

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра надійності і ремонту машин

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломної роботи
освітнього ступеня "Магістр"
на тему:

**УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ КУЛЬОВИХ
ШАРНІРІВ РУЛЬОВОГО КЕРУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ**

Виконав: студент 2 курсу, групи МгМз-1-19
за спеціальністю 208 "Агроінженерія"

_____ Степаненко Олександр Анатолійович

Керівник: _____ Толстенко Олександр Васильович

Рецензент: _____

Дніпро 2021

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра: Надійності і ремонту машин

Освітній ступінь: "Магістр"

Спеціальність: 208 "Агроінженерія"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

НРМ

(назва кафедри)

д.т.н. професор

(вчене звання)

Дирда В.І.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

„1” 10 2020 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТА**

Степаненко Олександра Анатолійовича

1. Тема роботи: Удосконалення системи технічного сервісу кульових шарнірів рульового керування автомобілів

керівник роботи к.т.н. доцент Толстенко О.В.

затверджені наказом вищого навчального закладу від “25” листопада 2020 року № 2958

2. Строк подання студентом роботи до 1.02.2021

3. Вихідні дані до роботи Аналіз роботи базового підприємства. Класи та види кульових опор та наконечників рульових тяг. Рухомий склад підприємства. Показники стану охорони парці в базовому підприємстві. Техніко-економічні показники роботи базового підприємства.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Стан питання та задачі досліджень. 2. Теоретичні дослідження довговічності та робото здатності кульових шарнірів рульового керування. 3. Методика проведення експериментальних досліджень та їх результати 4. Охорона праці та захист у надзвичайних ситуаціях. 5. Техніко-економічні показники роботи. Загальні висновки та пропозиції. Список літератури. Додатки

РЕФЕРАТ

Дипломна робота виконана на тему: Удосконалення системи технічного сервісу кульових шарнірів рульового керування автомобілів.

В дипломній роботі були розглянуті існуючі конструкції та типи шарнірів. Досліджено надійність та робото здатність шарнірних з'єднань.

Проведено теоретичні та експериментальні дослідження, що підтверджують роботоздатність запропонованого метода підвищення довговічності шарнірних кульових опор.

Також були розроблені заходи з охорони праці і розрахована техніко-економічна оцінка проектних рішень.

Дипломна робота включає в себе пояснювальну записку об'ємом 83 сторінки, а також 12 презентаційних листів виконаних у програмі Microsoft Power Point.

Ключові слова - КУЛЬОВА ОПОРА, РУЛЬОВЕ КЕРУВАННЯ, НАКОНЕЧНИК РУЛЬОВОЇ ТЯГИ, ЗНОС, ВІДМОВА і т.д.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	10
1.1. Коротка характеристика базового підприємства.....	10
1.2. Аналіз технічних несправностей механізмів автомобілів, що забезпечують безпеку руху.....	13
1.3. Будова та принцип роботи кульових шарнірів підвіски та рульового керування.....	16
1.3. Аналіз видів ушкоджень кульових шарнірів.....	23
1.4. Загальні висновки.....	26
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА УДОСКОНАЛЕННЯ СЕРВІСНИХ ДІЙ ТА ОБГРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОГО ШЛЯХУ ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ КУЛЬОВИХ	
ОПОР.....	27
2.1. Обгунтування оптимального методу підвищення довговічності кульового шарніру.....	27
2.2. Досліджувані мастильні композиції.....	32
2.3. Вивчення втрат на тертя в кульових парах.....	35
2.4. Фізична модель взаємодії наноалмазів з поверхневим шаром сферичної опори пальця та поверхнею втулки.....	39

2.5.	Виснов-
ки.....	41
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	
ПРАВИЛЬНОСТІ	ВИБОРУ
ЗАСОБІВ	ВИМІРЮВАННЯ
.....	42
3.1.	Методика експериментальних досліджень.....
	42
3.2.	Випробування кульової опори на знос.....
	44
3.3.	Фізико-хімічні властивості ультрадисперсного порошку алмазографіта.....
	46
3.4.	Визначення ефективної концентрації ультрадисперсного порошку алмазографіта в пластичному мастильному матеріалі.....
	47
3.5.	Дослідження антифрикційних властивостей мастильних композицій при терті – ковзані.....
	49
3.6.	Виснов-
ки.....	53
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	
	54
4.1.	Загальні відомості про охорону праці на підприємстві.....
	54
4.2.	Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів у зоні поточного ремонту.....
	56
4.3.	Заходи по забезпеченню захисту працівників від дії шкідливих та небезпечних факторів.....
	57
4.4.	Правила безпечного виконання робіт слюсарем механоскладальних робіт.....
	58
4.5.	Дії у разі настання надзвичайної ситуації (Прогнозування вибуху газоповітряних сумішей при руйнуванні газопроводу з газом).....
	63
4.6.	Висновок.....
	68

РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО - ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ	
ДОСЛІДЖЕННЯ.....	69
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	77
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	79
ДОДАТКИ.....	83

ВСТУП

Серед безлічі вузлів підвіски й рульового керування автомобілів, кульовий шарнір є одним з важливих несучих вузлів, працездатність якого прямо залежить від умов експлуатації. Кульові шарніри автомобілів визначають надійність роботи всього автомобіля й безпосередньо впливає на його безпеку [1].

Кульові шарніри використовуються для з'єднання елементів підвіски й рульового керування і являють собою кінематичні з'єднання, які мають три кутові ступені волі при переміщенні робочих елементів (важелів) [2]. Такі шарніри є відповідальними з'єднаннями, тому що реалізують у зв'язках високі навантаження: вертикальні – від ваги автомобіля, горизонтальні – від сили тяги, гальмування й повороту автомобіля. Надійність роботи шарнірів значно впливає на безпеку руху автомобіля.

У більшості випадків кульовий шарнір є нерозбірним вузлом [3], що значно утрудняє визначення технічного стану в умовах автосервісного підприємства. Одним з образів діагностування є лабораторні стендові дослідження кульових шарнірів. Для одержання достовірної інформації про величину зношування кульових шарнірів і розробки методики визначення їх технічного стану в умовах автосервісного підприємства необхідна область лабораторних стендових досліджень. При діагностуванні кульових шарнірів на стенді, він повинен повною мірою імітувати всі рухи й зусилля, які передаються на шарніри в реальних умовах.

Крім того, щоб мати можливість повною мірою довіряти результатам стендових досліджень, необхідна їхня перевірка даними, отриманими в умовах виробництва [4].

Дослідження, спрямовані на розробку методів, засобів і алгоритмів визначення технічного стану кульових шарнірів в умовах автосервісного підприємства є актуальним.

Граничним станом кульовий шарнір прийнято вважати стан, при якому осьовий і радіальний зазори пальця в корпусі досягають величини 0, 7 мм при додаванні до пальця осьовий і радіальної навантажень ± 981 Н. Ці величини сприятливі для автомобільних кульових пальців з діаметром неповної сфери $d = 25 - 35$ мм [5, 6, 7].

Враховуючи вищесказане, виникає необхідність у розв'язку проблеми підвищення ефективності технічного сервісу кульових шарнірів.

Основоположниками в області вивчення проблем пов'язаних з кульовими шарнірами є Гун І. Г., Лапчинський В. В., Фролов А. М., Шулигін В. О., Калмиків Ю. В, Волков А. В, Куликов Г. БИ, Стрешнев А. Е, Чаплигін Д.О. В, а також закордонні вчені Осса Е. А., Поле С., Джеюнг К. і ін. У даних роботах розглядалися питання підвищення й удосконалювання якості виготовлення кульових шарнірів, закономірності зміни їх технічного стану, віброакустична діагностика підшипникових вузлів, однак ці питання не розглядалися в рамках технічного сервісу на підприємствах з ремонту й обслуговування автомобілів. У магістерській роботі пропонується вдосконалення сервісних робіт кульових шарнірів в умовах автосервісного підприємства.

Відомі з науково-технічної літератури результати теоретико-прикладних досліджень із питань сервісу кульових шарнірів показують, що застосовувані методи, образи й засобу не повною мірою відповідають сучасним вимогам ринку технічного обслуговування, діагностування й ремонту підвіски автомобілів. Ця проблема вивчена не повністю й на сьогоднішній день вимагає впровадження комп'ютерних і інформаційних технологій для підвищення якості надаваних послуг.

Метою роботи є підвищення ефективності технічного сервісу кульового шарніра рульового керування автомобілів.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні **основні задачі**:

- провести аналіз конструкції кульових шарнірних опор та визначити причини виходу їх з ладу;

- визначити залежності тертя у кульових шарнірних вузлах з використанням мастила та без нього;
- розробити методику та план експериментальних досліджень тертя та зносу кульових шарнірів;
- визначити моменти тертя та коефіцієнт тертя кульових шарнірів;
- провести заходи з охорони праці та безпеки життєдіяльності;
- провести техніко-економічну оцінку роботи.

Об'єктом дослідження є кульовий шарнір кермового керування автомобіля.

Предмет дослідження – є спосіб технічного сервісу кульових шарнірів рульового керування автомобіля.

Публікації. За результатами роботи надруковано статтю: Степаненко О.А. Дослідження причин виходу з ладу кульових опор та пошук шляхів підвищення їх довговічності / Степаненко О.А. // Модернізація та наукові дослідження: парадигма інноваційного розвитку суспільства і технологій: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції ГО "Інститут інноваційної освіти" Науково-навчальний центр прикладної інформатики НАН України. – 2021. – С. 191–194.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Коротка характеристика базового підприємства

Всі роботи та дослідження проводились на базі ремонтної майстерні рухомого складу газопромислового управління «Шебелинкагазвидобування» та на кафедрі надійності і ремонту машин.

Газопромислове управління «Шебелинкагазвидобування» – провідне підприємство з видобутку природного газу, яке забезпечує понад 40% видобутку блакитного палива в Україні.

Видобуток ГПУ «Шебелинкагазвидобування» у 2020 році склав 7,552 млрд м³ газу, понад 128,04 тис. тонн газового конденсату та нафти.

Філія здійснює розробку 57 нафтогазоконденсатних родовищ у східній частині України (Полтавська, Харківська, Донецька, Луганська і Дніпропетровська області) із експлуатаційним фондом, який налічує 1 644 свердловини. Загальна кількість виробничих об'єктів (УКПГ, УПГ, ДКС, ГРС) – 101 одиниця.

Загальна протяжність міжпромислових трубопроводів та шлейфів – 4 000 тис. км.

За історію своєї діяльності ГПУ «Шебелинкагазвидобування» видобуло:

- – природного газу – 1 233 млрд м³;
- – газового конденсату та нафти – 31 млн тонн.



Рис. 1.1. Управління «Шебелинкагазвидобування»

У рамках Стратегії «20/20» ПАТ «Укргазвидобування» проводить масштабне оновлення власного автопарку спецтехніки.

Нещодавно для успішного виконання виробничих завдань було придбано 39 самоскидів МАЗ (оновлення автопарку самоскидів на 25%) та 64 шт. повнопривідні сідельні тягачі КрАЗ (оновлення на 50%).

Нову спецтехніку було розподілено між філіями Товариства: Львівгазвидобування, Полтавагазвидобування та Шебелинкагазвидобування. Крім того, спецтехніку було направлено для задоволення виробничих потреб найбільшого в Україні бурового підприємства «Укрбургаз» та нового підрозділу «УГВ-СЕРВІС».

Також у білоруського виробника «Фідмаш» придбано шість сучасних насосних установок з максимальним робочим тиском 700 атм та 1050 атм.

Виконуючи програму оновлення та модернізації автоспецтехніки до 2020 року водії ПАТ «Укргазвидобування» на 90% керуватимуть новим сучасним транспортом.



Рис. 1.2. Автомобілі КраЗ для Укргазвидобування



Рис. 1.3. Оновлення парку автомобілів

За останні роки автопарк оновлено на 30 % так у 2020 році було придбано 178 одиниць, які включають такі види автомобілів Рис. 1.4.

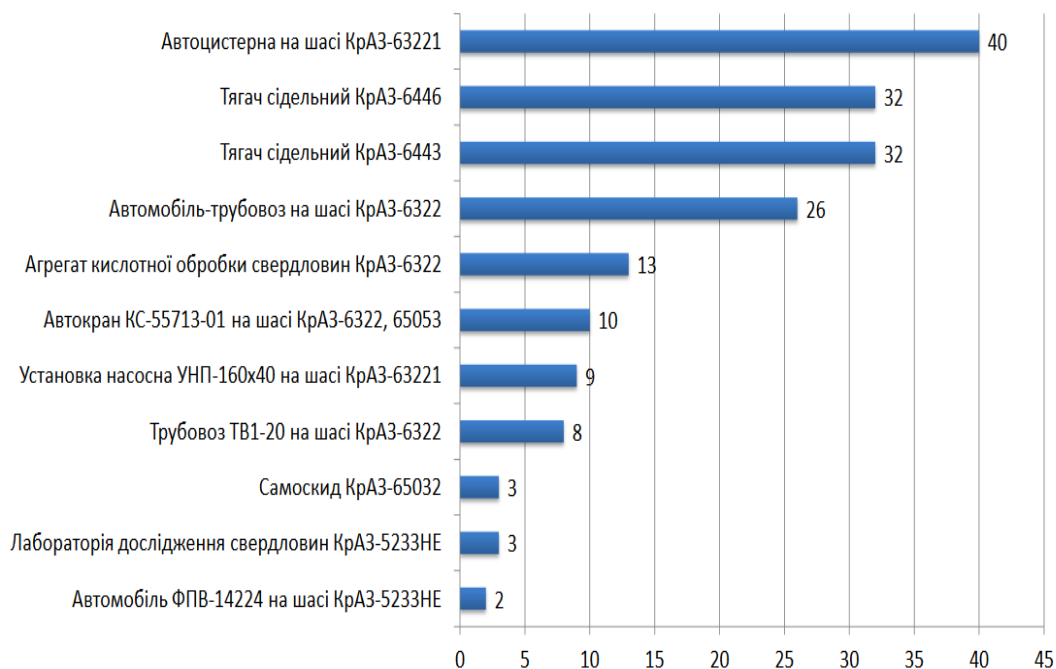


Рис. 1.4. Оновлення автопарку в 2020 році

1.2. Аналіз технічних несправностей механізмів автомобілів, що забезпечують безпеку руху

У статистичних даних по дорожньо-транспортних випадках (ДТП) у більшості випадків вказується, що порушення водіями ПДР і їх помилки є вагомими причинами 70 - 75%, несправність транспортних засобів - 2 - 4%, а незадовільні дорожні умови - 4 - 11% рис. 1.5. [8].



Рис. 1.5. Причини ДТП

Несправність ТС і погані дорожні умови не попадають у статистику як головна причина ДТП через відсутність у реальних умовах необхідної фіксації й оцінки цих умов як на місці ДТП, так і при проведенні розслідуванні його обставин. У статистику потрапляють тільки найбільш вагомі прояви: відрив колеса й руйнування ходової частини, переміщення вантажу, від'єднання напівпричепа й причепа. Однак у всіх перерахованих вище випадках визначають фактичну можливість водія запобігти ДТП необхідними й своєчасними діями. Основний негативний вплив несправностей ТС і поганих дорожніх умов полягає в тому, що вони провокують напружений стан водія при керуванні автомобілем і викликають швидке його стомлення, що викликає підвищення його помилок і виникненню ДТП із причин, пов'язаним з його діяльністю [9].

Несправності ТЗ, що стали причинами ДТП класифікуються по механізмах і вузлах рис. 1.6:

- 1) гальмова система - 20-50%, для різних типів ТЗ;
- 2) ходова частина, включаючи шини - 10-30%;
- 3) рульовий привод - 10-15%;
- 4) світлова сигналізація й освітлення - 10% [10].

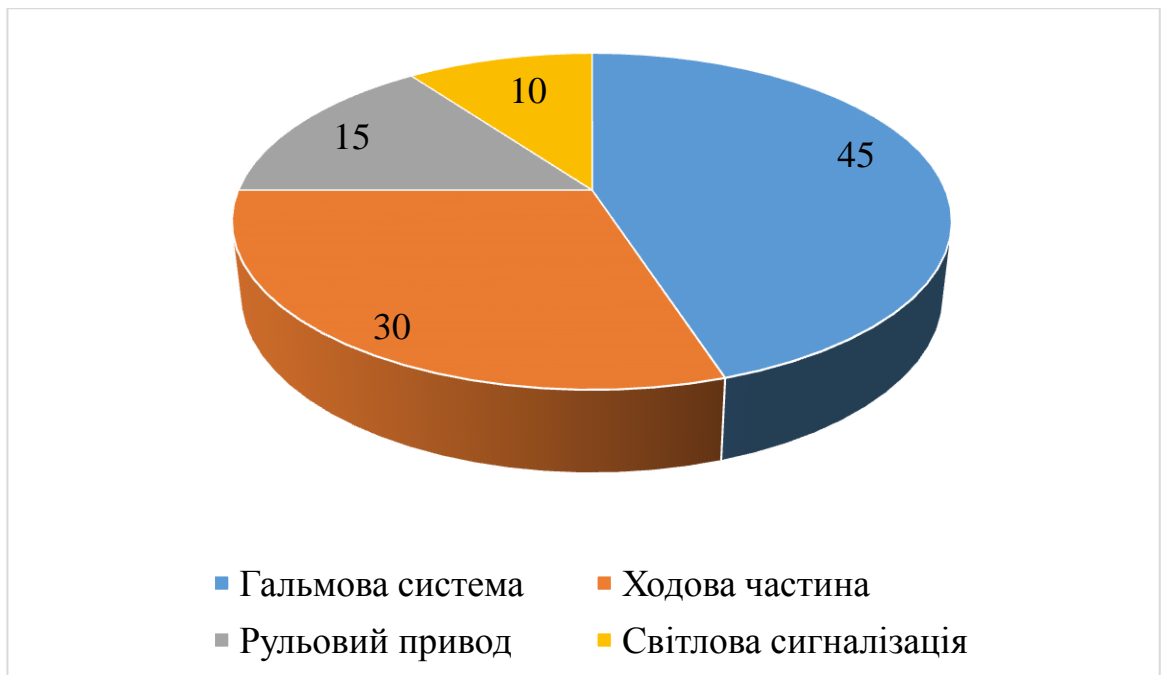


Рис. 1.6. Несправності ТЗ

Дослідження, проведені для визначення причинно-наслідкового зв'язку між несправністю транспортного засобу й дорожньо-транспортним випадком, що відбувся показали, що:

- несправність не є вагомим причиною автомобільних аварій. Від 66 до 89% ДТП відбувається з технічно справними транспортними засобами;
- у більшості випадків водій має можливість виявити наявну технічну несправність перед початком руху;
- на несправності, які водій не в змозі визначити перед початком руху, припадає не більш 3-5%. Це, у більшості випадків, приховані дефекти у вузлах, технічний стан яких може бути визначене тільки після демонтажу й розбирання [11].

Одними з основних критеріїв визначення працездатності ТЗ є стійкість і керованість [12]. Аналіз шляхово-транспортної аварійності в регіонах України показав (рис. 1.7), що основними факторами, що визначають настання ДТП є технічні несправності кермового привода, гальмових механізмів і ходової частини автомобіля.

