

## Пояснювальна записка

до дипломної роботи

*магістра*

Освітньо-кваліфікаційний рівень

Напрямок підготовки (спеціальність) 132 «Матеріалознавство. Відновлення та технічний сервіс автомобілів»

Шифр і назва напрямку підготовки (спеціальності)

на тему: «Підвищення зносостійкості деталей кульового шарніра тяги рульового керування легкового автомобіля»

Шифр МРТAM 24.23620.000 ПЗ

Виконав: студент 2-го курсу, група MTBAM-23-1  A.M. Попов  
Підпис Ініціали, прізвище

Керівник *к.т.н., доц. каф. ТАМ*  V.P. Свідерський  
Підпис Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:  
Зав. кафедри ТАМ *д.т.н., проф.*

 O.V. Духа  
Підпис Ініціали, прізвище

11 12 2024 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Напрямок підготовки (спеціальність) 132 «Матеріалознавство»

Освітньо-професійна програма Відновлення та технічний сервіс автомобілів»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ТАМ

проф., д.т.н. Диха О.В.

10.10 2024 року

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

Попову Андрію Миколайовичу

Прізвище, ім'я, по батькові

**1. Тема проєкту (роботи):** Підвищення зносостійкості деталей кульового шарніра тяги рульового керування легкового автомобіля

керівник проєкту (роботи) Свідерський Владислав Петрович к.т.н., доцент  
Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом університету від 26 08 2024 р. №28 (Д60)

2. Строк подання студентом проєкту на кафедру 10 грудня 2024 р.

3. Вихідні дані до проєкту: Матеріали практики; робочі креслення ущільнюючих елементів; нормативно – технологічна документація по розбиранню, дефектації, складанню і регулюванню вузла тертя; вимоги з охорони праці та безпеки роботи при виконанні ремонтних робіт

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

1. Аналіз відомих методів та даних по підвищенню зносостійкості деталей кульового шарніра тяги рульового керування легкового автомобіля.

2. Розроблення та дослідження конструктивних схем вузла тертя та визначення умов його роботи.

3. Дослідження зносостійкості деталей кульового шарніра вузла тертя і проведення розрахунків з визначенням параметрів моделі зношування.

4. Розробка технологічного процесу нанесення фторопластового покриття на поверхню кульового шарніра тяги рульового керування автомобіля.

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

Графічну частину проєкту представити у вигляді презентації на слайдах (10-20) шт.

6. Консультанти розділів роботи

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


б. Дата видачі завдання: 2024 р.


**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з /	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів	Примітка
1	Літературний огляд	30.09.2024	
2	Дослідницький розділ	25.10.2024	
3	Технологічний розділ	15.11.2024	
4	Оформлення розрахунково-пояснювальної записки	22.11.2024	
5	Оформлення презентації магістерської роботи	1.12.2024	
6	Нормоконтроль магістерської роботи	5.12.2024	
7	Підписання розділів. Затвердження дати захисту	10.12.2024	

Студент

Керівник проекту (роботи)

  
Підпис

  
Підпис

А.М. Попов  
Ініціали, прізвище

В.П. Свідерський  
Ініціали, прізвище

## РЕФЕРАТ

На тему: «Підвищення зносостійкості деталей кульового шарніра тяги рульового керування легкового автомобіля».

**Актуальність теми дослідження.** Рульове керування автомобіля вважають досить важливим засобом управління. Від справності та надійності цього вузла залежить безпека дорожнього руху, а також життя його учасників. Кульовий шарнір та сухар є важливі складові, оскільки через несправність кронштейна маятникового важеля можливі такі негативні наслідки: люфт рульового колеса, стукіт та шум в рульовому керуванні, самовільне коливання передніх коліс, туге провертання рульового колеса і недостатня стійкість автомобіля.

Щоб підвищити зносостійкість пари тертя кульовий шарнір – шарнір пропонується на поверхню шарніру нанести фторполімерне покриття, а також обґрунтувати вибір пластичного мастила з присадкою. При підвищенні ресурсу вузла зменшуються затрати на ремонт та обслуговування деталей кульового шарніра рульового керування автомобіля.

**Мета і завдання дослідження.** Мета даної роботи полягає у тому, щоб підвищити фізико-механічні, антифрикційні властивості та зносостійкість пари тертя кульовий шарнір – сухар методом нанесення фторполімерного покриття. Завдання дослідження: розробити та дослідити конструктивні схеми вузла тертя та визначити умови роботи його, дослідити антифрикційні властивості деталей кульового шарніра, розробити технологію нанесення на поверхню кульового шарніра фторполімерного покриття.

**Об'єкт і предмет дослідження.** Об'єктом дослідження є деталі кульового шарніра тяги рульового керування легкового автомобіля. Предметом дослідження є фторполімерні покриття нанесені на поверхню кульового шарніра.





**Наукова новизна отриманих результатів.** Виконано вибір та обґрунтовано технологічний метод підвищення зносостійкості вузла тертя агрегату за рахунок нанесення фторполімерного покриття на поверхню кульового шарніра та обґрунтовано вибір пластичного мастила у даному вузлі тертя. Крім того, встановлено, що з метою підвищення зносостійкості фторполімерні покриття доцільно наносити електростатичним методом. Експериментальні результати з дослідження зносостійкості розроблених матеріалів знайшли підтвердження в розрахунках з визначенням параметрів моделі зношування. Розроблений технологічний процес нанесення фторполімерного покриття на поверхню кульового шарніра.

**Структура й обсяг роботи.** Магістерська робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг роботи становить 111 сторінок, 21 рисунок, 7 таблиць, 19 літературних джерел.

Перелік ключових слів: КУЛЬОВИЙ ШАРНІР, ФТОРПОЛІМЕРНЕ ПОКРИТТЯ, ТЕХНОЛОГІЯ ЕЛЕКТРОСТАТИЧНОГО НАНЕСЕННЯ, ПЛАСТИЧНЕ МАСТИЛО, ПРИСАДКИ, ЗНОСОСТІЙКІСТЬ, МОДЕЛЬ ЗНОШУВАННЯ.

## ЗМІСТ

Вступ.....	8
1 Аналіз конструкції агрегату та вузлів тертя .....	9
1.1 Конструкція вузла тертя.....	9
1.1.1 Коротка характеристика автомобіля ВАЗ-2106.....	9
1.1.2 Опис рульового керування та його вузлів тертя .....	10
1.1.3 Обґрунтування вибору вузла тертя для підвищення зносостійкості.....	17
1.1.4 Огляд методів і результатів по підвищенню зносостійкості.....	18
1.2 Розрахунок сил та умови роботи вузла тертя.....	19
1.2.1 Розрахунок сил .....	19
1.2.2 Розрахунок сили діючої на кульову опору .....	25
1.2.3 Розрахунок шляху тертя .....	27
1.2.4 Розрахунок тиску в контакті “куля - кільце”.....	29
1.2.5 Аналіз умов мащення, температура, швидкість .....	29
2 Технологія технічного сервісу та поточного ремонту агрегату та вузла тертя .....	34
2.1 Технічне обслуговування рульового керування.....	34
2.1.1 Діагностування: технологія і обладнання.....	34
2.1.2 Регулювання і профілактика регулювання кутів установки передніх коліс.....	37
2.1.3 Систематизація видів несправностей кульових опор рульової тяги.....	39
2.2 Технологія поточного ремонту.....	40

ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ								
Зм.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата	Підвищення зносостійкості деталей кульового шарніра тяги рульового керування легковог автомобіля	Літера	Аркуш	Аркушів
Виконав		Попов А. М.		9.12.24		н		
Перевір.		Свідерський В.П.		10.12.24			5	111
Н.контр.		Бабак О.В.		11.12.24		ХНУ, група МТВАм-23-1		
Затвер.		Диха О.В.						

2.2.1	Технологія розбирання.....	41
2.2.2	Розбирання кермового механізму.....	42
2.2.3	Розбирання тяги і кульових шарнірів.....	46
2.2.4	Розбирання і зняття кронштейна маятникового важеля.....	47
2.3	Перевірка і регулювання рульового управління.....	48
2.3.1	Перевірка кульових шарнірів кермових тяг.....	48
2.3.2	Перевірка зазору у підшипниках черв'яка.....	48
2.3.3	Перевірка зазору у зачепленні ролика з черв'яком.....	50
2.3.4	Перевірка зазору кульового шарніра тяги.....	50
2.3.5	Перевірка маятникового важеля.....	51
2.3.6	Перевірка ролика і черв'яка.....	51
2.4	Очищення, промивка деталей .....	52
2.5	Дефектація деталей.....	53
2.6	Встановлення, збирання.....	55
2.6.1	Встановлення і збирання маятникового важеля.....	55
2.6.2	Розбирання і збирання картера рульового механізму.....	56
2.7	Заміна деталей, збирання.....	59
3	Технологія відновлення та підвищення зносостійкості деталей кульового шарніра тяги рульового керування.....	61
3.1	Обґрунтування вибору методу відновлення поверхні деталі.....	61
3.2	Основні області застосування тефлонових (фторопластових) покриттів.....	62
3.3	Технологічний процес отримання покриття та вибір порошкового полімерного матеріалу.....	64
3.3.1	Технологія попередньої підготовки металевої поверхні для нанесення порошкового полімерного матеріалу.....	64
3.3.2	Вплив складу і технологічних параметрів на адгезійну міцність фторопластових покриттів на основі фторполімеру Ф-30П до металевих поверхонь.....	71

3.3.3 Технологія електростатичного нанесення фторполімеру Ф-30П на металеві поверхні.....	79
4 Оцінка зносу деталей кульової опори рульової тяги автомобіля, виконаної за відновленою технологією.....	94
4.1 Мета та задачі випробувань на зностійкість.....	94
4.1.1 Методика модельних випробування.....	94
4.1.2 Проведення випробувань.....	95
4.2 Методика обробки результатів експериментів.....	97
4.3 Результати випробувань та визначення параметрів моделі зношування .....	99
Висновки.....	106
Список використаних джерел.....	108
Додатки.....	111

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

## ВСТУП

В наш час розвиток машинобудування характеризується суттєвим розширенням діапазонів робочих навантажень, швидкостей ковзання, температур, номенклатури робочих середовищ умов експлуатації. Відповідно, природним наслідком цього є необхідність значного підвищення довговічності машин та механізмів [1].

Вивчення автомобілів на базі однієї або кількох моделей не може дати уявлення про будову й роботу усіх автомобілів. Для ефективної підготовки спеціалістів з експлуатації та технічного обслуговування автомобілів за короткий термін, потрібно доступно пояснити основні процеси і явища, що забезпечують функціонування транспортного засобу та розкрити принципи, на яких вони ґрунтуються. Так як принцип дії багатьох агрегатів автомобілів досить схожий, для одержання загального уявлення про процес роботи їх достатньо буде ознайомитися з декількома основними конструктивними рішеннями.

Тому вибір дослідження рульового управління легкового автомобіля, а саме підвищення зносостійкості вузла тертя агрегату за рахунок нанесення фторполімерного покриття на поверхню кульового шарніра та обґрунтування вибору пластичного мастила у вузлі тертя є актуальним. На практиці, у більшості випадків (до 90 відсотків) вузли тертя автомобілів, а це – вузли з рухливими елементами, виходять з ладу в результаті зносу [1].

Використання фторопластових покриттів та ущільнень дає можливість розробити універсальні конструкції, які придатні для експлуатації в будь яких робочих середовищах, а також в широкому діапазоні робочих температур.

Інтенсивний ріст якості антифрикційних матеріалів приводить до необхідності розробки достовірних методів оперативної оцінки працездатності та довговічності вузлів тертя.

У цьому контексті фторполімерні покриття, нанесені електростатичним методом на металеві поверхні, є перспективними антифрикційними матеріалами.

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ АГРЕГАТУ ТА ВУЗЛІВ ТЕРТЯ

## 1.1 Конструкція вузлів тертя

### 1.1.1 Коротка характеристика автомобіля ВАЗ-2106

Автомобілі марки ВАЗ сконструйовані для експлуатації у різних кліматичних умовах за температури навколишнього середовища від – 40 до + 50 °С [2]. Вони знайшли використання в середніх широтах планети, в умовах крайньої півночі, а також в державах з тропічним кліматом. Дані автомобілі є базовими моделями, оскільки збираються головним чином з однакових агрегатів. На базі кожної моделі випускають ряд її модифікацій. Основними особливостями кожного сімейства автомобілів ВАЗ є їх компоновка, а також висока ступінь уніфікації деталей, вузлів, агрегатів та відсутність точок змащення шасі. Усе це скорочує час та термін технічного обслуговування даних транспортних засобів.

Безперечно, базова модель автомобіля має свою індексацію, тобто позначення. Позначення передбачає букви, які вказують на підприємство виробника (Волжський автомобільний завод – ВАЗ) та чотирьох цифр: перші дві цифри позначають клас та тип автомобіля ( 21 - малий клас, легковий), а третя та четверта цифра вказують на номер моделі. І п'ята цифра позначення вказує на порядковий номер модифікації базової моделі. Окрім індексу, базовій моделі та її модифікаціям присвоєна конкретна назва.

Малолітражний легковий автомобіль ВАЗ-2106 є транспортним засобом загального призначення дорожньої прохідності та малого класу, що служить для перевезення пасажирів. Даний автомобіль призначений для експлуатації на дорогах з твердим покриттям, проте може бути використаний і на ґрунтових дорогах, а також може долати підйоми крутизною до 20 градусів (рисунок 1.1).

Загальне навантаження даного автомобіля складає 400 кг, місткість 5 осіб. На капітально відремонтованих дорогах автомобіль може переміщатися з причепом масою 300 кг.

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Автомобіль з переднім подовжнім положенням двигуна, задньопривідний, має закритий чотирьох дверний об'ємний несучий кузов типу "седан" та колісну формулу 4 x 2. Ведучими є задні колеса даного транспортного засобу.

Загальна будова автомобілів.

Автомобілі ВАЗ представляють собою легкові машини, які складаються з різних механізмів та систем.

Кожен такий транспортний засіб включає в себе три основні частини: двигун, кузов та шасі. Двигун потрібен для руху автомобіля і являє собою джерело механічної енергії. Кузов - це салон з багажним відділом для розміщення та захисту пасажирів та вантажів. Шасі являє собою сукупність систем та механізмів, що забезпечують переміщення і управління автомобілем. Включає шасі: трансмісію, колеса, мости та підвіски, рульове управління і гальмівні системи.

Безпека та життя учасників дорожнього руху залежить від справності та надійності рульового управління. Кульовий шарнір та сухар – це досить важливі складові автомобіля, оскільки через несправність кронштейна маятникового важеля можливі серйозні негативні наслідки.

### 1.1.2 Опис рульового керування та його вузлів тертя

Щоб приводити рух автомобіля в заданому напрямку служить рульове керування, змінюючи його при необхідності методом повороту керованих коліс.

У автомобілів в залежності від розташування розрізняють праве та ліве рульове керування. Керування з установкою кермового колеса може бути розташоване праворуч або ліворуч по ходу автомобіля. При правому напрямку руху транспортних засобів безперечно застосовують ліве рульове керування, так як кращий огляд зустрічного транспорту при обгоні. В деяких випадках міської експлуатації автомобілів, коли необхідно часто водію виходити з автомобіля для розвантаження, доставки товарів у магазини та офіси, покупцям і т.п., доцільно

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

застосовувати праве рульове керування. В залежності від числа керованих коліс різняться рульове керування з керованими колесами передньої осі, з керованими колесами двох осей, з керованими колесами трьох осей і т.д.

Складається рульове керування з кермового механізму, що перетворює поворот кермового колеса у кутове зміщення кермової сошки або в поперечне переміщення рейки, та кермового приводу, який безпосередньо сошку або рейку зв'язує з поворотними цапфами керованих коліс даного транспортного засобу.

Рульове керування автомобіля за принципом дії поділяють на механічне, механічне з підсилювачем (гідравлічним, електричним, або пневматичним) та гідравлічне.

З підсилювачем рульове керування підвищує безпеку руху і полегшує керування автомобілем в процесі руху. Крім того, у випадку проколу шини на швидкості підсилювач дозволяє утримати автомобіль на дорозі. Тому у сучасних швидкісних легкових автомобілях та автобусах обов'язково встановлені підсилювачі рульового керування. Для рульового керування з компактним гідравлічним підсилювачем необхідна установка гідравлічного насоса, що працює від двигуна. Цю гідравлічну систему крім кермових підсилювачів можна застосовувати і для інших обслуговуючих агрегатів автомобіля, таких як склоочисники, склопідіймач та ін.

У автомобілях з підвищеною маневреністю використовують гідравлічне рульове керування. Таке рульове керування у автотранспорту.

Кермові механізми транспортних засобів механічного рульового керування по конструкції виділяють наступні: рейкові, гвинтів, черв'ячне, кривошип та комбіновані. Шестерні кермові механізми в теперішній час майже не застосовують.

Підрозділяють кермові приводи в залежності від місця розташування кермової трапеції на кермові приводи з передньою кермовою трапецією, розміщеною перед віссю керованих коліс, і на кермові приводи з задньою кермовою трапецією, розміщеною за віссю коліс. Кермові приводи конструктивно проектується з суцільної або з розчленованої кермової трапеції.

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

При незалежній підвісці керованих коліс, звичайно, застосовуються кермові приводи з розчленованої кермової трапеції.

Окрім виконання загальних вимог, рульове керування повинно забезпечити:

– достатню зручність у керуванні, тобто невелике зусилля на кермовому колесі при обмеженому куті повороту;

– по прямій дорозі стійкий рух, для цього потрібно, щоб вільний хід кермового колеса був мінімальним у зоні середнього положення відповідному прямолінійному рухові автомобіля;

– оборотність кермового механізму, мається на увазі під дією стабілізуючого моменту здатність повернення коліс самостійно в положення, що відповідає прямолінійному рухові;

– мінімальну передачу на кермове колесо ударів, отриманих керованими колесами автомобіля;

– правильну кінематику поворотів;

– дотримання пропорційності між зусиллям на кермовому колесі та моментом, що повертає колеса.

Вага рульового керування з подовжньою тягою та деталями кріплення це 1,0-1,4 відсотки ваги легкового автомобіля середнього та великого літражу і від ваги шасі вантажного автомобіля. Вага рульового керування легкових автомобілів малого літражу складає 1,5–2,0 відсотки їхньої ваги. Взагалі, тип кермового механізму суттєво не впливає на його власну вагу.

Рульове управління – це поєднання рульового механізму та рульового приводу. Безпосередньо через рульовий механізм виконується передача зусилля від водія до рульового приводу, а рульовий привод відповідно передає зусилля на керовані колеса.

Складається рульовий механізм з черв'ячного редуктора, вала 27 рульового управління, рульового колеса 37, а також деталей кріплення (рисунки 1.1). Передаточне число черв'ячного редуктора – 16,4. Він розташований у алюмінієвому картері 58, який в свою чергу прикріплений до лівого лонжерону

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кузова болтами з гайками. Між лонжероном та картером рульового механізму передбачені регулювальні прокладки. З допомогою цих регулювальних прокладок досягається співвісність валу рульового управління і валу черв'яка. Для регулювання отвори у картері під болти кріплення мають овальну форму.

Черв'як 54 встановлено на двох радіально упорних підшипниках 55 у картері. Ці підшипники без внутрішніх кілець. Призначення їх - бігові доріжки, які розташовані на торцях черв'яка. В підшипниках черв'яка є просвіт, що регулюється прокладками 47, які вмонтовані під нижньою кришкою 46.

Вал черв'яка на виході з картера обов'язково ущільнено сальником 57. Кільцева канавка на шліцьовій частині валу черв'яка передбачена для стяжного болта 45. В зчепленні з черв'яком перебуває двогребінний ролик 50, який на осі 48 обертається у голчастому дворядковому підшипнику. Кінці осі запресовані у отвори валу 61 та розклепані за допомогою електор підігріву. Таке з'єднання є нероз'ємним.

Шліфованою циліндричною частиною вал сошки розташований у двох бронзових втулках 59, а на виході з картера сальником 60 ущільнено. На конічні шліци у нижньому валу сошки у передбачуваному положенні насаджено сошку 4, використовуючи здвоєну западину в отворі сошки та здвоєний шліц на валу.

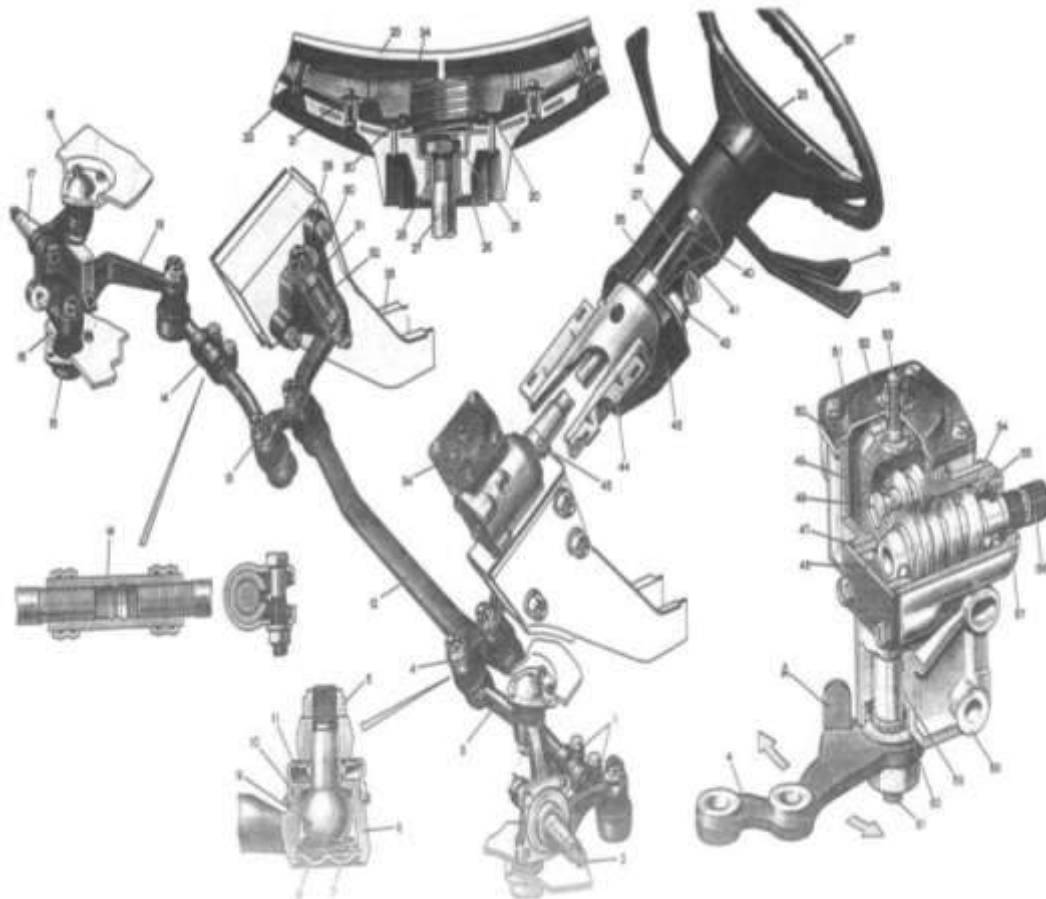
Зчеплення черв'ячної пари передбачено зі зміщенням осей ролика та черв'яка на 5,5 мм, що дає можливість регулювати безпросвітне зчеплення по мірі зносу черв'яка і ролика. Виконується це осьовим зміщенням валу сошки при допомозі відповідного регулювального гвинта 53.

Між торцями ролика та пазом валу сошки розташовано упорну шайбу 49, яка обмежує осьове переміщення ролика.

Головка гвинта входить у Т – подібний вирізаний отвір сошки разом з шайбою 52, яка допомагає забезпечити потрібну посадку головки гвинта.

Регулюючий гвинт 53 заручений у верхню кришку 51, фіксуючи шайбою, щоб не прокручувався та затянутий контргайкою. При закручуванні регулюючого гвинта в кришку вал сошки опускається і зменшується зазор у зачепленні ролика з черв'яком.

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 – хомути стяжні ; 2 – лівий поворотний кулак; 3 – тяга; 4 – сошка; 5 – гайка кріплення пальця; 6 –наконечник рульової тяги; 7 – опорна шайба наконечника; 8 – конічна пружина; 9– палець кульового шарніра; 10 – вкладиш; 11 –захисний чохол; 12– середня рульова тяга; 13 – важіль маятниковий; 14 – регульовальна муфта; 15 – нижня кульова опора важеля підвіски; 16– нижній важіль підвіски; 17 – правий поворотний кулак; 18 – верхній важіль підвіски; 19 – поворотний важіль; 20 – верхня контактна пластина; 21 – вмикач звукового сигналу; 22 – гвинт кріплення кришки вмикача сигналу; 23 – кришка декоративна; 24 – пружина вмикача сигналу; 25 – гайка кріплення колеса рульового; 26 – контактне нижнє кільце; 27 – вал рульового управління; 28 – основа рульового колеса; 29 – маятникового важеля кронштейн; 30 – втулка осі важеля; 31 – ущільнююче кільце; 32 –вісь важеля; 33 – лонжерон правий кузова; 34 – короб; 35 – верхня частина ланцюгового кожуха; 36 – важіль перемикачя скло очищувача; 37 – рульове колесо; 38 – важіль перемикачя показника повороту; 39 – важіль перемикачя фар; 40 – втулка верхньої опори валу; 41 –трубка верхньої опори валу; 42 – вмикач запалювання; 43 – частина нижня ланцюгового кожуха; 44 – кронштейн кріплення валу рульового управління; 45 – стяжний болт наконечника; 46 – нижня кришка картера рульового механізму; 47 – прокладки регулюючі; 48 – вісь ролика валу сошки; 49 – стопорна шайба; 50 – двогребінний ролик; 51 – кришка верхня картера рульового механізму; 52 – шайба регулюючого гвинта; 53 – регулюючий гвинт; 54 – черв'як; 55 – радіально-упорні підшипники черв'яка; 56 – вал черв'яка; 57 – сальник черв'яка; 58 – картер рульового механізму; 59 – втулка валу сошки; 60 – сальник валу сошки; 61– вал сошки; А – упор сошки.

