

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

## Пояснювальна записка

до дипломної роботи

бакалавра

Освітньо-кваліфікаційний рівень

Галузь знань 27 Транспорт  
Шифр і назва галузі знань

Напрямок підготовки (спеціальність): 274 «Автомобільний транспорт»  
Шифр і назва напряму підготовки (спеціальності)

на тему: *«Підвищення зносостійкості сухаря та втулок маятникового  
важеля рульового керування легкового автомобіля»*

Шифр *ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ*

Виконав: студент 4-го курсу,  
група АТ-20-1

  
Підпис

Вадим БУРДЕЛЬНИЙ  
Ім'я, прізвище

Керівник: *к.т.н., доц. каф ТАМ.*

  
Підпис

Владислав СВИДЕРСЬКИЙ  
Ім'я, прізвище

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

  
Підпис

Олександр ДИХА  
Ім'я, прізвище

10 06 2024 р.

Хмельницький, 2024

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет інженерії, транспорту та архітектури  
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр  
Галузь знань: 27 «Транспорт»  
Спеціальність: 274 «Автомобільний транспорт»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Зав. кафедрою ТАМ

Диха О.В.

" 04 " березня 2024 р.

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

Бурдельному Вадиму Миколайовичу

**1. Тема проєкту (роботи):** «Підвищення зносостійкості сухаря та втулок маятникового важеля рульового керування легкового автомобіля»

Керівник роботи: Свідерський Владислав петрович, к.т.н., доц. каф. ТАМ.

Затверджено наказом університету від 15 лютого 2024 р. № 8 (Д 29).

**2. Строк подання студентом проєкту (роботи) на кафедру:** 20.06.2024 р.

**3. Вихідні дані до проєкту (роботи):** матеріали практики; робочі креслення елементів вузлів тертя автомобілів; нормативно – технологічна документація по розбиранню, дефектації, складанню і регулюванню вузлів тертя; вимоги з охорони праці і безпеки роботи при виконанні ремонтних робіт.

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

- 1). Аналіз характеристик антифрикційних матеріалів пари тертя їх фізико-механічних та зносостійких властивостей.
- 2). Аналіз умов роботи і видів зношування сухаря і втулок маятникового важеля рульового керування автомобіля.
- 3). Дослідження зносостійкості базового матеріалу та матеріалу Ф4ВВ20 вузла тертя.
- 4). Освоєння технологічного процесу виготовлення лабораторних зразків і втулок маятникового важеля рульового керування автомобіля з базового матеріалу і фторопластового карбопластика Ф4ВВ20.

**5. Перелік графічного матеріалу (презентація):**

*Розробити презентацію у вигляді слайдів з розкриттям питань відповідно до мети роботи.*

## 6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

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

7. Дата видачі завдання: 4 березня 2024 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Аналіз характеристик антифрикційних матеріалів пари тертя їх фізико-механічних та зносостійких властивостей.	15.04.2024	вик.
2	Аналіз умов роботи і видів зношування сухаря і втулок маятникового важеля рульового керування автомобіля.	25.04.2024	вик.
3	Дослідження зносостійкості базового матеріалу та матеріалу Ф4ВВ20 вузла тертя.	15.05.2024	вик.
4	Освоєння технологічного процесу виготовлення лабораторних зразків і втулок маятникового важеля рульового керування автомобіля з базового матеріалу і фторопластового карбопластика Ф4ВВ20	10.06.2024	вик.
5	Оформлення роботи	20.06.2024	вик.
6	Захист роботи	21.06.2024	

Студент

 Вадим БУРДЕЛЬНИЙ

Керівник роботи

 Владислав СВИДЕРСЬКИЙ

## РЕФЕРАТ

Бакалаврська робота студента групи АТ-20-1 Бурдельного Вадима Миколайовича на тему: «Підвищення зносостійкості сухаря та втулок маятникового важеля рульового керування легкового автомобіля».

Обсяг роботи: 65 с., 6 табл., 11 рис., 16 джерела зі списку літератури, 1 додаток.

Рульове керування автомобіля є досить важливим засобом управління. Від справності та надійності цього вузла залежить безпека, а також і життя учасників дорожнього руху. Сухар та втулки маятника – це важливі складові, так як через несправність кронштейна маятникового важеля можливі негативні наслідки: люфт рульового колеса, туге обертання рульового колеса, стукіт та шум в рульовому керуванні, кутове самовільне коливання передніх коліс, недостатня стійкість автомобіля.

Мета даної роботи полягала в тому, щоб, виходячи з аналізу умов роботи і видів зношування сухаря та втулок маятникового важеля рульового керування автомобіля, розробити метод підвищення зносостійкості вузла тертя та перевірити на лабораторних установках працездатність базового матеріалу та антифрикційного полімерного матеріалу Ф4ВВ20.

Об'єкт дослідження: сухар та втулки маятникового важеля рульового керування автомобіля.

Досліджено умови роботи пар тертя кульовий палець – сухар та палець – втулки маятникового важеля рульового керування автомобіля. Надані рекомендації по конструюванню вузлів тертя. Освоєна технологія технічного обслуговування та поточного ремонту агрегату, вузлів тертя.

Виконано аналіз роботи і видів зношування сухаря та втулок маятникового важеля рульового керування автомобіля. Розроблено методику і виконані стендові дослідження зносостійкості антифрикційних матеріалів сухаря та втулок маятникового важеля рульового керування автомобіля. Результати проведених досліджень показали, що антифрикційний матеріал Ф4ВВ20 за зносостійкістю суттєво переважає базовий матеріал – поліетилен-В.





Освоєно технологічний процес виготовлення лабораторних зразків та втулок маятникового важеля рульового керування автомобіля з фторопластового карбопластика Ф4ВВ20 та технологію пресування втулки маятника з буртиком та розміром без додаткової механічної обробки.

Графічна частина представлена у вигляді презентації.

Ключові слова: ЗНОСОСТІЙКІСТЬ, МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ, СУХАР, ВТУЛКА МАЯТНИКОВОГО ВАЖЕЛЯ, РУЛЬОВЕ КЕРУВАННЯ, СКЛАД, ТЕХНОЛОГІЯ, ФТОРОПЛАСТОВІ КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

## Зміст

Вступ.....	7
1. Аналіз конструкції агрегату та вузлів тертя.....	9
1.1 Опис конструкції вузла та деталей, призначення і робота.....	9
1.1.1 Вибір і обґрунтування методу ремонту, відновлення та підвищення зносостійкості.....	14
1.1.2 Опис вузлів тертя агрегату, види зношування, ресурс вузла.....	14
1.1.3 Огляд відомих методів і даних по підвищенню зносостійкості.....	15
1.1.4 Характеристика антифрикційних матеріалів пари тертя, хімічний склад, фізико-механічні та зносостійкі властивості.....	17
1.1.5 Постановка задачі на відновлення та підвищення зносостійкості.....	24
2 Технологія технічного сервісу та поточного ремонту агрегату і вузла тертя.....	25
2.1 Систематизація видів несправностей.....	25
2.2 Технологія поточного ремонту рульового управління.....	27
2.2.1 Знімання і розбирання.....	27
2.2.2 Дефектація деталей.....	36
2.2.3 Збирання і встановлення.....	37
3. Технологія відновлення та підвищення зносостійкості деталей вузла тертя .....	39
3.1 Обґрунтування вибору методу відновлення деталі.....	39
3.2 Комплект карт технологічної документації для виготовлення деталей з матеріалу Ф4ВВ20.....	41
3.2.1 Підготовка сировини.....	42
3.3 Контроль готової продукції.....	54

<b>ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ</b>								
<b>Зм.</b>	<b>Арк.</b>	<b>Недокум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>	Підвищення зносостійкості сухаря та втулок маятникового важеля рульового керування легкового автомобіля	<b>Літера</b>	<b>Аркуш</b>	<b>Аркушів</b>
<b>Виконав</b>		Бурдельний Р.М.		10.06.24		<b>Н</b>		5
<b>Перевір.</b>		Свідерський В.П.		10.06.24	ХНУ, група АТ-20-1			
<b>Н.контр.</b>		Бабак О.П.		10.06.24				
<b>Затвер.</b>		Диха О.В.		10.06.24				



## ВСТУП

Протягом останнього століття основні складові автомобіля залишилися незмінними: колеса, кузов, чотиритактний двигун внутрішнього згоряння, трансмісія, системи керування та інше. Однак усі ці елементи, агрегати, механізми та системи пройшли значний розвиток та стали складнішими. Це призвело до різкого зростання швидкостей, підвищення потужності, економічності та комфорту автомобілів, а також поліпшення їхнього дизайну. Окрім того, розширилася номенклатура використовуваних деталей та збільшилася їхня кількість [1].

Вивчення автомобілів на базі однієї або кількох моделей не може дати уявлення про будову й роботу усіх автомобілів. Для ефективної підготовки спеціаліста з експлуатації й технічного обслуговування автомобілів за короткий час, потрібно пояснити основні процеси і явища, що забезпечують функціонування автомобіля, та розкрити принципи, на яких вони ґрунтуються. Оскільки принцип дії багатьох агрегатів автомобілів схожий, для отримання загального уявлення про процес роботи їх достатньо ознайомитися з декількома основними конструктивними рішеннями.

Тому вибір дослідження рульового управління легкового автомобіля, а конкретно заміни втулки маятникового важеля на більш зносостійкий матеріал карбопластик Ф4ВВ20, є в даний час доцільним. В основній більшості випадків (до 90 відсотків) вузли тертя автомобілів, а це вузли з рухливими елементами, виходять з ладу в результаті зносу [2].

В машинобудуванні проходить безперервний процес удосконалення, в тому числі і вузлів тертя. Даний процес проходить в два етапи:

- пошук та реалізація конструктивних або технологічних методів підвищення зносостійкості;
- розрахункова та експериментальна оцінка ефективності удосконалення вузла, підвищення його зносостійкості.

У сучасний період автомобільна та автотракторна промисловість активно відчують потребу у нових матеріалах з високими антифрикційними характеристиками.