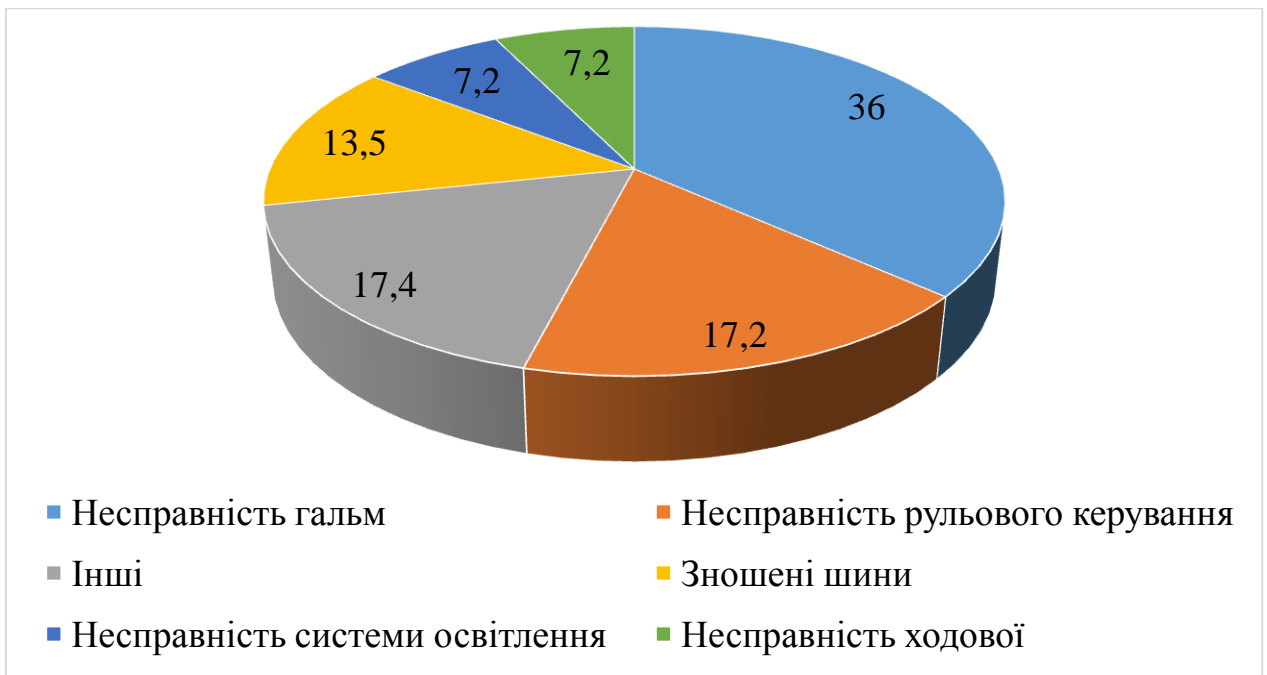


Рис. 1.7 - Діаграма видів технічних несправностей автотранспортних засобів, що приводять до ДТП

Для підвищення стійкості й керованості автомобілів, необхідний аналіз впливу всіх систем автомобіля на безпеку руху, виділити менш надійні, для подальшого вдосконалювання їх конструкції й створити високоефективну систему забезпечення й збереження працездатності [13].

1.3. Будова та принцип роботи кульових шарнірів підвіски та рульового керування

Кульові шарніри використовуються для з'єднання елементів підвіски й рульового керування і являють собою кінематичні сполучення, що мають три кутові ступені волі при переміщенні робочих елементів (важелів) [14]. Такі шарніри є відповідальними сполученнями, тому що реалізують у зв'язках високі навантаження: вертикальні - від ваги автомобіля, горизонтальні - від сили тяги, гальмування й повороту автомобіля. Надійність роботи шарнірів значно впливає на безпеку руху автомобіля.

Підвіска забезпечує пружний зв'язок між кузовом і колесами, зм'якшуючи поштовхи й удари, при русі автомобіля по нерівностях дороги. Завдяки її

наявності підвищується довговічність автомобіля, а водій і пасажери почувають себе комфортно. Підвіска позитивно впливає на стійкість і керованість автомобіля, його плавність ходу [15, 16].

У залежних підвісках кульові шарніри практично не використовуються, тому що ліве й праве колесо твердо зв'язано один з одним, тому використовують більш просту конструкцію - шкворневе з'єднання [17].

У випадку з незалежною підвіскою при наїзді на нерівній дорозі, одне з коліс міняє своє положення, а друге - ні, що підвищує керованість, стійкість і плавність ходу автомобіля. Незалежні підвіски підрозділяються у свою чергу на кілька типів:

- підвіска Макферсона рис. 1.8, це підвіска колеса, яка містить у собі один важіль, стабілізатор поперечної стійкості, пружину, а так само амортизатор телескопічного типу, закріпленого у верхній частині до брызговику кузова за допомогою пружного шарніра й має можливість гойдатися при переміщенні колеса нагору-униз.

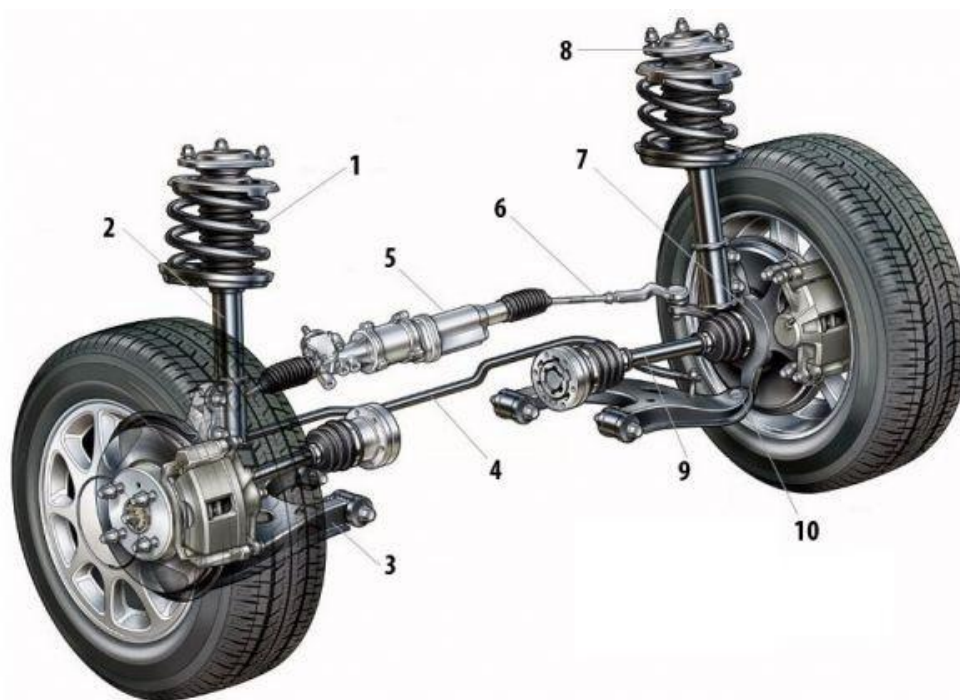


Рис. 1.8. Підвіска Макферсона

1 - Пружина амортизатора; 2 - Амортизатор; 3 - Нижній важіль; 4 - Стабілізатор поперечної стійкості; 5 - Рульова рейка; 6 - Рульова тяга; 7 - Ступиця колеса; 8 - Опорний підшипник; 9 - Напіввісі; 10 - Кульова опора.

- двухважільна підвіска рис. 1.9 містить два кульові шарніри на колесо.



Рис. 1.9. Двухважільна підвіска

Аналіз надійності елементів кермового механізму й підвіски передніх коліс у задньопривідних автомобілів, виконаний у роботі [6] показав, що на кути установки передніх коліс впливають у першу чергу дефекти шарніра кермових тяг і кульового шарніра важеля підвіски з підшипниковим вузлом верхньої опори телескопічної амортизаційної стійки.

Кульові шарніри, установлені в передній підвісці автомобіля (рис. 1.10), являють собою відповідальні сполучення, це пов'язане з тим, що вони сприймають у значні зусилля у всіх площинах: вертикальні - від маси автомобіля, поздовжні й поперечні - при гальмуванні, прискоренні й при поворотах. Надійність шарнірів безпосередньо впливає на безпеку руху автомобіля [5].



Рис. 1.10. Різні варіанти конструкцій кульових шарнірів використовуваних у підвісках автомобілів

Кульові шарніри складаються з наступних елементів рис. 1.11:

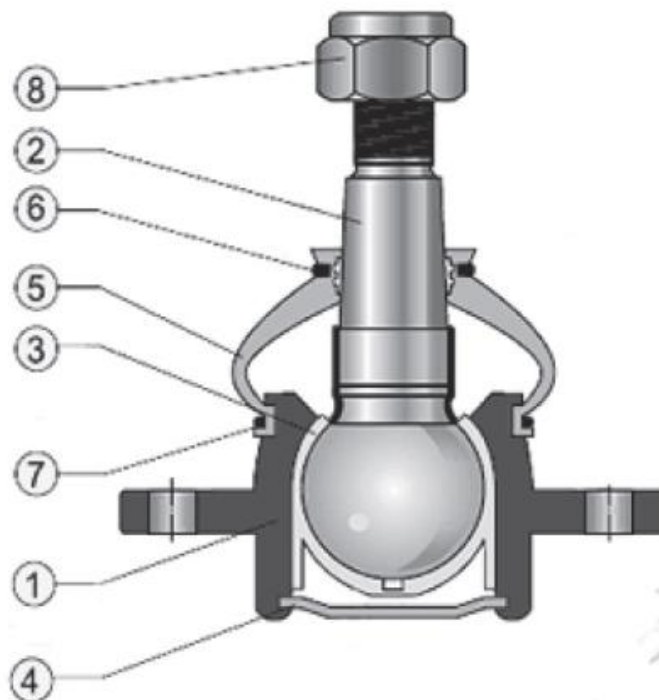


Рис. 1.11. Будова кульового шарніра підвіски автомобіля

1 – корпус, 2 – палець, 3 – полімерна вставка, 4 – кришка, 5 – пильник, 6 – фіксує кільце пильника верхнє, 7 - фіксує кільце пильника нижнє, 8 – гайка.

Корпус кульового шарніра - є базовою деталлю, призначений для розміщення й фіксації інших елементів кульового шарніра, а також передачі зусиль від кульового пальця до елементів підвіски або рульового керування [18];

Кульовий палець - основний робочий елемент кульового шарніра призначений для передачі зусиль від одних елементів підвіски до інших з компенсацією їх взаємного переміщення в різних площинах шляхом обертання кульової головки пальця в корпусі шарніра [18];

Вкладиш кульового пальця є підшипником ковзання - призначений для зменшення тертя при обертанні головки кульового пальця й продовження ресурсу кульового пальця [18];

Захисний чохол - призначений для захисту пари тертя вкладиш - головка кульового пальця від влучення води, бруду, абразивних часток, таким чином, є незначним, але дуже важливим елементом кульового шарніра, від цілісності якого залежить ресурс шарніра в цілому [18];

Змащення - призначене для зменшення тертя в парі вкладиш - головка кульового пальця.

У якості полімерної матриці композиційного матеріалу для заповнення простору між вкладишем і корпусом можуть бути використані, наприклад, поліамід, поліефір, поліетилен або полібутадієнтерафтолат, капролон (рис. 1.12).

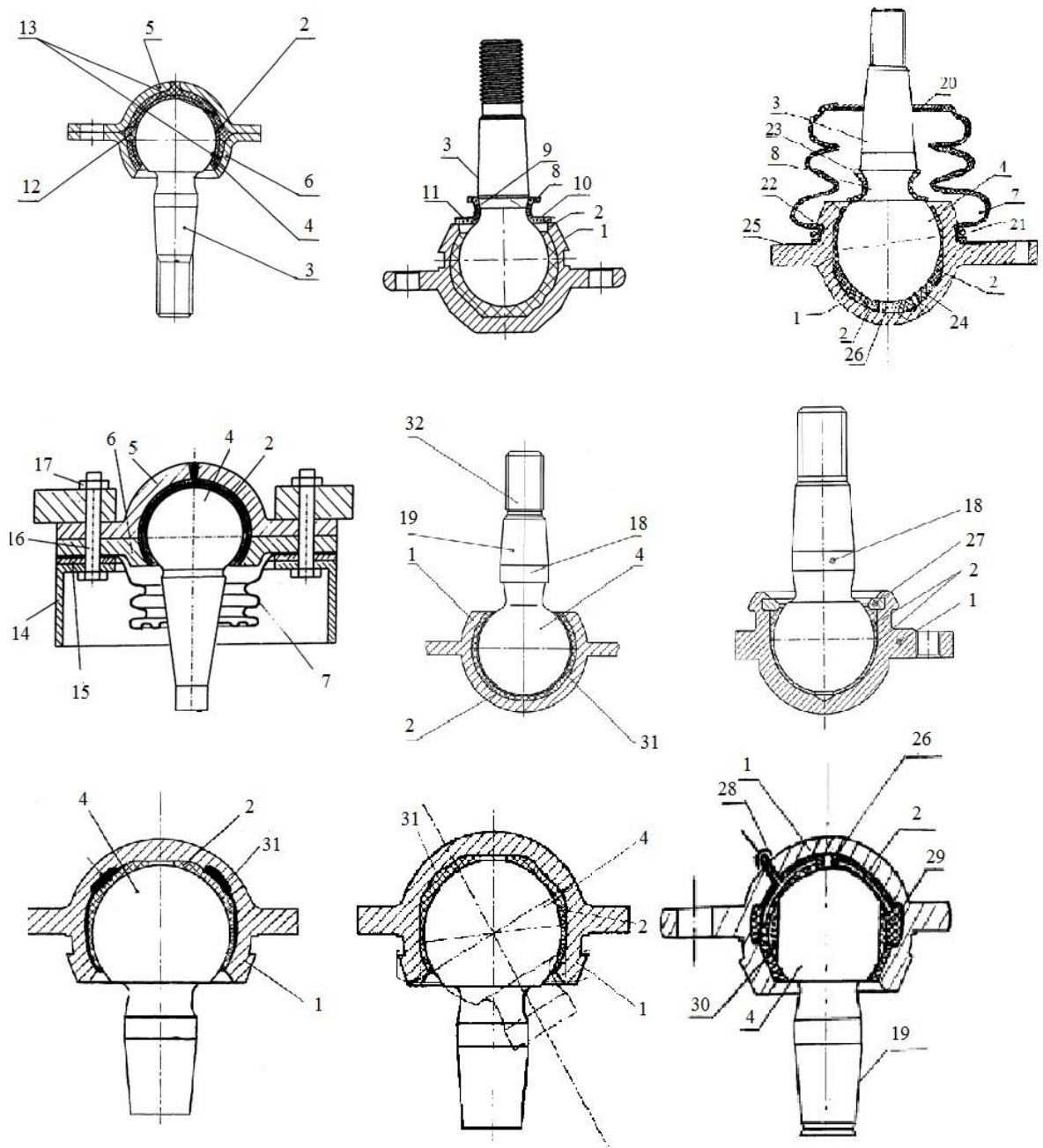


Рис. 1.12 - Різновиди кульових шарнірів:

1 - монолітний корпус, 2 - полімерний вкладиш, 3 - палець, 4 - сферична головка, 5 - верхній корпус, 6 - нижній корпус, 7 - захисний чохол, 8 - жолобник кульового пальця, 9 - верхня частина конусної частини пальця, 10 - горизонтальний буртик, 11- ущільнююча втулка, 12 - шар термозатвердіваючого клейового складу, 13 - термозатвердіваючий наповнювач, 14 - з'єднуючий елемент, 15 - прокладка, 16 - з'єднуючий болт, 17 - гайка, 18 - циліндрична частина пальця, 19 - конічно-циліндричний хвостовик, 20 - пластина твердості, 21 - пружинне кільце, 22 - кільцева канавка, 23 - знімна ущільнювальна

втулка, 24 - ребро жорсткості вкладиша, 25 - приєднувальний фланець, 26 - наскрізний отвір, 27 - стопорний пристрій, 28 - датчик виробітку, 29 - виточення в гнізді корпусу, 30 - сегмент сполучення, 31 - виступи на вкладиші, 32 - різьбова частина пальця

Як зазначалось раніше будова кульового шарніра рульового керування досить проста, вона складається фактично з шести деталей: палець кульовий, захисний чохол, корпус наконечника, полімерний вкладиш, піджимна пружина кришка рис. 1.13.

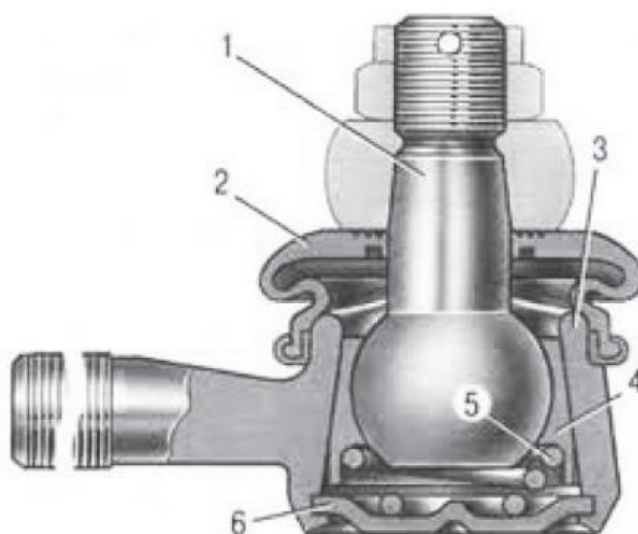


Рис. 1.13. Кульовий шарнір наконечника рульової тяги

1 - палець кульовий, 2 - захисний чохол, 3 - корпус наконечника, 4 - полімерний вкладиш, 5 - піджимна пружина, 6 - кришка

На шарнір в процесі експлуатації діють різні фактори: тип автомобіля, тип дорожнього покриття, умови роботи, навантаження, матеріал з якого виготовлено шарнір і саме несправність шарніру може привести до втрати керуваності автомобіля та тяжких наслідків.

1.3. Аналіз видів ушкоджень кульових шарнірів

Конструкція кульового шарніра повинна забезпечувати кутову рухливість у двох площинах, при цьому осьові сили сприймаються через полімерний вкладиш сферичною поверхнею пальця.

Зазори в сполученнях шарнірів не передбачені, а при їх виробництві це важковиконуєме завдання. Зібрані шарніри точно обжимають, що дозволяє досягти рекомендованого натягу в сполученні, який перевіряється в технологічному процесі при виробництві шарнірів шляхом визначення моментів обертання й хитання пальця щодо корпусу. У зв'язку із цим необхідно підвищення якості оцінки величини осьового зазору в робочих парах шарнірів, з метою чисельного визначення величини осьового зазору з похибкою не більш 0,09 мм.

Кульові пальці випробовують при експлуатації знакозмінними навантаженнями, що приводить до зниження ресурсу пальця за рахунок абразивного зношування головки пальця й втомному зношуванню пальця в перетині переходу сферичної частини в конічну кульового пальця (рис. 1.14, 1.15).

Абразивне зношування й корозія кульового пальця й корпусу кульового шарніра, (рис. 1.14 а, б, г). Причиною є ушкодження захисного чохла, втрата герметичності кульового шарніра, проникнення води, бруду й абразивних часток між парою тертя палець-вкладиш. Ознаки прояву: візуально - по ушкодженню захисного чохла й наявності на ньому змащення й бруду, при русі автомобіля - по сторонніх стуках і звукам, погіршенню керованості автомобіля. Абразивне зношування вкладиша, корозія корпусу кульової опори (рис. 1.14 в); абразивне зношування кульового пальця у вигляді радіальних канавок на сферичній поверхні (рис. 1.14 д, е); Підвищення температури, що викликає плинність і перетворення молекул полімеру в газоподібний стан у поверхневих шарах при русі пальця навколо вкладиша із за тертя - деструкція (рис. 1.14 ж).



а)



б)



в)



г)



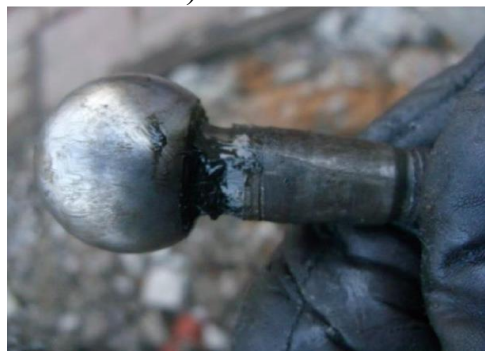
д)



е)



ж)



з)

Рис. 1.14 - Елементи кульових шарнірів, що були в експлуатації:

Причиною є тривалий рух по поганих дорогах з високою швидкістю, а також порушення технології виготовлення вкладиша, низька якість матеріалу для виготовлення вкладиша. Ознаки прояву: при русі автомобіля - сторонні стуки і звуки, погіршення керованості автомобіля.