Рисунок 1.1 – Рульове управління автомобіля ВАЗ-2106

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Щоб визначити точність регулювання зазору у підшипниках черв'яка та у зчепленні черв'яка з роликом використовують динамометр, який вимірює момент опору прокручуванню. В даному випадку спочатку вимірюють момент тертя валу черв'яка без монтування валу сошки. Він має бути у межах 20 – 50 Н·см. Добираючи товщину регулюючих прокладок 47, встановлюють потрібний зазор, тобто момент тертя в підшипниках черв'яка. Далі встановлюють вал сошки і регулювання зазору в зчепленні перевіряють моментом тертя черв'яка, який має бути 90 – 120 Н·см при повороті валу черв'яка на 30 градусів як вліво так і вправо від середнього положення. Потім знижують плавно момент тертя до 70 Н·см повертаючи на 30 градусів до упору.

Обовязково усі деталі черв'ячного редуктора змащуються спеціальним мастилом ТАД–17, яке заливають у отвір, котрий фіксується пробкою 34.

Саме рульове колесо виготовляють з пластмаси, армованої сталевим каркасом. У основі 28 рульового колеса врізані шліци зі здвоєною западиною, а на валу 27 теж є здвоєні шліци, що забезпечують з'єднання колеса з валом лише в одному положенні. Рульове колесо зафіксоване до валу 27 гайкою 25, яка після затягування розклепана в одній точці. Зверху та знизу до рульового колеса прикріплено заклепками контактну верхню пластину 20, а також нижнє контактне кільце 26 звукового сигналу. Замикається пластина 20 на масу вимикачем 21 звукового сигналу, який відтискується від пластини 20 центральної пружини 24. До вимикача звукового сигналу двома гвинтами 22 прикріплено декоративну кришку 23. З тильного боку рульового колеса передбачені отвори, які надають можливість дістатися викруткою до гвинтів кріплення кришки.

Верхньою частиною вал 27 рульового управління опирається на втулку 40, яка запресована в трубку 41 верхньої опори. Нижній кінець трубки кріпиться стяжним болтом до кронштейну 44. Також до верхнього кінця трубки спеціальним стяжним хомутом прикріплено перемикач фар, омивач вітрового скла та показник повороту. Двома гвинтами зафіксовано в гнізді кронштейна 44 вимикач 42 запалювання. А сам кронштейн 44 прикріплений до каркасу панелі кузова болтами. Отвори у кронштейні для кріплення овальної форми, що

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечує точніше з'єднання валів рульового управління та черв'яка. Шліцьовим наконечником нижню частину валу 27 з'єднано з валом 56 черв'яка та міцно зафіксовано стяжним болтом 45. На валу рульового управління у зоні кріплення вимикача запалювання приварено кільце. У паз цього кільця входить стержень протиугінного пристрою вимикача запалювання 42.

Вал рульового управління оформлений облицювальним кожухом, який має верхню 35 та нижню 43 частини, що з'єднані між собою гвинтами.

Рульовий привід має наступні деталі: сошку 4, середню та бічні тяги 3, важіль маятниковий 13 і важелі поворотні 19. Усі ці деталі з'єднані між собою кульовими шарнірами. Сошка має з'єднання з середньою та бічною тягами. Обмежує кут повороту передніх коліс упор А. На кільця суцільної середньої тяги 12 є гнізда розташування деталей кульових шарнірів. Бічна тяги 3 складена. Причому, кожна з них налічує два наконечники, які утримуються між собою регульовальною муфтою 14. На наконечник тяги муфту зафіксовано двома стяжними хомутами 1. Така конструкція бічних тяг дає можливість зміни їх довжини, а це є необхідним при регулюванні сходження коліс. Зовнішні наконечники бічних тяг з'єднані з поворотним важелем 19, що прикручений болтами до поворотних кулаків. Наконечник внутрішній бічної правої тяги шарово з'єднаний з маятниковим важелем, а з сошкою з'єднаний наконечник лівої бічної тяги. Шарові тяги всі однотипні. Кульовий шарнір тяги – це сталевий палець 9, сферична голівка якого спирається на конусний розрізний вкладиш 10, який виготовлений з пластмаси високої якості. Пружина 8 у вигляді конусу притискує вкладиш до головки пальця 9 і підтримує автоматично це з'єднання. Внизу завальцьована шайба у гнізді наконечника. Ця шайба є опорою для пружини. Конічна частина пальця входить в конічний отвір поворотного важеля та фіксується коробчатою гайкою, яку зафіксовано шплінтом. При збиранні кульові шарніри наповнюються мастилом ШРБ – 4 та герметизуються внизу опорною шайбою 7, а зверху захисним армованим чохлам 11. При експлуатації заміна мастила чи поповнення абсолютно не потрібні.

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

З внутрішньої сторони правого лонжера болтами та самоконтровими гайками прикручений кронштейн маятникового важеля. Сам кронштейн виготовлений литтям з алюмінієвого сплаву. В кронштейні передбачена наскрізна проточка, в якій розташовані пластмасові дві втулки 30, на цих втулках провертається вісь 32 маятникового важеля. На кінцях торці втулок підтиснуті шайбами. Причому верхню шайбу посажено на лиски осі та затиснуто коробчатою гайкою моментом, який забезпечує провертання важеля із зусиллям на кінці 10 – 20 Н. А нижню шайбу притиснуто до втулки самоконтрованою гайкою моментом 106 Н·см. Під час монтування порожнина між втулками наповнюється мастилом ЛИТОЛ–21. Цим же мастилом змащуються і самі втулки.

У випадку справного рульового управління вільний хід рульового колеса не має перевищувати 5 градусів, або 18–20 мм за ободком колеса, а при повороті коліс зусилля на рульовому колесі на рівній поверхні має бути не більше 250 Н.

### 1.1.3 Обґрунтування вибору вузла тертя для підвищення зносостійкості

Кульова опора рульової тяги є у автомобілі найвідповідальнішою деталлю. Від працездатності опори залежить надійність автомобіля і головне безпека руху. При шаленому розвитку науки і техніки у наш час, існує важлива проблема – забезпечення надійної пезперебійної роботи вузлів, агрегатів та систем транспортних засобів, у тому числі легкових автомобілів. З цієї причини об'єктом досліджень обрано кульову опору легкових автомобілів ВАЗ-2106.

При дослідженні вузла було визначено ділянки, що найбільш підлягають зношенню в процесі роботи. У процесі вивчення літератури по ремонту автомобілів марки ВАЗ та практичному розгляді вузла тертя було досліджено, що, як правило, зносу підлягають у першу чергу поверхні тертя сферичного пальця, сухарів, чохлів, конусної частини та різьбових з'єднання.

Після огляду та розборки кульової опори, яка пройшла експлуатаційний ресурс порядку 10-12 тис. км, було прийнято рішення працювати у напрямку

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

підвищення зносостійкості сферичної частини кульової опори, оскільки ця частина працює у найскладніших умовах тертя, а саме: тертя відбувається під великим навантаженням.

#### 1.1.4 Огляд методів і результатів по підвищенню зносостійкості

Шалений розвиток автомобільної промисловості на сучасному етапі диктує особливі вимоги до трибологічних параметрів пар тертя різних механізмів та вузлів. Основним показником покращення працездатності пари тертя є зниження коефіцієнта тертя, що суттєво знижує температуру в контактній зоні робочих поверхонь, зменшує знос цих поверхонь і відповідно приводить до збільшення експлуатаційного ресурсу. Відомі різні шляхи покращення триботехнічних характеристик пар тертя в процесі роботи вузлів та механізмів, де існують різні види тертя. До основних методів покращення трибологічних характеристик можна віднести наступні:

- підбір матеріалів пари ковзання, має обмеження, які пов'язані з механічними властивостями матеріалів і, до того, цей метод дослідження досить фінансово затратний;

- дальніше підвищення зачистки металевої поверхні, починаючи з визначеної чистоти, але не призводить до суттєвого зниження коефіцієнта тертя і помітно впливає на вартість деталей;

- зниження коефіцієнта тертя методом застосування нових мастильних матеріалів з поліпшеними характеристиками, але цей метод не завжди дає можливість вирішити поставлену задачу, особливо у вузлах пар тертя високонавантажених.

Особливий інтерес виявляють спеціалісти до підвищення зносостійкості при розробці конструкційних матеріалів для деталей з поверхнями тертя, що оброблені спеціальними методиками напилювання покриттів для підвищення трибологічних характеристик. Науковцями розроблені та досліджені унікальні

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ультрадисперсні фторполімерні порошки, які можуть бути використані в наукових та практичних розробках з ціллю покращення трибологічних характеристик пар тертя. Також викликає інтерес застосування цих порошків як добавки до мастил, а також при розробці нових матеріалів для пар тертя та при отриманні антифрикційних покриттів.

З ціллю одержання антифрикційних покриттів були виконані дослідження впливу ультрадисперсного політетрафторетилену (УПТФЕ) на трибологічні властивості антифрикційних покриттів [3].

На основі порошку УПТФЕ були винайдені і впроваджені у виробництво антикорозійні, антифрикційні добавки до оливо для трансмісій та двигунів, окрім того консистентні змащення для приводів та підшипників, а також універсальне, сухе багатофункціональне змащення. Випускає цю продукцію фірма ФОРУМ. Дослідження застосування добавок фірми ФОРУМ, що проводилися як у нашій країні, так і за кордоном підтвердили: коефіцієнт сухого тертя зменшується майже на 70 відсотків, усувається сухе тертя та вирішується проблема при запуску холодного двигуна, коефіцієнт тертя у масляному середовищі знижується на 17 відсотків. Крім того, знос деталей знижується в середньому у 2–4 рази, знижується гучність механізмів в середньому на 6 Дб, в автомобілях, які мають попередній пробіг, підвищується потужність на 2–5 відсотки, а економія палива становить 5–8 відсотків.

Проведені експерименти засвідчили доцільність подальших дослідницьких робіт з поліпшення трибологічних властивостей пар тертя із застосуванням фторполімерних покриттів [4].

## 1.2 Розрахунок сил та умови роботи вузла тертя

### 1.2.1 Розрахунок сил

При експлуатації автомобіля зручність керування ним в великій мірі залежить від зусилля  $P_r$ , яке потрібно прикласти до кермового колеса, щоб

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

повернути автомобіль вправо чи вліво. Це зусилля, звичайно, буде максимальним у випадку повертання автомобіля на місці. В цьому випадку момент, який необхідний на поворот колеса, складається з моменту  $M_r$  опору колеса кочення, моменту  $M_0$  опору під час ковзання відбитку шини по опорній поверхні та моменту  $M_3$  опору, визваного стабілізацією керованих коліс, яким нехтують при визначенні максимальної сили  $P_{r \max}$ .

Момент, який необхідний на поворот колеса:

$$M = G_k \cdot f \cdot a, \quad (1.1)$$

де  $G_k$  – вага, яка припадає на передні колеса автомобіля в статичному положенні,  $f$  – коефіцієнт тертя,  $a$  — плече обкатування.

Відомо, що при дії поперечної сили контактний відбиток шини у результаті бічної пружності повертається до площини колеса. У цьому випадку рівнодіюча реакція  $Y = G_k \varphi$  зміщується назад на відстань  $x$ , що може бути прийнята орієнтовно половині відстані від центру відбитка до кінця його:

$$x = 0.5 \sqrt{r^2 - r_k^2}, \quad (1.2)$$

де  $r$  — вільний радіус колеса.

Якщо прийняти  $r_k$  — 0,96 м, то

$$M = G_k \cdot \varphi \cdot x = 0.14 G_k \cdot \varphi \cdot r, \quad (1.3)$$

Так як на передній осі маємо два керованих колеса, момент на цапфі, яка зв'язана з подовжньою кермовою тягою розраховується за формулою:

$$M_u = 2G_k (fa + 0.14\varphi r) \frac{1}{\eta_1}, \quad (1.4)$$

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $\eta_1$  – коефіцієнт корисної дії, що враховує втрати на тертя в поворотних цапфах та шарнірах кермового приводу.

Під час розрахунків рекомендовано приймати  $f = 0,015$  та  $a = 0,85$ . Тоді в кінцевому варіанті будемо мати:

$$P_{r \max} = M_{\omega} \frac{1}{R i_{\omega}^{\cdot\cdot} i_{\omega}^{\cdot\cdot} \eta_n}, \quad (1.5)$$

де  $i_{\omega}^{\cdot}$  – передаточне число кермового механізму;

$i_{\omega}^{\cdot\cdot}$  – передаточне число кермового приводу;

$R$  – радіус кермового колеса;

$\eta_n$  – прямий коефіцієнт корисної дії кермового механізму у випадку передачі зусилля від кермового колеса до сошки.

У найпростішому кермовому приводі:

$$i_{\omega}^{\cdot\cdot} = \frac{l_p}{l_c}, \quad (1.6)$$

де  $l_p$  і  $l_c$  – плече кермової сошки і кермового важеля.

Інколи, у кермовий привід вводять додаткову підйомову передачу. В таких випадках при підрахунку  $i_{\omega}^{\cdot\cdot}$  доцільно врахувати відношення плеч цієї передачі.

Під час руху автомобіля і на повороті момент  $M_o$  опори при ковзанні відбитка шини значно менший, а ніж при повороті на місці і в значній мірі залежить від швидкості руху автомобіля. При чому, зі збільшенням швидкості руху зростає опір  $M_3$ , викликаний стабілізацією керованих коліс.

На рис. 1.2 зображена діаграма зміни зусилля  $P_r$  на кермовому колесі автомобіля у випадку крутих поворотів в залежності від швидкості руху  $V_a$ .

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

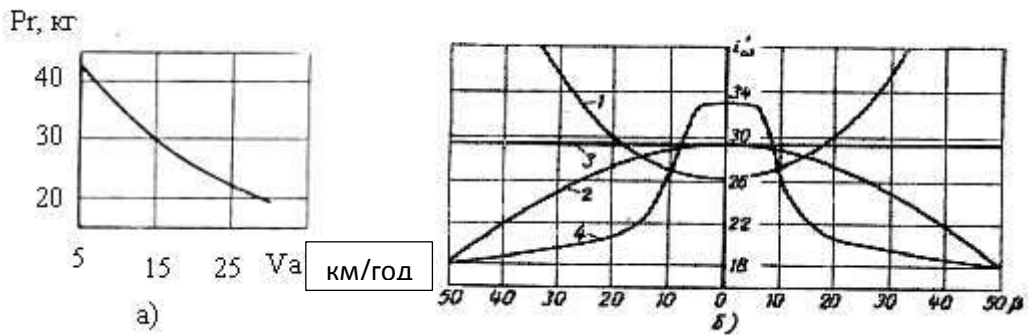


Рисунок 1.2 – Діаграми, що характеризують роботу рульового керування

Щоб зменшити зусилля  $P_r$  та полегшити рульове керування, необхідно збільшити радіус кермового колеса  $R$ , збільшити передаточні числа кермового механізму і приводу  $i_o$  та  $i_o'$ , зменшити плече обкатування до відомих меж та зменшити втрати на тертя в шарнірах кермового приводу, поворотних цапфах та у кермовому механізмі, встановивши підсилювач рульового керування.

В залежності від посадки водія вибирається радіус кермового колеса. У малолітражних легкових автомобілях він становить 190 мм, а у вантажних автомобілях великої вантажопідйомності і автобусах - до 275 мм.

По мірі зменшення плеча обкатування опір перекочуванню колеса відповідно падає, але паралельно зростає поверхневе тертя між покриттям та опорною площиною. Отже, для шини такого профілю, що володіє визначеною пружністю, є визначена конкретна відстань  $a_{\min}$ , при якій необхідне мінімальне зусилля для повороту автомобіля. Величину  $a_{\min}$  для конкретного автомобіля встановлюють дослідним шляхом. Зазвичай,  $a = 30 \div 60$  мм. Для великої вантажопідйомності вантажних автомобілів  $a = 60 \div 100$  мм.

Передавальне число кермового механізму  $i_o$  в легкових автомобілів знаходиться у межах 12–20, а для вантажних автомобілів та автобусів у межах 16–32. У випадку збільшення передавального числа відповідно зменшується значення сили на кермовому колесі, необхідної щоб повернути автомобіль, проте одночасно відбувається зменшення кута повороту коліс автомобіля, який відповідає кутові повороту кермового колеса. Внаслідок цього зростає час необхідний для повороту автомобіля. Чим швидкохідніший

						Арк.
					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

автомобіль, тим швидше має відбуватися поворот коліс його, і тим відповідно меншим необхідно робити передавальне число кермового механізму. Практичний досвід показав, що хороша маневреність автомобіля забезпечується при повороті керованих коліс на повний кут за 1,0–1,75 (не більш 2,0) обертів кермового колеса у кожен відповідно сторону від середнього положення, який відповідає прямолінійному рухові. Виходячи з цих тлумачень, можна розрахувати передавальне число рульового керування:

$$i_{\omega} = \dot{i}_{\omega} \ddot{i}_{\omega} \quad (1.7)$$

Для різних типів автомобілів кермові механізми з постійним передавальним числом (пряма 3 на рис. 1.5, б) відповідають вимогам експлуатації. У автомобілях тихохідних завантажених повною вагою бажано мати кермовий механізм із передавальним числом, який змінюється по кривій 2. Це необхідно для того, щоб при пологістих поворотах, які трапляються досить часто, зменшити зусилля на кермовому колесі. А на крутих поворотах до кермового колеса необхідно прикладати більше зусилля із-за зменшення передавального числа. Інколи на швидкохідних автомобілях застосовують кермові механізми з передавальним числом, що змінюється по кривій 1. Слід відмітити, що під час руху на великих швидкостях автомобіль реагує на поворот кермового колеса досить швидко. А на крутих поворотах, які долають, зазвичай, при помірних швидкостях, зусилля на кермовому колесі зменшується в результаті збільшення передавального числа.

Зменшуючи втрати на тертя та підвищуючи прямий к. к. д. кермового механізму, можна, звичайно, зменшити роботу на кермовому колесі при повороті автомобіля. Проте значне збільшення к. к. д. кермового механізму під час руху автомобіля по нерівних дорогах може призвести до того, що всі випадкові бічні сили, які діють на керовані колеса, будуть впливати на кермове колесо та створювати на ньому момент, який буде сприйматися руками водія, що

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ускладнює керування автомобілем в конкретних умовах руху. Цей стан дає можливість зменшувати к. к. д. кермового механізму лише до відомих границь.

Розрізняють к. к. д. кермового механізму прямий, у випадку передачі зусилля від кермового колеса до сошки та зворотній – при передачі зусилля від сошки до кермового колеса. Чим більший прямий к. к. д., тим менші втрати в кермовому механізмі у випадку повороту керованих коліс і тим краще керувати автомобілем. Чим менший зворотній к. к. д., тим значніше знижується момент на кермовому колесі при дії випадкових бічних сил, які впливають на керовані колеса на дорозі з нерівностями. Прямий та зворотній к. к. д. взаємно пов'язані. В найбільш застосованих кермових механізмах типу черв'як-ролик прямий к. к. д. має значення порядку 0,65, а зворотній близько 0,5.

В зв'язку з тим, що неможливо значно знижувати к. к. д. у кермовому механізмі по зазначених вище причинах та потреби реалізувати велике передавальне число кермової передачі за малих габаритних розмірів необхідно застосовувати кут нахилу гвинтової лінії черв'яка незначним. Паралельно з цим, для отримання необхідних оборотів рульового керування кермова передача не має бути самогальмуючою, так як зменшення кута нахилу гвинтової лінії черв'яка можливе лише до конкретної межі. Зазвичай, кут нахилу витка черв'яка планують у межах 8–10 градусів. Щоб небуло самогальмуючої дії у кермовому механізмі з черв'яком та сектором, тангенс кута нахилу гвинтової лінії при усіх доступних положеннях черв'яка має бути звичайно вище коефіцієнта тертя ковзання, що відбувається між зчепленими деталями.

Провертання вправо та вліво кермового механізму, яке оцінюється швидкістю повернення керованих коліс в положення, що відповідає руху прямолінійному у випадку відпущеного кермового колеса і при даному законі зміни стабілізуючого моменту буде на стільки більшим, чим менша маса та момент інерції кермового колеса, а також чим вищий зворотній к. к. д. та чим менші втрати тертя у поворотних цапфах та шарнірах кермового приводу. Отже, параметри стабілізації необхідно вибирати враховуючи конструктивні особливості рульового керування.

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За допомогою пружин, підгорнутих пробками, досягається компенсація зносів у шарнірах подовжніх тяг. У шарнірів поперечних тяг використовують ексцентрикові сухарі, які розтискаються пружиною таким чином, щоб зазори постійно усувалися. Те ж саме відбувається і у іншому шарнірі з двома сферичними поверхнями та пружиною. У деяких моделях застосовують нерозбірні шарніри кермового приводу, які у випадку зносу зазвичай замінюються новими.

Розміри деталей кермового приводу розраховують з урахуванням зусиль, що передаються через них від коліс при русі по нерівній дорозі. Аналіз практичних досліджень автомобілів різних моделей показав, що максимальні зусилля, які мають вплив по подовжній тязі, зазвичай не перевершують величини  $0,5G_k$ , де  $G_k$  — вага, яка діє на передні колеса автомобіля у положенні статички. У випадку, коли є підсилювач рульового керування, сила на кінці сошки буде перевищувати  $0,5G_k$ , тоді деталі кермового приводу доречно розраховувати по силі, яка діє зі сторони кермового колеса.

Розрахувати сошку можливо на вигин моментом  $P_{1c}$  та крутіння моментом  $P_c$  по зусиллю  $P$ , в залежності від того, яке з цих зусиль більше:

$$P = 0.5G_k \quad \text{або} \quad P = \frac{P_{r \max} \cdot Ri_{\omega} \cdot \eta_n}{l_c} \quad (1.8)$$

### 1.2.2 Розрахунок сили діючої на кульову опору

Розрахунок моменту на цапфі має наступний вигляд [5,6]:

$$M_{\omega} = 2G_k (fa + 0.14\phi r) \frac{1}{\eta_1}, \quad (1.9)$$

де  $\eta_1$  - к. к. д., враховуючої втрати на тертя у поворотних цапфах та шарнірах кермового приводу.

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

$$G_k = \frac{G_1}{4}, \quad (1.10)$$

де  $G_1$  - маса автомобіля .

Якщо  $G_1=1395$  кг, то можна підрахувати:

$$G_k = \frac{G_1}{4} = \frac{1395}{4} = 348.75 \text{ кг}$$

$$r = \frac{r_k}{0.96} = \frac{300}{0.96} = 312.5 \text{ мм}$$

Тоді момент на цапфі:

$$M_y = 2 \cdot 348,75(0,015 \cdot 0,85 + 0,14 \cdot 0,85 \cdot 312,5) \frac{1}{0,65} = 40468,4$$

Визначення максимальної сили  $P_{r \max}$  :

$$P_{r \max} = M_y \frac{1}{Ri_{\omega} i_{\omega} \eta_n},$$

$$P_{r \max} = 40468,4 \frac{1}{275 \cdot 17,5 \cdot 1,013 \cdot 0,65} = 12,8 \text{ кГ}$$

Розрахунок по зусиллю:

$$P = 0.5G_k$$

$$P = 0.5 \cdot 348,75 = 174,375 \text{ кг} \approx 180 \text{ кг}$$

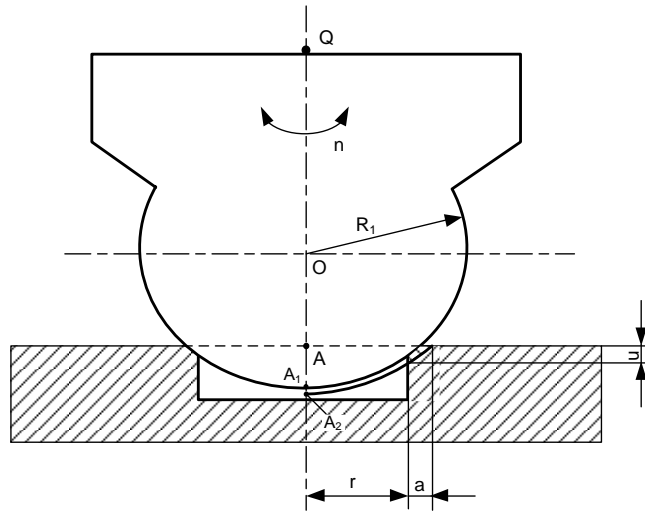
Можна підрахувати силу, яка діє при русі автомобіля:

$$P_{\text{рух}} = P / 10 = 180/10 = 18 \text{ кг}$$

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Таким чином, при русі сила на кульову опору рульової тяги  $P_{рух}=18-20$  кг.

### 1.2.3 Розрахунок шляху тертя



$Q$  – нормальне навантаження,  $\omega$  – частота обертів,  $R_1$  – радіус кулі,  $r$  – внутрішній радіус втулки,  $a$  - розмір ділянки контакту кільця,  $u$  – знос.

Рисунок 1.3 – Розрахункова схема куля-кільце

Для визначення параметрів спряження застосовуємо полярну систему координат з початком у центрі “0” сфери [5,6].

Кутом  $\alpha$  між нормаллю до поверхні та напрямком х-х зближення під час зносу визначається положення кожної точки поверхні.

Швидкість відносного ковзання тіл розраховується за формулою:

$$V = \omega r = \omega R \sin \alpha \quad (1.11)$$

1. При лінійному законі зношування:

$$\text{з умови торкання тіл} \quad \begin{aligned} I_1 &= k_1 \sigma V \\ I_2 &= k_2 \sigma V \end{aligned} \quad (1.12)$$

$$I_{1-2} = \frac{I_1 + I_2}{\cos \alpha} = (k_1 + k_2) \frac{\sigma V}{\cos \alpha} = (k_1 + k_2) \omega \sigma R t \sin \alpha \quad (1.13)$$

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Звідки

$$\sigma = \frac{I_{1-2} \operatorname{ctg} \alpha}{\omega(k_1 + k_2)R} \quad (1.14)$$

У цьому випадку епюра тисків відповідає закону котангенса. Розташовані у верхній частині півсфери точки практично не беруть участі у зношуванні.