					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Різноманітні умови експлуатації вузлів тертя, особливо між взаємодіючими поверхнями, вимагають розробки спеціальних антифрикційних матеріалів з унікальними властивостями. У галузі машинобудування потрібні антифрикційні полімерні матеріали, що відзначаються підвищеною міцністю, жорсткістю, теплопровідністю, термостійкістю, а також мають низьке теплове розширення.

Застосування ненаповнених полімерів та спечених порошкоподібних металів може виступати як альтернатива використанню антифрикційного чавуну.

Ненаповнені полімери як антифрикційні матеріали, порівняно з металами, мають кілька значущих переваг. Серед них – можливість працювати без змащення або за умов обмеженого рідкісного змащення; відсутність заїдання та пошкоджень поверхні контактного металу; низький коефіцієнт тертя; стійкість до фізичних та хімічних активних середовищ.

Крім того, недоліки полімерів можна значно зменшити, використовуючи додавання дисперсних або волокнистих твердих матеріалів у концентраціях понад 3–5 %. Це сприяє підвищенню зносостійкості і покращує технологічні характеристики полімерів.

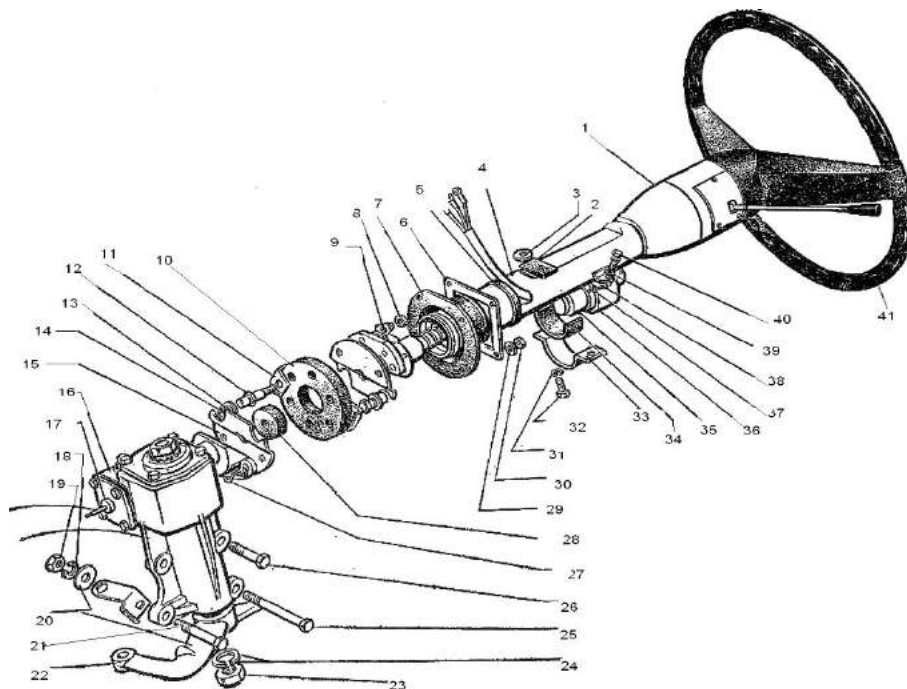
Так, через зростання цін на нафтову сировину та дефіциту деяких полімерів, стає актуальним використання наповнювачів для підвищення зносостійкості і здешевлення полімерів. У цьому контексті антифрикційні карбопластики можуть вважатися перспективними антифрикційними матеріалами.

					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 Аналіз конструкції агрегату та вузлів тертя

## 1.1 Опис конструкції вузла та деталей, призначення і робота

Система керування автомобілем ГАЗ-24 складається з механізму керма типу "глобоїдальний черв'як і трохгребневий ролик" з вбудованою енергопоглинаючою муфтою та антикравіжковим пристроєм, кермової трапеції, кріплень для рульової колонки та кермового колеса зі звуковим сигналом (рисунок 1.1) [3].



1 – Нижній ковпак; 2 – Прокладка; 3 – Прокладка; 4 – Вал з фланцем і колодка; 5 – Тримач; 6 – Кільце ущільнюєче; 7 – Ущільнювач; 8 – Гайка; 9 – Пластина; 10 – Муфта; 11 – Підсилювач; 12 – Шпилька; 13 – Шайба; 14 – Втулка; 15 – Пластина; 16 – Вал з фланцем і колонкою в зборі; 17 – Заглушка; 18 – Шайба; 19 – Болт; 20 – Шайба; 21 – Болт; 22 – Сошка, ковпак в зборі; 23 – Гайка; 24 – Шайба; 25 – Болт; 26 – Болт; 27 – Провід; 28 – Втулка; 29 – Шайба; 30 – Шайба; 31 – Шайба; 32 – Болт; 33 – Хомут; 34 – Замок руля в зборі; 35 – Замок руля в зборі; 36 – Замок руля в зборі; 37 – Замок руля в зборі; 38 – Замок руля в зборі; 39 – Болт; 40 – Шайба; 41 – Рульове колесо.

Рисунок 1.1 – Рульове управління автомобіля ГАЗ-24

									Арк.	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ					9

Цей механізм змонтований в алюмінієвому картері на зовнішній стороні лонжерона рами, позаду керованих коліс. Передавальне число рульового механізму має значення 19,1.

Гвинтовий черв'як знаходиться на нижньому рульовому валу та має два конічні роликові підшипники для підтримки. Обойма заднього підшипника тісно встановлена у відділенні картера досягаючи задньої кришки. Обойма переднього підшипника має посадку з упором у передній кришці. Під кришками розташовані регулюючі прокладки.

Комплект прокладок, розміщений під передньою кришкою, служить для досягнення необхідного переднього натягу в підшипниках черв'яка, що відповідає моменту обертання валу 8 кг·см. Люфт у підшипниках є неприпустимим. У процесі експлуатації він може бути усунутий шляхом видалення відповідної кількості прокладок з-під передньої кришки. Вал сошки має внутрішній паз, в який встановлений трохгребневий ролик, і повертається в картері, підтримуючись на двох бронзових втулках. Верхня частина цього вала спирається на радіально-наполегливий роликовий підшипник, який запресований у верхній кришці картера.

Під час обертання рульового валу, ролик переміщується по гвинті черв'яка, повертаючи вал разом із сошкою на 90° від одного упору до іншого упору в лонжероні. Положення сошки на середині цього повного кута відповідає середньому положенню черв'ячної пари або руху автомобіля по прямій дорозі. Центральний гребінець повинен знаходитися в зачепленні з гвинтовою ниткою в площині симетрії черв'яка.

Під час одного повороту черв'яка вправо або вліво контакт зчеплення перерозподіляється на крайні гребені ролика. Ці крайні гребені, після трьох крутих обертань, залишаються в гвинтовій нитці, що допомагає стабілізувати рульове керування.

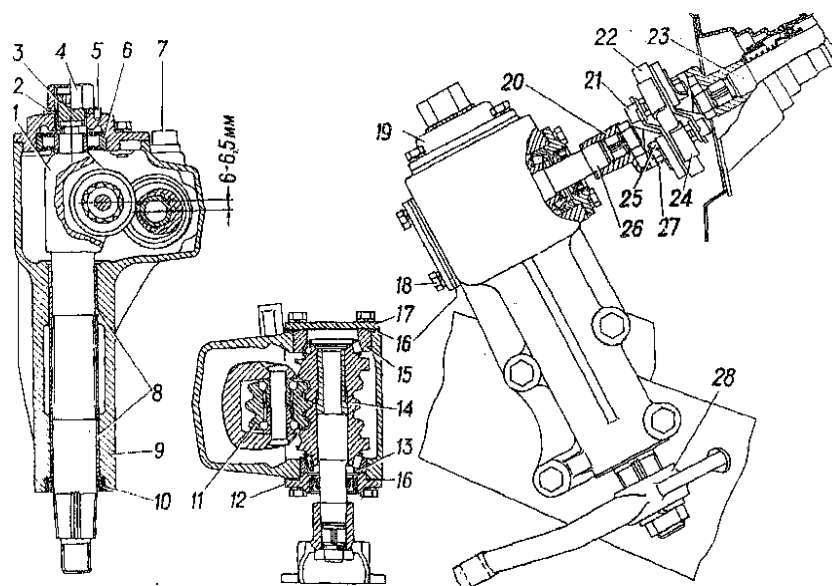
Кути повороту рульового валу, які становлять 120° вліво та 100° вправо від середнього положення, утворюють зону, де відсутнє зазорне зачеплення між черв'ячною парою та роликом. Відсутність зазорного зачеплення між черв'яком та роликом в цих кутах повороту є абсолютно необхідною під час руху автомобіля на

					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

великих швидкостях. Це необхідно для забезпечення тривалої експлуатації вузла, особливо при вимогливих умовах високих швидкостей.

Це досягається шляхом переміщення валу сошки у бік черв'яка за допомогою регулювального гвинта, який закручений у верхній кришці.

Первинний зсув геометричної осі ролика вгору на 6-6,5 мм у новому рульовому механізмі дозволяє здійснювати потрібне регулювання під час експлуатації без створення зазорного зачеплення з часом, коли черв'ячна пара починає зношуватися.



1 – вал сошки; 2 – штопорна шайба; 3 – регулювальний гвинт 4 – ковпачкові гайки; 5 – штифт; 6 – роликовий підшипник; 7 – пробка наливного отвору; 8 – втулки; 9 – картер; 10 – сальник; 11 – трьох гребеневий ролик; 12 – задня кришка; 13 – задній підшипник черв'яка; 14 – черв'як; 15 – передній підшипник черв'яка ; 16 – регулюючі прокладки; 17 – передня кришка; 18 – болт зливного отвору; 19 – верхня кришка; 20 – фланець; 21 – шпилька; 22 – еластична з'єднувальна муфта; 23 – верхній вал; 24 – підсилювальна пластина; 25 – штопорна пластина; 26 – нижній вал; 27 – гайка; 28 – сошка

Рисунок 1.2 – Рульовий механізм автомобіля ГАЗ-24

Відсутність беззазорного зачеплення може призвести до збільшеного люфту на рульовому колесі, що негативно впливає на управління автомобілем. Після регулювання рульового механізму шестиреберна порожнина регулювального

									Арк.
									11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ				

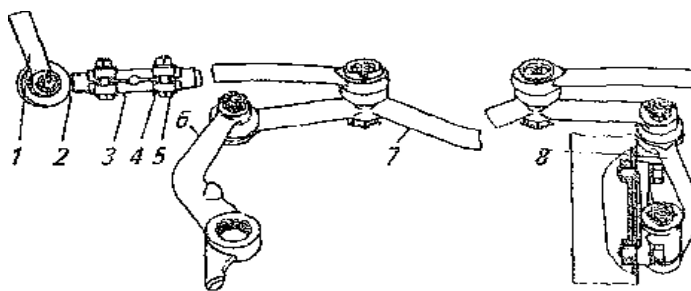
гвинта заповнюється мастилом Літол-24. Це мастило подається через отвір діаметром 4 мм в зону хвостовика валу сошки.

