбачають забезпечення повної дезактивації, дегазації і дезінфікації території споруд і будівель.

Подібна постановка загальні принципи знезараження повністю правильні. В реальних умовах підготовка, визначення об'єктів і послідовність проведення робіт по дезактивації, дегазації і дезінфікації повинні бути ґрунтовані на всебічному аналізі обставин з обов'язковим обліком можливості досягнення

головної цілі – своєчасного забезпечення рятувальних і аварійно-відновлюваних робіт, що підлягають виконанню у першу чергу.

Організація і послідовність проведення робіт:

1. Знезаражені території, проїздів і проходів, необхідних для проведення рятувальних робіт, надання допомоги потерпілим, а також вивезення або виведення працівників, службовців і населення із небезпечних регіонів.

2. Знезараження ділянок місцевості і споруд для забезпечення успішної роботи формувань цивільної оборони і в першу чергу тих, які зайняті виконанням термінових аварійно-відновлювальних заходів, гасіння пожеж і надання медичної допомоги людям.

3. Знезараження території і обладнання найбільш важливих ділянок, транспорту і зв'язку, а також території продовольчих і матеріальних сховищ джерел водопостачання і під'їзних шляхів до них.

4. Знезараження будівель, обладнання і майна адміністративних установ, відповідні роботи у житловому секторі.

Одночасно з послідовним проведенням вказаних заходів завжди проводиться знезараження машин і матеріальної частини формувань цивільної оборони, що приймали участь в роботах в зараженому регіоні індивідуальних засобів захисту працюючих людей та санітарна обробка особистого складу. Крім того, після виведення або вивезення населення із осередків ураження у випадку необхідності приймають міри по знезараженню одягу і санітарної обробки.

У випадку одночасного ураження радіоактивними і отруйними речовинами і бактеріальними засобами порядок і послідовність проведення способів знезараження наступні. Спочатку проводять дегазацію, яка одночасно виконує деякі функції дезінфікації і частково дезактивацію, а потім по мірі необхідності після дозиметричного контролю повну дезактивацію.

Дезактивації, дегазації і дезінфікації підлягають тільки обмежені і найбільш важливі ділянки території об'єкту.

Дезактивацію території можна проводити декількома способами.

Змиванням радіоактивних речовин водою проводять при дезактивації площ, вулиць і доріг з твердим покриттям. Цей спосіб найбільш зручний. Дезактивацію змиванням можна проводити поливно-миючими і пожежними машинами, мотопомпами, іншими засобами, що дозволяють оброблювати заражені поверхні направленим струменем води під тиском. Повнота дезактивації при цьому головним чином залежить від тиску водяного струменя. Чим більші витрати і вищий тиск під яким викидається струмінь води тим швидше і надійніше вилучаються радіоактивні речовини.

Зрізання і вилучення зараженого шару ґрунту (снігу) призводять до дезактивації ділянок місцевості і доріг без твердого покриття.

Оскільки процес зрізання зараженого ґрунту або снігу трудомісткий, то знезаражувати великі ділянки таким способом недоцільно. Застосовують цей спосіб при устрої поїздів і проходів. Ґрунт зрізають на глибину 5...10 см, втоптаний сніг – 6 см, рихлий сніг – до 20 см. Після цього заражений ґрунт або сніг викидають вбік. При цьому для зниження рівня радіації у 5 разів ширина полоски, що дезактивується повинна складати 35 м, а для зниження рівня радіації у 10 разів – 90 м.

Роботи по зрізання і вилученню зараженого шару можна з успіхом виконувати за допомогою бульдозерів, скреперів, грейдерів та інш. Найбільші ділянки доріг і проходів можна також дезактивувати в ручну лопатами.