Тому кут  $\alpha_2$  приймають менше  $90^\circ$ . Спряжені поверхні виконують таким чином, щоб не було дотику в зоні малих колових швидкостей.

2. Зв'язок між тиском  $\sigma$  та зовнішнім навантаженням  $Q$  буде мати наступний вигляд:

$$Q = \int_A \sigma \cos \alpha dA, \quad (1.15)$$

$$\text{де: } dA = 2\pi R d\alpha = 2\pi R \sin \alpha d\alpha, \quad (1.16)$$

підставивши в отриманий вираз  $\sigma$  та  $dA$  маємо:

$$\begin{aligned} Q &= 2\pi R^2 \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \sigma \cos \alpha \sin \alpha d\alpha = \frac{2\pi R I_{1-2}}{\omega(k_1 + k_2)} \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \cos^2 \alpha d\alpha = \\ &= \frac{2\pi R I_{1-2}}{\omega(k_1 + k_2)} \left( \frac{\alpha}{2} + \frac{\sin 2\alpha}{4} \right) \Big|_{\alpha_1}^{\alpha_2} = \\ &= \frac{2\pi R I_{1-2}}{\omega(k_1 + k_2)} \left[ \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2} + \frac{1}{4} (\sin 2\alpha_2 - \sin 2\alpha_1) \right]. \end{aligned} \quad (1.17)$$

Тоді:

$$I_{1-2} = \frac{2Q\omega(k_1 + k_2)}{\pi R (\sin 2\alpha_2 + 2\alpha_2 - 2\alpha_1 - \sin 2\alpha_1)} \quad (1.18)$$

3. Форма шарової зношеної поверхні буде визначатися наступними залежностями:

$$u_1 = I_{1-2} \cos \alpha \frac{k_1}{k_1 + k_2} t, \quad (1.19)$$

$$u_2 = I_{1-2} \cos \alpha \frac{k_2}{k_1 + k_2} t. \quad (1.20)$$

Враховуючи те, що для шарових поверхонь  $\alpha \neq \text{const}$ , знос тоді буде нерівномірним.

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

#### 1.2.4 Розрахунок тиску в контактi “куля - кiльце”

Тиск в контактi можна розрахувати за наступною формулою:

$$\sigma = P_{рух} / F, \quad (1.21)$$

де  $P_{рух}$  - сила, що дiє на рульову опору безпосередньо при русi автомобiля,

$P_{рух} = 18-20 \approx 20$  кг ;  $F$  – площа контакту кулi – кiльця,

$$F_{кол} = 4 \pi \cdot R_{кол}^2, \quad (1.22)$$

де  $R_{кол}$  – рiдiус кола контакту, 1,25 см:

$$F_{кол} = 4 \pi \cdot 1,25^2 = 19,63 \text{ см}^2,$$

$$F_{кул} = \pi \cdot R_{кул}^2, \quad (1.23)$$

де  $R_{кул}$  – рiдiус кулi контакту з площиною, 0,85 см:

$$F_{кул} = \pi \cdot 0,85^2 = 5,15 \text{ см}^2$$

$$F = 4 \pi \cdot R_k^2 - \pi \cdot R_{кул}^2, \quad (1.24)$$

$$F = 19,63 - 5,15 = 14,48 \text{ см}^2$$

Пiдраховуємо тиск в контактi:

$$\sigma = 20 / 14,48 = 1,38 \text{ кг /см}^2 \approx 1,4 \text{ кг /см}^2 = 0,14 \text{ МПа}$$

Отже, тиск на кульову опору становить  $\sigma = 0,14$  МПа.

#### 1.2.5 Аналiз умов мащення, температура, швидкiсть

У пластичних мастил основним компонентом є згущувач, частинки якого формують структуру мастил та безперечно впливають на експлуатацiйнi властивостi [7].

В якостi згущувачiв використовують такi органiчнi речовини: кальцiєвi, натрiєвi, лiтiєвi, алюмiнiєвi мила, солi терефталевої кислоти, похiднi карбонади та кристалiчнi полiмери.

Серед неорганiчних речовини в якостi згущувачiв застосовують: силiкагель, бетонiтовi глини, технiчний вуглець.

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Пiдпис	Дата		

Частинки згущувача в маслі утворюють структурний каркас, тому мастила мають границю міцності. За границю міцності приймають мінімальне навантаження, яке приводить до незворотної деформацію структури мастила.

Таким чином, при прикладанні навантаження, яке перевищує границю міцності, мастило зазнає деформації. У випадку навантажень нижчих за границю міцності, пластичні мастила мають пружність як тверді тіла.

Завдячуючи границі пружності, мастила не течуть з вертикальних та похилих поверхонь, не стікають з негерметичних вузлів тертя.

Абсолютною величиною границі міцності за температури 20 °С вважають 300–1000 Па, вона знижується при підвищенні температури.

Призначення пластичних мастил.

Пластичні мастила застосовують як антифрикційні, консерваційні, а також як ущільнюючі мастильні матеріали.

Основні функції пластичних мастил наступні:

- зменшують тертя між рухомими поверхнями;
- знижують знос та запобігають заклинюванню поверхонь, які труться;
- захищають метали від корозії;
- ущільнюють зазори між контактними деталями;
- виконують функції електроізоляційних матеріалів;
- захищають деталі вузлів тертя від ударних навантажень;
- знижують вібрації та шум у вузлах тертя.

Пластичні мастила у порівнянні з іншими маслами мають наступні переваги:

- прекрасне утримування на похилих поверхнях, не витісняються з вузлів тертя;
- нижча залежність в'язкості від температури;
- значно кращі показники протизношуваних властивостей;
- кращий захист від корозії;
- достатньо висока герметизація вузлів тертя;
- більш надійна робота при жорстких експлуатаційних умовах;

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– зниження витрат на ремонт транспортних засобів.

Серед недоліків пластичних мастил можна назвати:

- поганий відвід тепла від змащуваних деталей;
- складна система подачі мастильного матеріалу до вузла тертя;
- низька стабільність мильних мастил до окислення.

Характеристика пластичних мастил за призначенням.

Перше місце по об'єму виготовлення належить пластичним антифрикційним мастилам. Вони діляться на мастила призначення загального та спеціальні. До групи загального призначення відносять мастила для звичайних температур до 70 °С та для підвищених температур до 120 °С.

Антифрикційні спеціальні мастила діляться на термостійкі 150 °С та вище і на морозостійкі мінус 40 °С та нижче, а також хіміко-радіаційні та протизадирні.

В залежності від області використання ці мастила поділяють на : індустриальні, для приладів, автомобільні та залізничні.

Антифрикційні мастила застосовують у наступних вузлах автомобілів: підшипники кочення та ковзання, гвинтові, зубчасті і ланцюгові передачі, шарніри та електричні контакти.

По об'єму консерваційні мастила складають до 15 відсотків від виготовлених пластичних мастил. Завдання цих мастил полягає у запобіганні металів від хімічної та електрохімічної корозій.

Хімічна корозія являє собою взаємодію металевих деталей з мастильним матеріалом та корозійними агресивними компонентами середовища. В даному випадку мається на увазі корозійна властивість мастил, тобто здатність мастил викликати або запобігати корозії металів. Електрохімічне руйнування металевих деталей визвано присутністю на поверхні їх води та продуктів окислення. У цьому випадку йде розмова про захисні властивості мастил, а саме: про здатність шару мастила захищати металеві деталі та вузли від дії зовнішнього середовища.

Призначення ущільнюючих мастил – для герметизації зазорів в рухомих та нерухомих вузлах тертя обладнання. По області застосування ці мастила поділяють:

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- для герметизації арматури;
- для різьбових з'єднань;
- вакуумні мастила.

Особливість використання ущільнюючих мастил полягає у постійному контакті з водою і газоподібними середовищами, досить сильній абразивній дії середовища, а також малих швидкостей переміщення деталей та високих контактних навантажень.

Основні фізичні та трибологічні властивості пластичних мастил наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Фізичні та трибологічні властивості пластичних мастил

Мастила	В'язкість, Па · с		Протизадирні властивості		Температура застосування, °С
	30 °С	20 °С	P <sub>к</sub> , Н	P <sub>с</sub> , Н	
Прессолі-дол С	500-2000	30-90	550-650	1750-2000	-40+50
Солідол С	1500-3000	80-150	550-900	1750-2500	-30+60
Літол-24	800-1500	80-120	630-800	1600-2240	-40+130

Асортимент антифрикційних мастил.

Кальцієві мастила.

Кальцієві гідратовані мастила модифікатор – вода: солідол С, прессолідол С, індустріальне ЦИАТИМ-208, графітне УССА.

Кальцієві комплексні мастила, які мають високу термостійкість: Уніол-1, ЦИАТИМ-221.

Безводні кальцієві мастила – модифікатор-ПАП.

Натрієві мастила містять значну кількість згущувача до 20 %, що обмежує їх використання при низьких температурах, таких як ДТ-1, КСБ, ВНИИНП-228.

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Літієві мастила характеризуються високою стабільністю з часом і ефективністю при низьких температурах до  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , таких як ЦИАТИМ-201, ЦИАТИМ-202, ЦИАТИМ-205.

Пластичне мастило ЦИАТИМ-205 призначене для герметизації та запобігання спікання нерухомих нарізних з'єднань і ущільнень, які контактують з агресивними середовищами, такими як концентровані неорганічні кислоти, луги, аміни, спирти, і працює в діапазоні температур від мінус  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  до плюс  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

В рухомих з'єднаннях нарізних мінімальна температура застосування мастила складає мінус  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Випускається за ГОСТ 8551-74. Колоїдна стабільність мастила не більш ніж 4 відсотки.

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 ТЕХНОЛОГІЯ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ ТА ПОТОЧНОГО РЕМОНТУ АГРЕГАТУ ТА ВУЗЛА ТЕРТЯ

### 2.1 Технічне обслуговування рульового керування

#### 2.1.1 Діагностування: технологія і обладнання

Діагностика є технологічним елементом профілактики та ремонту, основним методом виконання контрольних робіт [2]. Особливістю діагностики, що відрізняє її від звичайного визначення стану, є здатність виявляти несправності без необхідності розбирання.

Розрізняють суб'єктивні та об'єктивні способи діагностування автомобілів.

Суб'єктивні методи полягають у визначенні технічного стану автомобіля на основі оцінки параметрів динамічних процесів.

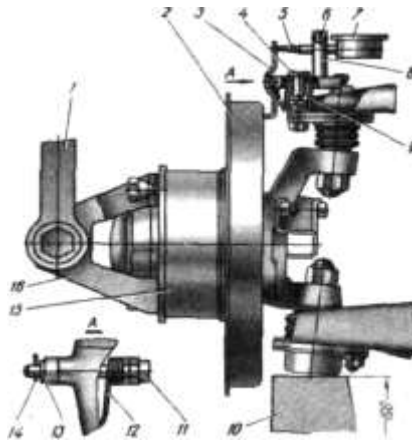
Найбільш поширені суб'єктивні методи включають візуальний огляд, прослуховування як працює механізм, змашування механізму та логічний висновок про технічний стан.

Об'єктивні методи діагностики ґрунтуються на вимірюванні та аналізі інформації про справжній технічний стан елементів автомобіля за допомогою спеціальних контрольно-діагностичних засобів, а також на прийнятті рішення за допомогою розробленого алгоритму діагнозу.

Об'єктивними методами діагностики вважають діагностування: за структурними параметрами, за герметичністю робочих вузлів, за початковими параметрами робочих процесів, за зміною віброакустичних параметрів, за періодично повторюваними параметрами процесів, за складом мастила картера та відпрацьованих газів. Методи об'єктивного діагностування повинні відповідати таким вимогам: забезпечувати достовірність вимірювань діагностичних параметрів, мати надійність застосовуваних засобів вимірювань, бути технологічними та економічно ефективними.

Діагностування шарових опор передбачає визначення зазорів (рисунки 2.1).

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34



1 - динамометричний ключ; 2 - захисний кожух гальма; 3- важілець; 4 - гвинт; 5 - подовжувач індикатора; 6 - болт; 7 - індикатор; 8 - основа; 9 - втулка; 10 - колодка; 11 - вісь; 12 - пружина; 13 - шайба; 14 - шплінт; 15 - маточина колеса; 16 - кронштейн

Рисунок 2.1 – Забір зазору у верхньому шаровому шарнірі пристосуванням (гальмо умовно не показане)

У верхніх шарових шарнірах зазор проходить перевірку за допомогою спеціального пристосування в наступному порядку:

- розташувати автомобіль на рівній горизонтальній площині з твердим покриттям, підняти праву передню частину автомобіля і зняти колесо;
- підставити дерев'яну колодку 10 висотою 190 мм під нижній шаровий шарнір та опустити на неї автомобіль;
- встановити втулку 9 на гайку найближчого до кожуха болта кріплення верхнього шарніра, надіти на втулку основу 8 та закріпити гвинтом 4;
- зміщуючи пристосування, встановити важілець 3 у вертикальне положення таким чином, щоб нижній кінець його впирався у захисний кожух 2 гальма, затягнути гвинт 4;
- встановити в стійку основи 8 індикатор 7 до упору ніжки індикатора у важілець 3 із натягом 2 -3 мм та затягнути болт 6;
- прикріпити кронштейн 16 до маточини 15 двома болтами кріплення колеса, надіти динамометричний ключ 1 на шестигранну голівку осі кронштейну

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

16 та моментом 196 Н· м, повернути ключ до автомобіля та від нього (обидва покази індикатора сумуються);

- сумарні покази індикатора не повинні бути більшими 0,8 мм;
- повторити операції для підвіски лівого переднього колеса.

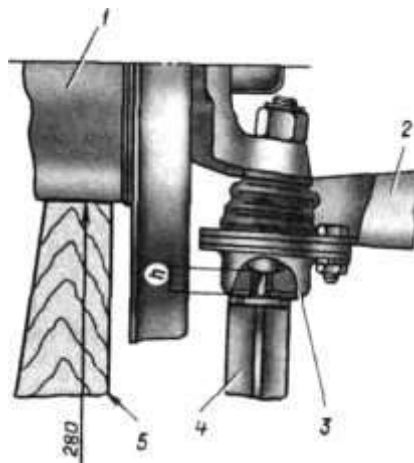
Перевірка стану нижніх шарових шарнірів здійснюється у такій послідовності:

– встановити автомобіль на горизонтальній поверхні з твердим покриттям та підняти праву передню частину автомобіля і зняти колесо;

– вставити під маточину 1 (рисунок 2.2) спеціальну колодку 5, висота якої має бути 280 мм, і опустити на неї автомобіль, далі очистити нижню частину шарніра від бруду та пилу і викрутити конічну пробку;

- заміряти глибиноміром штангенциркуля 4 відстань «h», вказано на схемі;
- аналогічно здійснити такі ж операції для підвіски лівого переднього колеса.

У випадку, якщо  $h < 11,3$  мм, потрібно зняти шарнір з автомобіля та уважно оглянути. На корпусі шарніра не має бути тріщин, а в мастилі не повинно бути бруду. При наявності бруду в мастилі, або тріщин на корпусі шарніра, а також якщо  $b < 11,8$  мм необхідна заміна шарніру.



1 – маточина колеса; 2 – нижній важіль; 3 – шаровий нижній шарнір; 4 – штангенциркуль; 5 – дерев'яна колодка

Рисунок 2.2 – Схема перевірки нижніх шарових шарнірів

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

## 2.1.2 Регулювання і профілактика регулювання кутів установки передніх коліс

Перевірка та регулювання кутів установки передніх коліс здійснюється на спеціальних стендах згідно з інструкцією до стенду.

Перевірка кутів установки коліс є обов'язковою після заміни або ремонту деталей підвіски, які можуть призвести до зміни цих кутів.

До першого технічного обслуговування у автомобіля кути встановлення коліс мають такі значення:

- розвал –  $0^{\circ}30'_{-1^{\circ}30'}$ ;<sup>+40°</sup>
- подовжній кут нахилу осі повороту –  $4^{\circ}_{-1^{\circ}30'}$ ;<sup>+1°</sup>
- сходження – 1 - 7 мм.

Через 2000 – 3000 км пробігу після першого технічного обслуговування та при продовженні експлуатації автомобіля величина кутів установки коліс має бути:

- розвал –  $0^{\circ}30' \pm 20'$ ;
- подовжній кут нахилу осі повороту –  $4^{\circ} \pm 30'$ ;
- сходження – 2–4 мм ( або 3-5 мм).

Різниця в подовжніх кутах нахилу осей повороту правого та лівого коліс не повинна перевищувати допустиму норму.

Обов'язково перед регулюванням кутів встановлення коліс потрібно перевірити:

- тиск повітря у шинах;
- зазор осьовий в підшипниках маточин передніх коліс;
- робочий стан амортизаторів, тобто відсутність заклинювання штока;
- радіальне та осьове биття шин;
- величину зазору у верхніх шарових шарнірах підвіски;
- вільний хід рульового колеса.

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При виявленні несправностей усуваємо їх та проводимо відповідно необхідні регулювання.

Регулювання та контроль кутів встановлення коліс проводять як на завантаженому автомобілі, та і без грузу, зате контроль кутів на завантаженому автомобілі показує більш точні результати. Тому рекомендовано у відповідальних випадках контроль та установку кутів на автомобілі проводити при статичному навантаженні 3136 Н. Таке навантаження відповідає вазі чотирьох осіб та вантажу багажника 40 кг.

Для регулювання навантажують автомобіль спеціальним вантажем, який підвішуються до днища кузова, або вантажем 280 кг, який розміщують на подушках сидінь та в багажнику - 40 кг. Передні сидіння мають знаходитися у середньому положенні подовжнього ходу. У багажнику вантаж розміщують рівномірно. Недостачу пального компенсують вагою вантажу, що розміщують на правій стороні площі багажника біля баку.

При встановці автомобіля на стенд перед контролем кутів безпосередньо прикладають до підвіски навантаження, 2-3 рази зусилля в 392 - 490 Н, яке спрямоване зверху в низ, на початку на задній бампер, а потім і на передній. Колеса автомобіля повинні бути паралельні подовжній осі автомобіля.

Порядок перевірки та регулювання кутів встановлення коліс наступна:

- кут подовжнього нахилу осі повороту;
- кут розвалу;
- кут сходження.

Кут подовжнього нахилу осі повороту.

У випадку, якщо при перевірці величина кута не відповідає необхідним даним, наведеним вище, необхідно змінити кількість регулювальних шайб 27 та 28, які розміщені між віссю нижнього важеля та поперечиною.

Для регулювання кута подовжнього нахилу осі повороту необхідно:

– ослабити гайки кріплення осі важеля до поперечини та змінити під болтами кількість регулювальних шайб, щоб отримати правильний кут подовжнього нахилу осі повороту коліс;

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– затягнути гайки динамометричним ключем та перевірити подовжній кут нахилу осі повороту.

Встановлення передніх коліс при регулюванні кутів допускається застосовувати П – подібних регулювальних прокладок, які встановлюють прорізом вниз.

Кут розвалу передніх коліс.

У випадку, коли кут розвалу не відповідає нормі, необхідно відрегулювати його, змінюючи при цьому кількість регулювальних шайб 27 і 28, що встановлені між віссю важеля та поперечиною. Щоб збільшити кут розвалу, достатньо зняти з обох болтів однакову кількість шайб, а для зменшення кута розвалу додати аналогічно однакову кількість шайб.

Сходження передніх коліс.

Якщо розмір сходження відрізняється від норми, доречно послабити стяжні хомутики бічних тяг, а потім ключем повернути обидві муфти на однакову відстань у протилежні сторони; в такому разі муфти відвертаються та змінюють довжину бічних тяг.

Виконавши регулювання, встановити стяжні хомутики горизонтально прорізом при відхиленні вгору або вниз не більш 60 градусів і в такому положенні виконати затягування їх.

При затягнутих гайках кінці прорізів стяжних хомутиків не мають торкатися.

### 2.1.3 Систематизація видів несправностей кульових опор рульової тяги

Можливі неполадки кульових опор рульової тяги, причини їх появи та способи усунення приведені у таблиці 2.1.

В таблиці наведена також систематизація можливих видів несправностей кульових опор рульової тяги легкового автомобіля.

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Таблиця 2.1 – Несправності кульових опор рульової тяги, їхні причини і методи усунення

Причина несправності	Метод усунення
<b>Збільшений вільний хід кермового колеса</b>	
1. Ослаблення гайок кульових пальців кермових тяг 2. Збільшений зазор у кульових шарнірах кермових тяг	1. Перевірити і затягнути гайки 2. Замінити наконечники або кермові тяги
<b>Туге обертання кермового колеса</b>	
1. Ушкодження деталей кульових шарнірів	1. Перевірити і замінити пошкоджені деталі
<b>Шум, або стукіт у рульовому керуванні</b>	
1. Ослаблення гайок кульових пальців кермових тяг 2. Збільшений зазор у кульових шарнірах кермових тяг	1. Перевірити і затягнути гайки 2. Замінити наконечники або кермові тяги
<b>Кутове самозбудне коливання передніх коліс</b>	
1. Ослаблення гайок кульових пальців кермових тяг	1. Перевірити і затягнути гайки
<b>Відведення автомобіля від прямолінійного руху у сторону</b>	
1. Деформування поворотних кулаків або важелів підношення	1. Перевірити кулаки та важелі, неякісні деталі замінити
<b>Нестійкість автомобіля</b>	
1. Ослаблення гайок кульових пальців кермових тяг 2. Занадто великий зазор у кульових шарнірах кермових тяг 3. Деформування поворотних кулаків або важелів підвіски	1. Перевірити і затягнути гайки 2. Замінити наконечники або кермові тяги 3. Перевірити кулаки і важелі, замінити деформовані деталі

## 2.2 Технологія поточного ремонту

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

## 2.2.1 Технологія розбирання

Важливим етапом технологічного процесу ремонту вважається розбирання вузлів та складових частин автомобіля. В процесі розбирання автомобіля застосовують необхідне обладнання та пристосування. У випадку відсутності або не правильного їх використання набувається пошкодження деталей. Тому, правильна організація процесу ремонту та оснащення обладнанням і необхідним інструментом робочих місць для ремонту знижує витрати запасних частин, а також знижує вартість та підвищує якість ремонту автомобіля.

Сам технологічний процес, послідовність операцій розбору вузлів, об'єм розбиральних робіт при ремонті автомобіля, безумовно, залежить від виду ремонту, характеру зношення та пошкодження деталей та вузлів, типу ремонтного підприємства та обраної схеми виробничого процесу.

У випадку поточного ремонту транспортного засобу розбирання проводять після поверхневої очистки на естакаді чи спеціалізованій ділянці, можливо і в приміщенні. Автомобіль розбирають тільки в тих ділянках, які потрібні для виявлення причин неполадки та ремонту конкретних вузлів або деталей, що втратили працездатність. Збиральні вузли необхідно зняти з автомобіля у тому випадку, якщо без цього неможливо виконати ремонт. Не обґрунтоване розбирання вузлів автомобіля порушує припрацювання деталей та сприяє підвищенню їх зносу. Майже кожне розбирання скорочує ресурс робочого вузла за рахунок змін у з'єднаннях деталей, а це приводить до потреби слідуєчого припрацювання. Стан збирального вузла та окремих з'єднань деталей визначають за допомогою діагностування.

Збиральні вузли, які підлягають ремонту на спеціалізованих підприємствах, знімають з автомобіля. Після поверхневої очистки та в необхідній комплектності їх надсилають безпосередньо на підприємства по ремонту.

Основна ціль ремонту – це усунення виниклих в процесі експлуатації пошкоджень, зазорів та відновлення необхідних натягів у сполученнях опор.

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ремонтні роботи виконуються наступним чином. Попередньо розбирають шарнір по ділянку рельєфного зварювання, використовуючи пневматичне зубило і затискач. Далі промивають та контролюють деталі. Для промивки застосовують дизельне паливо або гас. Добре вимиті деталі протирають ганчіркою та дефектують.

Вкладиш верхньої кульової опори, який є гумовим, має бути пружним та не мати деформацій залишкових. При навантаженні 250 Н пружна деформація цього вкладиша не має бути більшою  $1 \pm 0,15$  мм. При цьому, поверхні кульових пальців мають бути без деформацій, а робочі поверхні не повинні мати задирів, забоїн та інших різних дефектів, які мають вплив на працездатність конкретної деталі. Також різбовим калібром М 14x1,5 перевіряють різбову частину кульових пальців.

До речі, привалочні поверхні обойм вкладишів нижньої та верхньої шарових опор і корпусів підшипників мають бути рівними. Це забезпечує щільне прилягання та рівномірний розподіл навантаження. Для досягнення необхідної рівності поверхонь, їх потрібно відшліфувати за допомогою шліфувальної шкурки 63С8П, покладеної на плиті. Короблення привалочних поверхонь більш 0,02 мм, сліди зварювання, різних задир потрібно усунути. Не допускаються на поверхнях тріщини, вм'ятини чи які-небудь інші дефекти.

Обов'язково повинні бути замінені на нові деталі нижньої кульової опори, такі як підшипник і вкладиш, а також верхньої опори: підшипник, вкладиш та сферична шайба.