Після регулювання гвинт фіксується шайбою-зірочкою та ковпачковою гайкою. Правильно налаштований механізм має наступні параметри: у зоні середнього положення глобоїдальної пари момент повороту черв'яка складає 25 кгс·см. Поступово, по мірі обертання черв'яка вправо або вліво, це навантаження плавно зменшується до країв беззazorної зони до моменту 3 кгс·см.

Поза межами беззazorної зони між роликом і гвинтовою ниткою виникає зростаючий люфт з подальшим обертанням черв'яка. Цей люфт може викликати стукіт в кермі під час поворотів, проте це не має шкідливого впливу на експлуатаційні якості вузла.

Симетричність зони беззazorного зачеплення залежить від розташування черв'яка в картері відносно осі валу сошки і визначається кількістю прокладок (1-3) задньої кришки. Герметичність рульового механізму забезпечується за допомогою комплексу ущільнювачів.

В кришці картера нижній рульовий вал має сальник, вал сошки - сальник. Також під верхньою кришкою та шайбою встановлена прокладка. Рульова тяга встановлена позаду керованих коліс і складається: з бічної тяги, регульованих по довжині за допомогою регульовальних трубок 3; з поперечної тяги, сполученої з сошкою 6 і маятниковим важелем 8; двох важелів (рисунок 1.3).

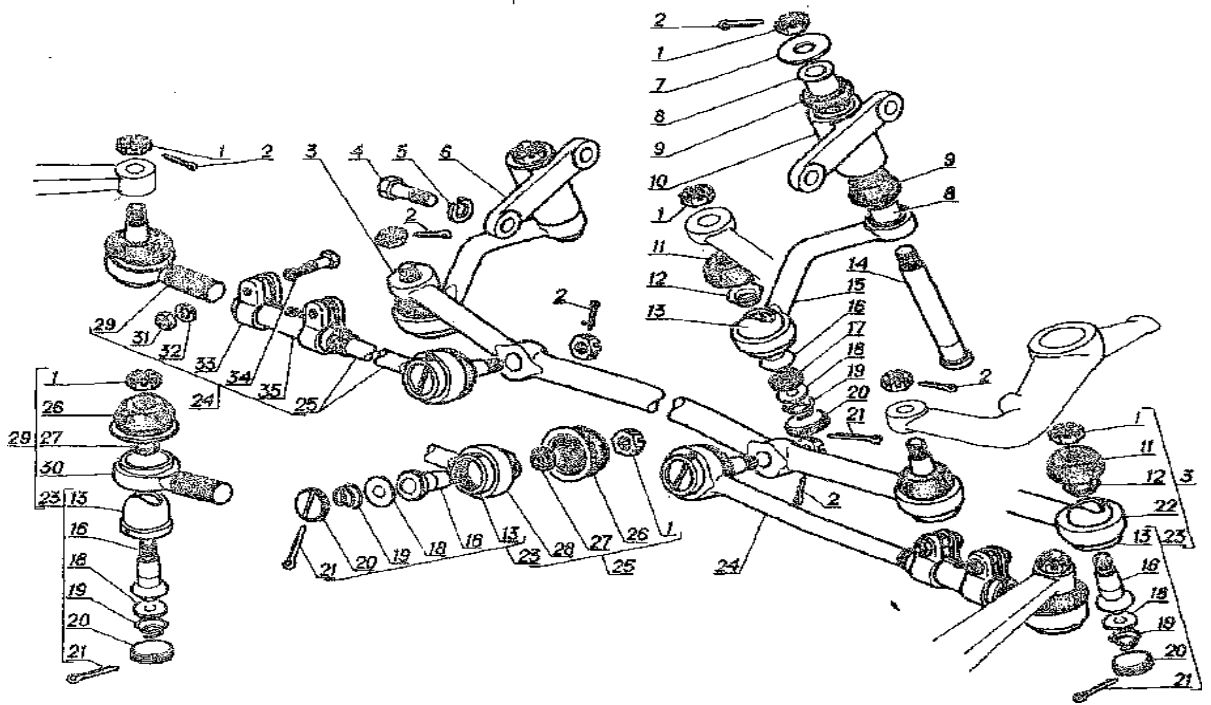


1 – важіль поворотного кулака; 2 – наконечник тяги; 3 – регульовальна трубка; 4 – стяжний хомут; 5 – болт; 6 – сошка; 7 – тяга сошки; 8 – маятниковий ричаг

Рисунок 1.3– Рульова тяга

Усі шарнірні тяги з півсферичними пальцями є розбірні.

									Арк.
									12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ				



1 - гайка; 2 - шплінт; 3 - тяга сошки рульового управління в зборі; 4 - болт; 5 - шайба; 6 - важіль маятниковий в зборі; 7 - шайба; 8 - втулка; 9 - втулка захисна; 10 - кронштейн; 11 - ущільнювач; 12 - втулка; 13 - корпус шарніра; 14 - палець; 15 - важіль; 16 вал; 17 - сухар; 18 - п'ята; 19 пружина; 20 - заглушка; 21 - шплінт; 22 - тяга сошки рульового управління; 23 - шарнір рульової трапеції; 24 - тяга рульової трапеції з наконечником і регулювальною трубкою в зборі; 25 - тяга рульової трапеції в зборі; 26 - ущільнювач з обоймою в зборі; 27 - втулка; 28 - тяга; 29 - наконечник тяга в зборі; 30 - наконечник; 31 - гайка; 32 - шайба; 33 - хомут; 34 - болт; 35 - трубка регулювальна.

Рисунок.1.4 – Деталі рульової тяги автомобілів з барабанними гальмами

Деталі запресовані в проушини тяг та наконечників і, при необхідності, можуть бути замінені. Щоб запобігти впливу вологи, пилу та бруду, шарніри наконечника і тяги обладнані гумовими гофрованими ущільнювачами, які виготовлені шляхом пресування на бортик наконечника та тяги. Крім цього, шарніри тяги сошки та переднього кінця маятникового важеля мають ковпачкові гумові ущільнювачі, які стиснуті бортиком втулки розпору до торців головки

						ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			13

сошки і тяги сошки.

### 1.1.1 Вибір і обґрунтування методу ремонту, відновлення та підвищення зносостійкості

Важливим засобом управління вважають рульове управління автомобіля. Безпека руху та життя усіх учасників дорожнього руху безумовно залежить від його справності та надійності. Несправність кронштейна маятникового важеля може призвести до ряду негативних наслідків у роботі автомобільного рульового механізму, таких як люфт у рульовому колесі, важке обертання рульового колеса, звукові прояви (стуки) у системі керування, самовільні кутові коливання передніх коліс та недостатня стабільність автомобіля. Втулки маятника є ключовими елементами, що впливають на ці аспекти [4].

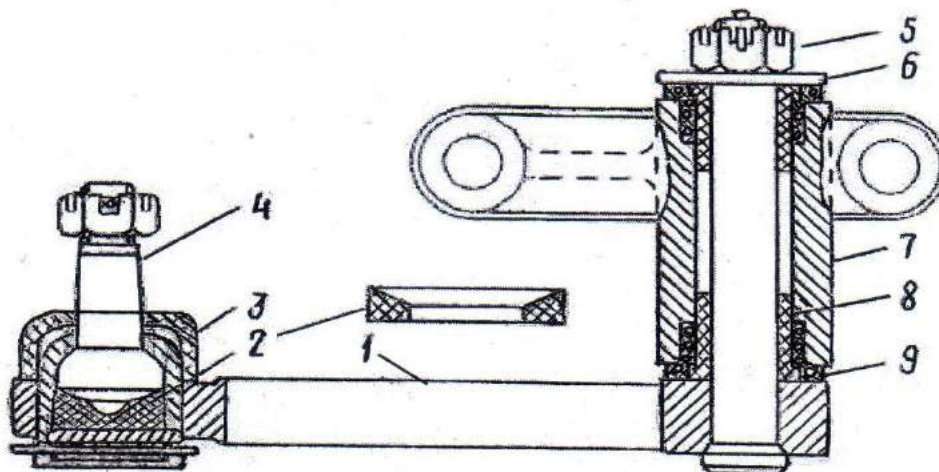
### 1.1.2 Опис вузлів тертя агрегату, види зношування, ресурс вузла

Палець 10 щільно фіксується в маятниковому важелі та обертається всередині поліетиленових втулок 8, які встановлені в гумові захисні втулки 9 (рисунки 1.5). Одна з втулок має один торець, який тісно прилягає до поверхні бобишки маятникового важеля, тоді як інша втулка контактує з шайбою 6, що обертається разом з пальцем 10. Циліндрична частина металокерамічних втулок входить в кронштейн 7 із певним зазором, що дозволяє передньому кінцю маятникового важеля рухатися до 2 мм завдяки деформації гумових втулок. Переміщення переднього кінця маятникового важеля допускається до 4 мм.

На передньому кінці маятникового важеля розміщено кульовий шарнір, ідентичний за конструкцією та розмірами до іншого шарніра тяги сошки. Відмінність полягає у встановленні поліетиленової втулки 2, призначеної для фіксації пальця 4 в середині корпусу 3 шарніра, забезпечуючи його стійке положення. Якщо поліетиленовий сухар зносився, його замінюють. Без сухаря не можливе збирання кульового шарніра маятникового важеля. Також вкрай важливо

					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

уникати встановлення поліетиленових втулок у інші шарніри рульової тяги. У запасних частинах усі кульові шарніри постачаються без таких втулок.