Абразивне зношування сферичної головки й втомне зношування в перетині переходу сферичної частини в конічну кульового пальця (рис. 1.14 з). Втомне зношування шийки кульового пальця виникає в результаті перевищення строку експлуатації кульового шарніра й при порушенні технології виготовлення кульового пальця (Брак).



Рис. 1.15. Види ушкоджень кульових шарнірів

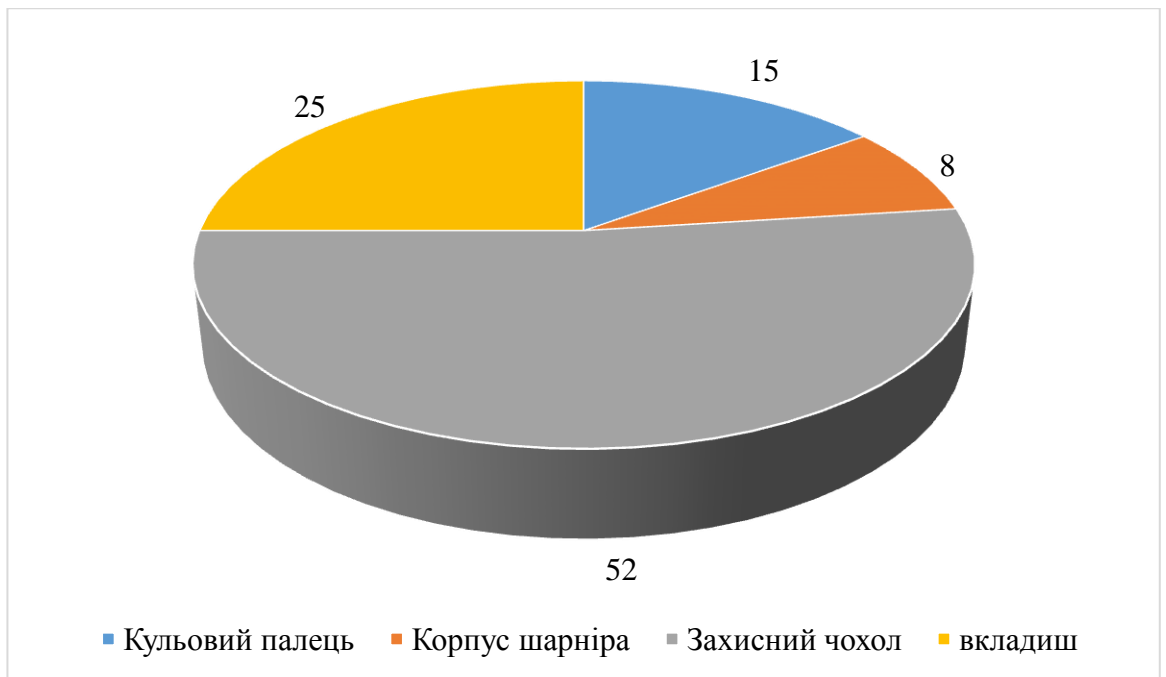


Рис. 1.16. Відмови деталей кульового шарніра

1.4. Загальні висновки

Аналіз надійності елементів передньої підвіски й рульового керування автомобілів показав, що на керованість і безпеку руху в першу чергу впливають несправності кульових шарнірів кермового механізму й кульових шарнірів підвіски. Зменшення автомобілів, що перебувають в експлуатації в стані близькому до передвідказному є важливим чинником для зниження високої аварійності на дорогах України.

Проведений аналіз видів ушкоджень кульових шарнірів. Установлено, що основними видами ушкоджень кульових шарнірів є зношування полімерного вкладиша (40% зразків), порушення цілісності захисного чохла (32% зразків), зношування сферичної частини пальця (18% зразків).

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА УДОСКОНАЛЕННЯ СЕРВІСНИХ ДІЙ ТА ОБГРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОГО ШЛЯХУ ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ КУЛЬОВИХ ОПОР

2.1. Обгунтування оптимального методу підвищення довговічності кульового шарніру

Як зазначалось в першому розділі кульові шарніри суттєво впливають на надійність автомобіля, а особливо на його безпеку.

На сьогодні існує декілька способів сервісного обслуговування шарнірів, від передбачених системою технічного сервісу до прогресивних способів.

Проаналізуємо існуючі методи системи технічного сервісу.

В автотранспортних підприємствах кульові опори підлягають огляду і за наявності певних при знаків вибраковуюються. Признаки такі:

- звуки важких ударів особливо при їзді по нерівній дорозі;
- скрипи при поворотах та їзді по нерівностям;
- люфт керма;
- відчуття ударів через кермо.

При виявленні таких при знаків проводиться діагностування кульової опори і як правило її заміна рис. 2.1, так як сьогодні більшість кульових опор нерозбірні і не ремонтпридатні за виключенням опор вітчизняних автомобілів де передбачено ремонтні комплекти для опор.



Рис. 2.1. Фото нової та опори яка має граничний стан

Недоліком даного методу є те що кульові опори коштують досить дорого, а їх ресурс малий особливо враховуючи стан доріг в Україні, і такий метод суттєво впливає на собівартість ремонту. Хоча як показують дослідження основна причина низького ресурсу неадекватність мащення, яке витікає та вимивається внаслідок пошкодження пильника та недостатньої кількості із заводу виробника.

Другий спосіб технічного сервісу це переробка опор на ремонтуючі. Переробка відбувається наступним чином: опори які мають граничний знос, розбираються з торця корпусу опори видаляється частина де кріпиться кришка. До підготовленого місця приварюється шайба з різьбою в яку закручується заглушка і таким чином опору можна ремонтувати, тобто міняти ремкомплект рис. 2.2.

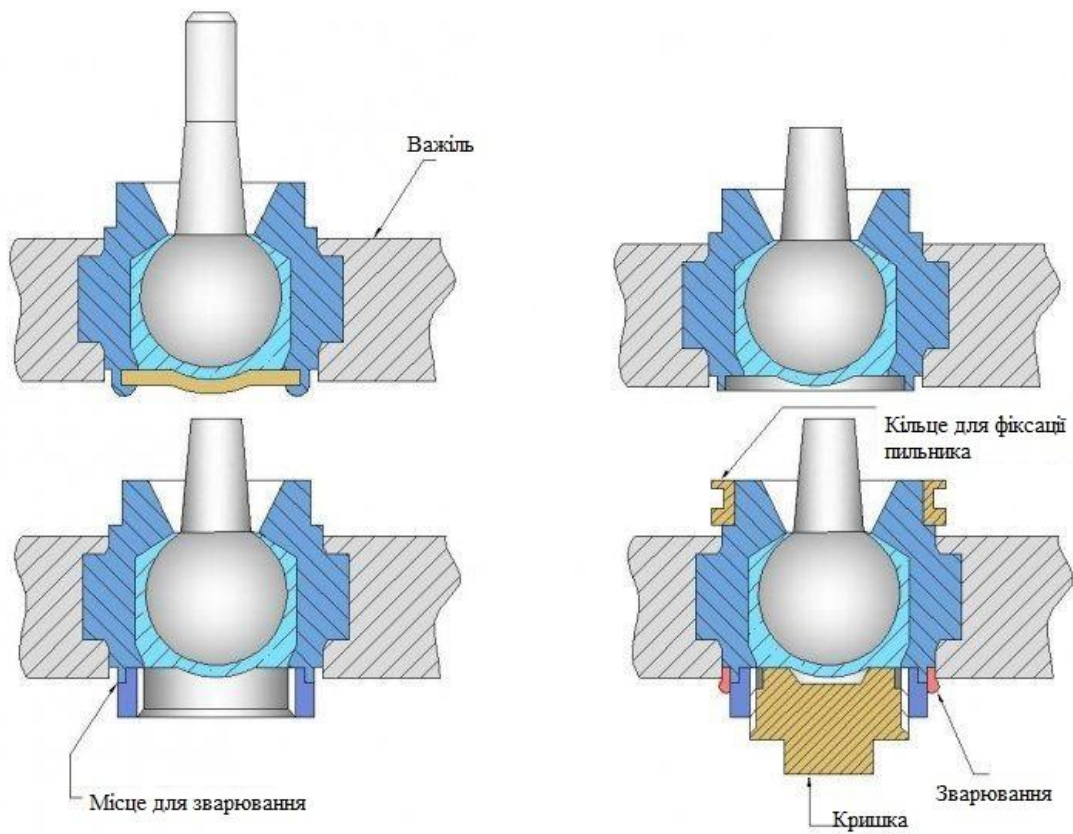


Рис. 2.2. Модернізація кульового шарніра

Даний спосіб має такі недоліки:

- трудоемкість процесу модернізації;
- високі вимоги до зварних швів;
- висока собівартість робіт.

Інший спосіб це відновлення зношеного шару полімерної втулки заливанням опори через спеціальний термопрес рис. 2.3. В опорі просвердлюється технологічний отвір в який встановлюється ежектор і в термопресі підігрівається капролон В, який під тиском заповнює порожнини зношеної опори.

Даний спосіб новий і дослідження, що підтверджують його надійність відсутні, але за даними робітників СТО які міняли кульові опори відновленні таким методом, спосіб не надійний і вирішує проблему лише на деякий час.



Рис. 2.3. Термопрес для відновлення кульових опор

Недоліки:

- дороговизна конструкції;
- нерівномірне заповнення полімером сферичної частини опори;
- низький термін служби відновленої опори.

Інший спосіб це шліфування сферичної поверхні пальця до виведення слідів зносу та постановка ремонтної втулки рис. 2.4.

Даний метод досить широко використовується на кустарних станціях технічного обслуговування та самими власниками авто, які самі ремонтують своє авто і хочуть зекономити.



Рис. 2.4. Шліфування пальців опори

Недоліки способу.

- низька надійність відновлених опор;
- під час шліфування знімається цементований шар який досить тонкий і палець починає інтенсивно зношуватись.

Введення в конструкцію опори прес-маслянки через яку можна періодично шприцювати опору. Та введення в опору мастила яке може знизити знос рис. 2.5.



Рис. 2.5. Модернізація опори встановленням прес-маслянки

Недоліки:

- необхідність встановлення прес – маслянки та дотримання періодичності мащення.

В роботі запропоновано вводити Літол + ультра дисперсний алмазографіт (УДГ), які повинні в свою чергу знизити тертя та подовжити термін служби опори.

2.2. Досліджувані мастильні композиції

Вихідним матеріалом для введення в пластичний мастильний матеріал як тверду добавку служив ультрадисперсний порошок алмазографіта, відповідний до технічних умов ТУ-40-2067910-01-91. Характеристика використаної добавки наведена в табл. 2.1.

Таблиця 2.1-Властивості ультрадисперсного алмазографіта

Найменування властивості	Норма
Масова частка алмаза в шихті після видалення вологи й летучих речовин, %, не більш	20
Масова частка вуглецю в шихті, %, не менш	80
Питома поверхня, м ² /г	200-240
Насипна щільність порошку, г/см ³	0,02-0,20
Розмір часток, нм	30-40

Для готування композицій використовувався пластичний мастильний матеріал Літол-24 ГОСТ 21150-75, бензин авіаційний. Для кожної мастильної композиції об'єм бензину становив 30 мл, маса однієї порції пластичного мастильного матеріалу 50 мг.

Готування мастильних композицій на основі пластичного мастильного матеріалу Літол-24 містить наступні основні операції:

підготовка й дозування вихідних матеріалів;

- просівання;

- відділення великих включень;

- магнітне очищення від металевих часток;
- змішування компонентів;
- фільтрування;
- ультразвукове диспергування добавки;
- змішування присадки із пластичним мастильним матеріалом;
- випарювання бензину.

Магнітне очищення від металевих часток у процесі виготовлення мастильних композицій може виконуватися кілька раз.

Схема послідовного виконання вищезгаданих операцій представлена на рис. 2.6.

Змішування порошків з бензином виконувалося в змішувачі, порошок подавався через патрубок порціями. Час перемішування суспензії 20 хв, швидкість обертання ємності змішувача 60-500 об/хв.

Ультразвукове диспергування проводилося на диспергаторі УЗГМ-1 протягом 15-20 хвилин із частотою 44 кГц. Дана операція необхідна для розбивки злипаних часток порошку.

Змішування суспензії із пластичним мастильним матеріалом. Остаточне змішування здійснюється в змішувачі лопатевого типу. Під час перемішування пластичний мастильний матеріал нагрівається до температури 40-60 °С для кращого перемішування й рівномірного розподілу часток порошку в обсязі мастильного матеріалу. Час перемішування становив 30 хвилин.

Випарювання бензину проводилося на водяній бані при температурі 60-80 °С. Для швидкого випару суміш суспензії УДПАГ і пластичного мастильного матеріалу постійно перемішується. Випарювання проводиться доти, поки суміш не досягне консистенції пластичного мастильного матеріалу.

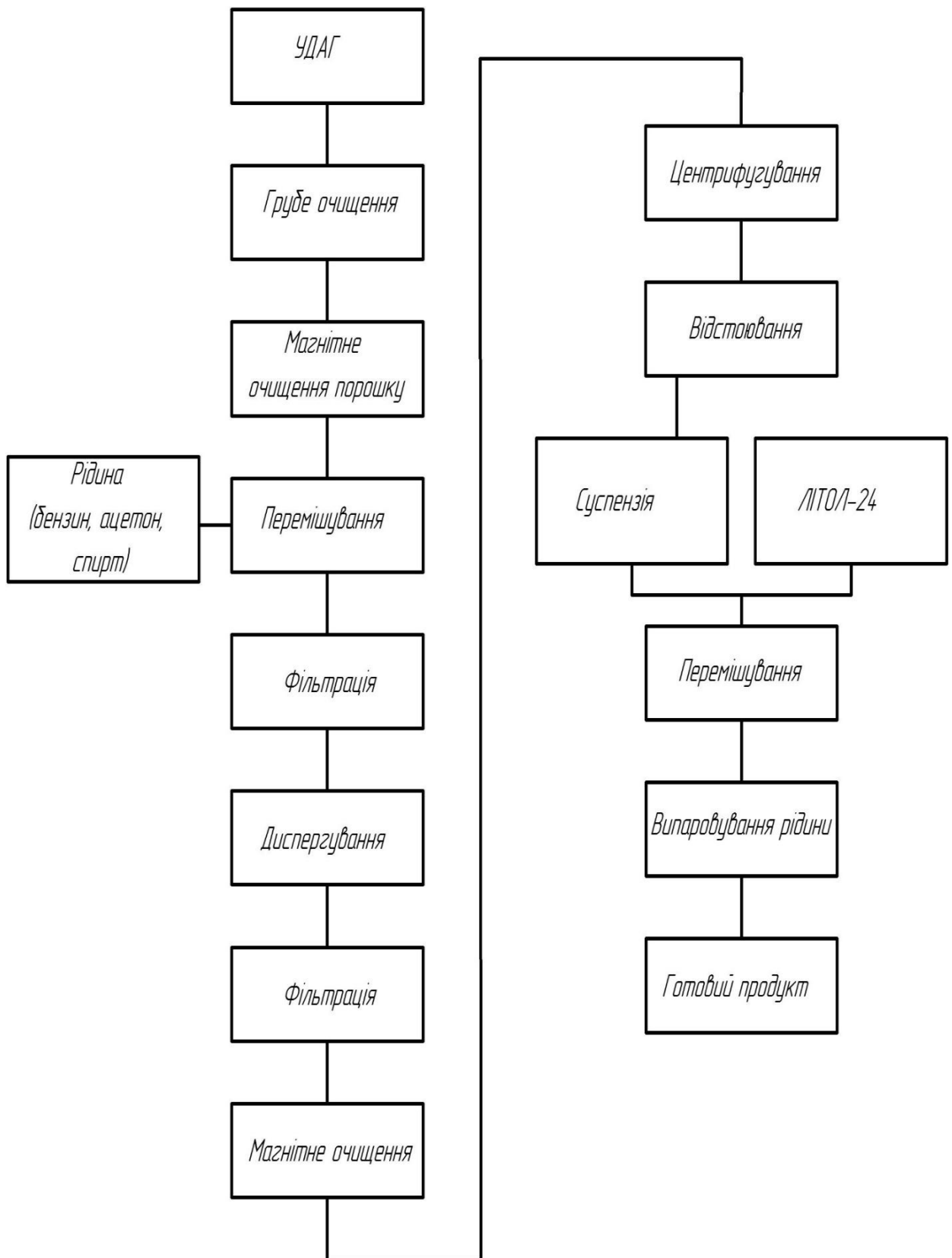


Рис. 2.6. Схема підготовки мастильної композиції

Випарування бензина виконується на водяній бані при температурі 60-80 °С. Для швидкого випарування суміш суспензії УДАГ та пластичного мастильного матеріалу постійно перемішується. Випарування проводиться до

тих пір, доки суміш не сягне консистенції пластичного мастильного матеріалу.

2.3. Вивчення втрат на тертя в кульових парах

Коефіцієнт корисної дії механізмів та машин у цілому залежить від ряду факторів і в тому числі від втрат у опорах. Тому визначення втрат на тертя в опорах має суттєве значення.

Втрати на тертя в опорах кочення складаються з втрат на тертя сферичної поверхні пальця по втульці, а також втрат на в'язке тертя в мастилі. Сумарний момент тертя в опорі виражають через умовний коефіцієнт тертя $f_{зв}$, зведений до посадочного діаметра вала d [19]:

$$TT = Fr \cdot f_{зв} \cdot d/2, \quad (2.1)$$

де Fr - радіальне навантаження на опорах.

Оскільки на установці ДМ 28М випробовуються відразу чотири однакових опори, то момент тертя, одержуваний на усіх чотирьох опорах [19]:

$$TT = 4 Fr \cdot f_{зв} \cdot d/2. \quad (2.2)$$

Зусилля на динамометрі Q створює на кожній з опор радіальне навантаження [19]:

$$Fr = Q/2. \quad (2.3)$$

І після підстановки значення (2.3) у формулу (2.2) одержимо [19]:

$$TT = Q \cdot d \cdot f_{зв}. \quad (2.4)$$

Тоді умовний коефіцієнт тертя [19]

$$f_{ze} = TT / Q \cdot d. \quad (2.5)$$

Опір тертю кочення сферичної опори прийнято оцінювати з допомогою моменту тертя.

$$T_k = k \cdot R, \quad (2.6)$$

де R – радіальне навантаження,

k – важіль тертя, при чому $k = k_1 + k_2 + k_3 + k_4$, де k_1, k_2, k_3, k_4 – складові плеча тертя, які враховують опір від внутрішнього тертя (недосконалість пружних властивостей матеріалу), пружне прослизання, молекулярна взаємодія і тертя елементів підшипника в навколишнє середовище.

Геометричне ковзання окремих контактних точок поверхонь тіл кочення виникає в наслідок нерівності їх лінійних швидкостей і залежить від опису самих поверхонь.

Тертя тіл кочення об сепаратор обумовлене багатьма причинами, до яких перш за все відноситься наявність діаметрального зазору між опорою і внутрішнім кільцем втулки $\Delta d = d_n - d_g + 2d_{iu}$ і похибки в розмірах. Для зниження відміченого опору необхідна більш висока точність опор і чистота їх поверхонь.

Тертя в мастильному матеріалі являє собою складну гідродинамічну задачу. Це тертя залежить від в'язкості мастила, швидкості відносного руху, температури, кількості тіл ковзання і інших факторів. На рідкому мінеральному мастилі опір менший чим на консистентній.

Опір обертанню, обумовлений особливостями конструкції і режима роботи і виникаюче від сил інерції і гігроскопічного моменту стає помітним тільки в радіально-упорних опорах.