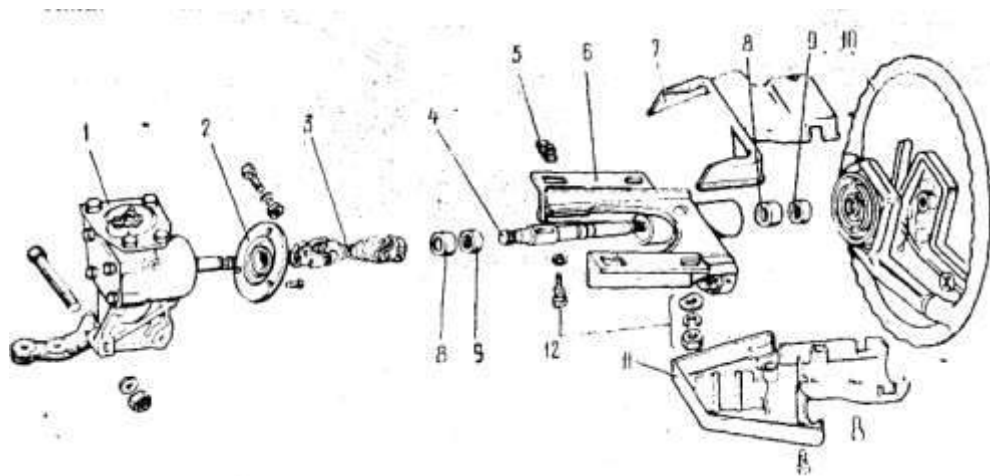
### 2.2.1 Розбирання кермового механізму

Виконання зняття. Необхідно від'єднати від акумуляторної батареї провід та зняти вимикач сигналу. Потім викруткою викрутити три засувки знизу через вікно (рисунок 2.3).

Зняття кермового колеса. Зняти обі половинки лицевального кожуха валу рульового керування. Зняти щиток приладів та від'єднати штепсельні колодки

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

триважільного перемикача від штепсельних колодок проводів. Потім від'єднати провід від клем вимикача запалювання та, викрутивши гвинти кріплення й втопивши фіксатор замка, зняти вимикач запалювання.



1- картер кермового механізму; 2-ущільнювач валу; 3 - проміжний вал; 4 - верхній вал; 5 - фіксуюча пластина передньої частини кронштейна; 6 - кронштейн кріплення вала рульового керування; 7 - верхня частина лицювального кожуха; 8 - втулка підшипника; 9 - голчастий підшипник; 10 - кермове колесо; 11 - нижня частина лицювального кожуха; 12 - деталі кріплення кронштейна

Рисунок 2.3 – Деталі кермового механізму

Послабити хомут кріплення корпусу перемикача показників повороту, фар та склоочисника і зняти його.

Відвернути болт кріплення нижнього кінця проміжного валу до валу черв'яка кермового механізму.

Відвернути болти кріплення кронштейна 6 та зняти вал рульового керування з кронштейном.

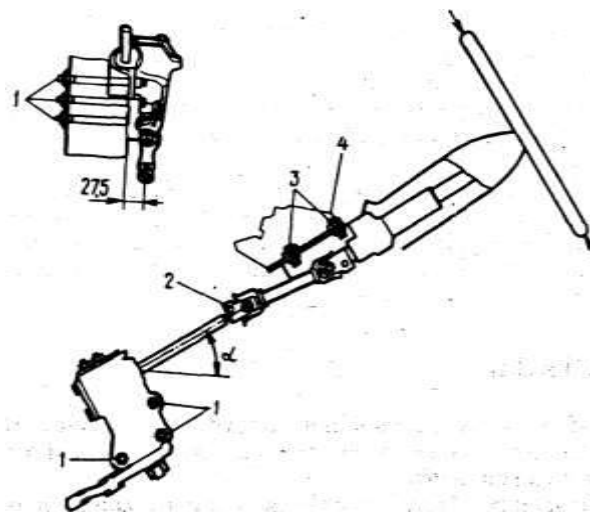
Відвернути гайки кріплення кульових пальців середньої та бічної тяг до сошки, а далі знімачем А.47035 вийняти кульові пальці з отворів в сошці.

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Зняти картер кермового механізму, попередньо викрутивши болти кріплення його до лонжерона кузова. Викрутити гвинти кріплення ущільнювача валу рульового керування та зняти його.

Монтаж. Закріпити на щитку переду ущільнювач 2 (рисунок 2.3), вмонтувати картер кермового механізму на лонжерон, при цьому не затягувати повністю гайки болтів кріплення картера.

Спеціальним пристроєм розміщаємо картер таким чином, щоб кут не був більшим 32 градусів, а зазор між валом та педаллю гальма був не менше 5 мм. Далі необхідно повністю закрутити гайки болтів, якими кріпиться картер (рисунок 2.4).



1 – болти кріплення картера кермового механізму; 2 – стяжний болт нижнього кінця проміжного валу; 3 – болти кріплення кронштейна; 4 – кронштейн валу рульового керування; 27,5 мм – відстань від отвору сошки до опорної поверхні картера кермового механізму (при середньому положенні сошки).

Рисунок. 2.4 – Установка кермового механізму автомобіля

Встановити сошку кермового механізму у середнє положення, для цього мітки на картері та на валу черв'яка мають співпадати.

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Далі монтуємо на вал кермове колесо таким чином, щоб спиці стали горизонтально розташовані і в такому положенні необхідно з'єднати вилку карданного шарніру проміжного валу рульового керування з валом черв'яка, а потім закріпити кронштейн вала рульового керування до кузова.

Наступним етапом буде зняття кермового колеса та монтування на вал рульового керування перемикачів покажчиків повороту, світла фар та склоочисників.

Встановити кермове колесо на вал у початкове положення і, надавлюючи на кермове колесо, як вказано стрілками на рисунку 2.4, перевірити відсутність радіального переміщення валу. При радіальному переміщенні необхідно замінити підшипники або сам верхній вал кермового механізму.

Перевірити роботу кермового колеса в обох напрямках, далі закрутити гайку кріплення кермового колеса та фіксувати її у трьох точках. Привести в рух корпус перемикачів покажчиків повороту, світла фар та склоочисника в сторону кермового колеса до кінця та закріпити хомут кріплення перемикача.

З'єднати провід з клемми вимикача запалювання та зафіксувати вимикач гвинтами на кронштейні валу рульового керування.

Приєднати колодки штепсельні перемикача покажчиків повороту, світла фар та склоочисника до самих штепсельних колодок проводів автомобіля.

Встановити на валу обидві половини лицювального кожуха та закріпити їх гвинтами. Встановити вимикач звукового сигналу на кермове колесо.

Встановити на сошки кульові пальці бічної та середньої лівої тяги та зафіксувати їх гайками.

Відрегулювати сходження передніх коліс та перевірити зусилля на кермовому колесі. Зусилля при повороті коліс на місці на рівній поверхні не має перевищувати 200 Н.

Для кріплення вузла спиці кермового колеса встановити горизонтально, а потім з'єднати вал черв'яка з нижньою частиною проміжного валу рульового керування.

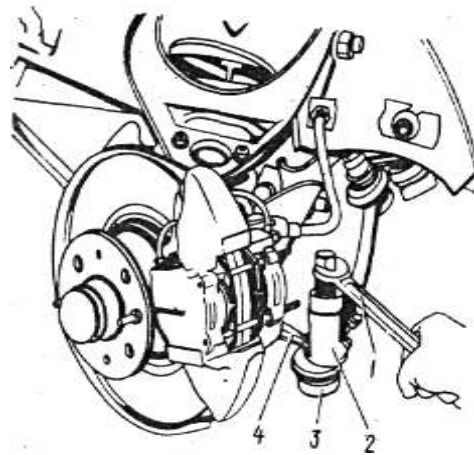
					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Коли не повністю закріплені болти кронштейна, потрібно повернути декілька разів кермове колесо в зворотні сторони, а далі болти кріплення кронштейна затягнути.

### 2.2.3 Розбирання тяги і кульових шарнірів

Щоб розібрати тяги, потрібно видалити шплінт та викрутити гайки, якими кульові пальці бічних тяг прикріплені до важелів поворотних кулаків.

А потім знімачем А.47052 вийняти кульові пальці з гнізд конічної форми на важелях (рисунок 2.5).



1 – ключ гайковий; 2 – знімач А.47052; 3 – кульовий шарнір; 4 – важіль поворотного кулака

Рисунок 2.5 – Зняття кульових пальців тяг кермової трапеції

Видалити шплінт та викрутити гайки кріплення кульових пальців бічної та середньої тяг до сошки, а також до маятникового важеля. Використовуючи знімач А.47035, вийняти пальці з гнізд важеля та зняти тяги.

Встановлення тяг рульового керування необхідно виконувати в зворотньому порядку зняття. Всі гайки кульових тяг пальців затягуються динамометричним ключем з наступним фіксуванням шплінтом. У випадку, якщо виріз гайки не

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

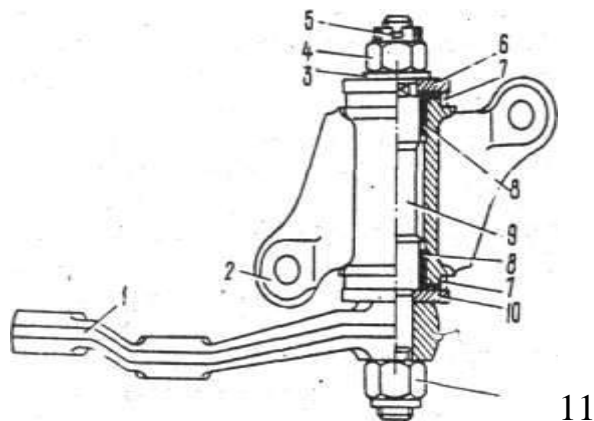
відповідає отвору шплінта, потрібно гайку повернути на кут менше 60 градусів для виконання шплінтування.

Після встановлення обов'язково відрегулювати сходження передніх коліс.

#### 2.2.4 Розбирання і зняття кронштейна маятникового важеля

Щоб зняти кронштейн маятникового важеля необхідно відокремити маятниковий важіль від кульових пальців бічних та середньої правої тяги, зняти шплінти та відкрутити гайки, а далі знімачем А.47035 вийняти кульові пальці з гнізд важеля. Наступна операція полягає у знятті болтів кріплення кронштейна до лонжерона та безпосередньо зняття кронштейна.

Закріпити кронштейн у затискачі, зняти шплінт та викрутити гайку 4 (рисунок 2.6), а потім зняти шайби 3 та 6 і маятниковий важіль 1, що у зчепленні з віссю 9, шайбою 10 та самофіксуючою гайкою 11. Після цього, зняти ущільнювачі 7 та впресувати втулку 8.



1 – маятниковий важіль; 2 – корпус кронштейна; 3 – шайба; 4 – регулювальна гайка; 5 – шплінт; 6 – верхня шайба; 7 – ущільнювач; 8 – втулка; 9 – вісь важеля; 10 – нижня шайба; 11 – самофіксуюча гайка

Рисунок 2.6 – Розріз кронштейна маятникового важеля

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

## 2.3 Перевірка і регулювання рульового управління

### 2.3.1 Перевірка кульових шарнірів кермових тяг

У першу чергу бажано перевірити переміщення наконечників тяг вздовж осей пальців. Для цього за допомогою важеля та опори перемістити наконечник паралельно осі пальця.

Переміщення наконечника відносно осі пальця має бути 1–1,5 мм. Дане переміщення вказує на те, що вкладиш пальця не знаходиться в ступорі в гнізді наконечника тяги та виконує переміщення разом з пальцем, стискаючи при цьому пружину. Шарнір із заклинилим вкладишем необхідно замінити.

Провертаючи рульове колесо в протилежні сторони, орієнтовно перевіряють відсутність вільного ходу у шарнірах кермових тяг. У випадку, коли відчутно вільний хід у кульовому шарнірі, доречно замінити наконечник тяги або в цілому кермову тягу.

Перевірка стану захисних ковпачків кульових шарнірів кермових тяг.

Коли захисні ковпачки у необхідному стані та сприяють чистоті в середині шарнірів, то період служби шарнірів майже необмежений. У випадку попадання у шарнір вологи або пилу фіксується передчасний знос деталей.

Ковпачок має бути замінений, якщо має розриви, тріщини і коли мастило проникає на поверхню при здавлюванні пальцями рук.

### 2.3.2 Перевірка зазору у підшипниках черв'яка

Встановити передні колеса в прямолінійному положенні та, повертаючи кермове колесо в протилежні сторони, перевірити чи не міняється відстань між торцем картера 7 (рис.2.7) та міткою "У", яка нанесена на вал черв'яка кермового механізму. Якщо наблюдаємо зміну відстані, то можна стверджувати наявність зазору в підшипниках черв'яка.

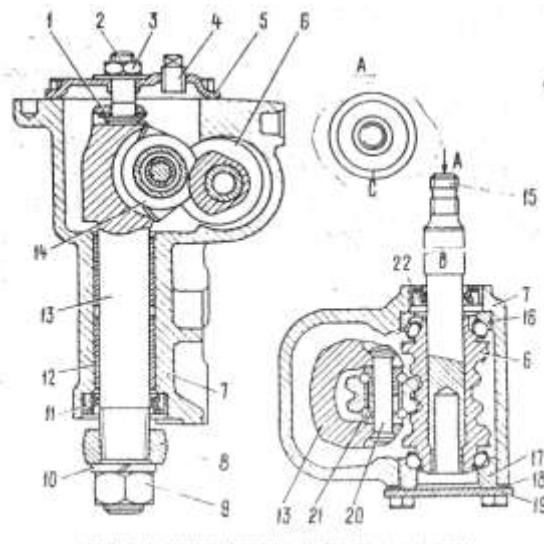
Щоб відрегулювати зазор в підшипниках черв'яка, необхідно повернути кермове

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

колесо вліво на 1–1,5 оберти, викрутити болти кріплення нижньої кришки 19 та злити мастило з картера кермового механізму. Далі зняти нижню кришку, видалити лише одну з регулювальних прокладок 18. Можна замінити цю прокладку більш тонкою.

Закріпити нижню кришку, обов'язково перевірити наявність осьового переміщення черв'яка у підшипниках. У випадку відсутності осьового переміщення потрібно залити у картер кермового механізму 0,215л трансмісійного мастила ТАД-17.

Необхідно перевірити зусилля повороту кермового колеса, встановивши передні колеса на рівній поверхні. Це зусилля не має перевищувати 200 Н .



1–пластина регулювального гвинта вала сошки; 2–регулювальний гвинт вала сошки; 3–гайка регулювального гвинта; 4–пробка наливного отвору мастила; 5–кришка картера кермового механізму; 6–черв'як; 7–картер кермового механізму; 8–сошка; 9–гайка кріплення сошки до валу; 10–пружинна шайба гайки кріплення сошки; 11–сальник валу сошки; 12–бронзова втулка валу сошки; 13–вал сошки; 14–ролик валу сошки; 15–вал черв'яка; 16–верхній кульовий підшипник; 17–нижній кульовий підшипник; 18–регулювальні прокладки; 19–нижня кришка підшипника черв'яка; 20–вісь ролика; 21–кульовий підшипник ролика; 22–сальник валу черв'яка; У, З – мітки

Рисунок 2.7 – Розріз картера кермового механізму

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

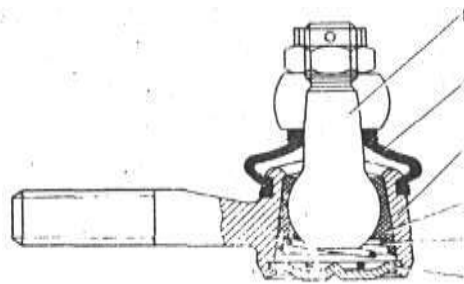
### 2.3.3 Перевірка зазору у зачепленні ролика з черв'яком

Провіривши відсутність осевого переміщення черв'яка у підшипниках, необхідно знімачем А.47035 видалити пальці кульових шарнірів з отворів сошки та від'єднати тяги від сошки, при цьому зберігати прямолінійне розташування передніх коліс. Гойдаючи сошку за голівку, перевірити відсутність зазору в зачепленні ролика з черв'яком. При повороті кермового колеса на 30° у протилежні напрямки від нейтрального положення, зазору або вільного ходу сошки не має бути.

Якщо все-таки відчутно вільний хід сошки, необхідно ослабити гайку 3 (рисунок 2.7) регулювального гвинта і, піднявши стопорну шайбу, повернути регулювальний гвинт 2 до зникнення зазору. Регулювальний гвинт дуже міцно не затягувати. Далі, притримуючи регулювальний гвинт викруткою, необхідно закрутити гайку 3. Якщо сошка не переміщується, потрібно з'єднати з нею пальці кульових шарнірів. Перевірити зусилля повороту кермового колеса. Якщо зусилля перевищує 200 Н, ослабити регулювальний гвинт 2.

### 2.3.4 Перевірка зазору кульового шарніра тяги

Перевірити стан захисних ковпачків 2 (рисунок 2.8), як вказано вище (див. розділ Огляд, перевірка і регулювання рульового керування). Пошкоджені захисні ковпачки замінити.



1– кульовий палець; 2–захисний ковпачок; 3 – корпус шарніра; 4 –вкладиш;  
5 – пружина; 6 – заглушка

Рисунок 2.8– Розріз кульового шарніра тяги

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Провірити по радіальному та осьовому напрямках зазор і стан кульових шарнірів тяг. Якщо відчутно вільний хід в кульовому шарнірі, а також при наявності в шарнірі бруду або піску, корозії на кульовому пальці та при повному використанні ходу опорного вкладиша, необхідно замінити шарнір з наконечником тяги.

### 2.3.5 Перевірка маятникового важеля

Провірити стан втулок осі маятникового важеля, у випадку, якщо виявиться овальність або недопустимий зазор між втулками та віссю, то вважають за необхідне заміну втулок новими.

Перевірити вісь на відсутність пошкоджень та на овальність, при необхідності замінити вісь. Переконалися, що маятниковий важіль не деформований. Якщо є деформовані ділянки важеля, замінити новим.

### 2.3.6 Перевірка ролика і черв'яка

Уважно оглянути робочу поверхню ролика та черв'яка чи не має слідів зносу, рисок, заїдання. Ушкоджені та зношені деталі замінити новими.

Перевірити величину зазору між валом сошки та втулками. Зазор не повинен перевищувати 0,1 мм. У випадку, коли зазор більше даної величини, то втулку замінити, використовуючи оправлення А.74105.

З внутрішньої сторони втулок валу сошки розташовані спіральні канавки, які мають вихід лише на одну сторону втулки. При запресуванні втулки розташовують таким чином, щоб торці, які мають вихід канавок, знаходилися всередині отвору картера, а виходи канавок були розміщені один проти одного. Торці втулок мають бути втоплені в отворі картера на 1,5 мм. Нові втулки перед запресуванням змащуються трансмісійним мастилом.

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Опісля впресовування в картер кінцево обробити втулки розгорненням А.90336 до досягнення розміру 28,698-28,720мм. Зазор між валом сошки та втулками має бути в межах 0,008 – 0,051мм.

Далі потрібно перевірити свободу обертання ролика валу сошки на кульковому підшипнику.

Кулькові підшипники черв'яка та ролика мають обертатися вільно, без заїдання. На поверхні кілець та кульок не має бути зносу, пошкоджень.

Перевірити осьовий зазор між голівкою регулювального гвинта 8 (рисунок 2.10) та пазом валу 7 сошки. Цей зазор не повинен перевищувати 0,05мм. Якщо він більший, потрібно замінити регулювальну пластину 9 на пластину більшої товщини.

До речі, регулювальні пластини поставляються одинадцятьма розмірів, товщиною від 1,95 до 2,20мм. Збільшення шкірного розміру складає 0,025мм.

Перевірити стан фіксуючих пластин 5 (рисунок 2.5). Заміну пластин виконують, якщо вони деформовані.

#### 2.4 Очищення, промивка деталей

Від того, наскільки якісно очищені деталі, залежить рівень культури виробництва, продуктивність праці ремонтників, ефективність використання обладнання, а також довговічність роботи відремонтованих деталей та вузлів.

Забруднення на деталях, що відновлюються наплавленням, спричиняє утворення пор та раковин у наплавленому шарі. Жирові забруднення на деталях, які підлягають відновленню гальванічними або хімічними методами, призводять до відшарування нанесених покриттів.

Беспосередньо технологія мийних та очисних робіт залежить від типу підприємства і його виробничих можливостей, виду забруднень, розмірів та ваги деталей. Практичний досвід ремонтних робіт показує, що найбільш раціональною формою організації таких підприємств є багатостадійне миття із застосуванням спеціальних методів очищення конкретних деталей.

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оцінка якості мийних та очисних робіт проводиться за повнотою видалення усіх без винятку забруднень, а ефективність цієї роботи оцінюється трудовими затратами та культурою виробництва.

Забруднення деталей та методи очищення наведені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Забруднення деталей і методи очищення

Забруднення	Методи очищення
Шляховий бруд, маслянисто-брудні відкладення, рослинні рештки	У розчинах миючих засобів
Залишки консерваційних мастил	У розчинах синтетичних миючих засобів
Продукти корозії та механічного спрацювання деталей	Ручним механізованим інструментом, розчинами кислот

Забруднені деталі промивають у струминних машинах та мийних установках спеціальними синтетичними миючими препаратами.

Такі синтетичні миючі препарати приводять до зниження швидкості корозії сталі, чавуну, алюмінію.

## 2.5 Дефектація деталей

Дефектацією вважають процес технічного контролю деталей та з'єднань, що полягає у визначенні їхньої придатності для використання на обладнанні, що ремонтується. Основним завданням дефектації є не допустити до збирання деталі, ресурс яких вичерпаний або менший за плановий міжремонтний термін, не відбракувати придатні деталі та виявити необхідність їх ремонту.

По технічним картам на дефектацію встановлюють придатність деталей до повторного використання або відновлення. У цих картах вказано: характеристика конкретної деталі, тобто матеріал, розміри, термічна обробка, твердість,

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

відхилення форми, а також можливі дефекти, методи контролю, допустимі розміри без ремонту та граничні розміри.

При виконанні дефектації деталей і вузлів визначають зміни форми робочих поверхонь та зміну розмірів, порушення взаємного розташування деталей, зміни фізичних і механічних властивостей, таких як втрата пружності, магнітних властивостей, корозійні та втомлювальні руйнування та інші дефекти.

Деталі при дефектації поділяють на п'ять груп, відмічаючи фарбою конкретного кольору: придатні до роботи – зеленим; придатні в зборі з новими деталями або відремонтовані до номінальних розмірів – жовтим; такі, що підлягають ремонту на спеціалізованих підприємствах – синім; взагалі не придатні і підлягають утилізації – червоним.

У відповідальних деталях контролюють лише ті параметри, які можуть змінюватись на протязі експлуатації автомобіля. Переважна більшість деталей можуть мати і по декілька дефектів. Для того, щоб зменшити трудоемність дефектації потрібно виконувати послідовність контролю, яка вказана в технологічній карті.

Методи дефектації. Зовнішнім оглядом деталей визначають технічний стан, а також вимірюючи роз спеціальними міри, перевіряючи універсальними спеціальними інструментами, приладами, спеціальними пристосуваннями та за допомогою стендів.

Оглядаючи зовнішню поверхню деталей, виявляють пошкодження їх, тріщини, обломи, деформацію, прогар, корозію, негерметичність та інші дефекти.

Стан нерухомих з'єднань досліджують вистукуючи, щоб виявити ослаблення посадок штифтів, шпильок, кілець, а також наявність у корпусних деталях тріщин.

Універсальними вимірювальними засобами вимірюють фактичні розміри деталей та відхилення від них, форми розміщення взаємного елементів деталі. У з'єднаннях деталей визначають величину зазору. Застосовуючи штангенциркулі, мікрометри, індикаторні нутрометри, визначають геометричні параметрів деталей.

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для виявлення прихованих дефектів деталей, таких як тріщини, раковини застосовують пневматичні, гідравлічні, капілярні, магнітні та ультразвукові методи.

Пневматичний метод доцільно використовувати для перевірки герметичності радіаторів, паливних баків, резинових камер та інших деталей. Деталь необхідно занурити у воду. Усі отвори закривають пробками, а в один, що залишився, подають повітря. По бульбашкам повітря видно місце дефекту.

Гідравлічним методом на стендах проводять перевірку герметичності всмоктуючих труб двигуна, блоків, головок циліндрів та інших вузлів.

Магнітну дефектоскопію доцільно застосовувати для виявлення прихованих тріщин, різної величини пор, шлакових включень в деталях, які виготовлені з феромагнітних матеріалів.

Капілярні методи дають можливість виявити порушення цілісності деталей, виготовлених з феромагнітних та немагнітних матеріалів.

## 2.6 Встановлення і збирання

### 2.6.1 Встановлення і збирання маятникового важеля

Перед збиранням обов'язково змастити втулки осі маятникового важеля та заповнити між ними простір мастилом Литол-24. Збирання кронштейна маятникового важеля виконується у зворотньому напрямку розбиранню.

У випадку, коли замінена вісь 9, то самоконтрасну гайку 11 кріплення важеля потрібно закрутити динамометричним ключем. Шайба 6 встановлюється у верхній частині в тиски.

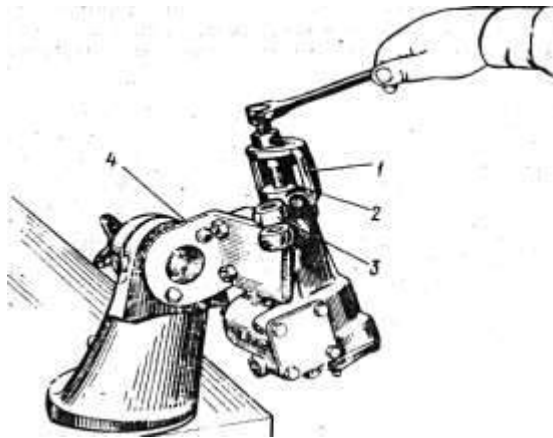
Коли закріпили гайку 4, важіль в горизонтальному положенні під дією власної ваги не обертається. Він має повертатися під дією сили 10-20Н, прикладеної на його кінці. До речі, якщо гайка 4 виявилася перетягнутою, необхідно відвернути її, підняти шайбу 6 та знову затягнути.

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Закріпивши кронштейн на лонжероні болтами з гайками та плоскими шайбами, потрібно затягнути їх динамометричним ключем. Далі необхідно з'єднати кульові пальці тяг з маятниковим важелем.

## 2.6.2 Розбирання і збирання картера рульового механізму

Розбирання. Спочатку необхідно злити мастило з картера кермового механізму. Наступний етап полягає в закріпленні картера на кронштейні А.74076/R з опорою А.74076/1. Провернувши гайку кріплення кермової сошки 2 (рисунок 2.10), зняти пружинну шайбу, а знімачем А.47043 зняти сошку (рисунок 2.9).