1 – важіль; 2 – сухар; 3 – корпус шарніра; 4 – кульовий палець; 5 – гайка; 6 – шайба; 7 – кронштейн; 8 – втулка; 9 – гумова захисна втулка

Рисунок 1.5 – Маятниковий важіль

Під час збирання шарових шарнірів вони заповнюються змазкою ШРБ-4 і герметизуються з одного боку заглушкою, яка вставляється в наконечник тяги за допомогою вальцювання, а з іншого боку – захисним гумовим ковпачком. В процесі експлуатації автомобіля поповнення або заміна змазки в шарових шарнірах не потрібна. Ресурс роботи рульового управління відповідає 80000 км пробігу автомобіля. Таким чином, і ресурс роботи втулок маятника, як складової частини рульового управління є таким же.

### 1.1.3 Огляд відомих методів і даних по підвищенню зносостійкості

Абразивне та втомлювальне зношування діє в даному вузлі тертя. Дані види зношення виникають завдяки дії граничного тертя [5].

Абразивне зношування – це процес, що відбувається під час прямого контакту між поверхнями, які труться одна об одну та абразивними частинками. Цей процес приводить до інтенсивного пошкодження робочих поверхонь деталей машин.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ				15

При взаємодії абразивних часток процес руйнування може відбуватись таким чином: мікрорізанням, методом багатократного пластичного деформування поверхневих шарів та методом ударно-механічного деформування.

Абразивне зношування призводить до утворення ґрунту, пилу, які накопичуються на поверхні тертя. Крім цього, цей процес може викликати утворення металевої стружки, окисних плівок, що прилипають до поверхні тертя або руйнуються, а також продуктів зношування, зокрема, відколовані частки твердих структурних елементів.

Абразивні частки зазвичай мають різну форму і можуть по різному бути розміщені відносно спряженої поверхні. Так, здатність абразивного зерна втискуватись у поверхню залежить не лише від відповідності їх твердостей, але також і від геометричної форми зерна. Геометричні характеристики, такі як форма, розмір і структура зерна, можуть значно впливати на їхню здатність проникнення.

Втомлене зношування – це форма механічного зношування, яке виникає внаслідок повторного циклічного деформування мікроструктур на поверхні матеріалу. Під час цього процесу відбувається накопичення пошкоджень всередині матеріалу, але спостерігається скритий період, коли ці пошкодження ще не виявляються.

Під час тертя полімерних матеріалів, еластичні деформації можуть спричинити формування втомних тріщин, розташованих перпендикулярно до напрямку руху тертя. Ці тріщини можуть призвести до пошкодження або руйнування механізму тертя.

Ударно-втомливе зношування характеризується поступовим утворенням рельєфу та повільним зростанням ступеня зношування. Поверхня, що зазнає зношування, не має чітко вираженого рельєфу у вигляді борозен і ямок. При взаємодії зразків високої твердості, початкові нерівності гладяться, а технологічна шорсткість поверхні зменшується. Завершення часу працездатності відслідковується чітко, після чого настає стабілізація швидкості зношування. У початковому етапі дослідження спостерігається максимальна швидкість зношування, яка потім поступово зменшується і, досягнувши певного рівня,

					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

залишається сталою.

#### 1.1.4 Характеристика антифрикційних матеріалів пари тертя, хімічний склад, фізико-механічні та зносостійкі властивості

Матеріали на основі поліетилену і аліфатичних поліамідів, що містять у собі тверді мастила, можуть бути використані для виготовлення втулок важелів рульового керування. [5]. В промисловості використовують такі поліаміди: П-610-ВСМ; ПНС-610-ДМ-1.5; КГ-10; АТМ-2. У цих композитах використовують графіт, дисульфід молібдену та тальк як сухі мастила, а також скляне волокно як армуючий наповнювач. Для покращення антифрикційних властивостей поліаміда, який містить скляні волокна, вводять додатково порошок нафтових відпалених коксів і циліндрове мастило.

Додавання циліндрового мастила до композиції, яке може витікати на поверхню тертя, обмежує можливість використання цього матеріалу в тертивних вузлах без змащування. Для покращення антифрикційних і фізико-механічних властивостей капронових композицій, наповнених графітом, включають до їх складу тонко подрібнений кокс, марки термоантрацит – матеріал АТМ-2[5].

Використання такої композиції дозволяє зменшити витрати капронової смоли удвічі, замінивши її більш доступним і економічним матеріалом – коксом. Механічна міцність цього матеріалу на 1,6 рази вища, а теплопровідність у 3 рази перевищує показники капрону. Крім того, значно підвищується стабільність розмірів і властивостей даного матеріалу. Згідно з досвідом використання всіх цих матеріалів на основі аліфатичних поліамідів (АТМ-2, ТНК-2-Г5), включаючи капролон "В", виявлено, що вони ефективно працюють лише в умовах використання мінерального мастила. Без його застосування вони мають значно вищу швидкість зношування і, внаслідок цього, не знайшли широкого застосування в тертивних вузлах без змащування.

Термопласти на основі поліаміду, які включають у свій склад фторопласт, дисульфід молібдену або графіт, відрізняються відносно тривалим часом

					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приспосовування. Натомість, розроблені термопласти з мігруючим внутрішнім мастилом відрізняються швидким адаптаційним періодом, низьким коефіцієнтом тертя і високою стійкістю до зношування [6]. Для покращення антифрикційних властивостей нових матеріалів вводять до їх складу невелику кількість (2%) низькомолекулярного полімеру силікону. Під час тертя силікону відбувається міграція матеріалу до поверхні пластмаси за рахунок дифузії через обмежену сумісність з полімерною матрицею. Ці процеси призводять до постійного утворення полімерної плівки на поверхні пластмаси, яка виступає як граничне мастило. Дуже хороші результати спостерігаються при введенні до складу термопластичної композиції силікону з фторопластом. У зоні контакту ці сполуки утворюють високотемпературне пластичне мастило, яке активно працює в моменти пуску при високих швидкостях ковзання.

При виготовленні втулок важелів рульового керування рекомендують використовувати поліформальдегіди, такі як найлон 6, найлон 66 та ацетальні смоли, армовані вуглецевими волокнами [7]. Це сприяє покращенню фізико-механічних та теплофізичних властивостей композицій на основі аліфатичних поліамідів. Додавання невеликих кількостей дисульфиду молібдену (2-5%) до найлону 6,6 має мінімальний вплив на коефіцієнт тертя, але сприяє покращенню зносостійкості завдяки впливу на твердість та кристалічність полімеру. Отже, перевагою цих матеріалів вважають однорідність. Позитивний момент полягає в тому, що при зношуванні вони не розшаровуються; недоліком є те, що обмежує їх застосування – це низька гігроскопічність та теплостійкість. Використання антифрикційних матеріалів на основі аліфатичних поліамідів у якості втулки важеля рульового керування автомобіля при температурі вище 370–390 К та високому тиску ускладнюється через різке збільшення коефіцієнта тертя, підвищення температури в зоні контакту і зниження міцності матеріалу під дією навантаження через деструкцію поверхневого шару.

Незначне перевантаження або перегрів робочої поверхні приводить до незворотного розплавлення та виходу втулки важеля з робочого стану, а це свідчить про недостатню надійність в експлуатації.

					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Фторопласт-4 відзначається високою хімічною стійкістю, гнучкістю та хорошими антифрикційними властивостями. Проте серед його недоліків слід зазначити низькі показники твердості, стійкості до зношування, теплопровідності, низьку стійкість до деформацій та великий коефіцієнт термічного розширення. З метою покращення антифрикційних характеристик і деяких фізико-механічних властивостей фторопласт може бути наповнений графітом, бронзою, дисульфідом молібдену, скловолокном, окисами металів або керамікою [8].

Властивості наповнених полімерів залежать від типу та концентрації наповнювача, а також від методів обробки матеріалу (наприклад, пресування, екструзія). Скловолокно, що становить 15–25 відсотків за масою, вводять у склад фторопласту у вигляді коротких волокон. Додавання скловолокна різко підвищує зносостійкість фторопласту (у 200 разів), одночасно підвищуючи його твердість та міцність.

Досягнення більшої теплопровідності у фторопластових композиціях, які містять скловолокно, і зменшення зносу спряженої поверхні втулки важелю рульового керування досягається шляхом використання композицій з вуглецевими наповнювачами.

Додавання невеликої кількості дисульфиду молібдену сприяє певному підвищенню механічних властивостей фторопласту, але його основне застосування пов'язане зі значним зниженням коефіцієнта тертя. Матеріал АФГМ часто використовується в компресорах без застосування мастила, включаючи компресори високого тиску, які стискають сухі гази [5].

Дослідження, що проводились для вивчення впливу газового середовища на зношування ущільнюючих елементів з різних наповнених фторопластів, показали, що матеріал Ф4К20 виявив найбільшу стійкість до зношування [5].

Досить хороші властивості антифрикційні має матеріал флюоросинт – композиція фторлона зі слюдою [9]. Деталі з такого матеріалу характеризуються низьким поглинанням вологи та високою стійкістю розмірів. Цей матеріал ефективно працює при високих температурах, але при порівняно низьких значеннях тиску.

					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

У втулках важелю рульового керування використовують останнім часом каркасні стрічкові самозмащувальні матеріали [10]. У цих матеріалах металева основа, на якій достатньо міцно прикріплений спеціальний бронзовий порошок. Між гранулами порошку отвори та поверхня його покриті фторопластом, який наповнений бентонітом. Бронзовий порошок, який закріплений на жорсткій основі, є каркасом. Це забезпечує відсутність деформацій, короблення та набухання робочої поверхні при тривалій експлуатації автомобіля. А достатньо міцна плівка наповненого бентонітом фторопласта полегшує припрацювання спряжених поверхонь. Коефіцієнт лінійного розширення фторопласта є значно більшим а ніж бронзи. При підвищенні температури контактуючих поверхонь відслідковуємо наступне: в процесі тертя фторопласт при розширенні виходить з пор, це приводить до збільшення товщини полімерної плівки, що покращує умови змащення і відповідно знижує теплову напруженість контакту.