В інженерній практиці момент сил тертя кульових опор відносно осі обертання визначають за формулою:

$$T_k = 1,2 f_{np} R \frac{D_0}{d_u} \quad (2.7)$$

де f_k – коефіцієнт тертя кочення;

D_0 – діаметр роз положення центрів тіл кочення;

d_u - діаметр тіла кочення;

1,2 – чисельний коефіцієнт, отриманий діленням сумарного радіального навантаження на окремі тіла кочення P_i на радіальне навантаження опори

$$1,2 = \frac{\sum P_i}{R} \quad (2.8)$$

Сумарний момент тертя виражають через умовний, приведений до посадочного діаметру d , коефіцієнт тертя – f_{np}

$$T_k = f_{np} R \frac{d}{2} \quad (2.9)$$

Якщо прийняти при малій кількості мастила і при частоті обертання $n < 3000$ об/хв, що тертя обумовлене тільки коченням, то з формул (2.6) і (2.8) отримаєм

$$f_{np} = 1,2 \cdot 2 \cdot f_k \cdot \frac{D_0}{d_u} \quad (2.10)$$

В експериментальній установці зусилля, створюване навантажувальним гвинтом, розподіляється на дві внутрішніх опорні втулки у вигляді радіального навантаження

$$R = \frac{Q}{2} \quad (2.11)$$

Момент тертя в чотирьох опорах головки лабораторної установки буде

$$T_k = 4f_{np} \cdot R \frac{d}{2} \quad (2.12)$$

а після підстановки значення R

$$T_k = Q \cdot d \cdot f_{np} \quad (2.13)$$

Для тіл кочення, виготовлених із загартованої сталі ШХ – 15, що труться по поверхні кілець з такого ж матеріалу

$$f_{np} = 0,001 \text{ см} .$$

Допустиме радіальне навантаження на опору при проведенні лабораторних дослідів визначають по такій залежності:

$$R = \frac{C}{L^\alpha} \quad (2.14)$$

де C – динамометрична вантажопідйомність опори (визначається з таблиці)

α – показник степені $\alpha=3$.

L – довговічність (номінальна)

$$L = \frac{60 \cdot n \cdot l_n}{10^6} \quad (2.15)$$

де n – частота обертання опори (визначається з допомогою тахометра);

l_n – довговічність опори в годинах роботи ($l_n=5000 \dots 10000$ год.)

2.4. Фізична модель взаємодії наноалмазів з поверхневим шаром сферичної опори пальця та поверхнею втулки

Результати досліджень показують, що вплив таких модифікаторів мастильного матеріалу, як наноструктуровані порошки металів і вуглецевомісткі порошки (алмазографітова шихта й наноалмази), на контактну довговічність опор є складним і неоднозначним.

Протягом усієї роботи опори відбувається не тільки фізична взаємодія нанопорошків з поверхневим шаром деталей опори, але й хімічна взаємодія на атомарному рівні.

У результаті досліджень була розроблена фізична модель взаємодії наноалмазів з поверхневим шаром сферичної опори пальця та поверхнею втулки.

Через невеликий розмір кластерів наноалмазів щодо нерівностей на верхні сфери пальця та втулки при роботі опори відбувається часткове заповнення нерівностей наноалмазами (рис. 2.7). При більш високих концентраціях модифікатора в базовому змащенні він виступає як абразив, що підтверджується проведеними дослідженнями. При цьому завдяки активному заряду, який несе кожний окремий наноалмаз, зв'язок, утворений між поверхневим шаром і частками модифікатора, набагато вище, чим зв'язок усередині кластера; завдяки цьому не відбувається відшаровування наноалмаза після заповнення нерівностей.

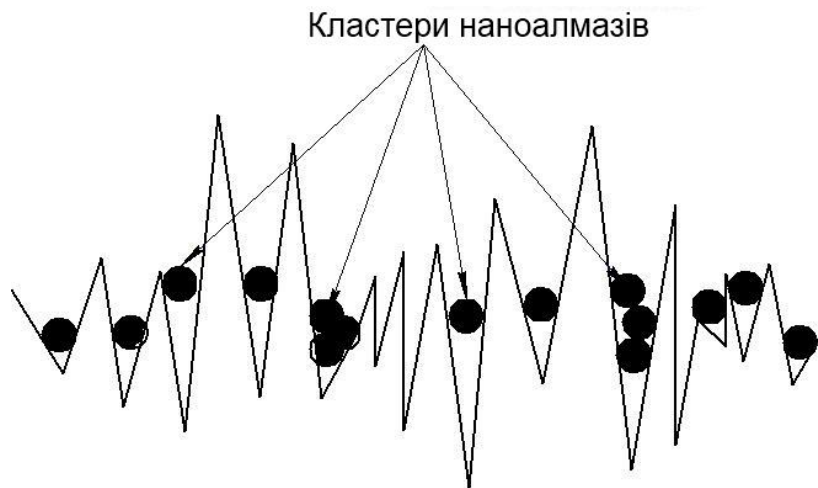


Рис. 2.6. Часткове заповнення нерівностей наноалмазами

Згодом робота опори кочення відбувається вичерпання запасу пластичності поверхневого шару сфери і часткове відшаровування металу та полімеру зі втулки. Однак завдяки активній поверхні використовуваних наноалмазів поріг втомного руйнування наступає пізніше, тому що відбувається стримування розвитку тріщин ще на стадії зародження (Рис. 2.7).

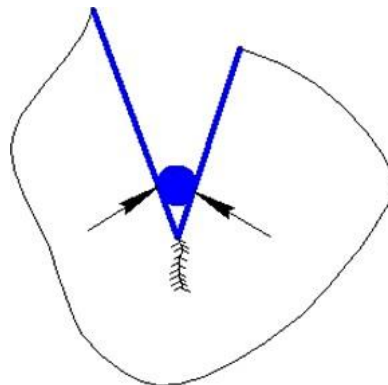


Рис. 2.7. Принцип дії наноалмаза

Слід також зазначити, що стан поверхневого шару після обробки різними технологічними методами істотно впливає як на характер зміни властивостей поверхневого шару, так і на загальну довговічність у процесі роботи деталі в умовах тертя.

2.5. Висновки

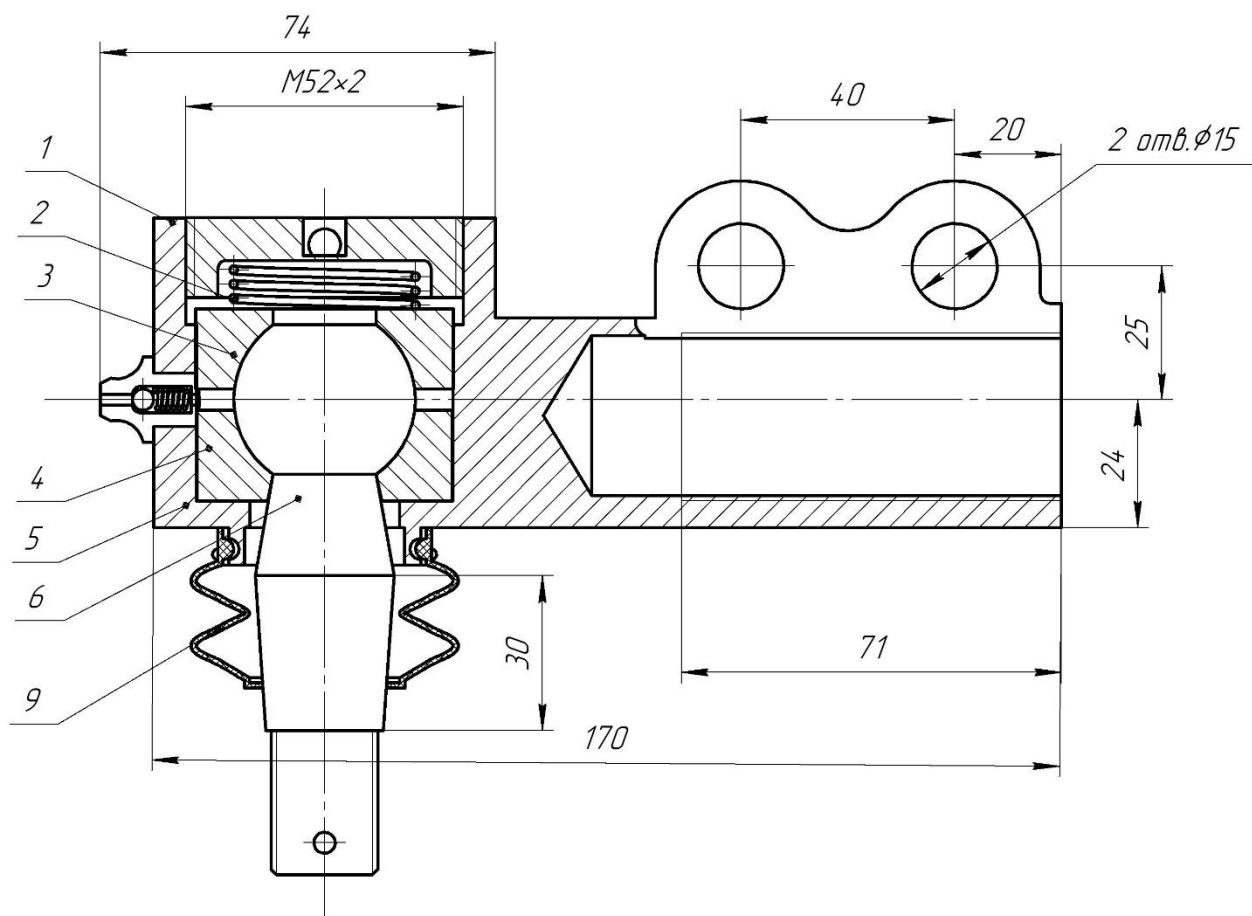
Наведено можливі шляхи удосконалення технічного сервісу кульових опор та визначено найбільш перспективні. Запропоновано вводити в опору мастило Літол 24 + ультра дисперсний алмазографіт. Представлені характеристики твердої добавки, що вводиться в пластичний мастильний матеріал Літол-24, склад досліджуваних мастильних композицій. Наведений опис процесу готування мастильних композицій.

Наведено методику розрахунку коефіцієнту тертя, моменту опору кочення, сили тертя.

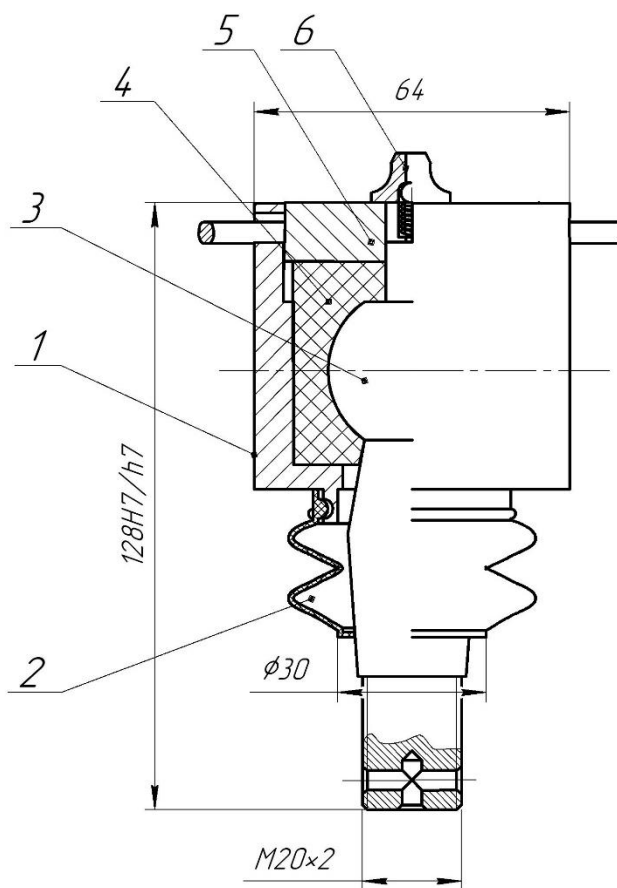
РОЗДІЛ 3
МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ
ПРАВИЛЬНОСТІ ВИБОРУ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ

3.1. Методика експериментальних досліджень

Для випробувань використовувались модернізовані кульові шарніри рис. 3.1. в які було встановлено прес-маслянку через яку вводиться ультра дисперсний алмазографіт (УДГ).



a



б

Рис. 3.1. Модернізовані кульові шарніри

а – з боковою прес-маслянкою, б – з маслянкою знизу

Таблиця 3.1. Методика модернізації опори

<p>Свердління отвору</p>	<p>Нарізання різьби</p>	<p>Підготовка прес-маслянки</p>

		
Встановлення прес-маслянки	Закачування мастила шприцем до появи мащення	Видалення залишків мастила з прес-маслянки
		
Готова кульова опора до встановлення на автомобіль	Установка прес-маслянок в корпус опори	Модернізована опора в розрізі

3.2. Випробування кульової опори на знос

Для випробувань опори на знос використовувався свердлильний верстат 2М-112 з допрацьованим патроном рис. 3.3. Так наконечник встановлювався в лещата верстату і підєднувався до патрону. В корпус опори було занурено датчики температури для її контролю. Контроль температури відбувався розробленим пристроєм, який отримує сигнал від датчика та передає його на комп'ютер, там зосереджується інформація і оброблюється, а також будуються графіки та діаграми.



Рис. 3.3. Експериментальна установка

Навантаження на опору моделювалось шляхом навішування гирі на важіль подачі верстату.

Випробування проводились також на виробництві і опори були встановлені на виробничі автомобілі рис. 3.4.



Рис. 3.4. установка наконечників тяг на автомобіль

3.3. Фізико-хімічні властивості ультрадисперсного порошку алмазографіта

Використовуваний для внесення як добавки ультрадисперсний порошок алмазографіта (УДАГ), отриманий методом детонаційного синтезу з вибухових речовин у середовищі інертного газу.

Для одержання продуктів детонації використовується підризна камера КВ-2, у якості вибухових речовин беруться тротил, гексоген або їх суміші. Середовищем, що оточує заряд може бути CO_2 , аргон, азот. Одержуваний детонаційний продукт залежить від навколишнього середовища, а також від процентного вмісту гексогена й тротилу в заряді вибухових речовин. Продукт вибуху містить від 60 до 80 % речовини зі структурою графіту, розміром часток 7-40 нм [20].

Ультрадисперсний порошок алмазографіта, отриманий методом вибуху у середовищі CO_2 , складається з конгломератів часток алмаза, графіту, аморфного вуглецю. Крім цього, внаслідок руйнування підвіски заряду, детонатора (мідь) стінок камери (сталь) до складу порошку входять металеві домішки.

Використовуваний у мастильних композиціях порошок являє собою вуглецеву суміш, з розміром часток графіту 30-40 нм. Частка графіту в суміші становить не менш 80 %, інша частина містить високодисперсну алмазоподобную фазу рис. 3.5.



Рис. 3.5. Ультрадисперсний алмазографіт

3.4. Визначення ефективної концентрації ультрадисперсного порошку алмазографіта в пластичному мастильному матеріалі

Мета даних досліджень полягала в знаходженні оптимального змісту ультрадисперсного алмазографіта в пластичному мастильному матеріалі, при якому антифрикційні й противозносні властивості виявилися б щонайкраще.

Дослідження проводилися для мастильних композицій із відсотковим вмістом ультрадисперсного алмазографіта 0,1; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0 і 5,0 мас %. маса навішення порошку визначалася з розрахунку маси базового мастильного матеріалу Літол-24, що є найпоширенішим в опорах з підшипниками кочення [21]. Склади досліджуваних мастильних композицій представлені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 Склади мастильних композицій

Найменування мастильної композиції	Вміст компонентів, %	
	Базовий пластичний мастильний матеріал Літол-24	Твердий наповнювач УДАГ
Літол-24 + 0,1 %УДПАГ	99,9	0,1
Літол-24 + 0,5 %УДПАГ	99,5	0,5
Літол-24 + 1 %УДПАГ	99	1
Літол-24 + 1,5 %УДПАГ	98,5	1,5
Літол-24 + 2 %УДПАГ	98	2
Літол-24 + 2,5 %УДПАГ	97,8	2,5
Літол-24 + 3 %УДПАГ	97	3
Літол-24 + 4 %УДПАГ	96	4
Літол-24 + 5 %УДПАГ	95	5

Випробування проводилися при постійному навантаженні із частотою обертання опори $n = 450$ та 800 об/хв. Час одного циклу випробувань становило 3 години.

Зміна навантаження проводилася східчасто після кожного циклу випробувань. Діапазон зміни навантаження становив 1-3 кН. Показником оцінки мастильної композиції був момент тертя $M_{\text{щ}}$, у опорі. Результати випробувань представлені на рис. 3.6.

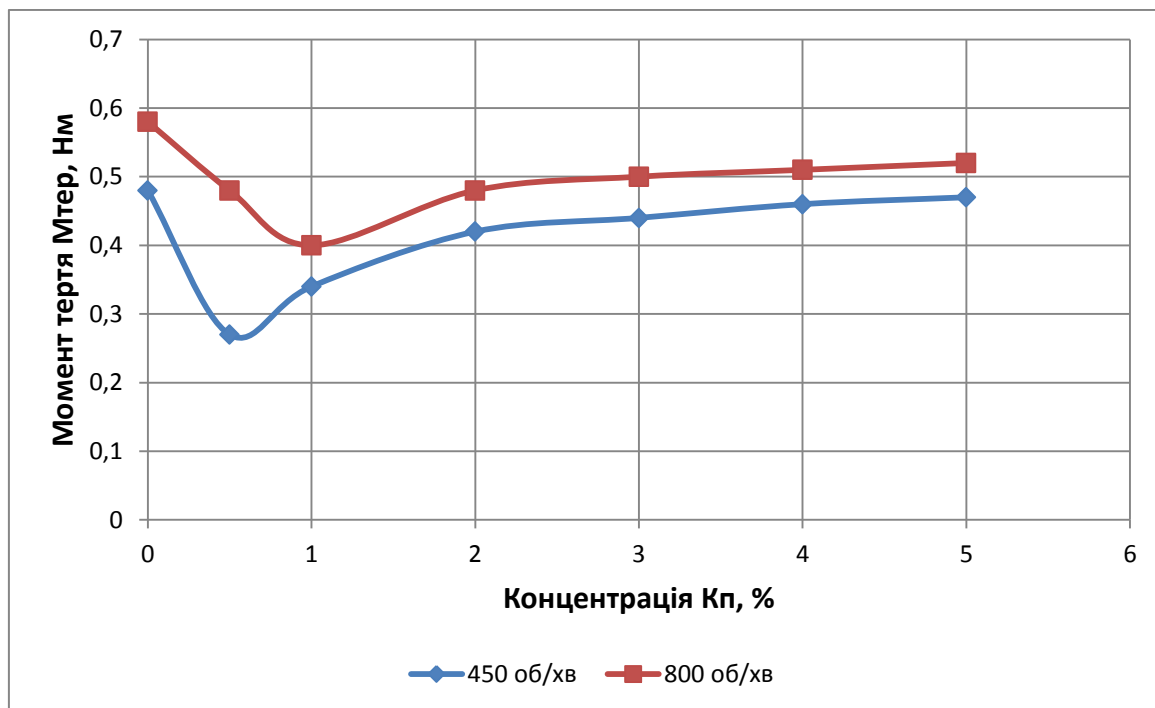


Рис. 3.6. Зміна моменту тертя від концентрації ультрадисперсного алмазографіта

Отримані криві свідчать, при концентрації порошку від 0,5 до 1 % момент тертя досягає мінімуму, подальше підвищення концентрації веде до плавного росту моменту тертя. Збільшення частоти обертання опори до $n = 800$ об/хв викликає до незначний ріст моменту тертя. При цьому найбільший ефект досягається при концентрації порошку, коли діапазон лежить у межах від 0,5 до 2 % від маси пластичного мастильного матеріалу.

Згідно з отриманими залежностями, для розглянутих вузлів тертя оптимальний вміст добавки ультрадисперсного алмазографіта лежить в межах від 0,5 до 2,5 % від маси пластичного мастильного матеріалу. З найбільш прийняттого діапазону концентрації порошку була обрана мастильна композиція Літол-24+1%УДАГ.

Грунтуючись на отриманих експериментальних результатах, було вирішено, що подальші дослідження при моделюванні роботи кульової опори,

раціонально проводити для мастильних композицій до 2 мас. % ультрадисперсного алмазографіта.