1–знімач А .47043; 2–вал сошки рульового керування; 3–сошка;  
4–кронштейн А.74076/R кріплення

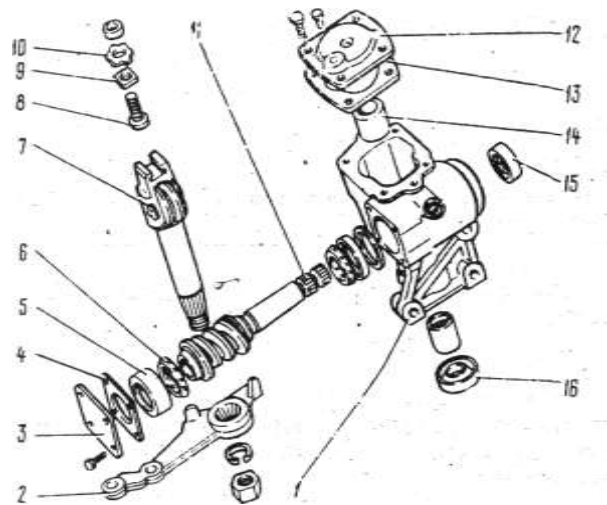
Рисунок 2.9 – Зняття сошки

Необхідно знімати кришку 12 картера кермового механізму обов'язково разом з гвинтом регульовальним 8, пластиною 9, шайбою стопорною 10 та контргайкою. Далі потрібно вийняти з картера 1 кермового механізму вал 7 сошки у поєднанні з роликком (рисунок 2.10).

Викрутивши болти кріплення, зняти кришку 3. Далі зняти підшипники валу черв'яка разом з регульовальними прокладками 4.

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

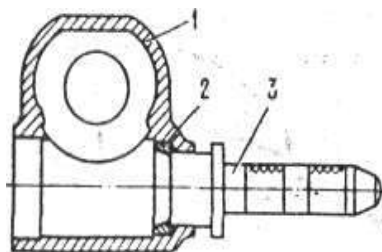
Виштовхнути валом 11 черв'яка з картера зовнішнє кільце 5 підшипника та видалити вал разом із сепаратором 6 підшипників. І тепер зняти сальник 15 валу черв'яка та сальник 16 валу сошки.



1 – картер; 2 – сошка; 3 – нижня кришка картера; 4 – регулювальні прокладки; 5 – зовнішнє кільце підшипника валу черв'яка; 6 – сепаратор з кульками; 7 – вал сошки; 8 – регулювальний гвинт; 9 – регулювальна пластина; 10 – стопорна шайба; 11 – вал черв'яка; 12 – верхня кришка картера; 13 – ущільнювальна прокладка; 14 – втулка валу сошки; 15 – сальник валу черв'яка; 16 – сальник валу сошки

Рисунок 2.10 – Деталі картера кермового механізму

Оправленням 67.7853.9541 необхідно запресувати зовнішнє кільце верхнього підшипника (рисунок 2.11).

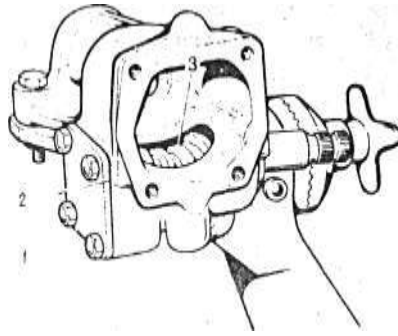


1 – картер кермового механізму; 2 – зовнішнє кільце верхнього підшипника черв'яка; 3 – оправлення 67.7853.9541

Рисунок 2.11 – Зняття зовнішнього кільця верхнього підшипника черв'яка за допомогою оправлення 67.7853.9541

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

Збирання кермового механізму проводять на кронштейні А.74076/R в послідовності зворотній розбиранню.

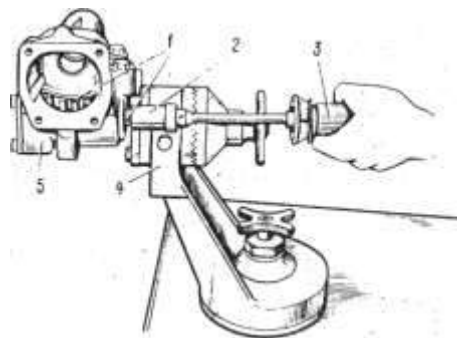


1—кришка підшипника; 2—регулювальні прокладки; 3—черв'як

Рисунок 2.12 – Встановлення черв'яка кермового механізму

Спочатку зовнішнє кільце верхнього підшипника черв'яка впресовують опрацюванням 67.7853.9541, попередньо переставивши насадку на ручці опрацювання у зворотньому напрямку.

Після того, як встановили черв'як у картер кермового механізму та закріпили нижню кришку, необхідно перевірити динамометром 02.7812.9501 голівкою А.95697/5 (рисунок 2.13) момент тертя валу черв'яка. Момент тертя повинен перебувати в межах 20-50Н. У випадку, якщо момент виявиться менше необхідного значення, потрібно зменшити товщину регулювальних прокладок 2, якщо більше необхідного значення відповідно збільшити товщину (рисунок 2.12)



1 – черв'як; 2 – голівка А.95697/5; 3 – динамометр 02.7812.9501; 4 – кронштейн стану для ремонту картера кермового механізму; 5 – картер кермового механізму

Рисунок 2.13– Контроль моменту тертя черв'яка динамометром

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Після вмонтування валу сошки необхідно перевірити відсутність зазору у зчепленні ролика з черв'яком. При цьому, вал черв'яка провертають і в право і вліво на 30 градусів від нейтрального положення сошки. Для усунення зазору в зчепленні використовують регулювальний гвинт 2, який затягують гайкою 3 (рисунок 2.7).

Після регулювання зазору в зачепленні ролика з черв'яком необхідно перевірити динамометром момент тертя валу черв'яка, що повинен бути 70–90 Н при повороті валу.

В кінці збирання вузла доцільно перевірити кут повороту сошки від нейтрального положення. Цей кут має складати  $3210 \pm 1$  як вліво, так і вправо до упору сошки у голівки болтів. Далі необхідно залити у картер кермового механізму 0,215 л трансмісійного мастила ТАД-17.

## 2.7 Заміна деталей, збирання

Збирання вузлів автомобіля являє собою процес послідовного з'єднання деталей, які входять в конкретний вузол. Цей процес проходить згідно вимог, викладених в технологічних картах на збирання. Якість виконання збиральних робіт, що визначається головним чином точністю збирання, залежить від якості деталей та якості проведення комплектувальних робіт.

Під точністю збирання мається на увазі ступінь відповідності фактичних значень параметрів, які характеризують з'єднання спряжених деталей чи збиральних одиниць, встановленим у технічній документації. Характеризується точність збирання вузлів величиною відхилень значень зазорів, натягів.

Необхідна точність збирання вузлів при ремонті автомобіля досягається наступними способами: повна взаємозамінність, не повна взаємозамінність, групова взаємозамінність, регулювання та підгонка.

Початкове монтування шарових опор для зварювання виконують в наступному порядку. Нижню шарову опору та палець в зборі також з новим підшипником вмонтовують у корпус підшипника нижньої опори. В обойму

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вкладиша монтують сам вкладиш. Далі обойму з вкладишем в зборі прикріплюють на корпус та закріплюють трьома болтами. При виконанні цієї операції контролюють момент обертання, що крутить палець в корпусі. Даний момент має бути в межах 1,96-6,86 Н·м. Момент хитання повинен бути 3,92–10,78 Н·м.

У випадку, коли моменти обертання та хитання в змонтованому вузлі не відповідають нормативам, то між поверхнями підшипника та пальця розміщують дистанційну ремонтну шайбу Л 2904197, 2904198 або 2904199, яка відповідає товщині 0,8; 1,0 та 1,2 мм. В залежності від натягу вибирають товщину шайби. Коли натяг у поверхнях, що контактують, складає 1,3–1,5 мм, то розміщують шайбу товщиною 0,8 мм, а якщо натяг дорівнює 1,0–1,3 мм, то товщина шайби 1,0 мм; якщо натяг менше 1,0 мм, то товщина шайби 1,2 мм. Для працездатності шарніру натяг має бути в межах 1,2—2,5 мм.

Верхню шарову опору-палець у зборі з підшипником вмонтовують в обойму вкладиша, попередньо куди були розміщені сферична шайба та вкладиш. Далі зверху на підшипник розміщують корпус та трьома болтами скріплюють з обоймою вкладиша. Момент обертання, який крутить пальця, що затиснутий у корпусі, має бути у межах 2,9–8,4 Н·м, а момент хитання у межах 4,9–12,8 Н·м.

При невідповідності моментів обертання та хитання нормативним значенням між поверхнями шарового пальця та підшипника розміщують одну з ремонтних дистанційних шайб, товщина якої підібрана в залежності від натягу.

Кінцеве збирання кульових опор виконують після нанесення на привалочні поверхні обойми вкладиша та корпусу підшипника спеціальної герметизуючої пасти «Пластизоль Д-4А», а також обробки контактуючих поверхонь деталей консистентним мастилом ШРБ-4. Шарнір скріплюють болтовим з'єднанням та по периметру зварюють корпус з обоймою. Крім того, внутрішню порожнину опор, використовуючи шприц, заповнюють мастилом ШРБ-4.

В кінці, зварений шов та всю зовнішню поверхню опори, крім пальця, зачищають, потім знежирюють і фарбують.

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 3 ТЕХНОЛОГІЯ ВІДНОВЛЕННЯ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ КУЛЬОВОГО ШАРНІРА ТЯГИ РУЛЬОВОГО КЕРУВАННЯ

### 3.1 Обґрунтування вибору методу відновлення поверхні деталі

В даний час розвиток автомобільної промисловості передбачає особливі вимоги до трибологічних параметрів вузлів тертя різних механізмів. Одним із ключових показників покращення працездатності пари тертя спеціалісти вважають зниження коефіцієнта тертя, що призводить до зниження температури у зоні контакту робочих поверхонь, зменшення зносу і, відповідно, до збільшення експлуатаційного ресурсу.

Відомі різні шляхи покращення трибологічних характеристик пар тертя при роботі вузлів та механізмів обладнання, де відбуваються різні види тертя. Одним з основних шляхів досягнення поліпшення трибологічних характеристик вважають підбір матеріалів пари ковзання.

Наступне підвищення чистоти обробки, починаючи з певного рівня, не призводить до суттєвого зниження коефіцієнта тертя, але значно впливає на вартість виробів. Мета знизити коефіцієнт тертя шляхом використання сучасних мастильних матеріалів з покращеними трибологічними характеристиками не завжди може вирішити поставлену задачу, особливо це відноситься до дуже навантажених пар тертя різних вузлів та механізмів.

Ефективність способів нанесення покриття.

Технологічні процеси нанесення полімерних покриттів відрізняються високим коефіцієнтом використання матеріалів та зменшеною кількістю основних і додаткових операцій.

Залежно від агрегатного стану матеріалу, що використовується, та способу одержання покриттів, середні коефіцієнти використання полімерних матеріалів оцінюють певними величинами, які представлені в таблиці 3.1.

Хімічно стійкі фторопластові покриття є і використовуються для зберігання акумуляторної сірчаної кислоти протягом тривалого часу в контейнерах [8].

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Таблиця 3.1 – Способи отримання покриттів та середні коефіцієнти використання полімерних матеріалів

Способи нанесення покриттів полімеру	Коефіцієнт використання
В завислому шарі	0,97
Струменеві	0,85
Полуменеві	0,75
В електростатичному полі	0,98

### 3.2 Основні галузі застосування фторопластових покриттів

З ціллю підвищення працездатності покриттів у вузлах тертя механізмів при підвищених навантаженнях та швидкостях застосовують наповнювачі. Такими наповнювачами є низько- та високомолекулярні органічні сполуки, різні мінеральні речовини, метали та оксиди металів. Поліпшення антифрикційних характеристик полімерних матеріалів та покриттів при додаванні наповнювачів пов'язане, з одного боку, з їх зміцнюючою дією (метали, оксиди металів), а з іншого боку – з антифрикційними властивостями самих наповнювачів (фторопласт-4, графіт, дисульфід молібдену), за умови, що вони незначно погіршують корозійні властивості полімерів. Вважають доцільним застосовувати двошарові покриття. Нижній шар такого покриття має підвищену адгезію до металу, а верхній буде з наповненого та стабілізованого матеріалу, який сумісний також з матеріалом нижнього шару. Причому, верхній шар з високими антифрикційними характеристиками. До прикладу, введення 15 об. % мідного чи бронзового порошку на три порядки зменшує інтенсивність зносу, порівнюючи з чистим фторопластом-4. Проте, практика застосування полімерних покриттів у вузлах тертя показує, що основне використання у якості матеріалів для антифрикційних покриттів мають поліаміди і в меншій мірі застосовують епоксидні смоли, фторопласти, пентапласти і т.д. Від фізико-механічних властивостей полімеру, таких як шорсткість контртіла, від конструкції вузла тертя

та умов експлуатації залежать оптимальні товщини антифрикційних полімерних покриттів.

Наприклад, товщина полікапроамідних покриттів на сталі, яка забезпечує високий комплекс антифрикційних характеристик, становить приблизно 0,3 мм.

Для того, щоб збільшити міцність зчеплення антифрикційного шару фторопласту з металом розширяють площу адгезійного контакту. З цією ціллю, на сталеву стрічку наноситься тонкий шар пористої бронзи, після чого додають фторопластове покриття та проводять його спікання.

З таких матеріалів методом штампування виготовляють підшипники, які використовуються в агресивних середовищах без змащення.

Фторопласт-4 та його модифікації характеризуються стабільними електричними властивостями за високих температур. Діелектрична проникність фторопласту-4 не змінна у широкому діапазоні частот до  $10^{10}$  гц, а тангенс кута втрат діелектричних буде постійний за температури від -100 до +260 °С. В залежності від товщини електрична міцність плівок з фторопласту-4 складає 20-160 кв/мм, при цьому за температури 50 °С пробивна напруга трохи знижується, а потім буде постійною до 250 °С. Питомий об'ємний опір досягає  $10^{19}$  ом·см при кімнатній температурі. Покриття з фторопласту-4 досить широко застосовують для ізоляції нагрівостійких монтажних, обмотувальних та спеціальних проводів генераторів, трансформаторів.

Досить хороші показники електричних властивостей у покриттях з інших модифікацій фторопластів. У таблиці 3.2 наведені дані по електричним характеристикам покриттів з фторопластів, які наносять електроструменевим методом на попередню нагріту поверхню металу.

Слід відмітити переваги цього способу формування покриттів в порівнянні з іншими методами. Застосування електричного поля високої напруги при формуванні покриттів з порошку фторопласту-4М суттєво покращує електричні властивості покриттів: тангенс кута діелектричних втрат зменшується більш ніж в 5 разів в порівнянні з покриттями, сформованими без накладення електричного поля, при цьому об'ємний електричний опір зростає на два порядки.

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Таблиця 3.2 – Електричні властивості фторопластових покриттів

Матеріал покриття	Товщина покриття, мкм	Електрична міцність, $E_{пр}$ , кв/мм	Питомий об'ємний опір, $\rho_v$ ,	Тангенс кута діелектричних втрат, $tg\delta$
фторопласт-30	230–350	20	$10^{16}$	0,002
фторопласт-40	250–300	20	$10^{16}$	0,001
фторопласт-4М	250-350	37	$2 \cdot 10^{17}$	–

На показники діелектричних властивостей покриттів з стабілізованих фторопласту-30 та фторопласту-40 суттєво впливає температура та волога, що приводить до старіння.

Антиадгезійні покриття використовуються в харчовій та хімічній промисловості для усунення прилипання харчових продуктів, напівфабрикатів і хімічних речовин до робочих поверхонь деталей та вузлів обладнання. Підбір матеріалу для покриття визначається хімічною природою оброблюваних речовин та умовами експлуатації.

Щоб забезпечити мінімальне прилипання речовин зазвичай проектують в якості матеріалів для покриттів інертні полімери, які характеризуються невеликим об'ємом полярних функціональних груп та низькою адгезією. В якості матеріалів для антиадгезійних покриттів частіше всього використовують фторопласти, пентапласт, поліолефіни, полівінілхлорид та кремнійорганічні полімери [9].

3.3. Технологічний процес отримання покриття та вибір порошкового полімерного матеріалу

3.3.1 Технологія попередньої підготовки металевої поверхні для нанесення порошкового полімерного матеріалу

Процес нанесення фторполімерного покриття на металеву поверхню передбачає такі стадії:

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- початкова підготовка: знежирення поверхні, видалення усіх забруднень та оксидів, конверсія поверхневого шару для підвищення адгезії та захисту від корозії, тобто фосфатування;
- безпосереднє нанесення порошкового покриття на поверхню деталі;
- формування плівки покриття, проводячи оплавлення, затвердіння та охолодження.

Початкова стадія процесу отримання покриття значною мірою визначає корозійну стійкість виробів та відповідно довговічність покриття [10]. При нанесенні покриття на не підготовлену поверхню (забруднену, або таку, що має корозійну поверхню) спостерігаємо досить швидке відшарування самого покриття. Це може бути незначне відшарування, а може бути і по усій поверхні. Забруднення під шаром покриття може призводити до виникнення корозії та наступного руйнування самого покриття. В процесі експлуатації деталей з покриттям, нанесеним без конверсійного підшару, в складних атмосферних умовах через плівку до підкладки будуть поступати волога та кисень, кислотні забруднення. Контакт з металевою поверхнею буде мати такий же результат.

З усіх видів забруднень, що зустрічаються і мають бути видалені з поверхні виділити наступні:

- органічні забруднення це антикорозійні мастила та мастила для змащення, в їх склад входять мінеральні олії, жирні кислоти і т.д.;
- неорганічні забруднення –оксиди та нагар, що виникають після операцій попередньої обробки і утворюють окалину, іржу, а також великі та мілкі неорганічні частинки, часто змішані з мастилом;
- змішані забруднення це раніше вживані мастила, різні спеціальні мастила та емульсії, до їх складу входять частинки у вигляді тонкоподрібнених порошоків.

Перед нанесенням покриття, необхідно підготувати поверхню, так як поверхня:

- не повинна мати гострих кромek, задирів, зварювальних окалинок, пропалень, залишків флюсу, напливів пайки;

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– повинна бути сухою, без пилу, без забруднень мастилами, не мати окалини та слідів іржі, нальотів вторинної іржі, яка виникає при обробці виробів з чорних металів.

При очищенні виробів від забруднень особливо важливо правильно підібрати найбільш ефективний метод обробки та склад, який використовується для цього.

Вони залежать від матеріалу поверхні, що обробляється, типу та ступеня забруднень, а також від вимог до умов та тривалості експлуатації.

Залежно від умов виробництва, розмірів виробів та їх кількості, хімічна обробка поверхні може проводитися шляхом занурення виробів у ванну з розчином або шляхом подачі розчину під тиском через спеціальні форсунки, тобто струминева обробка.

У цьому випадку ефективність обробки зростає, оскільки до фізико-хімічного впливу на оброблювану поверхню додається також механічний.

Для підготовки поверхні виробів перед нанесенням покриття використовують знежирення, видалення окисних плівок (шляхом абразивного очищення або травлення), а також нанесення конверсійного шару (фосфатування, пасивування).

Особливо перша операція має бути обов'язково, інші використовують в залежності від контрольних умов та вимог. Знежирення — це процес видалення з поверхні жирових забруднень, слідів поту, різних солей, шламу та інших забруднень за допомогою спеціальних хімічних речовин, таких як органічні розчинники, лужні, водні та інші розчини.

Обезжирення органічними розчинниками, такими як уайт-спирит, нефрас 150/200, бензин БР-1 з антистатикою вважають простішим способом. У цьому випадку поверхню деталей протирають тканиною або волосяними щітками, які змочують розчинником. Потім їх обдувають стислим повітрям, або протирають сухою серветкою.

В залежності від розмірів виробів, можливе їх промивання у двох, трьох ваннах з розчинником. Використовуючи розчинники, можна помітити високу

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

швидкістю їх проникнення в забруднення та видалення цих забруднень швидким випаровуванням з виробів. Недоліками органічних розчинників вважають значну вартість, токсичність, можливість загоряння, низьку якість очищення, Після випаровування розчинника на поверхні остаються сліди забруднень.

Найчастіше застосовують слаболужні, середньолужні безсилікатні миючі засоби. Вони містять суміш солей ортофосфорної, борної та інших кислот з додаванням поверхнево-активних речовин, які забезпечують стабільну миючу дію, знижене піноутворення та меншу кількість миючих засобів. Емульсивне знежирення – це комбінований метод, що об'єднує переваги використання органічних розчинників та лужних водних розчинів. Емульсивні суміші являють собою емульсії розчинників у воді, стабілізовані поверхнево-активними речовинами.

Даним сумішам придатна висока розчинність, змочуюча та емульгуюча здатність, тому при емульсивному очищенні з металевої поверхні потрібно повністю видалити мастила, олії та інші неорганічні забруднення. При очищенні емульсивними препаратами термін очищення порівняно з знежиренням у лужних середовищах зменшується, зате необхідно деталі піддавати ретельній промивці.

При видаленні оксидів, таких як іржа, окисні плівки, може бути застосоване абразивне очищення та і хімічне очищення.

Абразивне очищення виконується при допомозі частинок абразивного матеріалу, таких як пісок або дріб, які подаються на поверхню з високою швидкістю в потоці стислого повітря або завдяки діям відцентрових сил. Частинки абразиву, вдаряючись об поверхню, відколюють від неї дрібні шматочки металу разом з окалиною, іржею, оксидними плівками та іншими забрудненнями. Це забезпечує високий рівень очищення практично від усіх видів забруднень. Дане очищення забезпечує рівномірну шорсткість, а це надає можливість підвищити адгезію покриття.

Активність та чистота очищених механічним способом поверхонь металу зберігається незначний час. Тому слідує обробку виробів, а це створення проміжних шарів та нанесення покриттів, бажано виконувати безпосередньо після

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

механічного очищення. При нанесенні порошкових матеріалів електростатичним методом шорсткість поверхні повинна становити: середнє арифметичне відхилення профілю Ra = 0,4–3,2 мкм.

Металевий дрібний пісок для очистки повинен бути з матеріалу, близького за електрохімічною характеристикою до матеріалу поверхневого шару, що очищається. В іншому випадку, частинки абразиву, які лишаються на поверхні, можуть стати причиною появи під шаром покриття безпосередньо корозії. Після очистки поверхні деталі будь-якими матеріалами, необхідно її обдути очищеним повітрям.

Для очищення поверхні чорних металів дрібоструминним методом використовують металевий подрібнений пісок з чавуну або литий, сталевий колений або литий. Може бути також сталевий рубаний 0,3; 0,5; 0,8 мм .

Недоліками абразивного очищення вважають неможливість її використання для виробів товщиною стінок менше 3 мм, виробів складної форми, а також низьку продуктивність обробки. Неправильно вибраний абразив або надто великий дріб можуть спричинити надмірну шорсткість поверхні, яку важко буде вирівняти покриттям для досягнення бажаного зовнішнього вигляду.

Травлення - це видалення з поверхні виробів іржі, окалин та окисних плівок, використовуючи травильних розчини на основі їдкого натру, сірчаної, соляної, азотної та фосфорної кислот. З ціллю отримання травлення рівномірного по всій поверхні у травильні розчини вводять інгібітори. Інгібіторами називають добавки, які гальмують розчинення очищених ділянок оброблюваних поверхонь. Вони не мають впливу на швидкість видалення оксидів. Інгібітори підбираються відповідно до конкретних розчинів.

Переваги хімічного очищення включають високу продуктивність, простоту використовуваного обладнання та проведення процесу, а також можливість обробки виробів різної товщини та складної форми. Недоліками вважають необхідність досить ретельного відмивання залишків травильних розчинів з поверхні, а також потреба спеціальних очисних споруд для нейтралізації відходів. У деяких випадках операції травлення та знежирення можуть бути

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

об'єднані: при застосуванні розчинів на основі сірчаної кислоти при обробленні поверхні 3–5 хвилин за температури 50–60 °С, фосфорної кислоти теж 3–5 хвилин при 60–70 °С, їдкою натру протягом 10–45 хвилин при видаленні товстих шарів іржі та окалини за температури 420–480 °С.

З ціллю покращення захисних властивостей та підвищення терміну роботи, особливо при використанні в атмосферних умовах, при підготовці самої поверхні перед нанесенням ПК бажано додатково застосувати такі операції, як фосфатування (це для сталевих та оцинкованих поверхонь) і хроматування (для алюмінію та сплавів алюмінію).

Фосфатування передбачає утворення на поверхні деталі плівки фосфатів. Здійснюють фосфатування методом занурення деталі у ванну, яка містить розчини фосфорнокислих солей марганцю, цинку та заліза, а також вільної фосфорної кислоти з добавками, покращуючи при цьому процес утворення фосфатного покриття. Фосфатуванню піддають ті деталі, які отримані з усіх сортів сталі, винятком є нержавіюча та кислототривка.

Фосфатування застосовують для більшого захисту від корозії, покращення твердості, зносостійкості, а також підвищення електроізоляційних властивостей основного шару покриття на чорних та кольорових металах.

Ціллю процесу фосфатування є створення на поверхні деталі шару малорозчинних фосфатів заліза, цинку або марганцю. Чудова адгезія дає можливість широкого застосування процесу фосфатування в автомобільній промисловості. Така фосфатна плівка є найкращий ґрунт. Фосфатуванню піддають: чавун, вуглецеві та низьколеговані сталі, цинк, мідь, сплави міді, алюміній, кадмій. Досить погано піддаються фосфатуванню високолеговані сталі. Плівка фосфатна не руйнується органічними маслами, мастильними гарячими матеріалами, а також бензолом, толуолом, усіма газами, окрім сірководню. Деталі, які зазнали фосфатування, застосовують і у тропіках.