У випадку, коли подача фторопласту в зону тертя недостатня, то гранули бронзового порошку виділяють легкоплавку складову, яка досить інтенсивно поглинає тепло при розплавленні та відповідно забезпечує додаткове змащування.

Відомі американські та англійські фірми виготовляють подібні матеріали слідуючих марок: DP, DU, DQ [10]. Матеріал марки DP має сталюну основу, на яку нанесений шар бронзи (89 % міді та 11 % олова), що спечена способом порошкової металургії та розташованого в порах фторопласта. Матеріал марки DU відрізняється від марки DP тим, що пори заповнені фторопластом, наповненим свинцевим порошком (20 %), що дозволяє значно збільшити допустиме навантаження у вузлі тертя ( в 3 – 3.5 рази).

Мала товщина поверхневого шару (10–20 мкм) є одним з недоліків каркасних стрічкових фторопластових матеріалів з металевою основою, так як виключається можливість механічної обробки втулок з цих матеріалів і зменшується термін експлуатації.

Окрім того, металополімерні вузли тертя є чутливі до змін температури, внаслідок різниці в термічних коефіцієнтах розширення компонентів полімера, що може привести до заклинення пари тертя. Необхідно верхню температуру

					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

експлуатації металополімерних елементів обмежувати допустимою на протязі заданого часу деформацією.

Перспективними вважають антифрикційні матеріали, які армовані політетрафторетиленовими волокнами [11,12]. Міцність на розтяг цих волокна в 25 разів більша у порівнянні з чистим фторопластом. Чистому фторопласту також властива низька теплопровідність, висока вартість цих волокон обмежує їх застосування.

З ціллю підвищення теплопровідності, а також механічних характеристик матеріали фторопластові армують вуглецевими волокнами [13]. Ряд іноземних фірм випускають графітові волокна з сумішшю, що містить високомолекулярний фторид графіту (5–45 об. %) та фторопласт [14]. Така композиція здатна до самозмащування при температурі до 385 °С, а коефіцієнт тертя в залежності від навантажень та швидкості ковзання зменшується до 0,1.

Перспективними напрямками є створення композитів триботехнічних багатоцільового призначення на основі фторопласту з використання полімер-олігомерних матриць та принципу модифікування багаторівневого [14]. При виготовленні таких матеріалів використовують активовані наповнювачі, що піддані дії коронного розряду. А для одержання полімер-олігомерних матриць застосовують механічно активовані суміші дисперсного та поверхнево активованого фторопласту. Іще кращий ефект спостерігається при введенні до складу композиту нанодисперсних компонентів, розміри яких у межах 3–10 нм. В даному випадку активність нанонаповнювачів залежить від структурних параметрів та розмірів частинок [15].

Проведені порівняльні дослідження показали, що термопласти, які містять у своєму складі вуглецеві та скляні волокна, мають кращі механічні, теплофізичні та антифрикційні властивості в порівнянні з термопластами, які армовані скловолокном. Наприклад, карбопластики виявилися більшими за модулем згину в 2 рази, мають в 2-3 рази меншу теплопровідність та демонструють у 2 рази меншу деформацію при впливі умов повзучості [5,6]. Тому, це послужило мотивацією для

					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

проведення досліджень щодо властивостей самозмащувальних матеріалів, які базуються на фторопластах і містять наповнювачі з вуглецевих волокон. [5,6].

Виконуючи аналіз результатів фізико-механічних досліджень фторопластових антифрикційних матеріалів можна стверджувати, що розроблений ХНУ матеріал Ф4ВВ20 переважає за механічними характеристиками антифрикційні матеріали, що випускаються фірмами ближнього зарубіжжя в 1,5–3 рази (Таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 – Фізико-механічні характеристики антифрикційних матеріалів на основі фторопласту-4

Фізико-механічні показники	Марка композиційного матеріалу				
	Ф4ВВ20	Ф4К20	Ф4К15М5	АФГМ	АФГ-80ВС
Густина, кг/м <sup>3</sup> , ·10 <sup>3</sup>	1.85	2.12–2.15	2,19	2,1	2,05–2,15
Міцність, МПа при розтягу при згині при стискуванні	25,5 31,5 35 (при деформації 10%)	12,3 11–14 21,3	13,2 - 18,8	- 10–15 15,0	- - 11,0
Відносне видовження, %	10	100	110	100–150	-
Твердість за Брінелем, МПа	-	40–50	60,0	60,0	40,0
Модуль пружності при стискуванні, МПа	1350 (при згині)	620 (при розтягу)	-	700–1000	600–900

Порівняння за антифрикційними властивостями матеріалу Ф4ВВ20 з закордонними показали, що вони переважають їх за зносостійкістю в 3–5 разів (Таблиця 1.2) [6].

Таблиця 1.2 – Антифрикційні властивості композитів на основі фторопласту-4\*

					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Назва матеріалу	Інтенсивність лінійного зносу, $\times 10^{-10}$	Коефіцієнт тертя	Середнє арифметичне відхилення профілю поверхні металу, мкм	
			до тертя	після тертя
Ф4К20 (пресований)	9,0	0,35	0,21	0,06
«Гарлок» (США)	13,2	0,267	0,24	0,24
«Меркель» (Німеччина)	18,0	0,268	0,21	0,85
«Іельнардт»	14,0	0,293	0,22	0,23
Ф4К20 (екструзійний)	13,2	0,301	0,20	0,30
Ф4ВВ20	6,8	0,297	0,20	0,12

\*Умови випробувань: питоме навантаження 3МПа, швидкість ковзання 1,1 м/с, шлях тертя 50 км, температура поверхні тертя 373 К, контртіло сталь 45 (НВ=4520 МПа), радіус тертя зразків 0,016 м, коефіцієнт взаємного перекриття зразків 0,19, середнє арифметичне відхилення профілю поверхні композиту 1,2 мкм.

Фізико-механічні характеристики поліетилену-В представлені в таблиці 1.3

Таблиця 1.3 – Основні фізико-механічні характеристики поліетилену-В

Густина, г/м <sup>3</sup>	0,950-0,960
Температура плавлення, °С	128-135
Показник текучості розплаву, г/10хв	0,1-22
Руйнуюче напруження при розтягу, кгс/см <sup>1</sup>	300-470
Відносне видовження при розриві, %	600-1300
Модуль пружності при згині, кгс/см <sup>2</sup>	6800-7500
Границя текучості при розтягу, кгс/см <sup>1</sup>	240-340
Ударна в'язкість з надрізом, кгс·см/см <sup>1</sup>	7-170
Стійкість до розтікання, год	20-100
Діелектрична проникність, не більше при 10 <sup>6</sup> Гц	2,4
Тангенс кута діелектричних розсіювань, не більше при 10 <sup>6</sup> Гц	(2-5) · 10 <sup>-4</sup>

Проаналізувавши ці дві таблиці, можна чітко побачити всі переваги карбопластика

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	
					23	

Ф4ВВ20 над базовим матеріалом поліетиленом-В. Тому доцільно рекомендувати його для застосування в якості сухаря та втулок важеля рульового керування автомобіля.

#### 1.1.5 Постановка задачі на відновлення та підвищення зносостійкості

**Мета роботи** полягала в тому, щоб, виходячи з аналізу умов роботи та видів зношування сухаря і втулок маятникового важеля рульового керування автомобіля, розробити метод підвищення зносостійкості вузла тертя та перевірити на лабораторних установках працездатність базового матеріалу та антифрикційного полімерного матеріалу Ф4ВВ20.

**Об'єкт дослідження:** сухар і втулки маятникового важеля рульового керування автомобіля.

**Предметом досліджень** є зносостійкість базового матеріалу і карбопластика Ф4ВВ20.

#### **Основні завдання дослідження:**

1. Дослідити умови роботи пар тертя кульовий палець – сухар і палець – втулка маятникового важеля рульового керування автомобіля.

2. Виконати аналіз роботи та видів зношування сухаря і втулок маятникового важеля рульового керування автомобіля. Опанувати технологію технічного обслуговування та поточного ремонту агрегату та вузла тертя.

3. Опанувати технологію виготовлення лабораторних зразків і втулок маятникового важеля рульового керування автомобіля з фторопластового карбопластика Ф4ВВ20 та технологію пресування втулки маятника з буртиком та розміром без додаткової механічної обробки.

4. Розробити методику і виконати стендові дослідження зносостійкості антифрикційних матеріалів сухаря та втулок маятникового важеля рульового керування автомобіля.

2 Технологія технічного сервісу та поточного ремонту агрегату і вузла тертя

					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

## 2.1 Систематизація видів несправностей

Ефективне керування автомобілем залежить від належної роботи рульового механізму, який є важливим засобом управління. Бездоганна функціональність та надійність рульового механізму є ключовими для забезпечення безпеки на дорозі та захисту життя всіх учасників руху.

Важливою складовою цілісності рульового механізму є втулки маятника. Несправність кріплення маятникового важеля може призвести до ряду негативних наслідків, таких як вільний хід керма, ускладнене керування, виникнення шумів або стуків в рульовому механізмі, нестабільність автомобіля та навіть самовільні коливання передніх коліс.