3.5. Дослідження антифрикційних властивостей мастильних композицій при терті - ковзані

Мета даних досліджень полягала в порівняльному аналізі значень коефіцієнтів тертя, отриманих при терті зразків у базовому пластичному мастильному матеріалі Літол-24 і в мастильних композиціях на основі Літол-24 з вмістом ультрадисперсного порошку алмазографіта.

Випробування проводилися при швидкості ковзання $v = 1,13$ м/с для навантажень у діапазоні $N = 0-100$ Н. Навантаження зразка робили східчасто, час проведення випробування при кожному навантаженні становило 6 годин.

Для досліджень впливу добавки на антифрикційні властивості була обрана мастильна композиція Літол-24 + 1 % УДАГ. Підставою для цього послужили результати раніше проведених випробувань по визначенню оптимальної концентрації (див. вище).

Перед випробуванням зразок припрацьовувався протягом 15-20 хвилин при навантаженні 10 Н. Значення сил тертя, отримані при різних навантаженнях для пластичного мастильного матеріалу Літол-24 і мастильної композиції Літол-24 + 1 % УДПАГ представлені в табл. 3.3 і 3.4 відповідно.

За отриманим даними була визначена залежність сили тертя від величини навантаження. На рис. 3.7 ця залежність представлена у вигляді графіка.

Таблиця 3.3 Зміна сили тертя від навантаження (Літол-24)

Навантаження, Н	Сила тертя, Н	
	Зразок 1	Зразок 2
10	0,129	0,142
20	0,186	0,277
40	0,262	0,255

80	0,360	0,315
100	0,315	0,345

Таблиця 3.4 Зміна сили тертя від навантаження (Літол-24 + 1% УДАГ)

Навантаження, Н	Сила тертя, Н	
	Зразок 1	Зразок 2
10	0,135	0,105
20	0,165	0,120
40	0,195	0,223
80	0,232	0,247
100	0,277	0,480

Коефіцієнт тертя для зразків усіх видів, як у базовому пластичному мастильному матеріалі, так і для мастильної композиції визначали по формулі:

$$f = \frac{F_{тер}}{N} \quad (3.1)$$

де N - нормальна складова зовнішньої сили, що діє на контактну поверхню, Н;

$F_{тер}$ - сила тертя, Н.

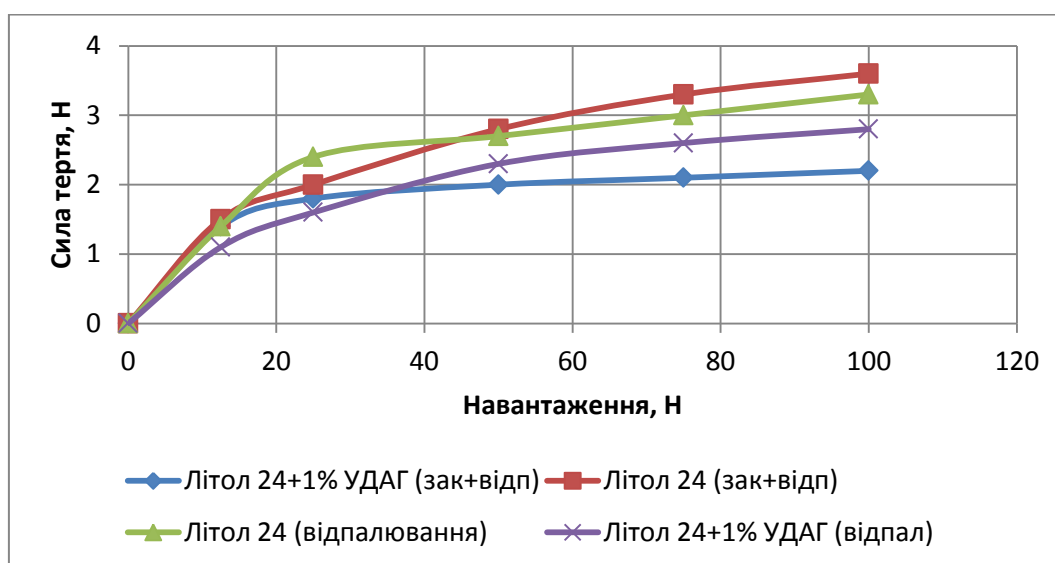


Рис. 3.7. Графік залежності сили тертя від величини навантаження
Значення моменту тертя представлені в табл. 3.5.

Таблиця 3.5-Зміна моменту тертя від навантаження

Навантаження, Н	Момент тертя, Н·м			
	Літол-24		Літол-24 + 1 %УДАГ	
	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 1	Зразок 2
10	0,0129	0,0142	0,0135	0,0105
20	0,0093	0,0138	0,00825	0,006
40	0,00656	0,00637	0,00487	0,00562
80	0,0045	0,00393	0,0029	0,00309
100	0,00315	0,00345	0,0027	0,0048

Крива залежності коефіцієнта тертя f_r від зміни навантаження на зразок представлена на рис. 3.8.

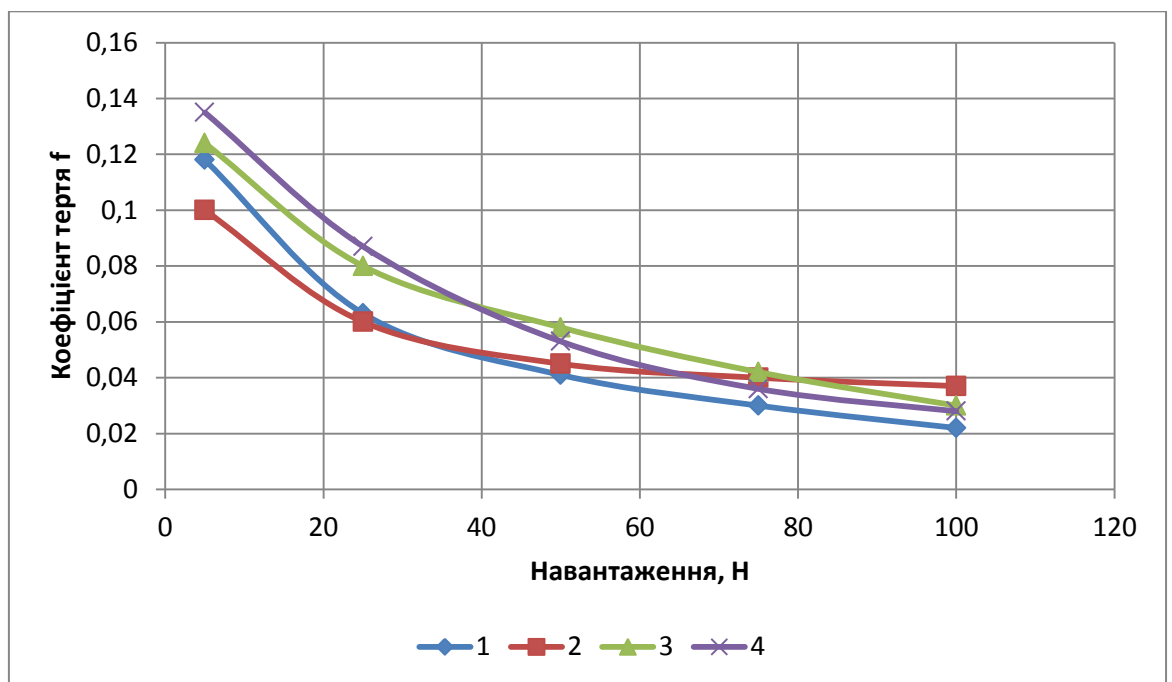


Рис. 3.8. Зміна коефіцієнта тертя від навантаження

- 1 - Літол-24 + 1 % УДПАГ (сталь ШХ15, загартування, відпуск);
- 2 - Літол-24 (сталь ШХ15, загартування, відпуск);
- 3 - Літол-24 (сталь ШХ15, відпалювання);
- 4 - Літол-24 + 1 % УДПАГ (сталь ШХ15, відпалювання).

Отримані результати свідчать про те, що використання ультрадисперсного порошку алмазографіта в якості добавки підвищує антифрикційні властивості базового пластичного мастильного матеріалу.

Передбачається, що внесений у пластичний мастильний матеріал ультрадисперсний алмазографіт, можливо утворює на поверхні тертя плівки, що перешкоджають схоплюванню тертя, що знижують коефіцієнт тертя, здатні витримати без руйнування значні дотичні й нормальні напруження.

Паралельно з визначенням моменту тертя визначалася робоча температура на поверхні опори. На рис. 3.9 представлені графіки зміни температури від часу роботи для різних режимів навантаження.

Як видно із графіків, має місце зниження температури у випадку застосування мастильних композицій. Основною причиною слід уважати вплив властивостей часток графіту, який має досить низький коефіцієнт тертя [21, 22]. Зниження сили тертя між деталями знижує температуру саморозігріву. Це знижує ймовірність температурного заклинювання тіл кочення, деструкції застосовуваного пластичного мастильного матеріалу із втратою їм мастильних властивостей, можливістю заїдання й задира.

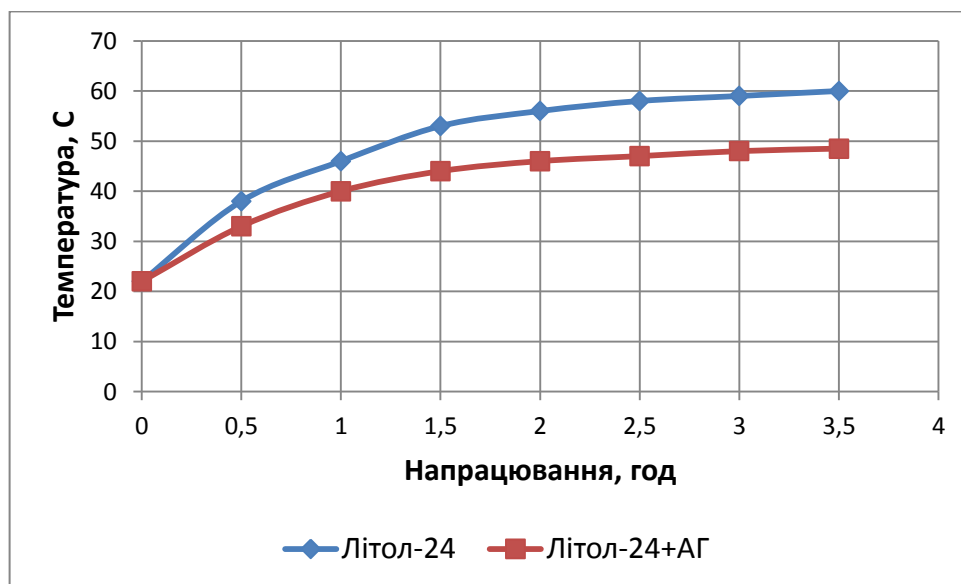


Рис. 3.9. Графік робочої температури від радіального навантаження

3.6. Висновки

Представлені результати лабораторних і експлуатаційних випробувань розроблених мастильних композицій на основі пластичного мастильного матеріалу Літол-24 з добавкою ультрадисперсного порошку алмазографіта. Лабораторні випробування проводилися на установках зі зразками, що моделюють роботу опори, і на установках з реальними кульовими шарнірами.

Були вирішені наступні завдання.

Розроблені й приготовлені мастильні композиції з різним вмістом ультрадисперсного порошку алмазографіта в мастильному матеріалі Літол-24.

Визначена оптимальна концентрація добавки в мастильному матеріалі, при якій тертя й зношування має мінімальні значення. За результатами випробувань мастильних композицій у різних парах тертя визначено, що найкращим є концентрація 0,5-2 % від маси базового мастильного матеріалу.

Проведені випробування по визначенню сил і моментів тертя, а також визначенню зношування зразків на установках, що моделюють роботу кульових шарнірів.

У ході випробувань виявлено, що внесення добавки ультрадисперсного алмазографіта зменшує силу тертя й момент тертя на 10-18 %, величина зношування зразків знижується в 1, 3-2 рази в порівнянні з базовим мастильним матеріалом.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Загальні відомості про охорону праці на підприємстві

"Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності" [23].

Для збереження життя та здоров'я працюючого персоналу в Товаристві успішно діє система охорони праці АТ «Укргазвидобування» СОУ 09.1-30019775-121:2013 [30] (третя редакція), погоджена Держгірпромнаглядом України та сертифікована на відповідність вимогам ДСТУ ОHSAS 18001:2010 «Системи управління безпекою та гігієною праці. Вимоги» [24].

В 2015 році наказом АТ «Укргазвидобування» в господарську діяльність Товариства розпочато впровадження «7 золотих правил охорони праці», які розроблені Міжнародною організацією праці та ефективно діють на багатьох підприємствах Європейського Союзу.

Дотримання вимог цих внутрішніх нормативних документів, а також вимог державних нормативно-правових та законодавчих актів з охорони праці, безпеки дорожнього руху, пожежної, екологічної, радіаційної та техногенної безпеки дозволяє Товариству здійснювати виробничу діяльність в межах дозвільних нормативів екологічної безпеки із допустимим рівнем виробничого травматизму за класифікацією Міжнародної організації праці, а об'єкти експлуатувати в межах чинного законодавства про охорону праці.

31 березня 2020 р. Укргазвидобування затвердило вимоги до підрядників, які виконують роботи на об'єктах компанії, на період протидії пандемії коронавірусу COVID-19.

В рамках постійно діючих заходів щодо вдосконалення системи управління охороною праці, яка стосується усіх сторін, що задіяні у виробничих

процесах компанії, в АТ «Укргазвидобування» діє телефонна лінія інформування щодо виявленої небезпеки на виробничих об'єктах.

Всі учасники виробничого процесу та ті хто відвідує промислові об'єкти можуть повідомити на гарячу лінію про порушення правил охорони праці.

До таких порушень можуть відноситися відсутність у співробітників засобів індивідуального захисту, порушення умов безпечного робочого місця, виконання небезпечних робіт без дотримання норм охорони праці, робота у нетверезому стані та інше.

На підприємстві розклеєні наліпки рис. 4.1.

БЕЗПЕКА – ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ КОЖНОГО
ВИЯВИВ ПОРУШЕННЯ – ІНФОРМУЙ!
(можлива анонімність)
Телефон для реєстрації виявленої небезпеки:
0-800-507-705

ПАМ'ЯТКА «Безпечний робочий простір (БРП)»

- Перед початком роботи необхідно перевірити стан безпеки закріпленого робочого місця
- У разі виявлення якоїсь проблеми, що створює загрозу для здоров'я та безпеки працівників, необхідно:
 - негайно усунути невідповідність самостійно (у межах власної компетенції);
 - якщо загрозу не можна усунути самостійно, повідомити про це безпосередньому керівникові;
 - якщо небезпеку не можна усунути силами виробничого підрозділу або за бездіяльності безпосереднього керівництва, необхідно унеможливити доступ до небезпечної зони та звернутися за телефоном БРП: **0-800-507-705**.
- **Безпечний робочий простір – відповідальність кожного!**

Рис. 4.1. Наліпки з охорони праці на підприємстві

4.2. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів у зоні поточного ремонту

Експериментальні дослідження проводились в зоні поточного ремонту ремонтної майстерні підприємства, тому розглянемо стан охорони праці саме цього підрозділу.

У зоні поточного ремонту мають наступні шкідливі та небезпечні виробничі фактори:

- переміщення крупно габаритних масивних деталей;
- загазованість приміщення;
- підвищений шум.

Переміщення крупно габаритних масивних деталей у відділенні це поперше двигун вага якого в середньому становить 500 кг. Тому транспортування на ділянку та встановлення на підставки є досить важким та небезпечним процесом бо транспортування відбувається за допомогою візка "крангусь" який штовхають робітники.

Шум – це безладна комбінація різних за рівнем і частоті звуків. Шум у відділенні з ремонту двигунів виникає в наслідок ударів, роботи компресорного обладнання для продування та приводу інструменту (гайковерти, знімачі).

З фізіологічної точки зору шумом є всякий небажаний, неприємний для сприйняття людини шум. Шум погіршує умови праці, виявляючи шкідливий вплив на організм людини. При тривалому впливі шуму на організм людини відбуваються небажані явища [25, 26]:

- знижується гострота зору, слуху;
- підвищується кров'яний тиск;
- знижується увага.

Сильний тривалий шум може бути причиною функціональних змін серцево-судинної й нервової систем, що приводить до захворювань серця й підвищеної нервозності.

Вухо людини сприймає звукові коливання із частотою від 16 до 20000 Гц. Звуки із частотою нижче 16 Гц називають інфразвуками, а вище 20000 Гц - ультразвуками. Інфразвуки й ультразвуки також впливають на людину, але він їх не чує.

Гігієнічні норми припустимих рівнів звукового тиску й рівня звуку на робочих місцях приводяться в [27, 28].

4.3. Заходи по забезпеченню захисту працівників від дії шкідливих та небезпечних факторів

Заходи по забезпеченню захисту працівників поділяються на дві групи:

- організаційні;
- технологічні.

Для уникнення травмувань у зоні поточного ремонту як і у всій майстерні проводяться інструктажі з охорони праці та безпечній роботі на пристроях. Організувати регулярне щорічне проходження медичних оглядів.

Впроваджено згідно законодавства регламентовані години роботи та відпочинку [29].

У відділенні необхідно встановити кран-укосину для переміщення вантажів, бо пересувний кран-гусь не зручний при знятті та встановленні деталей на агрегат і їх переміщенні з одного робочого місця на інше.

Більш суворо слідкувати за робітниками, щоб вони дотримувались правил роботи з важкими деталями [30].

Заходу щодо зниження рівня шуму на робочих місцях.

Зниження шуму, створюваного на робочих місцях внутрішніми джерелами, а також шуму, що проникає ззовні, здійснюється наступними методами:

- зменшенням шуму в джерелі;
- раціональним плануванням приміщення;
- зменшенням шуму по шляху його поширення.

Рекомендується використовувати нове менш гучне встаткування. Зниження шуму в джерелі випромінювання можна забезпечити й застосуванням звукобірних панелей і перегородок. Можливе використання прокладок, що амортизують (підбивки під принтери, столи, на яких вони розташовані). Не менш важливим для зниження шуму в процесі експлуатації є питання правильного й своєчасного регулювання, змазування або заміни механічних вузлів шумливого встаткування.

Також необхідно винести компресор за межі ділянки бо він є найбільш інтенсивним джерелом шуму.

4.4. Правила безпечного виконання робіт слюсарем механоскладальних робіт

Загальні положення. Власник повинен застрахувати слюсаря від нещасних випадків та професійних захворювань.

В разі пошкодження здоров'я слюсаря з вини власника, він (слюсар) має право на відшкодування заподіяної йому шкоди.

За невиконання даної інструкції слюсар несе дисциплінарну, матеріальну, адміністративну та кримінальну відповідальність.

До роботи слюсарем допускаються особи віком не молодше 18 років, які мають посвідчення на право робіт, пройшли медичне обстеження, вступний інструктаж з охорони праці, інструктаж на робочому місці та інструктаж по пожежній безпеці.

Слюсар повинен:

- Виконувати правила внутрішнього трудового розпорядку.
- Бути уважним до сигналів транспорту, що рухається.
- Ходити по тротуарах, доріжках, переходах, спеціально призначених для цього, тримаючись правого боку.
- Не торкатись електрообладнання, клем та електродроту, арматури загального освітлення, не відкривати дверці електрошаф.

— Не включати і не зупиняти (крім аварійних випадків) машини, верстати та механізми, робота на яких не доручена йому адміністрацією.

— Не проходити і не стояти під піднятим вантажем

— Виконувати тільки ту роботу, яка доручена керівником та по якій він проінструктований.

— Не допускати сторонніх осіб на своє робоче місце.

— Не захаращувати робоче місце.

— Не виконувати вказівки, які суперечать правилам охорони праці.

— Вміти надавати першу медичну допомогу потерпілим від нещасних випадків.

Робочий пусковий механізм на ручних пневматичних машинах (інструментах) повинен бути:

Вимоги безпеки перед початком роботи. Отримати завдання від керівника робіт.

Привести до ладу спецодяг, застібнути або обв'язати рукава, заправити одяг таким чином, щоб кінці його не розвіювались.

Уважно оглянути робоче місце, прибрати все, що заважає роботі.