Фосфатування – це одержання на металевій поверхні з важко розчинних фосфорнокислих солей плівки. Маючи низьку електропровідність, фосфатні плівки збільшують адгезію покриття та попереджують утворення підплівкової

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

корозії. В залежності від складу фосфатуючого розчину на поверхні металевої деталі утворюються фосфати з чіткою кристалічною решіткою (цинкофосфатне покриття) або фосфати аморфні (залізофосфатне покриття).

Обробку поверхні проводять розбризкуванням за температури 50–60 °С на протягом 2–5 хвилин. У випадку значного забруднення металу термін обробки збільшують до 7–10 хвилин. З ціллю підтримки параметрів фосфатування в потрібних межах необхідно періодично виконувати коригування фосфатуючих розчинів, додаючи у них невеликі кількості концентрату. Кінцевою стадією фосфатування буде промивка та пасивування. Якість промивки визначається властивостями води, що використовується та інтенсивністю обливання. Середня витрата води для промивання поверхні 25 літрів на один квадратний метр.

Покриття має бути зовнішньо однорідним, а також електропровідним і забезпечувати достатню адгезію до полімерних та металевих підкладок. Адгезію перевіряються протираючи серветками, на яких не повинно бути залишків та слідів конверсійної плівки.

Пасивація вважають завершальним етапом підготовки поверхні при допомозі різних окисників, а саме: з'єднань хрому, нітрату натрію та інших за температури 20–50 °С на протязі декількох хвилин. Пасивація запобігає утворенню вторинної корозії і може бути рекомендована як для підготовки поверхні після знежирення, так і після промивання при фосфатуванні.

Провідні європейські виробники порошкових покриттів надають особливу увагу підготовці поверхні перед їх нанесенням. Вони рекомендують проводити спеціальну підготовку, адаптовану до властивостей конкретної поверхні (сталевій, оцинкованій, алюмінієвій), щоб підвищити довговічність покриття.

Підготовка сталевій поверхні – це обробка залізофосфатними розчинами, одержання тонкого шару (менше 1,0 мкм) досягається за чотири етапи та поєднує знежирення і фосфатування:

1 – знежирення та фосфатування; 2 – промивка; 3 – пасивація; 4 – сушка повітрям за температури 110 – 120 °С.

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При обробці цинкофосфатними розчинами товщина шару 2–3 мкм досягається за допомогою семи етапів:

1 – знежирення водними лужними розчинами; 2 – промивка холодною водою; 3 – друге промивання; 4 – фосфатування; 5 – промивка холодною водою; 6 – пасивація з наступним промиванням демінералізованою гарячою водою; 7 – сушка повітрям за температури 110 – 140 °С.

Підготовка оцинкованої поверхні проводиться в шість етапів цинкофосфатними розчинами:

1 – знежирення; 2 – промивка; 3 – фосфатування; 4 – промивка; 5 – пасивація; 6 – сушка повітрям за температури 110–120 °С.

Для усунення дефектів порошкового покриття на оцинкованій поверхні, таких як втрата адгезії та спучення, рекомендується ефективний та простий метод обробки: зачистка щітками, що видаляють оксиди цинку та підвищують шорсткість поверхні. Щоб не було перегріву шару цинку, температура порошкового покриття, що утворюється не має перевищувати 175–185 °С.

Фторопластові покриття мають недолік - низьку адгезійну міцність [3]. Окрім того, через діелектричні властивості цього матеріалу виникають певні труднощі при нанесенні багат шарових покриттів на металеву поверхню.

3.3.2 Вплив складу і технологічних параметрів на адгезійну міцність фторопластових покриттів на основі фторполімеру Ф-30П до металевих поверхонь

Низька адгезійна міцність фторопластових покриттів частково може бути зменшена створенням ґрунтувального шару та спеціальною підготовкою поверхні, яку покривають [11–13]. Фторполімер Ф-30П бажано застосовувати у якості того ж ґрунтувального шару сталених поверхонь, так як він містить водень та може окислятися, утворюючи полярні групи. Процес окислення, до речі, каталізується матеріалом підложки. Порошок фторполімеру Ф-30П для підвищення кількості насипної маси і товщини покриття необхідно піддати

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

термообробці при температурі 200 °С протягом 30–60 хвилин. Грунтувальний фторполімерний шар Ф-30П та промотори адгезії, а це аеросил або графіт С-1 для забезпечення підвищеної адгезійної міцності доречно оплавляти при більш жорстких температурних режимах: за температури 245–250 °С та часу оплавлення до 2 годин після фосфатування сталльної поверхні. Опісля оплавлення зовнішнього та проміжного наномодифікованих шарів фторполімеру Ф-30П при температурі 228–23 °С підвищення адгезійної міцності досягають завдяки додатковому нагріву покриття при температурі 205–215 °С на протязі 0,5–1,5 години. Підвищення адгезійної міцності корегують зі збільшенням когезійної міцності даних покриттів, що вказує на когезійний характер руйнації адгезійних з'єднань. Додавання наповнювачів суттєво знижує внутрішні напруження у покриттях, що позитивно впливає на їхні адгезійні та захисні властивості. Для одержання фторполімерних покриттів з високою еластичністю та стійкістю до ударів і з прагненням зменшення внутрішніх напружень, їх піддають загартуванню шляхом різкого охолодження у холодній воді [14].

Перший грунтувальний шар забезпечує достатню адгезію його до підложки та сумісність з матеріалом основного шару. Досить часто грунтувальний шар дає можливість одержати покриття з мінімальними залишковими напруженнями, що досить суттєво поліпшує умови експлуатації металополімерних систем. Рекомендується оплавляти грунтувальні шари при суворіших температурно-часових режимах, щоб забезпечити високу адгезійну міцність, а поверхневі шари - в м'якших умовах, щоб зберегти у плівці високі міцнісні та деформаційні властивості.

Метод підготовки поверхонь деталі та матеріалу проміжного шару залежить в великій мірі від параметрів самих полімерних матеріалів, які використовуються та їх модифікації [15].

Для одержання покриттів фторопласти використовують у чистому вигляді або з добавками різних стабілізаторів, модифікаторів та пігментів. Обов'язково потребує стабілізації фторопласт 30П. Пігментами частіше всього служить оксид хрому (5–10 % від маси полімеру), газова сажа (0,5–1 % від маси полімеру). Для

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

регуляції структури полімерів у плівці потрібно застосовувати добавки нанопорошків оксиду цирконію. Такі добавки у незначних кількостях 1–2 % вважають штучними зародками структуроутворення (ШЗС), що веде до стабілізації надмолекулярних структур. При термічному старінні полімерних покриттів використання штучних зародків структуроутворення, в залежності від початкової надмолекулярної структури покриттів та температури досліджень, дозволяє підвищити їхню довговічність на 25–30 %.

Штучні зародки структуроутворення впливають на процеси упорядкування надмолекулярних структур ще на стадії розплаву полімеру, що підтверджується підвищенням міцнісних властивостей покриттів із низьким ступенем кристалічності. Практичні дослідження надмолекулярних структур та властивостей полімерних виробів демонструє, що додавання зародків структуроутворення значно покращує такі фізико-механічні характеристики, як міцність на розрив, напруження рекристалізації, твердість, втомну міцність при контактних навантаженнях, ударну в'язкість, а також знижує крихкість.

### **Матеріали та методика дослідження.**

Для досліджень застосовували фторопластові покриття на основі сополімеру трифторхлоретилену з етиленом: фторопласт-30 марки П, з наповненням промоторами адгезії.

У якості наповнювача композицій фторопластового покриття застосовували колоїдно-графітовий препарат С-1 (ТУ 113–08–48–63–90, ТОВ Укрспецмасла) та високодисперсний аміноорганокремнезем на основі аеросилу. Досліджувався матеріал поверхні металевої – лист сталевий холоднокатаний ст. 08кп. Для розмелювання композиції використовували млинок-дробарку МРП-1, яка оснащена подовими ножами з частотою обертання 7000 об/хв.

Методика дослідження композиційних матеріалів для покриттів включає визначення адгезії та стійкості до пошкодження від шкрябання. Недолік фторопластових покриттів, пов'язаний із низькою адгезійною міцністю, частково

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

можна усунути шляхом створення ґрунтувального проміжного шару та спеціальної підготовки поверхні, що покривається.

Виконували дослідження стійкості та адгезії до пошкодження шкрябанням за ASTM D 2197 «Метод визначення адгезії органічних покриттів з допомогою шкрябання» з використанням приладу NOVOTEST Ц1-М. Даний прилад відповідає вимогам ISO 12137-1, ASTM D 5178, ASTM D 2197. Конструкція цього приладу відповідає вимогам стандартів і є установка з рухомою поверхнею, на якій досліджуваний зразок протягується під дією індентора [16].

На індентор діє навантаження, встановлене з допомогою вантажів на коромислі. Цей прилад має основу, на якій розміщені три зони: стіл інструментів, стіл для досліджень, коромисло.

Стіл інструментів призначений для зберігання вантажів, індентора та шестикутного ключа. У процесі дослідження сам стіл для досліджень з усіма пристроями для кріплення переміщується по спеціальним направляючим прямолінійно та паралельно напрямку осі коромисла. Пристрої для кріплення необхідні для фіксації зразка в процесі виконання досліджень.

Коромисло прикріплено на стійці. З однієї сторони коромисла розміщено врівноважуючий вантаж та рівень, щоб досягнути паралельного положення коромисла відносно стола, а з іншого боку є отвори для встановлення вантажів. На коромислі закріплений також індентор. Принцип роботи приладу базується на впливі індентора на покриття під певним навантаженням. Підкладку з покриттям розміщували на рухомому столику, після чого здійснювали його протягування під дією індентора. Потім проводили візуальну оцінку покриття та визначали його пошкодження, тобто вишкрябування. Ступінь проникнення індентора в покриття може варіюватися залежно від цілей дослідження та прикладеного навантаження. Це може призвести як до утворення поверхневого сліду на виробі, так і до повного руйнування покриття.

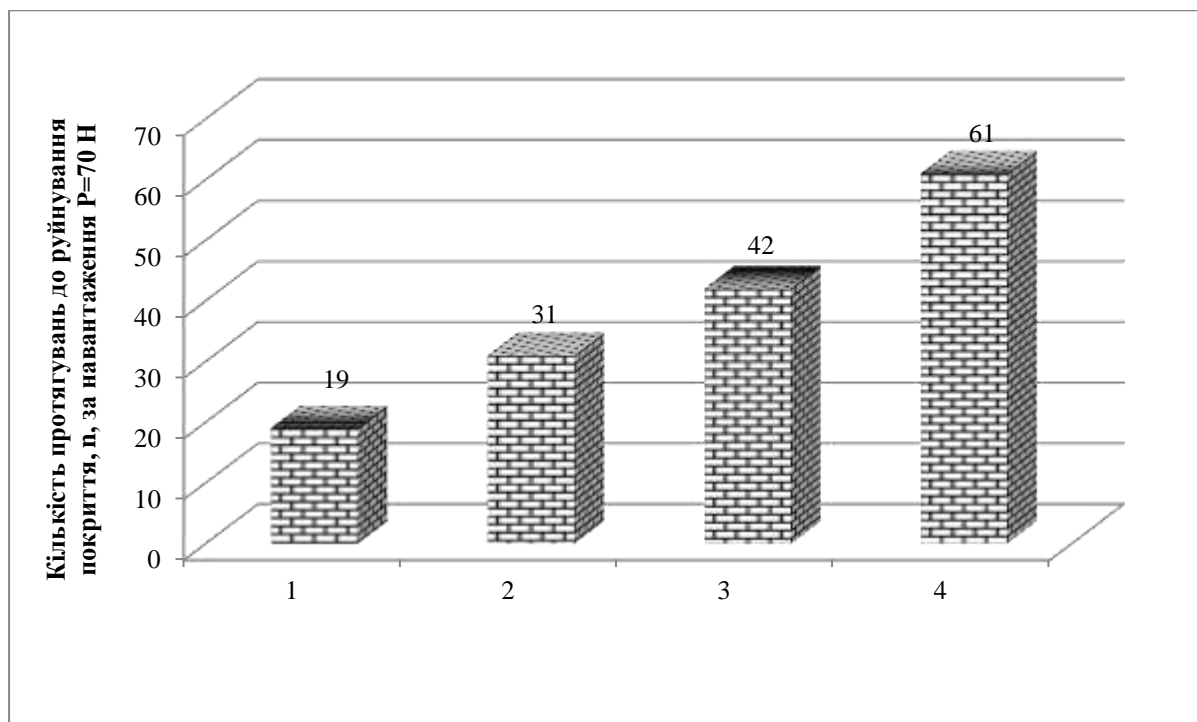
Поверхневий ґрунтувальний шар з фторполімеру Ф-30П та промоторами адгезії, а саме аміноорганокремнеземом на основі аеросилу та графіту С-1, щоб забезпечити підвищену адгезійну міцність, оплавливали при більш жорстких

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

температурних режимах: за температури 255–260 °С та часу оплавлення 2 години, далі проводили охолодження до кімнатної температури зі швидкістю 30–40 °С за годину (рисунок 3.1).

Щоб збільшити адгезійну міцність ґрунтувального шару, виконували додатковий нагрів до температури 235–240 °С на протязі двох годин з наступним охолодженням до кімнатної температури (рисунок 3.2).

Температурно-часові умови формування адгезійних металополімерних з'єднань суттєво впливають на адгезійну міцність полімерних покриттів на металах.



1 – Ф-30 П + 15 мас. % графіту С-1, 2 – Ф-30 П + 20 мас. % графіту С-1, 3 – Ф-30 П + 25 мас. % графіту С-1, 4 – Ф-30 П + 25 мас. % графіту С-1 + 3 мас. % аміноорганокремнезему на основі аеросилу; оплавлення покриттів за температури 260 °С протягом 2 годин

Рисунок 3.1 – Гістограма кількості протягувань до руйнування фторопластових покриттів на основі Ф-30П, (N) за навантаження на індентор P = 70 Н

Щоб збільшити міцність з'єднань та їх стійкість в конкретних умовах експлуатації, необхідно змінити температуру і термін термічної дії в значних межах.

Плівкоутворення на поверхні металевого виробу повинно не лише призводити до утворення рівного і суцільного шару, але й забезпечувати високу адгезійну міцність покриття. Самі фторполімери не мають у своєму складі полярних груп, які здатні до достатньої адгезійної взаємодії з активними групами металів. Незважаючи на те, що фторполімери в розплаві характеризуються порівняно низьким поверхневим натягом, що приводить до змочування поверхні металу, висока в'язкість розплаву утруднює створення повного контакту і відбувається мікрореологічне затікання в пори підложки. Усе це, звичайно, має негативний вплив на адгезійну міцність і відповідно на захисні властивості покриттів.

При оплавленні порошків фторполімерів при підвищених температурах одночасно проходить кілька фізико-хімічних процесів: окислення з утворенням полярних груп, термоокислювальна деструкція, термоструктурування, змочування, затікання розплаву в пори підкладки, а також видалення пухирів.

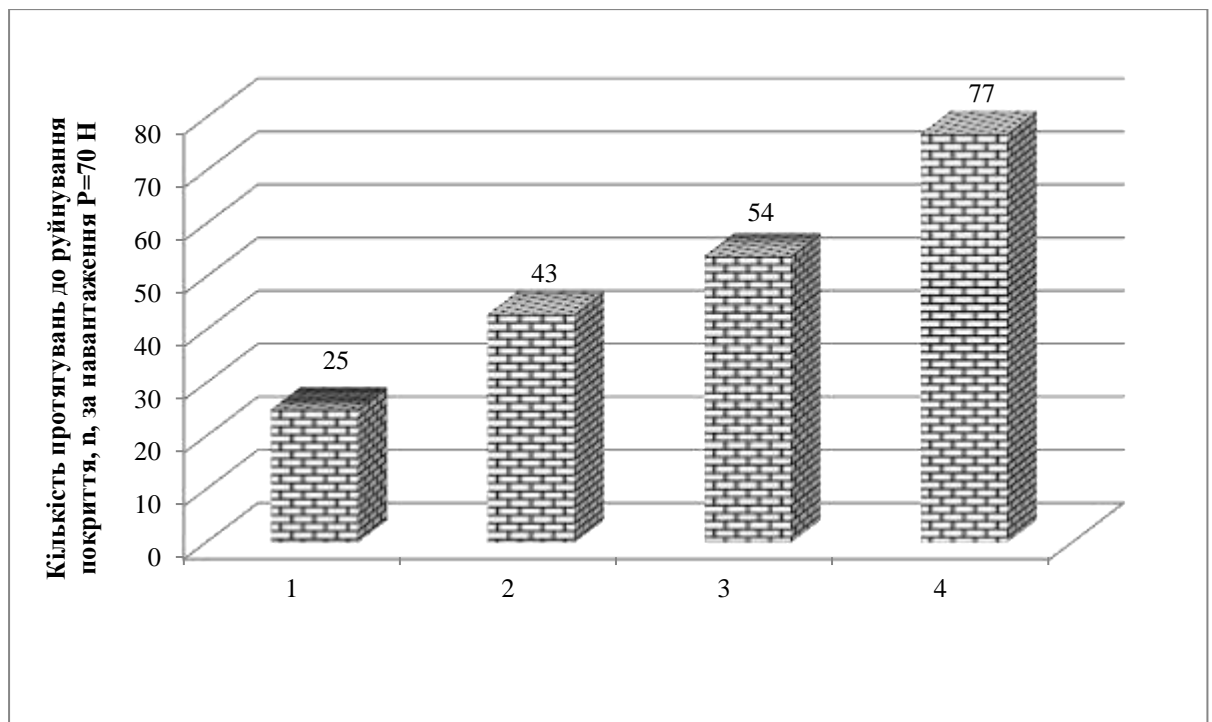
Отже, температурно-часові режими плівкоутворення вважають важливим фактором покращення властивостей покриттів [17].

Доведено, що фторполімер Ф-30П доцільно використовувати в якості ґрунтувального шару сталених поверхонь, так як він містить водень та здатний окислюватись, утворюючи полярні групи. При цьому процес окислення каталізується матеріалом підложки. При підвищенні вмісту графіту С-1 у покритті на основі фторопласту Ф-30 П до 15 мас. % адгезійна міцність зростає у 2,5 рази [4]. Деструкція термоокислювальна визначається за зміною показника текучості розплаву (ПТР) під час нагрівання. [18]. Під час плівкоутворення фторполімеру Ф-30П разом із деструкцією проходить термоструктурування без утворення тримірної сітки, що призводить до зниження показника текучості розплаву (ПТР). Процес термоструктурування відбувається з високою швидкістю протягом першої години нагрівання, інтенсифікується зі збільшенням температури, і

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

термоформування починає переважати над деструкцією. Зростання адгезійної міцності корелює зі збільшенням когезійної міцності покриттів, що вказує на когезійний характер руйнування адгезійних з'єднань. Додавання наповнювачів знижує внутрішні напруження в покриттях, що також позитивно впливає на їхні адгезійні та захисні властивості.

Вибираючи температуру плівкоутворення фторопластів, керуються показником температури втрати міцності, який прямо пропорційний молекулярній масі полімерів. В промислових фторопластів мінімальне значення температури міцності відповідає 245 °С, а максимальне – 300 °С. Тому оплавлення порошків доречно виконувати при температурі близької до температури втрати міцності, або на 5–10 °С вищої.



1 – Ф-30 П + 15 мас. % графіту С-1, 2 – Ф-30 П + 20 мас. % графіту С-1, 3 – Ф-30 П + 25 мас. % графіту С-1, 4 – Ф-30 П + 25 мас. % графіту С-1 + 3 мас. % аміноорганокремнезему на основі аеросилу; додаткова термообробка покриттів за температури 240 °С протягом 2 годин

Рисунок 3.2 – Гістограма кількості протягувань до руйнування фторопластових покриттів на основі Ф-30П, (N) за навантаження на індентор P = 70 Н

Отже, підвищення адгезії та зниження внутрішніх напружень фторопластів можливо досягти ґрунтуванням поверхні. Коли проводим оплавлення порошку фторполімеру Ф-30П більше двох годин, фізико-механічні властивості його знижуються. Це зв'язано з деструкцією макромолекул та утворенням продуктів деструкції на межі полімер – підложка. Проте, при більш тривалому нагріві (до 5 годин) в зв'язку з термоструктуруванням полімеру спостерігаємо вторинне підвищення міцності та відносного видовження при розриві.

Досліджено, що міцнісні та деформаційні якості нестабілізованого фторопласта Ф-30П є високі, а це у поєднанні з достатньою адгезійною міцністю дає можливість рекомендувати такий полімер в якості ґрунту. Є сенс також ґрунтувальні шари оплавлювати при більш жорстких температурних режимах: за температури оплавлення 260 °С, терміном 2 години з ціллю досягнення більш високої адгезійної міцності (рисунок 3.1). Збільшення адгезійної міцності фторопластового покриття на основі Ф-30 П досягається за рахунок додаткового його прогрівання за температури 240 °С на протязі 2 годин (рисунок 3.2).

Зразу ж після оплавлення виконується охолодження покриттів з порошків фторполімерів. Дана стадія технологічного процесу є суттєвою для забезпечення захисних властивостей покриттів з полімерів, які кристалізуються, до яких відносять також фторполімери. Практично для більшості покриттів з фторполімерів використовують охолодження природне. Щоб одержати фторполімерні покриття зі стійкістю до ударів, високою еластичністю, і щоб зменшити внутрішні напруження їх загартовують. Загартування - різке охолодження в холодній воді.

Прилад, на якому визначають адгезію та стійкість покриттів до пошкодження шкрябанням NOVOTEST Ц1-М, має ліміт за навантаженням на індентор у 9,95 кг. Це значить, що навантаження максимальне, яке може бути прикладене до індентора для проведення експериментів, не повинно бути більше цього значення [4]. Даного навантаження недостатньо для руйнації покриття за один прохід індентора при підвищеному вкрапленні графіту.

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виконані дослідження стійкості покриттів до пошкодження шкрябанням при навантаженні 7 кг (рисунки 3.1 і 3.2) від кількості протягувань для фторопластових покриттів з вмістом графіту С-1 більше 15 мас. %. Аналіз одержаних результатів показав: стійкість покриттів фторопластових на основі Ф-30 П до пошкодження шкрябанням з підвищеним вмістом графіту С-1 від 15 до 25 мас. % зростає у 2,21 рази, а коли додати до покриття, що містить 25 мас. % графіту С-1 додатково 3 мас. % аміноорганокремнезему на основі аеросилу зростає у 3,21 рази. Термообробка додаткова таких покриттів приводить до збільшення стійкості до пошкодження шкрябанням на 26–30 % (рисунок 3.2).

Так як, наповнення фторопластових композитів більше 30 мас. % веде до зменшення їх фізико-механічних характеристик [10], то для ґрунтувального шару вибрано наступний склад: фторполімер Ф-30 П – 72 мас. %, графіт С-1 – 25 мас. %, аміноорганокремнезем на основі аеросилу – 3 мас. %.

### 3.3.3 Технологія електростатичного нанесення фторполімеру Ф-30П на металеві поверхні

Незалежно від складу полімерна композиція має бути однорідною та стабільною при використанні та зберіганні. Набагато кращі результати при змішуванні одержують тоді, коли компоненти перебувають у рідкому або в'язкотекучому стані. Проте, стабільні композиції можуть також бути отримані при так званому сухому змішуванні з високодисперсних порошків.

Використовують різного роду змішувачі для сухого приготування композицій періодичної, безперервної дії, але найкращі результати можна отримати при використанні кулькових, вібраційних млиноків, а особливо млинка МРП-1 з плоскими донними ножами. Параметри лабораторних варіантів наступні: діаметр ножів 0,205 та 0,345 метрів, частота обертання  $120 \text{ c}^{-1}$ , максимальна лінійна швидкість 78 та 130 м/с відповідно для млиноків модифікацій МРП-1 та МРП-1М

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Полімерні матеріали промислового виготовлення з допустимим терміном придатності, як правило, придатні для одержання покриттів без підготовки. Виключення у тих випадках, коли були порушені умови транспортування матеріалу або зберігання.

Типовими дефектами полімерних порошків є дефекти, пов'язані з їх неправильним зберіганням – це утворення комків, хімічне старіння; а також зволоження понад допустиму норму. Полімерні порошки рекомендовано зберігати при температурі не вище 30 °С. Коли мала агрегація частинок, деколи обмежуються просівом. Рекомендований осередок сита при просіюванні має бути в межах 150–200 мкм.

Порошки полімерні з підвищеною мірою зволоження, а це видно по їх зниженій сипучості, схильності до агрегації, низькій зарядці, мають бути підсушені при температурі не вище 90 °С по поверхні шаром 2–3 см на протязі 1–2 годин, періодично перемішуючи. Полімерні порошки можуть бути гігроскопічними, тобто вони здатні поглинати вологу з навколишнього середовища. Це може призводити до злипання частинок порошку, що ускладнює їх транспортування через трубопровід за допомогою розпилювача.

Фторопласти, котрі мають частинки волокнистої форми повинні проходити додаткову підготовку, направлену на збільшення насипної густини порошку та підвищення його сипучості. Цей процес – отримання матеріалу певної форми шляхом пресування порошкової маси з наступним розмелом і фракціонуванням або попередньою термообробкою для отримання частинок круглої форми.

Порошки фторполімерів, що утворюються після полімеризації, мають специфічні властивості, які можуть впливати на їх використання у виробництві. Ці порошки складаються з агрегатів дуже дрібних частинок неправильної форми, з розвиненою та рихлою поверхнею. Із-за таких характеристик вони мають занижену насипну масу та низьку сипучість. Окрім того, порошки мають ряд домішок, таких як залишки емульгаторів та стабілізаторів дисперсій і в деяких випадках мають не термостабільні кінцеві групи, такі як залишки або продукти гідролізу ініціаторів полімеризації. Основною операцією при підготовці порошків

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

фторполімерів до напилення є прогрів їх при температурі, що нижча температури плавлення, а це дозволить суттєво підвищити якість порошків. Виходячи з цього, порошок фторполімеру Ф-30П бажано прогріти при температурі 200 °С терміном 30–60 хвилин, тоді насипна маса порошку зростає від 300–450 до 500–650 кг/м<sup>3</sup>.