Перелік можливих неполадок рульового управління, їх причини та методи усунення наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Причини несправностей та їх усунення

Причини несправностей	методи усунення
Збільшений люфт рульового колеса	
Ослаблення болтів кріплення рульового механізму	Затягнути болти
Ослаблення гайок кульових пальців рульових тяг	Перевірити та затягнути гайки
Збільшений зазор в кульових шарнірах	Замінити рульові тяги або їх наконечники
Великий зазор між віссю маятникового важеля та втулками	Замінити втулки або кронштейн в зборі
Збільшений зазор в підшипниках черв'яка	Відрегулювати зазор

Продовження таблиці 2.1

					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Туге обертання рульового колеса	
Деформація деталей рульового приводу	Замінити деформовані деталі
Перетяжка регулювальної гайки осі маятникового важеля	Зменшити затяжку гайки
Пошкодження деталей кузовних шарнірів	Перевірити та замінити пошкоджені деталі
Відсутність мастила в картері рульового механізму	Перевірити та долити мастило. При необхідності замінити сальник
Причини несправностей	Способи усунення
Шум ( стукіт) в рульовому управлінні	
Збільшений зазор в підшипниках ступиць передніх коліс	Відрегулювати зазор
Збільшений зазор між віссю маятникового важеля та втулками	Замінити втулки або кронштейн в зборі
Ослаблення регулювальної гайки осі маятника	Відрегулювати затягування гайки
Ослаблення болтів кріплення рульового механізму або кронштейну маятникового важеля	Перевірити та затягнути гайки болтів
Ослаблення гайок кульових пальців поворотних важелів	Затягнути гайки
Самовільне кутове коливання передніх коліс	
Ослаблення гайок кульових пальців рульових тяг	Перевірити та затягнути гайки
Ослаблення болтів кріплення рульового механізму або кронштейну маятникового важеля	Перевірити та затягнути гайки болтів

Продовження таблиці 2.1

					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Порушення зазору в зачепленні роликів з черв'яком	Відрегулювати зазор
Погана стійкість автомобіля	
Послаблення болтів кріплення рульового механізму або кронштейна маятникового важеля	Перевірити і затягнути гайки болтів
Надмірний зазор в кульових шарнірах рульових тяг	Замінити наконечники або рульові тяги
Причини несправностей	Способи усунення
Деформовані поворотні кулаки або важелі підвіски	Перевірити кулаки і важелі; деформовані деталі замінити

## 2.2 Технологія поточного ремонту рульового управління

### 2.2.1 Знімання і розбирання

При знятті рульового механізму з автомобіля для регулювання, а також один раз в 5 років рекомендується міняти мастило.

Для зливу мастила з картера рульового механізму рекомендується розкрутити болт 18 або послабити всі болти, що кріплять передню кришку. Для прискорення процесу зливу можна відкрити мастильну наливну пробку і вилити мастило, коли воно ще гаряче. Бажано безпосередньо після поїздки. Якщо виявлено ознаки витоку мастила, після усунення несправності рекомендується додати у картер нове мастило до рівня, який знаходиться приблизно на 15 –20 мм нижче від краю наливного отвору.

Стан рульового управління можна вважати нормальним, якщо автомобіль має стабільну поведінку на дорозі, немає відчуття підвищеного передавання дорожніх ударів на кермо, а також відсутні стуки в рульовому механізмі та рульовій тязі. Однак, важливо враховувати, що вільне переміщення (називають

					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

люфт) обода рульового колеса не повинно перевищувати 10 мм або близько 5° для забезпечення оптимальної роботи системи. Під час перевірки вільного переміщення рульового колеса передні колеса автомобіля мають бути в положенні, коли автомобіль рухається прямо. Рульове колесо слід повертати легкими рухами вправо та вліво так, щоб передні колеса залишалися нерухомими. Величина вільного переміщення вимірюється на ободі рульового колеса.

Ця перевірка допомагає визначити стан рульового механізму та вірність його налаштування. Проте варто враховувати, що вільне переміщення рульового колеса може збільшуватися через наявність люфтів у шарнірах рульової тяги або внаслідок ослаблення кріплень рульового механізму до рами, сошки на валу та кульових пальців, які кріпляться до ричагу. Перед перевіркою потрібно усунути усі несправності, підтягнути кріплення, які ослабли, усунути люфти в шарнірах тяги.

Шарніри рульової тяги є важливими компонентами конструкції та потребують ретельного обслуговування. Особлива увага має бути зосереджена на перевірці ущільнювачів рульової тяги. Якщо ущільнювачі пошкоджені, вони повинні бути негайно замінені.

Щоб додати мастило в шарніри без зняття рульової тяги з автомобіля, слід виконати такі кроки: очистити шарнір від бруду, розшпінтувати його, відкрити заглушку, вийняти опорну п'ятку та пружину. Далі в корпус шарніра треба додати 2–3 кубічних сантиметри рекомендованого мастила. Натискаючи на кінець тяги біля змащованого шарніру вгору, створюємо зазор між кульовим пальцем та опорною поверхнею корпусу шарніра. Потім необхідно закрутити заглушку до упору, щоб мастило пройшло під ущільнювач шарніра. Повернути заглушку, встановити опорну п'ятку й пружину на місце, зашпінтувати заглушку і відрегулювати шарнір за наступними вказівками. Після пробігу автомобіля перших 1000 км необхідно перевіряти затягування болтів, а також гайок кріплення картера рульового механізму. Далі перевірити кріплення сошки, хомутів регулювальної тяги, маятникового важеля та кульових шарнірів. Не видаляючи

					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

шплінта, проводять перевірку затягування зашплінтованих гайок. Коли гайка не зміщується з місця, то підтягати її непотрібно.

Використання автомобіля з зазорами (люфтами) в кульових шарнірах рульової тяги є неприпустимим. Для виявлення вільності (люфту) в шарнірах рульової тяги потрібно невеликими поштовхами рухати тягу вздовж осі кульового пальця кожного шарніра. Прикладаючи пальці до шарніра та важелів або тяги, легко виявити навіть мінімальний люфт у шарнірі. Важливо усвідомлювати, що різкі похитування рульового колеса вправо і вліво можуть не виявити люфт в шарнірах. Навіть при мінімальному відчутному люфті в шарнірах необхідно вжити заходів для їх налаштування або заміни.

Під час різкого похитування рульового колеса вправо і вліво виявляється рух (люфт) кульових пальців у конічних гніздах тяги або важелів. Навіть мінімальний рух пальця у своєму гнізді є неприпустимим. Тому слід оцінити ступінь зносу конічних поверхонь кульового пальця і гнізда, а тільки після цього або затягнути та зашплінтувати гайку пальця (якщо деталі не мають значного зносу), або замінити їх новими. Встановлення зношених деталей на автомобіль є недопустимим.

Гайки кульових пальців, гайки кріплення поворотного важеля до кулака та гайки пальця маятникового важеля слід затягувати в наступній послідовності: спочатку гайку слід затягнути попередньо з моментом 4-5 кг·м, а потім докрити до найближчого збігу прорізу гайки з отвором під шплінт для пальця і зафіксувати шплінтом. Недопустиме перекручування гайки на більшу кількість прорізів або відворот гайки для вирівнювання прорізу з отвором в пальці. Опорна шайба 6 після затягування гайки 5 не мусить обертатися відносно гайки.

Якщо виявлено обертання шайби (при повороті керма вправо і вліво), слід перевірити, чи є сліди вироблення на шайбі від опорного бурту пальця. Якщо товщина вироблення перевищує 0,3 мм, шайбу необхідно замінити новою.

Якщо на передньому кінці маятникового важеля спостерігається люфт більше 4 мм, це може спричинити стукіт, який чути під час руху автомобіля. Цей люфт може виявлятися рухом тяги сошки вгору і вниз. У такому випадку

					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рекомендується замінити зношені металокерамічні та захисні гумові втулки на нові і затягнути гайку.

Перед збиранням втулок важливо змастити поверхню пальця, торець бобишки маятникового важеля та шайбу.

Якщо є помітний люфт в шарнірах, ступінь їх зносу можна визначити, виконавши такі дії: розшпінтувати різьбову заглушку, загвинчувати її в корпус до упору та перевірити розмір від торця до заглушки. У випадку, якщо ця відстань менше 5,5 мм, то шарнір потребує лише регулювання і може бути придатним для дальшої експлуатації. Якщо під час перевірки відстані від торця корпусу до заглушки виявлено, що ця відстань перевищує 5,5 мм, тоді варто вивернути заглушку, вийняти пружину, опорну п'яту та перевірити розмір від малої сфери пальця до торця корпусу. І якщо ця відстань більша або дорівнює 16 мм, то шарнір замінюють новим.

Правильно, якщо розмір не перевищує 16 мм. Тоді потрібно промити деталі шарніра, зібрати його, додати свіже мастило та відрегулювати, як вказано нижче. Важливо, щоб мастило було розподілене не лише між заглушкою і кульовим пальцем, але й між пальцем та ущільнювачем. Здорові ущільнювачі гарантують довгий термін служби шарнірів.

Регулювання двох крайніх шарнірів слід виконувати в такому порядку: спочатку загорнути заглушку до упору, потім відвернути її на один оберт та далі настільки, щоб проріз заглушки збігся з отвором у корпусі, і зашпінтувати цю позицію. При регулювання середніх трьох шарнірів рульової тяги та шарніра маятникового важеля необхідно дотримуватись наступного порядку: загорнути заглушку до упору, відвернути її на півоберту та далі до першого положення, у якому шарнір можливо зашпінтувати.

На підприємстві шарніри, а також нові шарніри, що поставляються в якості запчастин, зазвичай, регулюються наступним чином: різьбову заглушку завертають до упору, а потім відвертають до найближчого збігу прорізу заглушки з отвором в корпусі під шплінт, проте не більше, ніж на півоберту.

					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Необхідно негайно замінити новими гумовими ущільнювачами, які мають тріщини або розриви, щойно виявлено дефект. Шарніри з ущільнювачами, що пошкоджені, швидко зношуються. Так, важелі рульової трапеції і сошка можуть потребувати заміни у випадку механічних пошкоджень або якщо вони втратили свою цілісність або не можуть бути відремонтовані. Крім того, при необхідності правильної установки або вирівнювання шарніра щодо торця головки наконечника також може бути необхідна їхня заміна.

Правильне положення шарніра в тягах рульової трапеції є дуже важливим для належної роботи системи керування автомобілем. Шарнір повинен бути запресований в наконечники і тягу рульової трапеції таким чином, щоб велика вісь оvoidального отвору корпусу шарніра була направлена уздовж стрижня тяги. Допустиме відхилення зазвичай не повинно перевищувати 3°.