Впевнитись у тому, що робоче місце достатньо освітлене, а світло не буде засліплювати очі.

Робочий інструмент та деталі розташувати в зручному та безпечному для користування порядку.

Впевнитись у тому, що робочий інструмент, пристосування, обладнання та засоби індивідуального захисту справні і відповідають вимогам охорони праці.

Під час роботи електро- пневмоінструментом та на верстатах необхідно пройти інструктаж по безпечній роботі з ними.

При роботі з пневмоінструментом перевірити, щоб ключі-насадки були надійно закріплені штифтами і кільцями. Не допускається їх кріплення шплінтами та дротом.

Балансир противаги повинен бути закріплений страхувальним тросом до візка монорельса і утримувати підвішений на нього електро- і пневмогай-коверт в крайньому верхньому положенні та опускатись при невеликому натискуванні руками.

Перевірити справність вимикачів гідравлічних скоб, справність проводів і шлангів, справність ручок-скоб, кріплення скоб на підвісних пристосуваннях, надійність шплінтування пальців шарнірів.

Вимоги безпеки під час виконання роботи. Виконувати роботи необхідно згідно з технологічною картою на виконання тієї чи іншої роботи.

Під час роботи з переносним електродрилем, гайкововертом, шліфувальною машиною додержуватись інструкції по експлуатації електроінструмента.

Під час роботи пневматичним інструментом необхідно:

- Працювати тільки справним інструментом. Клапани відрегулювати так, щоб вони легко відкривались, при припиненні натиску на правлячий держак швидко закривались і не пропускали повітря в закритому положенні.

- Приєднувати шланги до інструмента і роз'єднувати їх з інструментом після виключення подачі повітря. Перед приєднанням до інструмента шланг старанно продути.

- Працювати тільки в захисних окулярах.

- Користуватись тільки абразивними кругами, одержаними в інструментальній коморі та спеціально призначеними для пневмомашинки.

Забороняється:

- Спрямовувати струмінь повітря на себе або на людей, які працюють поруч.

- Працювати пневмомашинкою при відсутності захисного кожуха над абразивним кругом та наявності уступів, вибоїн, тріщин та стукотіння абразивного круга.

- Працювати бічною поверхнею абразивного круга.

- Працювати пневматичним інструментом з приставних драбин.

При роботі на заточувальному верстаті необхідно надіти захисні окуляри, стояти слід збоку абразивного круга, пуск верстата має бути заблокований із захисним екраном. Зазор між кругом та підручником повинен бути не більше 3 мм. Стежити за тим, щоб підручник був міцно закріплений, абразивний круг - обгороджений захисним кожухом. Правити круг зубилом забороняється.

При роботі з електроінструментом необхідно:

Працюючи на верстаку, необхідно стежити за тим, щоб поверхня його, оббита листовою сталлю, була гладкою і не мала задирок.

Виконуючи роботу сумісно з декількома особами, узгоджувати свої дії з діями товаришів по роботі.

Деталі необхідно складати в спеціальну тару чи на стелажі.

Якщо укладання здійснюється на підлогу, то укладати деталі необхідно стійко. Висота штабеля повинна бути не більше 1 м.

Для запобігання вильоту під час роботи на гідравлічних пресах встановлювати деталі, які запресовуються, слід вертикально, без перекосів.

Вимоги безпеки після закінчення роботи. Прибрати робоче місце. Інструмент і пристрої протерти і скласти їх у відведене для них місце.

Якщо агрегат залишається на спеціальних підставках, перевірити надійність їх встановлення. Не залишати його висіти на тросі вантажопідйомного механізму.

Зняти спецодяг, повісити його у спеціально призначене для нього місце.

Вимити руки і обличчя теплою водою з милом. При можливості прийняти душ.

Забороняється мити руки в мастилі, бензині, гасі і витирати їх ганчір'ям, забрудненим ошурками, тирсою, стружкою.

Повідомити керівника робіт про всі недоліки, які мали місце під час роботи.

Вимоги безпеки в аварійній ситуації. Причини, які можуть викликати аварійну ситуацію: ураження електричним струмом, падіння з висоти вивішених агрегатів, вихід з ладу інструмента, устаткування пристроїв, відліт осколків металу, наявність шкідливих речовин в робочій зоні та інше.

Якщо склалась ситуація, що може призвести до аварії або нещасного випадку, слід негайно припинити роботу, відключити електроенергію, джерело живлення пневмоінструменту. Огородити небезпечну зону. Не допускати в неї сторонніх осіб. Повідомити про те, що сталося, керівника робіт.

Якщо є потерпілі, надавати їм першу медичну допомогу. При необхідності викликати «швидку медичну допомогу».

Надання першої медичної допомоги.

- Надання першої допомоги при ураженні електричним струмом.

При ураженні електричним струмом необхідно негайно звільнити потерпілого від дії електричного струму, відключивши електроустановку від джерела живлення, а при неможливості відключення - відтягнути його від струмоведучих частин за одяг або застосувавши підручний ізоляційний матеріал.

При відсутності у потерпілого дихання і пульсу необхідно робити йому штучне дихання і непрямий (зовнішній) масаж серця, звернувши увагу на зіниці. Розширені зіниці свідчать про різке погіршення кровообігу мозку. При такому стані необхідно негайно приступити до оживлення потерпілого і викликати швидку медичку допомогу.

- Перша допомога при пораненні.

Для надання першої допомоги при пораненні необхідно розкрити індивідуальний пакет, накласти стерильний перев'язочний матеріал, що міститься у ньому, на рану і зав'язати її бинтом.

Якщо індивідуального пакету якимсь чином не буде, то для перев'язки необхідно використати чисту носову хустинку, чисту полотняну ганчірку тощо. На те місце ганчірки, що приходиться безпосередньо на рану, бажано накапати декілька капель настойки йоду, щоб одержати пляму розміром бі-

льше рани, а після цього накласти ганчірку на рану. Особливо важливо застосувати настойку йоду зазначеним чином при забруднених ранах.

- Перша допомога при кровотечі.

Для того, щоб зупинити кровотечу, необхідно:

- підняти поранену кінцівку вгору;

- кровоточиву рану закрити перев'язочним матеріалом (із пакета), складеним у клубочок, придавити її зверху, не торкаючись самої рани, потримати на протязі 4-5 хвилин; якщо кровотеча зупинилася, то не знімаючи накладеного матеріалу, поверх нього покласти ще одну подушечку з іншого пакета чи кусок вати і забинтувати поранене місце (з деяким натиском);

- при сильній кровотечі, яку не можна зупинити пов'язкою, застосовується здавлювання кровеносних судин, які живлять поранену область, при допомозі згинання кінцівок в суглобах, а також пальцями, джгутом або закруткою; при великій кровотечі необхідно терміново викликати лікаря.

Якщо сталася пожежа, приступити до її гасіння наявними засобами пожежегасіння. При необхідності викликати пожежну частину.

Виконувати всі вказівки керівника робіт по ліквідації аварійної ситуації.

4.5. Дії у разі настання надзвичайної ситуації (Прогнозування вибуху газоповітряних сумішей при руйнуванні газопроводу з газом)

Поблизу газопромислового управління «Шебелинкагазвидобування» знаходиться газопровід який може стати причиною пожежі та ураження людей і будівель вибуховою хвилею у разі його розгерметизації та вибуху. Для запобігання тяжких наслідків аварії розраховано вибух на газопроводі та розробимо заходи по уникненню тяжких наслідків.

Вихідні данні для розрахунку:

– діаметр труби 150мм,

– газ – метан,

- швидкість транспортування газу – 60 м/с,
- відстань від газопроводу 200 м,
- час витікання газу 10 хв.

Визначаємо радіус зони дії детонаційної хвилі R_1 , м [30]:

$$R_1 = \sqrt[3]{37,5 \frac{d^2 \cdot V \cdot t_{cp}}{\beta_{n(e)}}}, \quad (4.1)$$

де d – діаметр трубопроводу, м, (150 мм);

V – швидкість транспортування газу, м/с, (60 м/с);

t_{cp} – час спрацьовування блокувальної арматури, с, (10 хв. або 600 с.).

β_n – нижня концентраційна межа детонації, для метану складає 5,28.

Тоді,

$$R_1 = \sqrt[3]{37,5 \frac{0,15^2 \cdot 60 \cdot 600}{5,28}} = 17,92 \text{ м.}$$

По значенню R_1 визначаємо вагу ГПС, т:

$$Q = \left(\frac{R_1}{17,5} \right)^3 = \left(\frac{17,92}{17,5} \right)^3 = 1,07 \text{ т.} \quad (4.2)$$

Визначаємо радіус зони дії продуктів вибуху (вогненного поля), м, за формулою:

$$R_2 = 1,7R_1 = 1,7 \cdot 17,92 = 40,46 \text{ м,} \quad (4.3)$$

Надлишковий тиск у межах цієї зони, кПа, визначається з виразу:

$$\Delta P_2 = 1300 \left(\frac{R_1}{R_2} \right)^3 + 50 = 1300 \cdot \left(\frac{17,92}{40,46} \right)^3 + 50 = 162,95 \text{ кПа} \quad (4.4)$$

Визначаємо відстані R_i , м, від центра вибуху до зовнішніх границь зон руйнувань за формулою:

$$R_i = \frac{\psi_i \cdot R_1}{0,24}, \quad (4.5)$$

де ψ_i – визначальний коефіцієнт, величина якого приймається рівною:

- для зони слабких руйнувань $\psi_{10} = 2,825$,

$$R_{10} = \frac{2,825 \cdot 17,92}{0,24} = 210,93 \text{ м};$$

- для зони середніх руйнувань $\psi_{20} = 1,749$,

$$R_{20} = \frac{1,749 \cdot 17,92}{0,24} = 130,59 \text{ м};$$

- для зони сильних руйнувань $\psi_{30} = 1,317$,

$$R_{30} = \frac{1,317 \cdot 17,92}{0,24} = 98,34 \text{ м};$$

- для зони повних руйнувань $\psi_{50} = 1,015$,

$$R_{50} = \frac{1,015 \cdot 17,92}{0,24} = 75,79 \text{ м};$$

Схема дії вибухової хвилі наведено на рис 4.2.

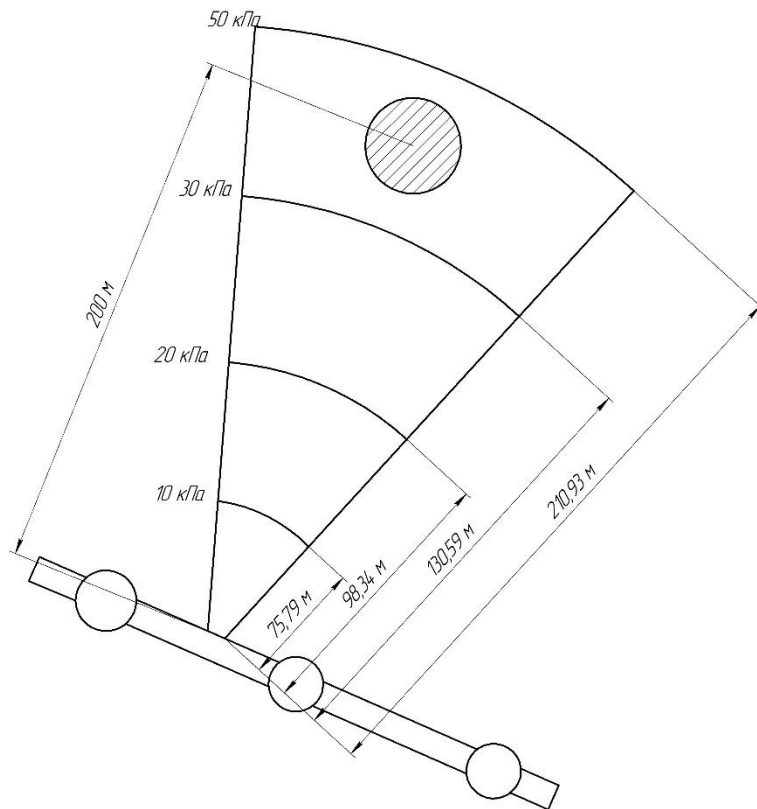


Рис. 4.2. Зона дії ударної хвилі від вибуху газу

Таким чином ми бачимо, що підприємство потрапляє в зону слабких руйнувань.

Визначаємо надлишковий тиск на фронті повітряної ударної хвилі в районі об'єкта:

Визначаємо визначальний коефіцієнт:

$$\psi = 0,24 \frac{R}{R_1} = 0,24 \cdot \frac{200}{17,92} = 2,68 \quad (4.6)$$

де R – відстань від об'єкта до центра вибуху, м;

R_1 – радіус зони детонаційної хвилі, м.

Визначаємо величину надлишкового тиску, кПа, на фронті повітряної ударної хвилі в районі об'єкту за умови:

при $\psi \leq 2$

$$\Delta P_{\phi} = \frac{700}{3(\sqrt{1+29,8\psi^3}-1)} = \frac{700}{3\sqrt{1+29,8 \cdot 2,68^3}-1} = 30,47 \text{ кПа} \quad (4.7)$$

Визначаємо параметри зони дії теплового поля:

Визначаємо тривалість існування вогняної півсфери (сфери):

$$t_{ce} = 4,5 \cdot \sqrt[3]{Q} = 4,5 \cdot \sqrt[3]{1,07} = 4,6 \text{ с} \quad (4.8)$$

де t_{ce} – тривалість існування вогняної півсфери, с;

Q – маса газоповітряної суміші, т.

Визначається інтенсивність теплового випромінювання:

$$J = q \cdot \varphi, \text{ кДж/м}^2\text{с}, \quad (4.9)$$

де q – питомий тепловий потік, кДж/м²с,

φ – відносна величина, що враховує кутовий коефіцієнт взаємного розташування об'єкта і джерела вибуху F і прозорість атмосфери T , в залежності від маси ГПС і відстані від об'єкта до центра вибуху приймається 0,086.

$$J = 231 \cdot 0,086 = 19,87, \text{ кДж/м}^2\text{с}.$$

Отже, при величині надлишкового тиску $\Delta P_{\phi} = 19,87$ кПа, на фронті повітряної ударної хвилі в районі підприємства відбудуться невеликі деформації другорядних елементів споруди (покрівлі, легких добудов, віконних, дверних коробок, внутрішніх перегородок, штукатурки). Окремі завали та пожежі, величина збитків при цьому складе 10 % від вартості будівлі.

4.6. Висновок

Аналізуючи стан охорони праці на підприємстві, можна говорити, що роботи на подальше покращення умов праці проводяться, але не дуже ефективно. Є ще резерви, щоб підвищити умови праці, оздоровити їх, усунути недоліки.

Впровадження заходів з охорони праці дозволять уникнути травмувань робітників. Створення гідного мікроклімату в приміщенні майстерні підвищить продуктивність працівників та якість ремонту.

РОЗДІЛ 5

ТЕХНІКО - ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Проведемо техніко-економічний розрахунок показників роботи майстерні після реконструкції зони поточного ремонту автомобілів (організація ділянки з відновлення кульових шарнірів рульового керування) організованої на площі 512 м², за рахунок добудови частини майстерні. Трудомісткість проведення робіт у відділенні складає 12873 люд.-год., що відповідає 43 умовним ремонтам.

Для реконструкції майстерні господарства необхідне сучасне ремонтно - технологічне обладнання, а також планується розширення номенклатури виконуваних робіт на, що необхідні додаткові площі. Додаткові площі отримуюмо за рахунок використання складу запасних частин та проведення його реконструкції. Вартість всіх цих заходів становить 273100,00 грн.

Вихідними даними для розрахунку економічної ефективності є показники, наведені в таблиці 5.1.

Для проведення економічної оцінки проекту необхідно визначити наступні показники [31]:

- Вартість проведених ремонтів становить:

$$B_{np} = Q \cdot C_{1ум.рем.}, \quad (5.1)$$

$$B_{np}^{\delta} = 39 \cdot 14360,00 = 560040,00 \text{ грн.}$$

$$B_{np}^{np} = 42,9 \cdot 16400,00 = 703560,00 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.1 – Вихідні данні для розрахунку техніко-економічних показників проекту

Показники	Позначення показників	Значення показників	
		Базовий	Проектний
Обсяг ремонтних робіт, ум. рем.	Q	39	42,9
Вартість 1 ум. рем, грн.	Ц1ум рем	14360,00	16400,00
Кількість основних робітників, осіб	Кпр	5	6
Середньомісячна заробітна плата робітника з нарахуванням, грн.	ЗПср	3520,00	4500,00
Вартість діючого обладнання (балансова), грн.	Бд	123000,0 0	
Вартість придбаного обладнання, грн.	Бпр	–	167500,0 0
Вартість будівлі за балансом, грн.	Ббуд	58750,00	–
Витрати на реконструкцію ремонтної майстерні та організацію ділянки , грн.	Брек	–	105600,0 0
Річні витрати електроенергії, кВт/рік.	Qел	28650	36200
Ціна 1 кВт/год. електроенергії, грн.	Цел	1,98	1,98

– Експлуатаційні витрати всього становлять:

$$EB = ЗП + A + B_{ел} + B_{рем} + IB, \quad (5.2)$$

де $ЗП$ – заробітна плата з нарахуванням, грн.;

A – амортизаційні відрахування, грн.;

$B_{ел}$ – вартість електроенергії, грн.;

$B_{рем}$ – витрати на поточний ремонт (ПР) та технічне обслуговування (ТО), грн.

Заробітна плата з нарахуванням визначається:

$$ЗП = 1,22 \cdot ЗП_{cp} \cdot K_{np} \cdot 12, \quad (5.3)$$

де 1,22 – коефіцієнт, який враховує нарахування на заробітну платню;

$ЗП_{cp}$ – середньомісячна заробітна плата робітника, грн.;

K_{np} – кількість основних робітників, осіб;

12 – кількість місяців.

$$ЗП^{\delta} = 1,22 \cdot 3520,00 \cdot 5 \cdot 12 = 257664,00 \text{ грн.}$$

$$ЗП^{np} = 1,22 \cdot 4500,00 \cdot 6 \cdot 12 = 395280,00 \text{ грн.}$$

Загальні витрати на амортизацію будівлі та обладнання визначаються:

$$A = A_{обл} + A_{\delta}, \quad (5.4)$$

де $A_{обл}$ – витрати на амортизацію обладнання, грн.;

A_{δ} – витрати на амортизацію будівлі, грн.

Витрати на амортизацію обладнання визначаються:

$$A_{обл}^{\delta} = \frac{B_{обл} \cdot \lambda_{обл}}{100} = \frac{123000,00 \cdot 21,93}{100} = 26973,90 \text{ грн.} \quad (5.5)$$

$$A_{одл}^{np} = \frac{B_{обл} + B_{np} \cdot \lambda_{обл}}{100} = \frac{(123000,00 + 167500,00) \cdot 21,93}{100} = 63706,65 \text{ грн.} \quad (5.6)$$

де $B_{обл}$ – балансова вартість обладнання, грн.

B_{np} – вартість придбаного обладнання, грн.

$\lambda_{обл}$ – норма амортизації обладнання, $\lambda_{обл} = 21,93\%$.

Витрати на амортизацію будівлі визначаються:

$$A_{б\ddot{y}d}^{\bar{b}} = \frac{B_{б\ddot{y}d} \cdot \lambda_{б\ddot{y}d}}{100} = \frac{58750,00 \cdot 7,76}{100} = 4559,00 \text{ грн.} \quad (5.7)$$

$$A_{б\ddot{y}d}^{np} = \frac{B_{б\ddot{y}d} + B_{орг} \cdot \lambda_{б\ddot{y}d}}{100} = \frac{(58750,00 + 105600,00) \cdot 7,76}{100} = 12753,56 \text{ грн.} \quad (5.8)$$

де $B_{б\ddot{y}d}$ – балансова вартість будівлі, грн.;

$B_{орг}$ – витрати на реконструкцію ремонтної майстерні та організацію ділянки, грн.

$\lambda_{б\ddot{y}d}$ – норма амортизації будівель, $\lambda_{б\ddot{y}d} = 7,76\%$.