Підготовка стисненого повітря включає очищення його від краплинної вологи та мастила, а потім осушку. Повітря, що подається для розпилення полімерних порошків, має відповідати наступним вимогам: вміст мастила – не більше 0,01 мг/м<sup>3</sup>; вміст вологи – не більше 1,3 г/м<sup>3</sup>; точка роси – не вище 7 °С; вміст пилу не більше 1 мг/м<sup>3</sup>. Підготовка стисненого повітря здійснюється шляхом пропускання його через маслоуловлювачі та установку осушування стисненого повітря ОСВ-30. У цій установці повітря очищається від вологи, проходячи через шар сорбенту, який поглинає пари води та мастила. Регенерація сорбента здійснюється шляхом його прокалювання при температурі 120–150 °С протягом 2–3 годин, після чого сорбент охолоджується. Такий процес відновлює його поглинальні властивості, дозволяючи використовувати сорбент повторно. Термін служби сорбента становить 5 років, після чого його необхідно замінити.

На попередньо нагрітій виріб наносять шар матеріалу, можливо на холодний виріб з наступним нагрівом його, або на виріб, який прогривають в процесі нанесення покриття.

Коли виріб нагрівається до температури, що перевищує температуру плавлення полімеру, і контактує з дисперсним матеріалом, на його гарячій поверхні утримується шар цього матеріалу. Це відбувається через розплавлення полімеру, який діє як клей, закріплюючи дисперсні частинки на поверхні виробу. Маса такого шару залежить від наступних чинників: температури попереднього нагріву виробу, його теплоємності, терміну контактування, теплофізичних властивостей полімерного матеріалу та його стану.

Нанесення полімерних порошкових матеріалів в електричному полі містить заряджання частинок порошку, перенесення цих частинок потоками повітря до поверхні деталі, а далі осідання частинок під дією електричного поля на поверхню

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

деталі та оплавлення шару порошку в електричних печах, утворюючи суцільне полімерне покриття на поверхні.

Процес нанесення порошкових полімерних матеріалів в електричному полі включає заряджання частинок порошку, їх перенесення потоками повітря до виробу, осідання частинок під дією електричного поля на поверхні виробу та плавлення шару порошку в електропечах, що призводить до утворення суцільного полімерного покриття.

Заряджання частинок порошкового матеріалу в установках для напилення здійснюється двома основними методами: іонним заряджанням шляхом осідання іонів із газу в полі коронного розряду (електростатичний метод) та статичною електризацією, яка відбувається в результаті обміну зарядами між частинками або між частинками і елементами конструкції розпилювача при їх контакті (трибостатичний метод).

Відом два види пристроїв для нанесення полімерних порошкових покриттів в електричному полі: з допомогою розпилювачів та за допомогою камер з електричним киплячим шаром. Технологічний процес нанесення електростатичним напиленням – це зарядка коронним розрядом. У покриттів порошкових матеріалів, що застосовуються при нанесенні з радіусами частинок > 1 мкм, іонне зарядження відбувається в основному за рахунок руху іонів коронного розряду у електричному полі та осідання їх на поверхню частинок, тобто ударне зарядження.

Нанесення покриття за допомогою розпилювача. Використання його зумовлене наступними характеристиками: висока ефективність зарядки практично всіх порошкових покриттів, підвищена продуктивність при порошковому нанесенні на величезні поверхні, низька чутливість до вогкості навколишнього повітря, а також може застосовуватись для нанесення різних порошкових покриттів.

Електростатичне напилення має і ряд недоліків, які обумовлені сильним електричним полем між деталлю і пістолетом распилювача, яке може утруднювати нанесення в кутах порошкового покриття та в глибоких впадинах.

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

Окрім того, невірний вибір електростатичних параметрів распилювача та відстані від распилювача до деталі може привести до зворотньої іонізації і відповідно погіршити якість полімерного порошкового покриття.

Часто при напиленні наблюдаємо ефект клітки Фарадея – це результат впливу електростатичних та аеродинамічних сил.

При нанесенні порошкового покриття на ділянках, у яких діє ефект клітки Фарадея, електричне поле, що утворює распилювач, має максимальну напруженість по краях впадин. Силкові лінії направлені завжди до самої близької заземленої точки і частіше всього концентрується по краях впадин та виступаючим ділянкам, а не проникають всередину.

Таке сильне поле прискорює осідання частинок, створюючи на цих ділянках порошкове покриття великої товщини.

Ефект клітки Фарадея наблюдаємо в тих випадках, коли наноситься порошкове покриття на металеві деталі складної конфігурації, куди зовнішнє електричне поле не може проникнути. Тому нанесення рівного покриття на виробі проблематичне і в деяких випадках навіть неможливе. При великих напругах більше 90 кВ можлива зворотня іонізація.

Зайвим струмом утворюється зворотня іонізація вільних іонів від заряджених електродів распилювача. У випадку, коли вільні іони потрапляють на покриття фторполімером поверхню деталі, вони свій заряд додають до заряду, який накопичений у шарі порошку. Ось тоді на цій поверхні деталі нагромаджується дуже великий заряд. У деяких точках величина заряду настільки велика, що в товщині фторполімерного порошку проскакують мікро іскри, утворюючи кратери на поверхні, а це приводить до зниження якості покриття та відповідно зміни функціональних властивостей. А також зворотня іонізація сприяє створенню апельсинової кірки і суттєвого зниження ефективності роботи розпилювачів та зміну товщини покриттів, що утворюються.

Щоб зменшити ефект клітки Фарадея та величину зворотньої іонізації розроблено спеціальне обладнання, яке виконує зменшення кількості іонів у іонізованому повітрі, в той час, коли заряджені частинки порошку контактують з

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

поверхнею. Негативні іони відводяться завдяки заземленню розпилювача, що значно зменшує прояв зазначених негативних ефектів. Збільшення відстані між розпилювачем і поверхнею деталі дозволяє знизити струм пістолета розпилювача та уповільнити процес зворотної іонізації.

Статична електризація виникає внаслідок обміну зарядами через різницю в роботі виходу електронів між матеріалом частинок і матеріалом стінок зарядного пристрою, або через обмін зарядами між частинками, що зумовлено відмінностями в хімічному складі домішок, температурі, фазовому стані, структурі поверхні тощо.

На відміну від електростатичного напилення, система трибоелектричного напилення не використовує генератор високої напруги для розпилювача. Зарядження порошку відбувається під час тертя. Основне завдання полягає в тому, щоб збільшити кількість і силу зіткнень між частинками порошку та заряджаючими поверхнями пістолета розпилювача.

Одним з найкращих акцепторів у трибоелектричному ряду вважається політетрафторетилен, який забезпечує достатню зарядку більшої частини порошків, характеризується високою зносостійкістю, а також стійкістю до налипання частинок під дією ударів.

У распилювачах з трибостатичною зарядкою не відбувається утворення ні сильного електричного поля, ні іонного струму. Це приводить до відсутності ефекту клітки Фарадея та зворотної іонізації. Заряджені частинки здатні проникати в глибокі приховані отвори та рівномірно покривати вироби зі складною конфігурацією.

Крім того, допускається нанесення декількох шарів порошку для одержання .порошкових покриттів більшої товщини

Зарядні пристрої трибоелектричних распилювачів повинні відповідати трьом основним умовам, необхідним для ефективного зарядження матеріалу, що напилюється:

– забезпечувати багаторазові та ефективні контакти частинок порошку з трибоелектризуючим елементом;

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

- виконувати зняття заряду з поверхні трибоелектризуючого елемента;
- забезпечувати постійність процесу трибозарядки.

Розпилювачі з трибоелектричним зарядженням конструктивно надійніші за розпилювачі із зарядженням у полі коронного розряду, оскільки не містять елементів для перетворення високої напруги. Окрім заземлювального проводу, ці розпилювачі є повністю механічними й піддаються лише природному зносу.

Засіб для нанесення покриттів в іонізованому зрідженому шарі – це камера з електричним киплячим шаром, в яку розміщують виріб. У камері є пориста перегородка, що ділить її на дві частини. Зверху на пористу перегородку засипається порошковий матеріал, а у нижню частину подається стисле повітря.

При конкретній швидкості повітря, яке переміщається через пористу перегородку, порошок переходить у зважений стан. При цьому частинки літають у вихідному потоці повітря. Із-за хаотичності руху частинок проходить їх зіткнення між собою, а це приводить до електризації частинок і відповідно зарядження їх негативним і позитивним зарядом.

Створене електричне поле між високовольтним електродом, розташованим в порошковому шарі, та заземленим виробом, приводить до розділення частинок в киплячому шарі за знаками заряду. У випадку додавання негативного напруження до високовольтних електродів заряджені позитивно частинки концентруються навколо високовольтного електроду, а негативно заряджені частинки розташовуються навколо верхньої частини киплячого шару порошку. А частинки, які накопичили великий негативний заряд, електричним полем виносяться з киплячого шару та направляються до виробу. В зв'язку з великою концентрацією частинок у киплячому шарі коронний розряд на поверхні електродів перебуває у повністю замкненому стані. При накопиченні заряджених частинок позитивних навколо високовольтних електродів проходить розряд та локальне імпульсне відімкнення коронного розряду, при якому виконується перезарядка частинок. Отже, в електричному киплячому шарі зарядка частинок має досить складний характер, а це поєднання статичної електризації частинок та зарядка у газовому розряді.

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Процес переміщення частинок порошку до оброблюваного виробу відбувається в повітряному потоці.

В даному випадку співвідношення аеродинамічних та електричних сил, які діють на частинку, значно варіюється залежно від типу пристрою, що застосовується для нанесення покриттів.

Якщо в розпилювачах з внутрішньою зарядкою транспортування частинок здійснюється виключно за рахунок повітряного потоку, то в камерах з електричним киплячим шаром напрямок руху частинок до виробу формується переважно електричним полем. У розпилювачах із зовнішньою зарядкою переміщення частинок до виробу однаково залежить від аеродинамічних і електричних сил.

Нанесення фторопластових покриттів виконували електростатичним напиленням за допомогою установки Оптіма 01-С [3]. Установки має ємність для порошкового полімера, два ежектори, розрихлювач, пневмообладнання та два блоки живлення, два розпилювачі, а також блок управління. Необхідна робота установки виконується при вологості дисперсного матеріалу менше 3 відсотків та дисперсності частинок в межах від 30 до 200 мкм. Також рекомендовано використовувати порошковий полімер з різницею у розмірах не більше 20 мкм.

Спосіб нанесення полімерних тонкошарових покриттів в електростатичному полі - одним з найбільш перспективних. Цей спосіб полягає в осіданні заряджених частинок полімеру на поверхні деталі, яка має протилежний заряд. При нанесенні покриття застосовують явище коронного розряду, який виникає в результаті дії струму високої напруги. Іони, котрі утворюються, мають такий же заряд, як і коронуючий електрод, тому вони відштовхуються від нього та переміщуються у напрямку протилежному до зарядженого електроду. У просторі між електродами утворюється електричне поле високої напруги. В міжелектродний простір входять частинки полімеру, іони, які торкаються, їх заряджають. Заряджена частинка направляється до деталі з протилежним зарядом та осідає на її поверхні.

Пістолет-розпилювач має корпус, вихідний отвір цього корпусу закрито фільтром. У середині корпусу прикріплена металева сітка-електрод, яка в процесі

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

роботи приєднується до від'ємного полюсу високовольтної установки. До самого корпусу приєднана живильна ємність, а знизу неї вмонтований електромагнітний вібратор. Після заповнення ємності порошком полімеру на електродну сітку вмикають високу напругу та вібратор.

Пістолет підносять до заземленої поверхні деталі, яка заряджається зарядом, протилежним заряду електродної сітки. Частинки полімеру, які заряджаються від металеві сітки, під впливом силових ліній електростатичного поля між деталлю і електродною сіткою, долають опір фільтра і спрямовуються на поверхню деталі. Покриття, яке утворене, деякий час затримується на поверхні, не осипається, а в подальшому оплавляється.

Контакт виробу, нагрітого до температури вище температури плавлення полімеру, з дисперсним матеріалом призводить до утримання шару цього матеріалу на гарячій поверхні.

Вага цього шару залежить як від температури попереднього нагріву деталі і його теплоємності, так від терміну контактування, а також від теплофізичних властивостей полімерного матеріалу та його стану.

Запас теплової енергії виробу ( $Q$ ) витрачається на охолодження в період між припиненням нагріву та контактом з матеріалом ( $Q_1$ ), на нагрів шару полімеру ( $Q_2$ ) і його плавлення ( $Q_3$ ), на нагрів останнього шару частинок, які прилипли, але не повністю розплавився ( $Q_4$ ), на теплові втрати в навколишнє середовище під час нанесення покриття ( $Q_5$ ), а також на охолодження виробу після утворення покриття ( $Q_6$ ). Рівняння теплового балансу процесу наплавки буде мати наступний вигляд:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 \quad (3.1)$$

А повний розрахунок теплового балансу процесу нанесення полімерного шару є досить складний. Вимірюючи температуру виробу в момент його контакту з полімерним матеріалом, можна виключити з розгляду складову теплового балансу  $Q_1$ , а зупиняючи процес у момент завершення наплавки, також виключити складову  $Q_6$ . У цьому випадку рівняння має вид:

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87

$$Q = Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 = Q_{\text{нокр}} + Q_{\text{втрат}} \quad (3.2)$$

Запас теплової енергії виробу Q визначають за формулою:

$$Q = m_b c_b (T_b - T_{\text{пл}}) \quad (3.3)$$

де  $m_b$ ,  $c_b$  – маса та питома теплоємність матеріалу деталі;  $T_b$  – температура деталі на початку процесу напилення;  $T_{\text{пл}}$  – температура плавлення полімеру.

Затрати тепла на нагрівання та розплавлення шару полімеру  $Q_{\text{нокр}}$  без врахування  $Q_4$ , частка якого не перевищує 4 відсотки, розраховують для кристалічних матеріалів:

$$Q_{\text{нокр}} = m_n c_n (T_{\text{пл}} - T_c) + m_n q_{\text{пл}} \quad (3.4)$$

Для аморфних матеріалів затрати тепла на нагрівання та розплавлення шару полімеру  $Q_{\text{нокр}}$  підраховують за формулою:

$$Q_{\text{нокр}} = m_n c_n (T_{\text{пл}} - T_c) \quad (3.5)$$

де  $m_n$  і  $c_n$  – маса і питома теплоємність полімеру;  $q_{\text{пл}}$  – питома теплота плавлення полімеру;  $T_c$  – температура середовища.

Суттєві труднощі виникають при оцінці величини  $c_n$ , так як теплоємність полімеру залежить від температури. Проте, розрахункове значення питомої теплоємності можливо оцінити за залежністю  $c_n = f(T)$  або дослідним шляхом, виконавши в аналогічних умовах напилення полімерного шару на деталі з різною теплоємністю.

Затрати тепла невиробничі за час напилення полімерного шару  $Q_{\text{втрат}}$  в більшій мірі залежать від методу нанесення покриття. Ці затрати найменші, коли контакт гарячої поверхні з нерухомих шаром деталі. При обдуванні гарячої деталі повітряно-порошковим струменем суттєво росте затрата тепла на охолодження.

У випадку нанесення дисперсних матеріалів електроосадженням на холодні деталі та вироби для кожного матеріалу при конкретній напруженості електричного поля є гранична товщина шару частинок, які осідають. При вищій напруженості поля, більшого заряду отримують дисперсні частинки і тим швидше утворюється шар, який перешкоджає подальшому осадженню. При авторегулюванню електроосадження, що зумовлене наявністю граничної товщини

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

осадку, досить часто призначають лише час напилення, який забезпечує осадження максимально можливої кількості матеріалу.

Досить часто виникає необхідність пошарового нарощування покриття. До прикладу, для фторопластів відома гранична товщина осадженого полімерного шару, який при наплавленні проходить без помітного газоутворення. При нанесенні товстішого шару виконують повторне електроосадження деталі на попередній оплавлений шар. Ефективність цього осадження в більшій мірі залежить від електрофізичних властивостей підшару. Для фторопластів рекомендовано наносити перший ґрунтувальний шар з добавкою від 10 до 40 відсотків дисперсних мінеральних наповнювачів.

Підвищення якості процесів електроосадження та наступного напилення досягається при утворенні ґрунтувального шару з конкретними електрофізичними властивостями. Так, нанесення на поверхню металу тонкого шару полімеру – 3 мкм, до складу якого входить електропровідний наповнювач з розрахунку досягнення об'ємного електричного опору у межах  $10^{11} \div 10^{16}$  Ом·м, дозволяє утворювати електростатичними методами досить тонкі бездефектні покриття [18]. А при збільшенні товщини діелектричного підшару ефективність електроосадження знижується, при досягненні граничного значення електроосадження взагалі стає неможливим.

Товщина полімерного напилення залежить від таких факторів: від часу електроосадження, опору полімерних частинок та напруженості електростатичного поля. Для кожного матеріалу при конкретній напруженості електричного поля є гранична товщина шару частинок, які осідають. Це можна пояснити накопиченням полімерним шаром заряду, який компенсує зовнішнє поле. Чим більша напруженість електростатичного поля, тим вищий заряд частинок і тим бистріше утворюється шар, який перешкоджає подальшому осадженню. При підвищенні напруженості поля зростає густина шару та адгезія. Зниження питомого опору матеріалу та зменшення розмірів частинок полімеру сприяють збільшенню густини шару.

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При підвищенні напруженості поля ( $E > 4$  кВ/см) спостерігаємо зменшення максимальної товщини полімерного шару. Це відбувається через виникнення зворотного коронування для матеріалів з низькою провідністю або через процеси розрядки для матеріалів з високою провідністю. Основну роль при цьому відведено відносній вологості навколишнього повітря. Підвищення відносної вологості повітря на 15 відсотків приводить до зниження граничної кількості матеріалу, який осідає більше ніж в 2 рази.

Достатньо великий вплив на ефективність електроосадження виявляє дисперсність матеріалів, які застосовуються. При збільшенні напруженості поля покращується ефективність електроосадження частинок більших розмірів.

Ефективність осадження дисперсних матеріалів залежить від ємності системи електродів, що заряджаються, тобто від виробу, і може регулюватися в широких межах. При однаковій напруженості електростатичного поля максимально можлива кількість осаджуваного матеріалу змінюється залежно від відстані між електродами. Бесперечно, при зменшенні відстані між електродами для підтримання постійної напруженості поля на заряджаючий електрод подається значно менший потенціал. Електростатичне напилення є найпопулярнішим на сьогодні методом порошкового нанесення фторполімерних покриттів. Для всіх прикладних методів важливо підготувати поверхню так, щоб вона забезпечувала якісне нанесення покриття. Поверхня повинна бути підготовлена належним чином.

При електростатичному напиленні сухі порошкові частинки отримують електричний заряд, в той час як металева поверхня є електрично нейтральною. Заряджений порошок та нейтральна робоча поверхня створюють електростатичне поле, яке притягує до поверхні сухі частинки фторполімеру. Потрапляючи на металеву поверхню, порошкове покриття зберігає свій заряд, що утримує порошок на поверхні. Нанесене, таким чином, фторполімерне покриття поміщається в спеціальну піч, де частинки фторполімеру плавляться на поверхні та поступово втрачають свій заряд.

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Електростатичне нанесення фторполімерних порошків є екологічно чистою безвідходною технологією для отримання високоякісних захисних і захисно-декоративних покриттів. Покриття, створені таким способом, зазвичай відрізняються високою міцністю та довговічністю.

Використання порошкових фторполімерних покриттів весь час розширюється. Вони досить широко застосовуються у будівництві, в приладобудуванні, автомобілебудуванні та багатьох інших галузях промисловості.

Ефективність електроосадження за наявності електроізоляційного підшару суттєво залежить від його товщини. З ростом товщини діелектричного підшару ефективність осадження погіршується, а при досягненні певної величини електроосадження стає неможливим. Виходячи з цього, перший шар ґрунтувальний наносили при напруженості електростатичного поля в 50кВ, а для наступних шарів напруженість збільшували до 60 ÷ 80 кВ.

У випадку нанесення покриття в потоці заряджених частинок кінетика росту товщини шару подібна до процесу електроосадження, проте максимально можлива товщина покриття є дещо меншою. Ефективність електроосадження значно залежить від концентрації частинок у дисперсному потоці. Метод нанесення покриттів з порошкових матеріалів в електростатичному полі має наступні важливі переваги перед усіма вищезазначеними методами: відсутність попереднього нагріву; значне зниження втрат порошкового матеріалу; можливість одержання рівномірних по товщині покриттів на деталях складної конфігурації; можливість автоматизації процесу напилення; універсальність та висока продуктивність; екологічна чистота; приведення до мінімуму пожаро- та вибухонебезпеки.

Усі ці чинники сприяли широкому застосуванню технології нанесення полімерних покриттів в електростатичному полі.

Отже, нанесення полімерних покриттів – це є достатньо серйозний технологічний процес, який використовують для захисту різних деталей та вузлів від несприятливих дій навколишнього середовища та для надання необхідного

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зовнішнього вигляду різним товарам. Досить часто, нанесення полімерних покриттів виконують за допомогою спеціального обладнання на дільницях, де підтримують необхідні показники внутрішнього середовища. В наш час відомо безліч технологічних способів нанесення полімерних покриттів на різні матеріали. Найбільш використовуваними технологіями, які застосовують при нанесенні полімерних покриттів є газопулеменевий та вихровий способи, вібраційний та вібровихревий способи, нанесення покриттів в електростатичному полі, а ще використання різних суспензій та емульсій при обробці поверхонь деталей. Досить часто, нанесення полімерних покриттів проводиться в процесі виготовлення матеріалів або деталей. В деяких випадках такий вид покриттів може наноситися, наприклад, на автомобіль, який вже роки експлуатувався. Любій технології нанесення полімерних покриттів притаманні особливості, які звичайно пов'язані як з процесами адгезії полімерного матеріалу, так і з методом нанесення полімеру.

Тому, перед нанесенням покриття полімерного на деталь або вузол бажано ретельно підготувати його поверхню, а це значить видалити бруд та старий шар покриття. Окрім того, при виконанні робіт по нанесенню полімерного покриття на поверхню любого матеріалу потрібно обов'язково дотримуватись технології даного процесу. Бувають випадки, коли температура, при якій проводиться нанесення покриття, досягає сотні градусів. Необхідно відзначити, що в приміщеннях, де проводяться такі роботи, має бути ідеальна чистота, так як пил та різні частинки приводять через деякий час до розтріскування полімерного покриття. Виконуючи нанесення полімерних покриттів, потрібно ретельно дотримуватись запобіжних заходів, так як можна отримати серйозні травми.

Отже, розроблено технологію підготовки металевої поверхні перед нанесенням фторопластового покриття, яка включає знежирення та механічне піскоструменеве очищення, а також створення проміжного конверсійного шару.

Для сталевих поверхонь рекомендовано використовувати фосфатування. Завершальними етапами підготовки поверхні є промивка та пасивація хромовими сполуками з подальшою сушкою.

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Досліджено, що для збільшення адгезії фторопластового покриття до металевих поверхонь потрібно створювати ґрунтувальний шар, до складу якого мають входити промотори адгезії: графіт С-1 (25 мас.%) та аміноорганокремнезем на основі аеросилу (3 мас. %). Причому, зовнішній шар фторопластового багатошарового покриття для забезпечення підвищеної зносостійкості повинен містити: графіт С-1 (17 мас. %), аміноорганокремнезем на основі аеросилу (1 мас. %).

Відпрацьована технологія, а саме: температурні та часові режими нанесення фторопластового наномодифікованого покриття електроосадженням. Напруженість електростатичного поля при нанесенні ґрунтувального шару має складати  $E=50$  кВ, а слідуючих шарів –  $E=70$  кВ.

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4 ОЦІНКА ЗНОСУ ДЕТАЛЕЙ КУЛЬОВОЇ ОПОРИ РУЛЬОВОЇ ТЯГИ АВТОМОБІЛЯ, ВИКОНАНОЇ ПО ВІДНОВЛЕНІЙ ТЕХНОЛОГІЇ

### 4.1 Мета та задачі випробувань на зносостійкість

Головна мета випробувань на надійність – це встановлення рівня надійності виробу та його оцінка за допомогою числових показників. Рівень надійності виробу та його залежності від ключових факторів дозволяє вирішувати широкий спектр завдань, таких як підтвердження заданих характеристик надійності, виявлення слабких місць виробу, розробка заходів для підвищення його надійності, впровадження оптимальної системи ремонту та технічного обслуговування, а також оцінка ефективності та економічної доцільності експлуатації автомобіля. Крім того, провести перевірку розрахунків, виконаних при проектуванні виробу та дати оцінку якості технологічного процесу, який забезпечує безпосередньо його виготовлення.

Випробування на надійність, особливо для складних виробів, є надзвичайно складним завданням, оскільки вони вимагають значних затрат часу та повинні враховувати широкий спектр режимів і умов експлуатації виробу. Результати досліджень, як правило, дають інформацію про надійність виробу чи деталі даного типу з більшою або меншою повнотою та рівнем достовірності і дають можливість отримати одну із характеристик.

#### 4.1.1 Методика модельних випробування

До найбільш актуальних випробувань відносять дослідження тертя та зношування деталей машин, тому що більшість автомобілів та їх деталей виходять з роботи у наслідок зносу.

Дослідження зношення виконують у лабораторних умовах на конкретних машинах під час звичайної експлуатації. Випробування переважно спрямовані на вивчення абразивного зношування, відповідно до основних типів зношування.

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		94

На зразках, зазвичай, проводять порівняльні випробування захисних пристроїв, мастил тощо. Випробування здійснюються в умовах тертя деталі об зразок. Під час тестування при різній тривалості ковзання та однакових кутах розташування контактних ліній на зразках утворюється знос.

Оцінюють знос по зменшенню ваги зразків та по виміру геометричних параметрів деталі: лінійних розмірів, форми та мікро геометрії. Зміну геометричних факторів контролюють методом вимірювання нових лінійних розмірів мікроскопом.

Методи іспитів.

Основні аспекти підвищення надійності та довговічності кермової тяги: забезпечення рідинного тертя, підвищення зносостійкості матеріалу та вдосконалення захисту.