Щодо головки маятникового важеля, шарнір також має бути запресований упоперек площини, що проходить через осі пальця і отвору під шарнір. Допустиме відхилення зазвичай не повинно перевищувати 6°.

Зняття захисного гумового ущільнювача перед запресовкою шарніра є важливою процедурою для забезпечення належної установки нового шарніра. Зазвичай, у комплекті з новим шарніром постачається захисний гумовий ущільнювач, який містить в собі мастило високої якості. Це мастило відповідає за змащення шарніра та забезпечення його нормальної роботи, тому важливо зберегти його повністю.

Під час запресування шарніра необхідно уникати потрапляння бруду або інших забруднень як в шарнір, так і в ущільнювач. Це допоможе уникнути проблем з роботою шарніра та забезпечить тривалість його служби. Ущільнювач наконечника тяги може бути напресований на виступ головки наконечника за допомогою втулки з внутрішнім діаметром 41 мм та довжиною 50 мм.

Після запресування шарніра та його регулювання необхідно вставити в корпус шарніра шплінт, який фіксувати заглушкою.

Зазвичай, при виявленні проблем із зносом або пошкодженням деталей рульового управління рекомендується не виправляти або не ремонтувати їх, а

					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

замінити на нові, оригінальні або якісні аналоги. Це допоможе забезпечити безпечну експлуатацію автомобіля та уникнути можливих небезпек на дорозі.

Черв'як рульового механізму не підлягає ремонту і потребує заміни разом із валом у разі появи вм'ятин, тріщин або викошування на поверхні нитки, також у випадку значного зносу нитки загартованого шару у формі раковин.

Якщо на поверхні нитки ролика валу сошки виявлено раковини, вм'ятини або тріщини, які впливають на плавність роботи рульового механізму, цей ролик також не підлягає ремонту, а потребує заміни. Крім того, якщо в кулькових підшипниках або в посадці на осі утворився люфт, рекомендується також замінити ролик разом із валом сошки.

Якщо необхідно замінити лише ролик, виконують наступні дії: розсвердлюють головку або, видаляють її за допомогою наждачного круга, вибивають вісь та демонтують старий ролик. Після цього встановлюють новий ролик. Якщо необхідно закріпити ось на валу сошки, її можна зробити за допомогою електрозварювання з боку видаленої головки, але це має виконуватися після ретельної зачистки наплавів металу. При цьому важливо уникати перегріву ролика, охолоджуючи його безпосередньо, щоб уникнути його пошкодження.

Вал сошки рульового механізму, як правило, не потребує ремонту. Зазвичай, заміна його відбувається лише при скручуванні шліців, а також при пошкодженні різьблення на хвостовику або при зносі поверхонь та опорних стінок пазу, де розташований ролик.

Картер рульового механізму може потребувати заміни або ремонту, якщо його посадочна поверхня під передній конічний підшипник зазнала зносу або пошкоджень. У таких випадках необхідне розточування посадочної поверхні для створення правильної поверхні для нового підшипника. І якщо діаметр цієї посадочної поверхні перевищує 58,12 мм, необхідно запресувати спеціальну ремонтну сталеву втулку для стабільної посадки під підшипник.

Ремонтну втулку потрібно розточувати так, щоб її посадочна поверхня була концентрична з поверхнею під задній конічний підшипник до досягнення розміру 58 мм.

					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Якщо потрібно виправити осьовий люфт черв'яка, то конічні підшипники можуть бути замінені новими, якщо необхідно видалити всі регулювальні прокладки та залишити лише ущільнювач, або у випадку пошкодження робочих поверхонь зовнішніх кілець та роликів.

Після аварійного наїзду правим колесом автомобіля на яку-небудь перешкоду, маятниковий важіль з пальцем може викривитися. Якщо розмір А, зображений на рисунку 2.3, перевищує 1–4 мм, необхідно замінити маятниковий важіль новим. Цю перевірку можна здійснити без видалення важеля з автомобіля.

При зібранні рульового механізму необхідно розмістити в картер рульовий вал з черв'яком та підшипниками. Виконуючи це, торець заднього роликового підшипника має упиратися в торець кришки. У протилежному випадку, якщо не здійснити заміну маятникового важеля, підшипник може зсунутися під час експлуатації автомобіля, що може призвести до порушення регулювання механізму.

Виконуючи підбір кількості прокладок 16 під передньою кришкою маємо можливість відрегулювати попередній натяг роликових підшипників таким чином, щоб осьове переміщення валу було повністю відсутнє, а вал обертався при додатковому моменті 4–8 кгс·м, який відповідає зусиллю 0,2–0,4 кгс на ободі рульового колеса. Після затягування болтів необхідно перевіряти зусилля передньої кришки.

Щоб прискорити підбір попереднього натягу рекомендується з кількості прокладок, які були встановлені до розбирання, необхідно на початку видалити одну товсту прокладку. Товсті прокладки мають товщину 0,25 мм, а тонкі – 0,12 мм. Далі потрібно встановити гвинт для регулювання на вал маятника, а також розташувати вал сошки з роликом та верхню кришку.

Провертаючи регулювальний гвинт спеціальним ключем, відрегулювати зчеплення ролика з черв'яком таким чином, щоб зазор був відсутній в середньому положенні. Зусилля на ободі, при правильно відрегульованому рульовому механізмі, для повороту рульового колеса в середньому положенні повинно бути 1,2 кгс.

					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Шестигранну порожнину регульовального гвинта заповнюють мастилом Літол. Розташувати стопорну шайбу та затягнути туго колпачкову гайку. Місцерозташування рульового механізму виконується в порядку, зворотньому зняттю. В даному випадку, якщо рульова колонка не знімалася з автомобіля, то рульовий механізм розташовують на рамі та закріплюють чотирма болтами; приєднують нижній рульовий вал до сполучної муфти за його фланець, використовуючи шпильки та гайки. Після тугого затягування гайки закріплюють стопорними пластинами. Болти кріплення картера рульового механізму затягуються до рами моментом 5–6 кгс·м. Далі необхідно надіти сошку, пружинну шайбу та повернути гайку моментом 12–15 кгс·м.

При монтуванні рульового колеса необхідно стежити за тим, щоб дріт струмознімача проходив через квадратний отвір в середину рульового колеса, а кришка стрижня струмознімача в скидачі покажчика повороту потрапила у верхній паз на торці маточини рульового колеса. Для забезпечення правильного положення рульового колеса важливо, щоб воно було поставлене відповідно до раніше зроблених міток на торцях валу та маточини.

Якщо при розбиранні не були зроблені мітки на торцях валу та маточини, то рульове колесо необхідно монтувати наступним чином: в довільному положенні вставити рульове колесо на шліці валу, повернути рульове колесо за годинниковою стрілкою до упору сошки в лонжерон, порахувати кількість обертів рульового колеса при повороті проти годинникової стрілки до упору сошки в лонжерон, визначити половину кількості обертів рульового колеса і на це число обертів повернути його за годинниковою стрілкою, зняти рульове колесо і шліці валу та розташувати його таким чином, щоб спиця прийняла горизонтальне положення.

Виконувати затягування гайки кріплення рульового колеса потрібно моментом 6–8 кгс·м.

Для від'єднання маятникового важеля від шарнірних пальців середньої і бокової правої тяг необхідно спочатку зняти шарові пальці з гнізд важеля за допомогою зйомника А.47052 (див. рисунок 2.1), розшпінтувавши їх та

					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

викрутивши гайки. Після цього відкручують болти, які кріплять кронштейн до лонжерона, і знімають його.