Переорювання або перекопування ґрунту на ділянках місцевості обмежених розмірів без твердого покриття проводять наступним чином. Верхній заражений шар ґрунту товщиною 20см піднімають і перевертають зараженою стороною вниз для того, щоб закопати радіоактивні речовини і ізолювати їх нижнім незараженим шаром землі. Переорюють тракторами з плугами, а перекопують лопатами на невеликих ділянках і тільки у випадку крайньої необхідності, засипку (ізоляцію) зараженої поверхні шаром незараженого ґрунту або матеріалу проводять для проходів і поїздів. При цьому із землі, піску, щебеню та інших незаражених речовин створюють щільний шар ізолюючого матеріалу рекомендується зволожувати водою. Незаражені

матеріали підвозять на автомашинах самоскидах і деяких видах землерийних та інших машинах.

Вилучення радіоактивних речовин вимітанням застосовують тільки для дезактивації твердих і відносно гладких поверхонь. Цю операцію здійснюють підметально-прибиральними машинами та вручну (мітлами, віниками). Такий спосіб не можна широко застосовувати, оскільки радіоактивні речовини вилучаються не повністю і при цьому створюється велика кількість пилу. Основні способи дезинфекції та дегазації території – хімічні і механічні. На ізольованих і віддалених ділянках не в заселених місцях заражену територію можна залишити для природної дегазації і дезинфікації, при якій отруйні речовини або бактеріологічні засоби розпадаються і знищуються в результаті впливу сонячної радіації, вологи та інших метеорологічних факторів.

При дегазації і дезинфікації території застосовують наступні хімічні засоби.

Дегазацію і дезинфікацію поливанням дегазуючими речовинами виконують авторозливними станціями, поливно-миючими машинами рівномірно розбризкуючи дегазуючі розчини.

Для дегазації площ, вуличних покриттів, доріг і ділянок місцевості заражених отруйними речовинами типу іприт і 2-х в'язкими рецептурами, використовують водні суспензії хлорного вапна і дегазуючих засобів при температурі не нижче +50С. Якщо територія заражена отруйними речовинами типу зарін, то крім водної суспензії, хлорною ванною і дегазуючих засобів при температурі -50С і вище застосовують 10% і водні розчини їдкою натрію (калію), сірчаного натрію і 10 – 12% - го розчину аміаку, а при температурі нижче -50С для ділянок місцевості без снігового покриву, або з вкатаним снігом 20 – 25% аміачну воду.

Для дезактивації території застосовують в основному аналогічні розчини. Для руйнування токсинів найбільш ефективні розчини лугів і сірчаного натрію.

При дегазації території необхідно враховувати, що суспензії і розчини забезпечують головним чином поверхневу дегазацію, тобто розчиняють тільки

ті отруйні речовини, які знаходяться на зовнішніх шарах поверхні, що обробляються, а отруйні речовини, що потрапили у глибинні шари повному знешкодженню не підлягають.

Тому, безпосередньо після закінчення дегазації вилучається лише небезпека ураження людей краплерідинними отруйними речовинами в той час, як небезпека ураження парами отруйних речовин, що сподіваються, внаслідок випаровування частини отруйних речовин, що поглинулися зберігається ще на протязі 1...2 год, а інколи і більше. Тому знаходитись в той час на продегазованій території без протигазу не рекомендується.

Дегазацію розсіванням сипучих дегазуючих речовин виконують на автомашинах обладнаних пристроями ПДП – 53, сільськогосподарських розкидачів типу РПТМ – 2,0, піскорозкидувачами, самоскидах, а на території малих розмірів вручну (лопатами). Для дегазації території і ділянок місцевості заражених отруйними речовинами (ОР) типу іприт та їх в'язкими рецептурами в якості основних дегазуючих речовин при температурі не нижче 5 0С застосовують хлорне вапно і ДТС ГК.

## ВИСНОВКИ

Одержані результати в магістерській роботі підтверджують важливість подальшого дослідження та вдосконалення технологічних процесів ремонту та відновлення наконечників рульового керування автомобілів. Науковий та патентний огляд сучасних методів ремонту та відновлення деталей та їхній вплив на надійність та довговічність роботи конкретних вузлів та агрегатів автомобіля при забезпеченні високої ефективності та безпеки руху автомобільних транспортних засобів, свідчать про актуальність даного напрямку робіт.