Головна група досліджень кермової тяги – дослідження антифрикційних та мастильних матеріалів. При дослідженні вимірюють наступні параметри: знос та коефіцієнт зносостійкості.

Вибір способу досліджень на знос.

Для підвищення зносостійкості вузла тертя ми обираємо технологічний спосіб. Технологічні способи підвищення зносостійкості в основному полягають у створенні та виборі зносостійких матеріалів, а також у методах їхнього вдосконалення.

Більш ефективними для підвищення зносостійкості є полімерні та порошкові композити. До них належить такий матеріал, як фторопласт - 30П для нанесення фторполімерного покриття на металеву поверхню.

Тому, ми виконуємо нанесення фторполімерного покриття на металеву поверхню та обґрунтовуємо вибір мастильного матеріалу для підвищення зносостійкості вузла тертя.

#### 4.1.2 Проведення випробувань

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		95

Ознайомившись з правилами техніки безпеки, виконуємо підготовку обладнання до роботи. Провіряємо усі кріплення вузлів та стан пасових передач. Якщо є тріщини та пошкодження пасу, виконуємо їх заміну.

Після перевірки обладнання приступаємо до підготовки контр-тіла (СЧ - 15), яке має вигляд циліндра (рисунок 4.1). Підготовлене контртіло розташовують на столі установки для досліджень та закріплюють його. Закріплене контртіло наповнюємо заглиблення мастилом.

Підготувавши контртіло, монтуємо верхній зажим з сферичним пальцем та розкручуємо гвинти кріплення пальця. Далі вводимо зажим в шток установки і опускаємо шток до тих пір поки сфера пальця не досягне контртіла та навантажуюмо ричаг пристрою і гвинтами фіксуємо.

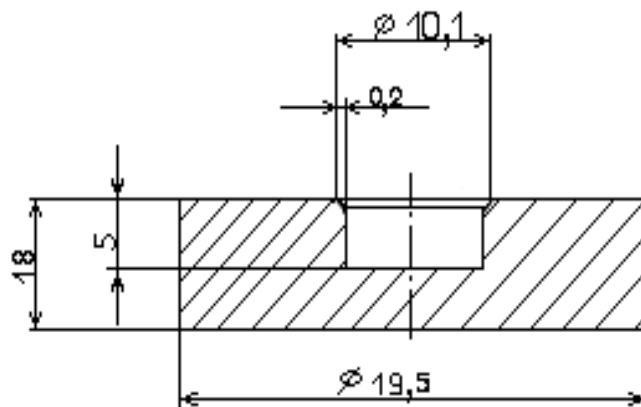


Рисунок 4. 1 – Контртіло

Включаємо установку і міряємо шлях тертя  $S_1$ . Коли покажчик покаже шлях тертя  $S_1$ , виключаємо установку і зі зразками знімаємо зажим. Розташовуємо зажим на стіл мікроскопа та фіксуємо пляму контакту. Необхідно зробити чотири виміри у різних точках контакту. Отримані дані записуємо в зошит, а зажим зі зразками повертаємо у попереднє положення і знову включаємо установку. Замірявши шлях  $S_2$ , виключаємо установку та експеримент проводимо у тому ж порядку. Усі ці операції ми виконуємо до тих пір, поки розміри п'ятна контакту не вкажуть нам на стаціонарний режим.

						ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			96

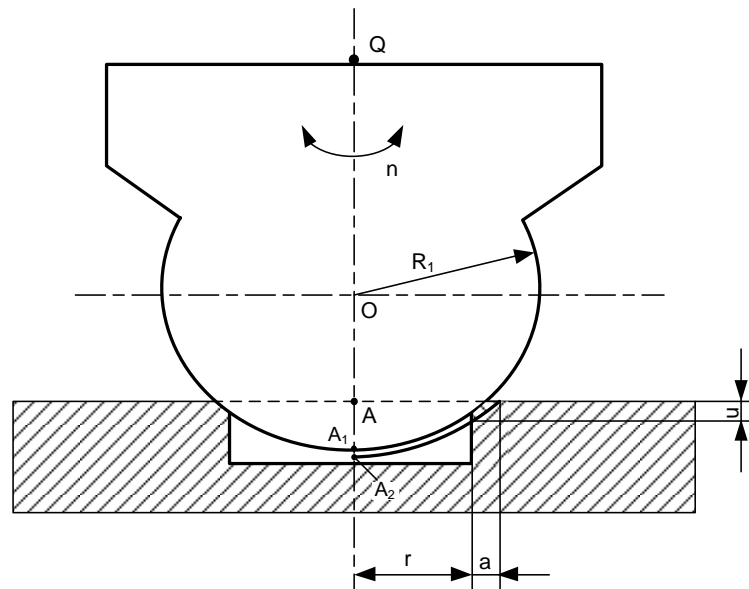


Рисунок 4. 2 – Випробування на зношування за схемою (куля - кільце)

Вихідні дані:

матеріал кульового пальця : сталь-40X ;

контртіло: чавун СЧ 15 ;

швидкість:  $V = 0,45$  м/с;

навантаження на важіль:  $Q=1,05$  кг;  $N = 350$  Н.

#### 4.2 Методика обробки результатів експериментів

Після проведення досліджень було отримано велику кількість результатів, так як кожну пляму контакту вимірювали у 4-х місцях. Діаметр плями зносу окулярами МПВ-2 вимірювали з точністю  $\pm 0,005$  мм.

Шлях тертя експериментів обрано таким, щоб результат вимірювання зносу був більший похибки в 10–15 разів.

Результати виконаних досліджень на зношування: залежність розміру площадки контакту кільця ( $a$ ) від шляху тертя ( $S$ ), наведені у таблицях 4.1 та 4.2 та на рисунку 4.3.

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		97

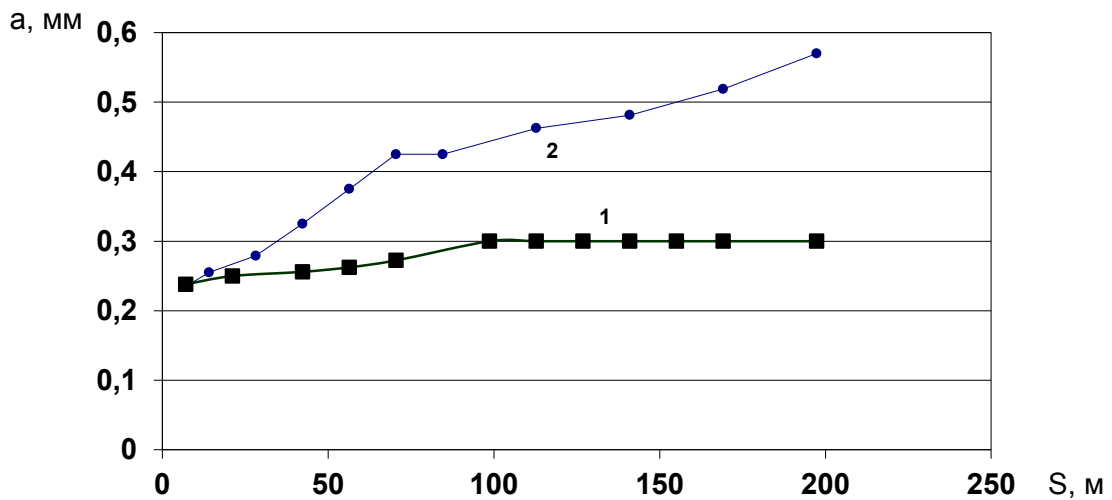
Таблиця 4.1 – Залежність розміру площадки контакту кільця (а), від шляху тертя (S) для матеріалу СЧ-15, мастило Циатим-205

№ досліду	Години $\tau$ , хв.	Ширина площадки контакту а, мм	Шлях тертя S, м
1	15	0,235	7,05
2	30	0,255	14,1
3	60	0,279	28,2
4	90	0,325	42,3
5	120	0,375	56,4
6	150	0,425	70,5
7	180	0,425	84,6
8	240	0,4625	112,8
9	300	0,4813	141
10	360	0,519	169,2
11	420	0,57	197,4

Таблиця 4.2 – Залежність розміру площадки контакту кільця (а), від шляху тертя (S) для матеріалу СЧ-15, мастило Циатим-205 + 1 мас. % присадки Акорокс, на поверхню кульового пальця нанесено фторполімерне покриття Ф-30П

№ досліду	Години $\tau$ , хв.	Ширина площадки контакту а, мм	Шлях тертя S, м
1	15	0,238	7,05
2	45	0,25	21,15
3	90	0,256	42,3
4	120	0,2625	56,4
5	150	0,2725	70,5
6	210	0,3	98,7
7	270	0,3	126,9
8	330	0,3	155,1
9	360	0,3	169,2
10	420	0,3	197,4

Аналізуючи дані таблиць, будуюмо графіки залежності розмірів площадки контакту від шляху тертя ( $S$ ) (рисунок 4.3).



1 – кульовий палець з матеріалу сталь 40Х з нанесеним тришаровим покриттям матеріалу фторопласт-30П, до складу мастила Циатим-205 введено присадку Акорокс (1 мас. %); 2 – кульовий палець з матеріалу сталь 40Х, мастило Циатим-205

Рисунок 4.3 – Залежність розміру площадки контакту кільця ( $a$ ) від шляху тертя ( $S$ )

Аналізуючи отримані результати можна зробити висновок, що при нанесенні тришарового покриття матеріалу фторопласт-30П на поверхню кульового шарніру та включення до складу мастила ЦИАТИМ-205 універсальної присадки Акорокс (1 мас. %) зносостійкість контакту кульовий шарнір – сухар тяги рульового керування легкового автомобіля зростає в 1,9 разів.

#### 4.3 Результати випробувань та визначення параметрів моделі зношування

Для прогнозування довговічності з'єднання та вирішення завдань щодо зносостійкості, необхідно застосовувати математичні моделі зношування матеріалів, для яких відомі кількісні параметри [19].

Лінійний знос кільця визначається на основі геометрії перетину сфери та кільця.

Розрахунок величини зносу кільця  $U$  – це величина переміщенням нижньої точки  $A$  сфери в точку  $A_1$ . Сферу в даному випадку будемо вважати такою, що не зношується. Величину зносу кільця підраховуємо за формулою:

$$U = A_1O - A_2O \quad (4.1)$$

де  $A_1O$  і  $A_2O$  – геометрія контактування сфери та площини

$$A_1O = \frac{(a+r)}{2R} \quad (4.2)$$

$$A_2O = \frac{r^2}{2R} \quad (4.3)$$

Для одержання залежності лінійного зносу від ширини площадки контактування  $a$  та шляху тертя  $S$ , підставляємо (4.3) та (4.2) у формулу (4.1) і отримуємо:

$$U(S) = \frac{a(S)r}{R} \quad (4.4)$$

Якщо припустити, що експериментально виміряне значення ширини кільцевої зони контакту відносно шляху тертя можна наблизити апроксимацією у вигляді степеневі функції:

$$a(S) = cS^\beta \quad (4.5)$$

де  $c, \beta$  - параметри математичної моделі зношування, які визначаються за результатами випробування.

Допускаємо, тиск, який діє на площі контакту розподілений рівномірно і діє з однаковою величиною по всій площі. Під час зношування площадку контакту сфери та кільця визначимо з даного виразу:

$$F_k = 2\pi \cdot U(S) \quad (4.6)$$

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підставивши в (4.6)  $U(S)$  з (4.3) отримаємо:

$$F_k = 2\pi R \cdot U(S)r \quad (4.7)$$

У контакті умова рівноваги буде мати наступний вигляд:

$$\sigma = \frac{Q}{2\pi a(S)r} \quad (4.8)$$

Проінтегрувавши вираз, одержимо:

$$U(s) = K_\omega \int_0^s \omega^m(s) U^n ds \quad (4.9)$$

З даної формули:

$$\frac{c S^\beta}{R} = K_\omega \left( \frac{Q}{c 2\pi R E^*} \right)^m \left( \frac{v R^*}{v} \right) \frac{S^{1-\beta}}{1-\beta} \quad (4.10)$$

витікає:

$$\beta = 1 - \beta m \quad (4.11)$$

$$\beta = \frac{\lg a_1 / a_2}{\lg S_1 / S_2} \quad (4.12)$$

$$m = \frac{1 - \beta}{\beta} \quad (4.13)$$

$$c = \frac{a_1}{S_1^\beta} \quad (4.14)$$

Для визначення коефіцієнта  $K_\omega$  можна використати рівняння:

$$K_\omega = \frac{\beta c^{m+1} \cdot v^{m+1}}{R} \cdot \left( \frac{2\pi E^*}{Q} \right)^m \quad (4.15)$$

де

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
						101
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\frac{1}{E^*} = \frac{1-\mu_1^2}{E_1} + \frac{1-\mu_2^2}{E_2}$$

Зношення втулок знаходимо за формулою:

$$U_w = k_w \cdot \sigma_0^m \cdot S \quad (4.16)$$

Випробування виконуємо на установці, що моделює наближено роботу підшипника кульової опори за схемою куля – кільце.

Дані випробування необхідно виконувати при дії постійного навантаження  $Q = 1,05$  кг та  $N = 350$  Н, з радіусом кулі  $R = 12,5$  мм, внутрішнім розміром втулки  $r = 5,05$  мм. Використовували матеріал кульового пальця Сталь 40Х, матеріал зразка чавун СЧ 15.

За отриманими результатами випробувань визначаємо параметри моделі зношення  $K_\omega$  і  $m$ .

За отриманими даними, розраховуємо параметри моделі зношення  $K_w$  і  $m$  для двох експериментів.

Параметри моделі зношення  $K_w$  і  $m$  для матеріалу СЧ-15, мастило Циатим-205 розраховуємо, підставивши значення розмірів площадки контактів кільця у формули (4.12–4.14) :

$$\beta = \frac{\ln \frac{0.235}{0.57}}{\ln \frac{7.05}{197.4}} = 0.2659$$

$$c = \frac{0,2}{7,05^{0,2659}} = 0,14$$

Далі параметри моделі зношення підставляємо у формули (4.11), (4.13):

$$m = \frac{1-0.2659}{0.0,2659} = 2.761$$

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
						102
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_w = \frac{0.2659 \cdot 0.14^{3.761} \cdot 0.005^{3.761} \left( \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 0.126}{1} \right)^{2.761}}{0.012} = 1,544 \cdot 10^{-10}$$

Щоб визначити параметри моделі зношування для матеріалу СЧ-15, мастило Циатим-205 + 1 мас. % присадки Акорокс, з нанесеним на поверхню кульового пальця фторполімерним покриттям Ф-30П, підставляємо значення у формули (4.12–4.14) та отримуємо:

$$\beta = \frac{\ln \frac{0.238}{7.05}}{\ln \frac{0.3}{197.4}} = 0.069$$

$$c = \frac{0,238}{7,05^{0,069}} = 0,208$$

$$m = \frac{1-0.208}{0.208} = 3,81$$

$$K_w = \frac{0.069 * 0.208^{4,81} * 0.005^{4,81} \left( \frac{2 * 3.14 * 0.126}{1} \right)^{3,81}}{0.012} = 1,05 * 10^{-13}$$

За формулою (4.16) визначаємо знос ( $U_1$ ) контртіла, виготовленого з чавуну СЧ-15.

Для матеріалу СЧ-15, мастило Циатим-205:

$$\sigma = \frac{1,05}{2 * 3,14 * 0,235 * 5,05} = 14 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$$

$$U_1 = 1,54 * 10^{-10} * 14^{2,761} * 7.05 = 1,59 * 10^{-6}$$

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		103

Для матеріалу СЧ-15, мастило Циатим-205 + 1 мас. % присадки Акорокс, з нанесеним на поверхню кульового пальця фторполімерним покриття Ф-30П:

$$\sigma = \frac{1,05}{2 * 3,14 * 0,238 * 5,05} = 13,9 \frac{кг}{см^2}$$

$$U_2 = 1,05 * 10^{-13} * 13,9^{3,81} * 7,05 = 1,68 * 10^{-9}$$

Результати дослідів, що включали вивчення стійкості даних матеріалів до зношення, були підтверджені розрахунками, які враховували параметри моделі зношування. Ці результати наведені в таблиці 4,3.

Таблиця 4.3 – Результати випробувань та визначення параметрів моделі зношування досліджених матеріалів

№	Матеріал	$\beta$	$C \frac{мм}{мм^\beta}$	$K_w$	$m$	$U$
1	Матеріал СЧ-15, мастило Циатим-205	0,2659	0,14	$1,544 \cdot 10^{-10}$	2,761	$1,59 \cdot 10^{-6}$
2	Матеріал СЧ-15, мастило Циатим-205 + 1 мас. % присадки Акорокс, з нанесеним на поверхню кульового пальця фторполімерним покриття Ф-30П	0,069	0,208	$1,05 \cdot 10^{-13}$	3,81	$1,68 \cdot 10^{-9}$

Порівнювання зносу досліджуваних матеріалів:

$$K = \frac{U_1}{U_2} = 0,95 \cdot 10^3$$

Встановлено, що зносостійкість пари тертя кульовий палець із

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		104

фторполімерним покриттям Ф-30П та чавуном СЧ-15 у мастилі Циатим-205 з додаванням 1 мас.% присадки Акорокс значно перевищує зносостійкість пари тертя кульовий палець та чавуном СЧ-15 у мастилі Циатим-205.

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		105

## ВИСНОВКИ

– Визначені технологічні та конструктивні особливості роботи вузла пари тертя кульовий шарнір – сухар тяги рульового керування легкового автомобіля. Проведені підрахунки навантажень, які діють на контактні деталі пари тертя, швидкостей ковзання, а також шляхів тертя.

– Виконано обґрунтування та вибір технологічного способу підвищення зносостійкості вузла тертя, методом нанесення фторполімерного покриття на поверхню кульового шарніра та дано обґрунтування вибору пластичного мастила у даному вузлі тертя.

– Встановлено, що з ціллю підвищення зносостійкості деталей фторполімерні покриття необхідно наносити електростатичним методом.

– Розроблена технологія попередньої підготовки поверхні для нанесення фторопластового покриття, яка містить знежирення та механічне піскоструменеве очищення поверхні, з послідуочим створенням проміжного конверсійного шару. Для сталєних поверхонь фосфатування буде більш доцільним. Кінцевими операціями підготовки поверхні буде промивка та пасивація хромовими сполуками з послідуочною сушкою.

– Встановлено, що для підвищення адгезії фторопластового покриття до металевї поверхні обовязково необхідно створювати ґрунтувальний шар, до складу якого вводять промотори адгезії: графіт С-1 (25 мас.%) та аміноорганокремнезем на основі аеросилу (3 мас. %). Зовнішній шар багатшарового фторопластового покриття для одержання високої зносостійкості має містити: графіт С-1 (17 мас. %), аміноорганокремнезем на основі аеросилу (1 мас. %).

– Аналіз одержаних результатів показав, що стійкість фторопластових покриттів на основі Ф-30 П до пошкодження шкрябанням при збільшенні вмісту графіту С-1 від 15 до 25 мас. % зростає у 2,21 рази, а при введенні до покриття, що містить 25 мас. % графіту С-1 додатково 3 мас. % аміноорганокремнезему на основі аеросилу – у 3,21 рази. Якщо виконати додаткову термообробку цих

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		106

покриттів, спостерігається збільшення стійкості до пошкодження шкрябанням на 26–30 %.

– Відпрацьована технологія температурних та часових режимів нанесення фторопластового наномодифікованого покриття електроосадженням. При нанесенні ґрунтувального шару напруженість електростатичного поля має бути  $E=50$  кВ, а наступних шарів –  $E=70$  кВ.

– Встановлено, що при нанесенні тришарового покриття матеріалу фторопласт-30П на поверхню кульового шарніру та введення до складу мастила ЦИАТИМ-205 універсальної присадки Акорокс (1 мас. %), зносостійкість контакту кульовий шарнір – сухар тяги рульового керування легкового автомобіля зростає у 1,9 разів.

– Дослідні результати експериментів зносостійкості розроблених матеріалів знайшли підтвердження розрахунками з визначенням параметрів моделі зношування.

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
						107
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Войтов В.А. Конструктивна зносостійкість вузлів тертя машин В.А. Войтов, М.А. Подригало / Харків: Центр Леся Курбаса, 1996.–138 с.
2. Раєвський М. А. Посібник з експлуатації автомобіля «Жигулі» / М. А. Раєвський, А. В. Райченко. – Київ: «Техніка». – 1985. – 135 с.
3. Безник В. М. Нанотехнологічні підходи – як напрямок розвитку фтор полімерного виробництва і матеріалознавства. / В. М. Безник // Техноplus, МТТ. 2010. – №5(102). – С. 55-57.
4. Молодик М.В. Відновлення деталей машин / Молодик М.В., Лангерт Б.А., Бредун А.К. // К.: Урожай, 1989. – 256 с.
5. Кузьменко А.Г. Трибоконтакт жорсткого клина та площини (усталений знос) /Кузьменко А.Г., Нассер Г.А. // Проблеми трибології. – 2002. – №1(23). – С.105-128.
6. Чернець М. Дослідження та розрахунки трибосистем ковзання, методи підвищення довговічності і зносостійкості. Т1. Методи прогнозування та підвищення зносостійкості триботехнічних систем ковзання./ Чернець М., Пашечко М., Невчас А. // Дрогобич: Коло, 2001. – 492 с.
7. Сіренко Г.О. Фізико-хімія паливно-мастильних матеріалів: [монографічний підручник (спеціальний курс лекцій)] [за ред. Г. О. Сіренка] / Г. О. Сіренко, В. І. Кириченко, І. В. Сулима. – Івано-Франківськ : Супрун В. П., 2017 – с.
8. Хибні думки та цікаві факти про тефлон : Factum-info /[Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://factum-nfo.net/uk/zabluzhdeniya/raznoe/1256-zabluzhdeniya-i-interesnye-fakty-o-teflone>
9. Амелін М.Ю. Розробка епоксидних нанокompозитних покриттів наповнених оксидами металів, для відновлення транспортних засобів. Автореф. дис. канд.. наук спеціал. 05.02.01. Амелін М. Ю. Херсон держ. мор. Академія. – Херсон, 2018.– 23 с.
10. Підготовка поверхні перед нанесенням лакофарбового покриття :

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		108

/[Електронний ресурс]. – Режим доступу :[https : // кс/pnu.edu.ua>uploads>sites>2021/02](https://kcpnu.edu.ua/uploads/sites/2021/02)

11. Sina Ebnesajjad. Fluoroplastics Volume 1: Non-Melt Processible Fluoropolymers / Sina Ebnesajjad. –The Definitive User's Guide and Data Book. – Second Edition . – 2015. – 698 p.

12. Sina Ebnesajjad. Fluoroplastics Volume 2: Melt Processible Fluoropolymers / Sina Ebnesajjad. – The Definitive User's Guide and Data Book.– Second Edition . – 2016. – 745 p.

13. Dykh a A., Svidersky V., Danilenko I., Bilichenko V., Kukuru dz y a k Yu., Kirichenko L. et. al. (2020). Design and study of nanomodified composite fluoropolimer materials for tribotechnical purposes / Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5(12-107), pp. 38-48, doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.205779>

14. Sina Ebnesajjad. Fluoropolymer Applications in the Chemical Processing Industries The Definitive User's Guide and Handbook A volume in Plastics Design Library / Sina Ebnesajjad and Pradip R. Khaladkar. – 2017. – 436 p.

15. Physicochemical principles of polymer composite materials technology based on polytetrafluoroethylene / K. V. Berladir, O. A. Budnik, K. A. Dyadyura, V. A. Svidersky, Ya. O. Kravchenko // High Temperature Material Processes. – 2016. – № 20 (2). – P. 157–184.

16. Вплив складу і технологічних факторів на адгезійну міцність фторопластових покриттів до металевих поверхонь / В. П. Олександренко, В. П. Свідерський, Л. М. Кириченко [та ін.] // Вісник ХНУ : Технічні науки . – 2021. – № 5. – С. 45-51, DOI 10.31891/2307-5732-2021-301-5-45-51, ISSN 2307-5732

17. Пат. № 112246 Україна, МПК С09D 127/00 Антиадгезійне, зносостійке покриття / Свідерський В. П., Кириченко Л. М., заявник і патентовласник Хмельницький національний університет, заявка у 2016 05670 від 26.05.2016, опубл. 12.12.2016, Бюл. № 23, 5 с.

18. Олександренко В. П. Антифрикційне полімерне покриття для пластин кільцевого клапану поршневих компресорів / Олександренко В. П., Свідерський

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		109

В. П., Кириченко Л. М. – Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем : збірник тез третьої всеукраїнської науково-технічної конференції. – Рівне : НУВГП, 10–11 листопада 2021 р. – С. 118-120. – <https://nuwm.edu.ua/nnmi/kaf-ttts/poslugi>

19. Кузьменко А.Г. Методи розрахунків і випробувань на зношування та надійність: Навч. посібн / А.Г. Кузьменко. – Хмельницький: ТУП, 2002.– 151 с.

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
						110
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ДОДАТКИ

### Публікації.

1. Свідерський В.П. Підвищення зносостійкості та міцності на розтяг полімерної накладки натяжного пристрою ланцюга газорозподільного механізму двигуна внутрішнього згоряння / В.П. Свідерський, А.В. Васишин, В.О. Підгурняк, А.М. Попов // Scientific Research and Innovation: Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Internet Conference, April 18-19, 2024. FOP Marenichenko V.V., Dnipro, Ukraine – С. 182-185

2. Rudyk O. Yu. Innovative learning method using SolidWrks / O. Yu. Rudyk, D. V. Vasylyshyn, S. A. Grynkov, A. M. Popov // Ресурсно-орієнтоване навчання в «3D»: доступність, діалог, динаміка : збірник тез доповідей IV Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (м. Полтава, 22–23 лютого 2024 року). – Полтава: ФКУЕП ПДАУ, 2024. – С. 534-538. – URL: <https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1pA0WFol9Sr-luxNgCuYYzMyoFKwGiG2t>

					ДРМТВАТАМ 24.23620.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		111