Тоді загальні витрати на амортизацію становлять:

$$A^{\bar{b}} = 26973,90 + 4559,00 = 31532,90 \text{ грн.}$$

$$A^{np} = 63706,65 + 12753,56 = 76460,21 \text{ грн.}$$

Витрати на електроенергію визначаються:

$$B_{ел} = Q_{ел} \cdot C_{ел}, \quad (5.9)$$

$$B_{ел}^{\bar{b}} = 28650 \cdot 1,98 = 56727,00 \text{ грн.}$$

$$B_{ел}^{np} = 36200 \cdot 1,98 = 71676,00 \text{ грн.}$$

Витрати на поточний ремонт та технічне обслуговування визначаються:

$$B_{рем} = \frac{A \cdot 30}{100}, \quad (5.10)$$

$$B_{рем}^{\delta} = \frac{31532,90 \cdot 30}{100} = 9459,87 \text{ грн.}$$

$$B_{рем}^{np} = \frac{76460,21 \cdot 30}{100} = 22938,06 \text{ грн.}$$

Інші витрати складають 3% від загальної суми експлуатаційних витрат:

$$IB = \frac{3П + A + B_{ел} + B_{рем} \cdot 3}{100}, \quad (5.11)$$

$$IB^{\delta} = \frac{257664,00 + 31532,90 + 56727,00 + 9459,87 \cdot 3}{100} = 10661,51 \text{ грн.}$$

$$IB^{np} = \frac{395280,00 + 76460,21 + 71676,00 + 22938,06 \cdot 3}{100} = 16990,63 \text{ грн.}$$

Тоді експлуатаційні витрати всього становлять:

$$EB^{\delta} = 257664,00 + 31532,90 + 48132,00 + 9459,87 + 10661,51 = 366045,28 \text{ грн.}$$

$$EB^{np} = 395280,00 + 76460,21 + 71676,00 + 22938,06 + 16990,63 = 583344,90 \text{ грн.}$$

– Повна собівартість проведених ремонтів становить:

$$ПС^{\delta} = (EB + B_K) \cdot 1,02, \quad (5.12)$$

$$PC^n = EB \cdot 1,02, \quad (5.13)$$

де B_K – витрати на роботи виконані за кооперацією, за даними господарства, грн.

$$PC^{\delta} = EB^{\delta} + B_K \cdot 1,02 = 366045,28 + 160200,00 \cdot 1,02 = 536770,18 \text{ грн.}$$

$$PC^{np} = EB^{np} \cdot 1,02 = 583344,90 \cdot 1,02 = 595011,80 \text{ грн.}$$

– Загальний прибуток становить:

$$\Pi = B_{np} - PC, \quad (5.14)$$

$$\Pi^{\delta} = 560040,00 - 536770,18 = 23269,82 \text{ грн.}$$

$$\Pi^{np} = 703560,00 - 595011,80 = 108548,20 \text{ грн.}$$

– Приріст прибутку становить:

$$\square \Pi = \Pi^{np} - \Pi^{\delta} = 108548,20 - 23269,82 = 85278,38 \text{ грн.} \quad (5.15)$$

– Рівень рентабельності становить:

$$P = \frac{\Pi \cdot 100}{PC}, \quad (5.16)$$

$$P^{\delta} = \frac{23269,82 \cdot 100}{536770,18} = 4,3\%$$

$$P^{np} = \frac{108548,20 \cdot 100}{595011,80} = 18,2\%$$

– Обсяг додаткових капітальних вкладень становить:

$$B = B_{np} + B_{орг} = 167500,00 + 105600,00 = 273100,00 \text{ грн.} \quad (5.17)$$

– Термін окупності додаткових капітальних вкладень становить:

$$T_o = \frac{B}{\square\Pi} = \frac{273100,00}{85278,38} = 3,2 \text{ років} \quad (5.18)$$

Таблиця 5.2 – Економічна ефективність проекту

Показники	Базовий варіант	Проектний варіант
Вид робіт	Ремонт	
Обсяг робіт, ум. рем.	39	43
Ціна 1 ум. ремонту, грн.	14360,00	16400,00
Вартість проведених ремонтів, грн.	560040,00	703560,00
Кількість основних робітників, осіб.	5	6
Обсяг додаткових капіталовкладень, грн.	–	273100,00
Експлуатаційні витрати всього, грн..	366045,28	583344,90
- заробітна плата з нарахуваннями, грн.	257664,00	395280,00
- амортизаційні відрахування, грн.	31532,90	76460,21
- вартість електроенергії, грн.	56727,00	71676,00
- витрати на ПР та ТО, грн.	9459,87	22938,06
- інші витрати, грн..	10661,51	16990,63
Повна собівартість продукції, грн	536770,18	595011,80
Загальний прибуток, грн.	23269,82	108548,20

Рівень рентабельності, %	4,3	18,2
Приріст прибутку, грн.	–	85278,38
Термін окупності додаткових вкладень, років	–	3,2

Висновок. Результати техніко - економічної оцінки проектних рішень показують, що заходи реконструкції ремонтної майстерні товариства дозволяють отримати річний прибуток господарства 85278,38 грн., при цьому термін окупності капітальних витрат складає 3,2 років.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Аналіз надійності елементів передньої підвіски й рульового керування автомобілів показав, що на керованість і безпеку руху в першу чергу впливають несправності кульових шарнірів кермового механізму й кульових шарнірів підвіски. Зменшення автомобілів, що перебувають в експлуатації в стані близькому до передвідажного є важливим чинником для зниження високої аварійності на дорогах України.

Проведений аналіз видів ушкоджень кульових шарнірів. Установлено, що основними видами ушкоджень кульових шарнірів є зношування полімерного вкладиша (40% зразків), порушення цілісності захисного чохла (32% зразків), зношування сферичної частини пальця (18% зразків).

Наведено можливі шляхи удосконалення технічного сервісу кульових опор та визначено найбільш перспективні. Запропоновано вводити в опору мастило Літол 24 + ультра дисперсний алмазографіт. Представлені характеристики твердої добавки, що вводиться в пластичний мастильний матеріал Літол-24, склад досліджуваних мастильних композицій. Наведений опис процесу готування мастильних композицій.

Наведено методику розрахунку коефіцієнту тертя, моменту опору кочення, сили тертя.

Представлені результати лабораторних і експлуатаційних випробувань розроблених мастильних композицій на основі пластичного мастильного матеріалу Літол-24 з добавкою ультрадисперсного порошку алмазографіта. Лабораторні випробування проводилися на установках зі зразками, що моделюють роботу опори, і на установках з реальними кульовими шарнірами.

Були вирішені наступні завдання.

Розроблені й приготовлені мастильні композиції з різним вмістом ультрадисперсного порошку алмазографіта в мастильному матеріалі Літол-24.

Визначена оптимальна концентрація добавки в мастильному матеріалі, при якій тертя й зношування має мінімальні значення. За результатами ви-

пробувань мастильних композицій у різних парах тертя визначено, що найкращим є концентрація 0,5-2 % від маси базового мастильного матеріалу.

Проведені випробування по визначенню сил і моментів тертя, а також визначенню зношування зразків на установках, що моделюють роботу кульових шарнірів.

У ході випробувань виявлено, що внесення добавки ультрадисперсного алмазографіта зменшує силу тертя й момент тертя на 10-18 %, величина зношування зразків знижується в 1, 3-2 рази в порівнянні з базовим мастильним матеріалом.

Впровадження заходів з безпечної праці дозволить уникнути травмувань робітників та поліпшити умови їх праці. Одним із реалізованих заходів є проектування системи освітлення. Завдяки якій можна підрахувати необхідну кількість світильників та ламп, що будуть розміщені на дільницях майстерні. Основною рекомендацією для працівників може бути чітке дотримання правил охорони праці.

Результати техніко - економічної оцінки проектних рішень показують, що заходи реконструкції ремонтної майстерні товариства дозволяють отримати річний прибуток господарства 85278,38 грн., при цьому термін окупності капітальних витрат складає 3,2 років.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сумець О.М. Класифікація деталей вузлів і агрегатів автотранспортних засобів / О.М. Сумець, П.С. Сиромятніков // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Випуск 110 «Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві». – Х. : ХНТУСГ, 2011. – С. 181–186.

2. Костюк С.А. Підвищення довговічності сферичних шарнірних з'єднань / С.А Костюк, М.М. Косіюк // Вісник Хмельницького національного університету. – 2017. – № 2. – С. 71–73. 3. Кузьменко А.Г. Контактная механика и расчеты на износ опор скольжения: монография / А.Г. Кузьменко, А.Г. Любин. – Хмельницкий: ХНУ, 2008. – 550 с.

4. Кузьменко А.Г. Теоретическая и экспериментальная трибология. В 12 т. Т. III Развитие методов контактной трибомеханики: монография / А.Г. Кузьменко. – Хмельницкий: ХНУ, 2010. – 270 с.

5. Пальцы шаровые передней подвески автомобилей ВАЗ в сборе. Технические условия ТУ 4591–002–50791834–2003. Дата введения 02. 08.2003 г.

6. Катунин А.А. Технологическое обеспечение качества сферических головок шаровых пальцев обкаткой бессепараторным инструментом: дисс. канд. техн. наук. 05.02.08. – Орел, 2009. – 171 с.

7. Степаненко О.А. Дослідження причин виходу з ладу кульових опор та пошук шляхів підвищення їх довговічності / Степаненко О.А. // Модернізація та наукові дослідження: парадигма інноваційного розвитку суспільства і технологій: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції ГО "Інститут інноваційної освіти" Науково-навчальний центр прикладної інформатики НАН України. – 2021. – С. 191–194.

8. 5 найпоширеніших причин ДТП в Україні [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.the-village.com.ua/village/city/city-news/294031-5-nauposhirenishih-prichini-dtp-v-ukrayini-u-2019-mu>.

9. Механизм ДТП по связи «причина-следствие» [Электронный ресурс] / Общественная организация «Дорожный контроль Севастополь». – Режим доступа: <http://roadonline.info/12446-mehanizm-dtp-po-svyazi-prichina-sledstvie.html>, свободный. (Дата обращения 14.01.2014).

10. Дорожно-транспортные происшествия и их причины [Электронный ресурс] / Кандалакшская автошкола ДОССАФ России. – Режим доступа: <http://www.dosaaf-51.ru/page,4,bezopasnost.html>, свободный. (Дата обращения 14.01.2014).

11. Неисправность транспортного средства как причина ДТП [Электронный ресурс] / StatsData.RU занимательная статистика и интересные факты. – Режим доступа: <http://www.statsdata.ru/content/view/36-18.html>.

12. ГОСТ Р52302–2004. Автотранспортные средства, управляемость и устойчивость. Технические требования. Методы испытаний. – Введ. 01.01.2006. – М.: Изд-во стандартов, 2006. – 37 с.

13. Справочник по триботехнике. Смазочные материалы, техника смазки, опоры скольжения и качения / Т. 2.; Под ред. М. Хебды, А. В. Чичи-надзе. М.: Машиностроение, Варшава ВКЛ, 1990. – 450 с.

14. Руководство по ремонту автомобилей КраЗ-6510 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://banga.ua/pages/gruzovie-sng/kraz/teh-documentacia-kraz/rukovodstvo-kraz-6510-kraz-65101>.

15. BOSCH AUTOMOTIVE HANDBOOK 4-th Edition / Бош Автомобільний довідник. Видання перше. Переклад з англійської. – Видавництво “За рулем”, 2000.

16. ТУУЗ4.3-01527695-026:2010 “Складові частини підвіски та рульового приводу автомобілів. Технічні умови”.

17. Передня і задня підвіска газ-21 ремонт і заміна [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://ua.waykun.com/articles/perednja-i-zadnja-pidviska-gaz-21-remont-i-zamina.php>.

18. Кисликов В.Ф. Будова й експлуатація автомобілів: Підручник / Кисликов В.Ф., Лущик В.В. // - 6-те вид. - К.: Либідь, 2006. - 400 с.

19. Пашковский, И. Э. Методика оценки долговечности подшипников качения с учетом использования прогрессивных технологий [Текст] / И. Э. Пашковский, В. М. Светлаков // Промышленный сервис.-2009.-№ 3.-С. 9-12.
20. Дирда В.И. Детали машин [Підручник] / за редакцією Дирди В.И.-.: Дніпропетровськ-Герда, 2011. - 338 с.
21. Васильев Ю. Н. Природа смазочной способности графита / Ю. Н. Васильев // Трение и износ. 1983 (4), № 3. С. 483-491.
22. Солодовник О.Ю. Підвищення довговічності підшипників кочення введенням в змазку наноматеріалів, що поліпшують умови тертя / О.Ю. Солодовник, В.О. Колбасін // Збірник статей II Міжнародної науково-практичної конференції «Інтеграція світових наукових процесів як основа суспільного прогресу» Нова освіта. Київ. 2018. – 86-90 с.
23. Закон України “Про охорону праці” / Законодавство України про охорону праці. - К. Нова редакція 2002 р.
24. СОУ 09.1-30019775-121:2013 «Система управління охороною праці ПАТ «Укргазвидобування».
25. ДСТУ ОHSAS 18001:2010 «Системи управління безпекою та гігієною праці. Вимоги»
26. ДСН 3.3.6.042-99 „Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень”.
27. ДСН 3.3.6.037-99 „Державні санітарні норми шуму, ультразвуку та інфразвуку”.
28. НПАОП 0.00 – 7.11 – 12 "Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників".
29. ДСН 3.3.6.039-99 "Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу".
30. Беликов А.С. Основы охраны труда: учебник для студентов высших учебных заведений Украины III-IV уровня аккредитации / Под ред., д.т.н., профессора А.С. Беликова. - Днепрпетровск: Журфонд, 2007. – 494 с.

31. Лебеденко О.В. Методичні рекомендації з економічного обґрунтування дипломних проектів і робіт для студентів факультету механізації сільськогосподарства, (кафедра надійності і ремонту машин) за напрямом підготовки "Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва" / Лебеденко О.В. Дніпропетровськ: ДДАУ, 2011. – 16 с.

32. Сокол С.П. Методичні рекомендації до виконання і оформлення дипломних проектів ОКР "Бакалавр" за напрямом підготовки 6.100102 "Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва і дипломних робіт ОКР "Магістр" за спеціальністю 8.1001023 "Механізація сільськогосподарства" / С.П. Сокол, Б.Г. Харченко – Д.: ДДАУ, 2013. – 44 с.

33. Межгосударственный стандарт. Единая система конструкторской документации. Общие Требования к текстовым документам ГОСТ 2.105-95. [Введ. 1996-07-01 –; введ. в Украине 1997-07-01.]. – Минск: ИПК Издательство стандартов, 1996. – 37 с.

34. Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення ДСТУ3008 – 95. - [Чинний від 1996-01-01]. — К. : Держстандарт України 1995. – 37 с. – (Національний стандарт України).

35. Система стандартів з інформації, бібліотечної та видавничої справи. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання (ГОСТ 7.1–2003, ІДТ) ДСТУ ГОСТ 7.1:2006. – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – 48 с. - (Національний стандарт України).

ДОДАТКИ

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра надійності і ремонту машин

**УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО
СЕРВІСУ КУЛЬОВИХ ШАРНІРІВ РУЛЬОВОГО
КЕРУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ**

Доповідач: Степаненко О.А.

Керівник: доц. к.т.н. Толстенко О.В.

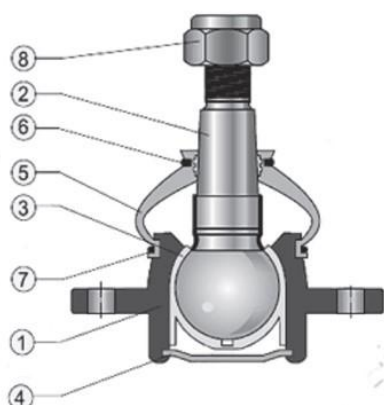
МЕТА ТА ЗАДАЧІ РОБОТИ

2

Метою роботи є підвищення ефективності технічного сервісу кульового шарніра рульового керування автомобілів.

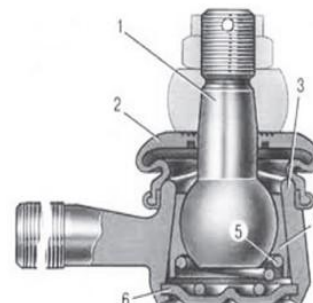
Задачі роботи

- провести аналіз конструкції кульових шарнірних опор та визначити причини виходу їх з ладу;
- визначити залежності тертя у кульових шарнірних вузлах з використанням мастила та без нього;
- розробити методику та план експериментальних досліджень тертя та зносу кульових шарнірів;
- визначити моменти тертя та коефіцієнт тертя кульових шарнірів;
- провести заходи з охорони праці та безпеки життєдіяльності;
- провести техніко-економічну оцінку роботи.



Будова кульового шарніра підвіски автомобіля

1 – корпус, 2 – палець, 3 – полімерна вставка, 4 – кришка, 5 – пильник, 6 – фіксує кільце пильника верхнє, 7 – фіксує кільце пильника нижнє, 8 – гайка.



Кульовий шарнір наконечника рульової тяги

1 - палець кульовий, 2 - захисний чохол, 3 - корпус наконечника, 4 - полімерний вкладиш, 5 - піджимна пружина, 6 - кришка

ПОШКОДЖЕННЯ КУЛЬОВИХ ШАРНІРІВ

4



Абразивне зношування й корозія кульового пальця й корпуса кульового шарніра

Абразивне зношування вкладиша



Абразивне зношування кульового пальця у вигляді радіальних канавок на сферичній поверхні

Підвищення температури, що викликає плинність і перетворення молекул полімеру в газоподібний стан у поверхневих шарах при русі пальця навколо вкладиша із тертя - деструкція

Абразивне зношування сферичної головки й втомне зношування в перехідній частині кульового пальця

РОЗПОДІЛ ВІДМОВ ДЕТАЛЕЙ КУЛЬОВОГО ШАРНІРА

5

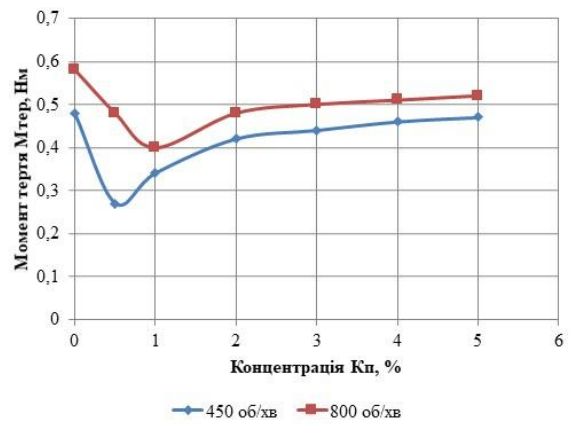


Відмови деталей кульового шарніра

ДОСЛІДЖЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ АЛМАЗОГРАФІТУ

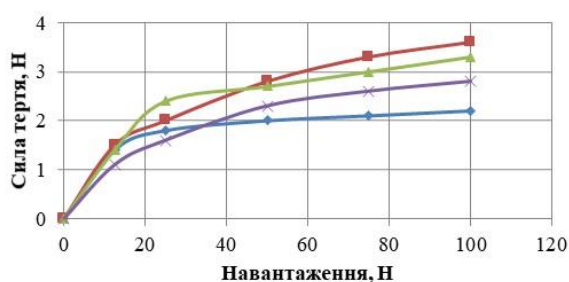
7

Найменування мастильної композиції	Вміст компонентів, %	
	Базовий пластичний мастильний матеріал Літол-24	Твердий наповнювач УДАГ
Літол-24 + 0,1 %УДПАГ	99,9	0,1
Літол-24 + 0,5 %УДПАГ	99,5	0,5
Літол-24 + 1 %УДПАГ	99	1
Літол-24 + 1,5 %УДПАГ	98,5	1,5
Літол-24 + 2 %УДПАГ	98	2
Літол-24 + 2,5 %УДПАГ	97,8	2,5
Літол-24 + 3 %УДПАГ	97	3
Літол-24 + 4 %УДПАГ	96	4
Літол-24 + 5 %УДПАГ	95	5

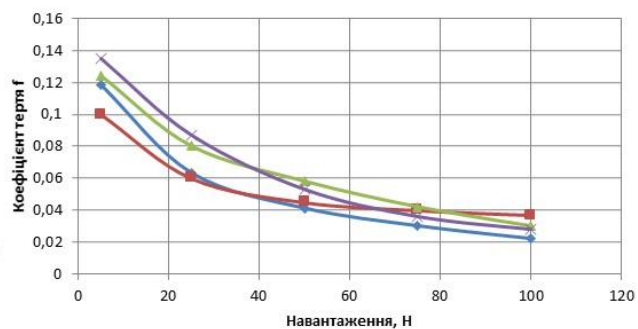


Зміна моменту тертя від концентрації ультрадисперсного алмазографіта

Згідно з отриманими залежностями, для розглянутих вузлів тертя оптимальний вміст добавки ультрадисперсного алмазографіта лежить в межах від 0,5 до 2,5 % від маси пластичного мастильного матеріалу. З найбільш прийнятної діапазону концентрації порошку була обрана мастильна композиція Літол-24+1%УДАГ.