Як показує досвід експлуатації наконечника рульової тяги, на його працездатність впливає цілий комплекс факторів. Основні серед них: динамічний характер силового навантаження; попадання абразиву в зони тертя робочих поверхонь; нерегулярний режим мащення; вібрації. В результаті дії перелічених факторів поверхні тертя, в зоні фрикційного контакту, зазнають інтенсивного зношування, що призводить до виникнення зазорів, вібрації та шумів, і в загальному впливає на ефективність роботи рульового управління в цілому.

Досягнення ефективних показників по надійності експлуатації наконечників рульової тяги можливе при подальшому вдосконаленню як конструкторських (вибір матеріалу деталі, конфігурація деталі, параметри точності та якості поверхонь деталі, ремонтнопридатність), технологічних (оптимальний технологічний процес виготовлення деталі, технологічний процес складання вузла із даною деталлю) та експлуатаційних заходів (оптимальні режими експлуатації, планові ремонти) для вибору оптимального методу ремонту та відновлення деталей даного класу.

Запропоновані в даній роботі практичні рекомендації та загальні висновки, стосовно оптимізації процесів ремонту наконечників рульового керування автомобіля, можуть бути зrealізовані в автомобільних сервісних центрах та для виробників автозапчастин із врахуванням їх технологічних можливостей.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Конспект лекцій з дисципліни «Відновлення деталей» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» / Укладачі: Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2021. – 136 с.
2. Розробка моделі узагальненого діагностичного показника технічного стану ходової частини автомобіля з використанням математичних методів теорії планування експерименту / О.Л. Ляшук, І.Б. Гевко, А.Б. Гупка, Л.М. Слободян, Б.Р. Гевко, Р.В. Хорошун // ЛНТУ, Том 2 № 21 (2023): сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Луцьк, - 2023. с. 135-144.
3. Техніко – економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Луциків І.В., Плекан У.М., Клендій В.М. – Тернопіль : Вид – во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 276 с.
4. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гудь В.З., Левкович М.Г., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. – Тернопіль : Вид – во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 544 с.
5. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Левкович М.Г., Гудь В.З., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. – Тернопіль : Вид- во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 544 с.
6. Oleg Lyashuk ,Andrii Gupka, Yuriy Pyndus , Vasily Gupka, Mariia Sipravska, Andrzej Wozniak, Mikola Stashkiv The tribology of the car: Research methodology and evaluation criteria ICCPT 2019: Current Problems of Transport: Proceedings of the 1st International Scientific Conference, May 28-29, 2019, Ternopil, Ukraine (ICCPТ 2019), Ternopil, Ukraine, May 28-29, 2019.
7. O. Liashuk O. Livitskyi, V. Aulin , S. Lysenko , A. Hryniv, A.Gupka Parameters of the lubrication process during operational wear of the crankshaft

bearings of automobile engines Problems of Tribology, V. 27, No 4/106-2022, 69-81.

8. Конспект лекцій (частина І) з дисципліни «Транспортні засоби» для студентів усіх форм навчання першого рівня освіти за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт», 275 «Транспортні технології» галузі знань 27 «Транспорт» / О.Л. Ляшук, Т.Д.Навроцька., Р.Р. Заверуха., Л.М. Слободян., Р.В. Хорошун. – Тернопіль, ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 132 с

9. Параметрична модель фрикційного контакту / Р.Я. Лещук, І.Т. Ярема, А.Б. Гупка // 16-й Міжнародний симпозіум українських інженерів-механіків у Львові (м. Львів, 18 травня – 19 травня 2023 р.) : Матеріали симпозіуму. – Львів : КІНПАТРИ ЛТД, 2023. с. 58.

10. Навчальний посібник «Техноекологія та цивільна безпека. частина «Цивільна безпека»» / автор-укладач В.С. Стручок– Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., – 156 с.