◆ Літол 24+1% УДАГ (зак+відп) ■ Літол 24 (зак+відп)
▲ Літол 24 (відпалювання) ✕ Літол 24+1% УДАГ (відпал)

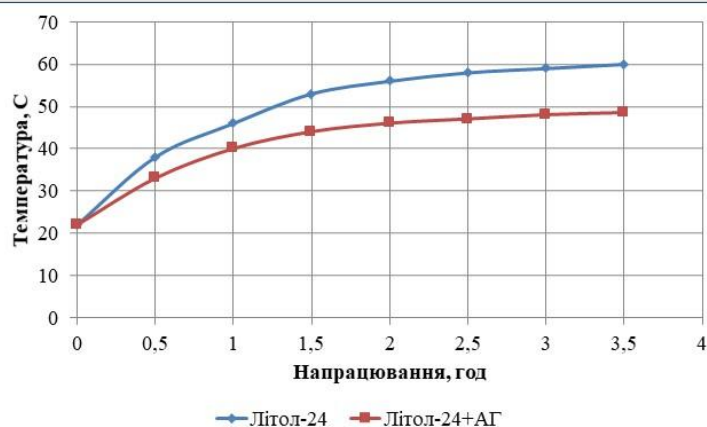


◆ 1 ■ 2 ▲ 3 ✕ 4

Графік залежності сили тертя від величини навантаження

Зміна коефіцієнта тертя від навантаження

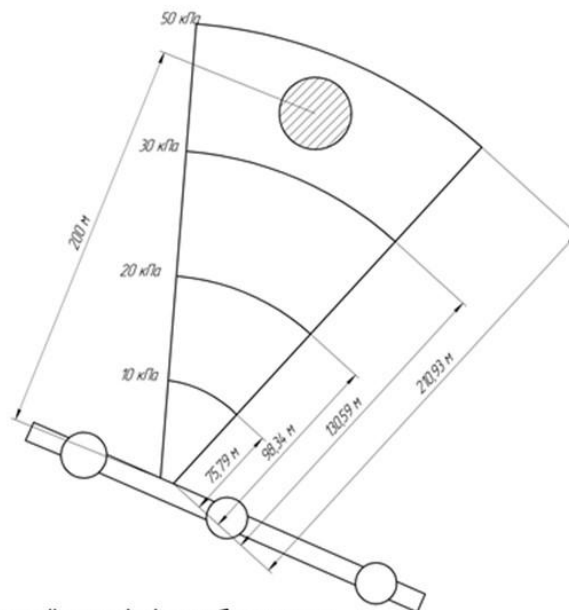
1. - Літол-24 + 1 % УДПАГ (сталь ШХ15, загартування, відпуск);
2. - Літол-24 (сталь ШХ15, загартування, відпуск);
3. - Літол-24 (сталь ШХ15, відпалювання);
4. - Літол-24 + 1 % УДПАГ (сталь ШХ15, відпалювання).



Графік робочої температури від радіального навантаження

Як видно із графіків, має місце зниження температури у випадку застосування мастильних композицій. Основною причиною слід уважати вплив властивостей часток графіту, який має досить низький коефіцієнт тертя. Зниження сили тертя між деталями знижує температуру саморозігріву. Це знижує ймовірність температурного заклинювання тіл кочення, деструкції застосовуваного пластичного мастильного матеріалу із втратою їм мастильних властивостей, можливість заїдання й задира.

- Вихідні данні для розрахунку:
- діаметр труби 150мм,
 - газ – метан,
 - швидкість транспортування газу – 60 м/с,
 - відстань від газопроводу 200 м,
 - час витікання газу 10 хв.



Зона дії ударної хвилі від вибуху газу

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РОБОТИ

11

Показники	Базовий варіант	Проектний варіант
Вид робіт	Ремонт	
Обсяг робіт, ум. рем.	39	43
Ціна 1 ум. ремонту, грн.	14360,00	16400,00
Вартість проведених ремонтів, грн.	560040,00	703560,00
Кількість основних робітників, осіб.	5	6
Обсяг додаткових капіталовкладень, грн.	–	273100,00
Експлуатаційні витрати всього, грн..	366045,28	583344,90
- заробітна плата з нарахуваннями, грн.	257664,00	395280,00
- амортизаційні відрахування, грн.	31532,90	76460,21
- вартість електроенергії, грн.	56727,00	71676,00
- витрати на ПР та ТО, грн.	9459,87	22938,06
- інші витрати, грн..	10661,51	16990,63
Повна собівартість продукції, грн	536770,18	595011,80
Загальний прибуток, грн.	23269,82	108548,20
Рівень рентабельності, %	4,3	18,2
Приріст прибутку, грн.	–	85278,38
Термін окупності додаткових вкладень, років	–	3,2

Аналіз надійності елементів передньої підвіски й рульового керування автомобілів показав, що на керованість і безпеку руху в першу чергу впливають несправності кульових шарнірів кермового механізму й кульових шарнірів підвіски. Зменшення автомобілів, що перебувають в експлуатації в стані близькому до передвідаємого є важливим чинником для зниження високої аварійності на дорогах України.

Проведений аналіз видів ушкоджень кульових шарнірів. Установлено, що основними видами ушкоджень кульових шарнірів є зношування полімерного вкладиша (40% зразків), порушення цілісності захисного чохла (32% зразків), зношування сферичної частини пальця (18% зразків).

Наведено можливі шляхи удосконалення технічного сервісу кульових опор та визначено найбільш перспективні. Запропоновано вводити в опору мастило Літол 24 + ультра дисперсний алмазографіт. Представлені характеристики твердої добавки, що вводиться в пластичний мастильний матеріал Літол-24, склад досліджуваних мастильних композицій. Наведений опис процесу готування мастильних композицій.

Наведено методику розрахунку коефіцієнту тертя, моменту опору кочення, сили тертя.

Представлені результати лабораторних і експлуатаційних випробувань розроблених мастильних композицій на основі пластичного мастильного матеріалу Літол-24 з добавкою ультрадисперсного порошку алмазографіта. Лабораторні випробування проводилися на установках зі зразками, що моделюють роботу опори, і на установках з реальними кульовими шарнірами.

Були вирішені наступні завдання.

Розроблені й приготовлені мастильні композиції з різним вмістом ультрадисперсного порошку алмазографіта в мастильному матеріалі Літол-24.

Визначена оптимальна концентрація добавки в мастильному матеріалі, при якій тертя й зношування має мінімальні значення. За результатами випробувань мастильних композицій у різних парах тертя визначено, що найкращим є концентрація 0,5-2 % від маси базового мастильного матеріалу.

Проведені випробування по визначенню сил і моментів тертя, а також визначенню зношування зразків на установках, що моделюють роботу кульових шарнірів.

У ході випробувань виявлено, що внесення добавки ультрадисперсного алмазографіта зменшує силу тертя й момент тертя на 10-18 %, величина зношування зразків знижується в 1, 3-2 рази в порівнянні з базовим мастильним матеріалом.

Впровадження заходів з безпечної праці дозволить уникнути травмувань робітників та поліпшити умови їх праці. Одним із реалізованих заходів є проектування системи освітлення. Завдяки якій можна підрахувати необхідну кількість світильників та ламп, що будуть розміщені на дільницях майстерні. Основною рекомендацією для працівників може бути чітке дотримання пра-вил охорони праці.

Результати техніко - економічної оцінки проектних рішень показують, що заходи реконструкції ремонтної майстерні товариства дозволяють отримати річний прибуток господарства 85278,38 грн., при цьому термін окупності капітальних витрат складає 3,2 років.

Національна академія наук України
Науково-навчальний центр прикладної інформатики
Інститут інноваційної освіти



Модернізація та наукові дослідження:
парадигма інноваційного
розвитку суспільства і технологій

Матеріали
IV Міжнародної науково-практичної конференції
29-30 січня 2021 р.

Інститут
інноваційної
освіти



Міжнародні та всеукраїнські
науково-практичні конференції
www.novaosvita.com

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
Науково-навчальний центр прикладної інформатики

ІНСТИТУТ ІННОВАЦІЙНОЇ ОСВІТИ

**МОДЕРНІЗАЦІЯ ТА НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ:
ПАРАДИГМА ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ
СУСПІЛЬСТВА І ТЕХНОЛОГІЙ**

МАТЕРІАЛИ

IV Міжнародної науково-практичної конференції

29–30 січня 2021 р.

м. Київ

Київ
Інститут інноваційної освіти
2021

УДК 001(063):378.4 (Укр)
ВВК 72я43
М74

До збірника увійшли матеріали наукових робіт (тези доповідей, статті), надані згідно з вимогами, що були заявлені на конференцію.

*Роботи друкуються в авторській редакції, мовою оригіналу.
Автори беруть на себе всю відповідальність за зміст поданих матеріалів.
Претензії до організаторів не приймаються.
При передруку матеріалів посилання обов'язкове.*

Відповідає п. 12 Порядку присудження наукових ступенів Затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567.

М74 **Модернізація та наукові дослідження: парадигма інноваційного розвитку суспільства і технологія** : Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 29–30 січня 2021 р.) / ГО «Інститут інноваційної освіти»; Науково-навчальний центр прикладної інформатики НАН України. – Київ : ГО «Інститут інноваційної освіти», 2021. – 200 с.

Матеріали конференції рекомендуються освітянам, науковцям, викладачам, адобувачам вищої освіти, аспірантам, докторантам, студентам вищих навчальних закладів тощо.

Відповідальний редактор: С.К. Бурма
Коректор: П.А. Немцова

Матеріали видано в авторській редакції.

УДК 001(063):378.4 (Укр)

© Усі Права авторів застережені, 2021
© Інститут інноваційної освіти, 2021
© Друк ФОП Москвін А.А., 2021

Підписано до друку 03.02.2021. Формат 60x84/16.
Віддруковано з готового оригінал-макету.
Папір офсетний. Друк цифровий. Гарнітура Charter. Ум. друк. арк. 11,63.
Зам. № 0802/21-1. Тираж 100 прим. Ціна договірна. Виходить змішаними мовами: укр., англ., рос.

Виготовник: ФОП Москвін А.А. Цифрова друкарня «Сору Арт».
69095, Запоріжжя, просп. Соборний, 109. Тел.: (061) 708-08-80
Інститут інноваційної освіти: e-mail: novzoovita@gmail.com; сайт: www.novzoovita.com

Видання здійснене за експертної підтримки
Науково-навчального центру прикладної інформатики НАН України
03600, Київ-187, просп. Академіка Глушкова, 40.

О.А. Степаненко,
здобувач вищої освіти ступеня магістра
інженерно-технологічного факультету
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИЧИН ВИХОДУ З ЛАДУ КУЛЬОВИХ ОПОР ТА ПОШУК ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ДОВГОВІЧНОСТІ

Анотація. В статті наведено стан питання по відмовам кульових опор наконечників рульових тяг автомобілів. Встановлено, що пошкодження пильника призводить до передчасного виходу з ладу опори внаслідок абразивного зносу. Найбільш перспективним шляхом подовження довговічності опор є нанесення на сферичну поверхню пальця антифрикційних покриттів. Так нанесення покриття електроіскровим способом дає можливість подовжити довговічність на 12 %.

Ключові слова: кульова опора, довговічність, рульове керування, наконечник рульової тяги, тертя, знос.

Загальна суть проблеми. У автомобілебудуванні кульові шарніри використовуються у підвісці автомобіля та рульовому керуванні. Хоча сам шарнір має досить просту конструкцію але є визначаючим у надійності всього автомобіля [1]. Також кульовий шарнір не тільки впливає на надійність автомобіля але ще й на його безпеку [2].

Як зазначалось раніше будова кульового шарніра рульового керування досить проста, вона складається фактично з шести деталей: палець кульовий, захисний чохол, корпус наконечника, полімерний вкладиш, піджимна пружина, кришка рис. 1.

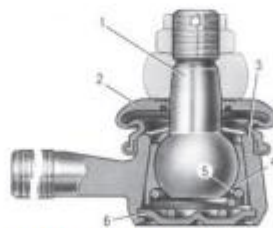


Рис. 1. Кульовий шарнір наконечника рульової тяги
1 - палець кульовий, 2 - захисний чохол, 3 - корпус наконечника,
4 - полімерний вкладиш, 5 - піджимна пружина, 6 - кришка

На шарнір в процесі експлуатації діють різні фактори: тип автомобіля, тип дорожнього покриття, умови роботи, навантаження, матеріал з якого

виготовлено шарнір і саме несправність шарніру може привести до втрати керуваності автомобіля та тяжких наслідків.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідженню кульових шарнірів присвячено багато робіт таких вчених як: Косіюк М.М., Костюк С.А., Гун І.Г., Кузьменко А.Г., Шкуратаїний Ю.В., Шулігін В.О., Калмиков Ю.В., Волков А.В. та інші. За даними [3] на долю ходової частини вантажного автомобіля припадає близько 13 % відмов, в середньому по всім типам автомобілів цей показник становить 17–20 %. Згідно досліджень [4] основною причиною виходу з ладу кульових опор є – зношування; пластичні деформації; втомні руйнування; корозія; фізико-хімічні зміни матеріалу деталей. Не дивлячись на велику кількість робіт присвячених роботі кульових опор, питання підвищення їх надійності залишаються актуальними.

Мета роботи. Дослідження причин виходу з ладу кульових опор та пошук шляхів підвищення їх довговічності.

Виклад основного матеріалу. Кульові опори рульового керування досить довговічні в середньому 20–150 тис. км [5]. Заміну чи ремонт треба проводити не по пробігу, а по технічному стану. Технічний стан визначається примітивно коли стукає та скрипить і за допомогою спеціальних пристосувань на СТО. У шаровій опорі зношуються: палець, корпус опори та капролонова втулка. Причинами виходу з ладу опор можна назвати багато, починаючи від поганих доріг і закінчуючи недоброросівними виробниками. Але основні причини це знос внаслідок зменшення мастила та потрапляння бруду в опору.

За даними працівників СТО основна причина виходу з ладу опори це пошкодження пильнику і саме через пильник бруд потрапляє в опору і починає її інтенсивно зношувати. На рис. 2 наведено стани наконечників.



Рис. 2. Стан кульових опор та наконечників рульового керування

Для підвищення довговічності кульових опор запропоновано різні способи:

- заміна наконечників на нові;
- переробка корпусу опори наконечника під розбірну;
- нанесення антифрикційного покриття,
- установка маслянок та інше.

Згідно досліджень [6, 7] антифрикційні покриття є найбільш перспективними, тому нами запропоновано обробка кульової опори (сферичної частини пальця) електроіскровою обробкою, тобто нанести тонкий шар латуні. В процесі ЕІО на сферичній поверхні пальця утворюється антифрикційний шар та підвищується мікротвердість.

Дослідження на зносостійкість опор проводили на модернізованому свердильному верстаті, за допомогою якого моделювали процес роботи опори рис. 3.



Рис. 3. Експериментальна установка

Випробувались наконечники StarLine. Наконечник розбирався, до нижньої частини приварювалась різьбова вставка для можливості зміни втулок та моделювання процесів тертя. Величина зносу фіксувалась індикатором годинникового типу з ціною поділки 0,001 мм. Наконечник з опорою встановлювався в лещата свердильного верстату і під тиском виконувалось обертання пальця. Показання знімались кожні 15 хв, що відповідало шляху пройденому сферичною опорою пальця 1 км. Під час випробувань контролювалась температура і трималась в допустимих межах. В результаті випробування шлях опори склав 10 тис. км незмінена опора має знос 0,11 мм, а опора в якій палець оброблено ЕІО мала знос 0,025 мм.

Тобто знос опори з покриттям на 0,035 мм менше чим у необробленої і так як граничний знос опори складає 0,7 мм то довговічність опори подовжено на 12%.

Висновки. Кульові опори наконечників рульових тяг суттєво впливають на надійність і безпеку автомобіля. Надійність опор та шляхи її підвищення досліджено недостатньо. Впровадження електроіскрового нанесення антифрикційного покриття на сферичну поверхню пальця опори дозволить подовжити довговічність опори на 12 %.

Список використаних джерел

1. Сумець О.М. Класифікація деталей вузлів і агрегатів автотранспортних засобів / О.М. Сумець, П.С. Сиромятніков // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Випуск 110 «Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві». – Х. : ХНТУСГ, 2011. – С. 181–186.
2. Костюк С.А. Підвищення довговічності сферичних шарнірних з'єднань / С.А Костюк, М.М. Косіюк // Вісник Хмельницького національного університету. – 2017. – No 2. – С. 71–73.
3. Череп А.А. Аналітичне дослідження надійності електрообладнання машинно-тракторного парку та шляхи її підвищення [Текст] / А.А. Череп, Є.В. Калганков // Zbiór artykułów naukowych. Konferencji Międzynarodowej Naukowo-Praktycznej «Inżynieria i technologia. Współczesne tendencje w nauce i edukacji». Warszawa: Sp. z o.o. «Diamond trading tour». 2016. – с. 19-23.
4. Кузьменко А.Г. Контактная механика и расчеты на износ опор скольжения : монография / А.Г. Кузьменко, А.Г. Любин. – Хмельницький : ХНУ, 2008. – 550 с.
5. Неисправность шаровой [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://etlib.ru/blog/1169-neispravnost-sharovoij>.
6. Косіюк М. М. Технологічне забезпечення нанесення антифрикційного покриття на неповні сферичні поверхні фрикційно-механічним способом / М. М. Косіюк, С. А. Костюк, М. А. Костюк // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2018. – № 4. – С. 39–43.
7. Афанасьев І. А. Шляхи підвищення післяремонтної надійності турбокомпресорів автотракторних двигунів / І. А. Афанасьєв, Є. В. Калганков // Zbiór artykułów naukowych. Konferencji Międzynarodowej Naukowo-Praktycznej. – Warszawa. – 2016. – С. 6–11.

**Розділ 11
ТРАНСПОРТ**

В.В. Дриц,
СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІ ТА МАТЕРІАЛИ У ГЕРМЕТИЗАЦІЇ
НЕРУХОМИХ З'ЄДНАНЬ АГРЕГАТІВ МОБІЛЬНИХ МАШИН186

О.А. Степаненко,
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИЧИН ВИХОДУ З ЛАДУ КУЛЬОВИХ ОПОР
ТА ПОШУК ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ДОВГОВІЧНОСТІ191

Підписано до друку 08.02.2021. Формат 60x84/16. Папір офсетний білий.
Гарнітура «Charter». Друк цифровий. Ум. друк. арк. 11,63.
Зам. № 0802/21-1. Тираж 100 прим. Ціна договірна. Виходить змішаними мовами: укр., англ., рос.

Віддруковано з готового оригінал-макета ФОП Москвін А.А.
м. Валеріївка, просп. Соборний, 109.

Інститут інноваційної освіти. Науково-навчальний центр прикладної інформатики НАН України
e-mail: novosovita@gmail.com; сайт: www.novosovita.com

Видання здійснене за експертної підтримки
Науково-навчального центру прикладної інформатики НАН України
03680, Київ-187, просп. Академіка Глушкова, 40