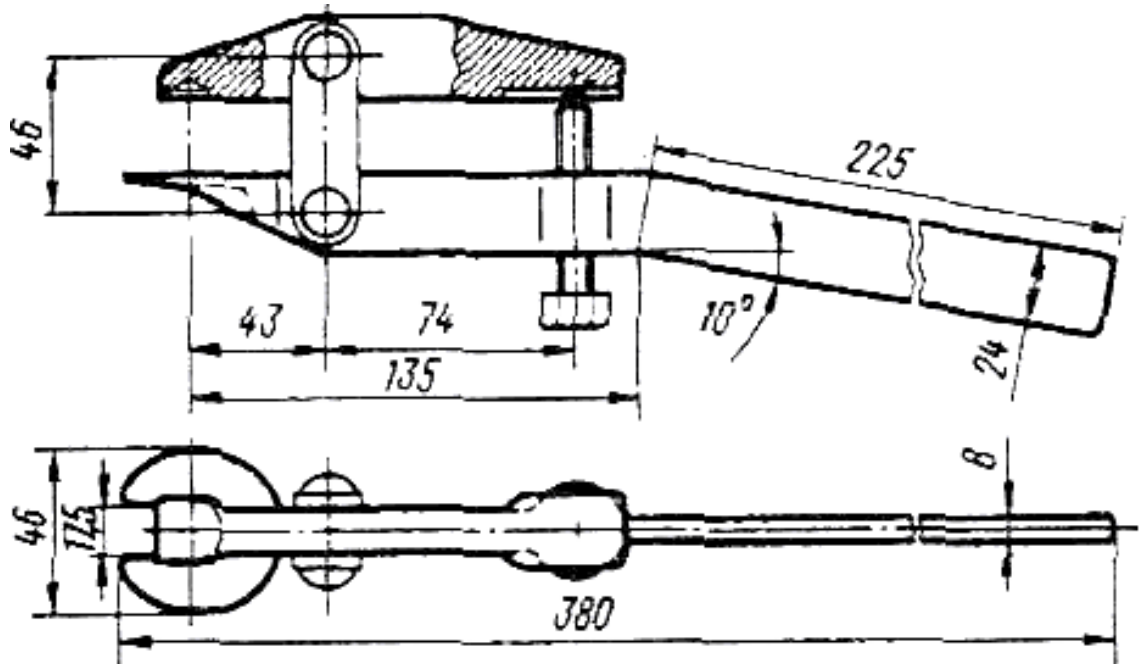


Рисунок 2.1— Зйомник шарових пальців рулевих тяг

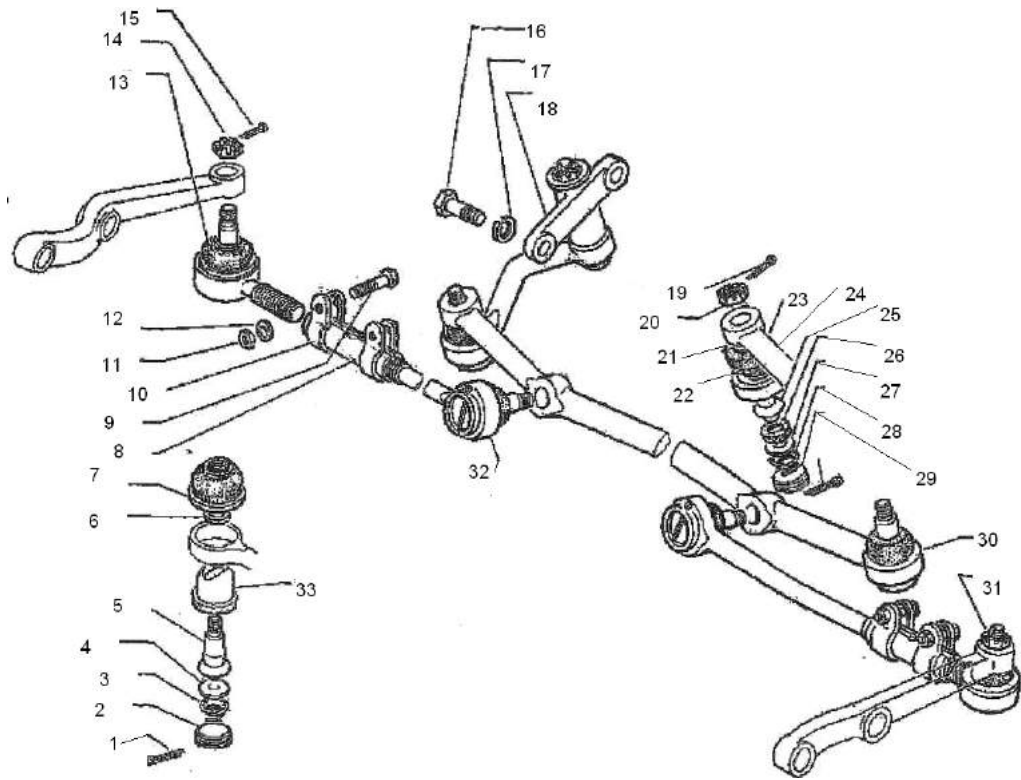
Для розбирання процес виглядає так: спочатку закріплюють кронштейн в лещатах, після чого виймають шплінт, відкручують гайку. Наступний крок – зняття шайб, після чого розбирають маятниковий важіль в зборі з віссю, шайбою та гайкою. Потім продовжують, знімаючи ущільнювачі і випресовуючи втулки. Наявність зазору в зчепленні ролика та черв'яка перевіряють покачуючи сошку.

Провертаючи рульове колесо на  $30^\circ$  в протилежні сторони від нейтрального положення зазору, послаблюють гайку регулюючого гвинта і, піднявши стопорну шайбу, прокручують регулюючий гвинт до усунення зазору (рисунок 2.2). Дуже сильно затягувати регулюючий гвинт не рекомендовано. Далі, утримуючи регулюючим гвинтом, викруткою необхідно затягнути гайку.

У випадку, якщо сошка не має вільного ходу, виконують з'єднання з нею пальці кульових шарнірів та провіряють зусилля повороту рульового колеса.

Якщо зусилля повороту перевищує 25 кгс, потрібно послабити регулюючий гвинт.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ				35



1 – гайка; 2 – шплінт; 3 – тяга сошки рульового управління в зборі; 4 – болт;  
 5 – шайба; 6 – важіль маятниковий в зборі; 7 – шайба; 8 – втулка; 9 – втулка захисна; 10 – кронштейн; 11 – ущільнювач; 12 – втулка; 13 – корпус шарніру; 14 – палець; 15 – важіль; 16 – вал; 17 – сухар; 18 – п'ята; 19 – пружина; 20 – заглушка; 21 – шплінт; 22 – тяга сошки рульового управління; 23 – шарнір рульової трапеції; 24 – тяга рульової трапеції з наконечником та регулюючою трубкою в зборі; 25 – тяга рульової трапеції в зборі; 26 – ущільнювач з обіймою в зборі; 27 – втулка; 28 – тяга; 29 – наконечник тяги в зборі; 30 – наконечник; 31 – гайка.

Рисунок 2.2 – Загальна схема розбирання механізму

### 2.2.2 Дефектація деталей

Після розбирання важливо перевірити стан втулок осі маятникового важеля та саму вісь. Якщо вони мають овальну форму чи будь які пошкодження, рекомендується їх замінити. Окрім цього, слід перевірити маятниковий важіль на наявність деформацій. Якщо вони присутні, то рекомендується замінити його.

									Арк.
									36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ				

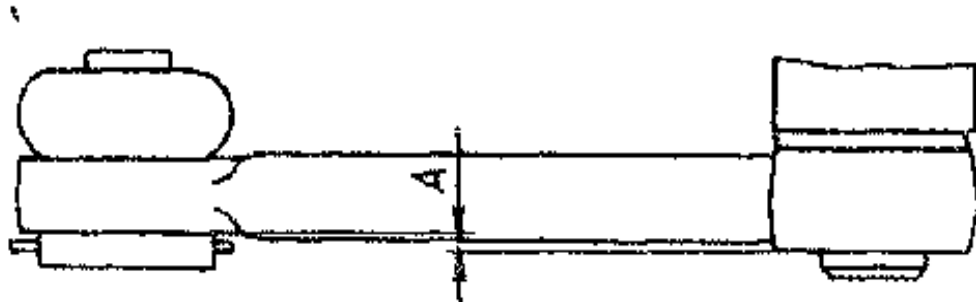


Рисунок 2.3 Маятниковий важіль з дефектом

Так, маятниковий важіль може пошкодитися у результаті аварійного наїзду на перешкоду. Якщо розмір (А), що вимірюється, перевищує 4 мм, це може свідчити про погнутість важеля. У такому випадку рекомендується замінити пошкоджений маятниковий важіль новим, оскільки погнутий важіль може вплинути на коректну роботу системи підвіски та безпеку руху автомобіля (рисунок 2.3).

### 2.2.3 Збирання і встановлення

Перед збиранням рекомендується змащувати втулки осі маятникового важеля та заповнювати простір між ними мастилом Літол-24. Порядок збирання кронштейна маятникового важеля відповідає оберненому порядку розбирання. Якщо була замінена вісь, гайку кріплення важеля рекомендується затягувати за допомогою динамометричного ключа для досягнення потрібного крутного моменту. Шайбу необхідно розмістити виступами вверх.

Після затягування гайки, маятниковий важіль у горизонтальному положенні повинен бути стійким і не повинен обертатися під власною вагою. Зазвичай, важіль повертається під дією легкого тиску (1–2 кгс), який прикладають на його кінець. Якщо гайка була затягнута занадто сильно, так що важіль не повертається або повертається дуже важко, рекомендується послабити гайку, підняти шайбу 6 і затягнути гайку, дотримуючись необхідного крутного моменту.

						ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			37

Далі проходить закріплення кронштейна на лонжероні кузова болтами, які мають самоконтрящі гайки та плоскі шайби, з'єднують шарові пальці тяг з маятниковим важелем.

Такі прогресивні методи підвищення зносостійкості, як напилення та наплавлення не можливо використовувати при підвищенні зносостійкості втулок маятника, так як втулки є пластмасові. З ціллю підвищення стійкості до зношування втулок маятника рекомендується застосувати заміну основного матеріалу на більш зносостійкий. Доцільним буде використання композиційного матеріалу Ф4ВВ20.

					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3 Технологія відновлення та підвищення зносостійкості деталей вузла тертя

#### 3.1 Обґрунтування вибору методу відновлення деталі

Водії автомобіля ГАЗ 24 вказують, що недоліком є туге рульове управління.

Суттєву роль у цьому відіграє маятник, втулки ковзання в якому використовують поліетиленові. Коли втулки є новими, вісь важеля переміщується досить напружено, перетворюючи автомобіль на щось схоже на тренажер. Проте в процесі навантаження відбувається зношування втулок, швидко з'являється люфт в рульовому управлінні.

Цю проблему можливо рішення, замінюючи пластикові втулки підшипниками голчастого типу. Для установки їх на токарному верстаті з обох боків корпусу маятника виконують розточування посадкових отворів. Під час цього процесу товщина стінок зменшується на 1 міліметр, що загалом знижує запас міцності його корпусу.

Після цього з пластикових старих втулок обрізають фланці, які далі будуть виконувати функції ущільнюючих шайб. Для полегшення процесу змащення корпусу важеля потрібно просвердлити отвір і нарізати різьбу для встановлення засобу для нанесення мастила.

Деякі автомобільні підприємства використовують недорогі кулькові підшипники для комплектації маятників, але ці підшипники не витримують великого навантаження, що призводить до дуже обмеженого ресурсу роботи такого маятника.

Доречно відмітити, що законодавство нашої держави дозволяє модернізацію рульового управління лише після отримання дозволу на неї в органах сертифікації. У іншому випадку можуть виникнути проблеми під час проходження технічного огляду або під час експертизи після дорожньо-транспортної пригоди.

Враховуючи вищевказане та аналізуючи характеристики маятників, представлених для продажу, приходимо до висновку, що найбільш раціональним методом підвищення стійкості до зношування втулок маятника важільного

					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

рульового керування автомобіля є заміна матеріалу поліетилену-В на більш зносостійкий композиційний матеріал Ф4ВВ20 (таблиця 3.1).

Таблиця. 3.1 – Характеристика дослідних матеріалів

Тип маятника	Вартість, грн	Середній ресурс тис. км
Заводський з втулками	60-65	80-100
З неоригінальними втулками	25-30	5-10
З кулькопідшипниками	35-40	10-15
З голчастими підшипниками	50-60	30-40

Композиційні матеріали на основі фторопласту-4 широко використовуються в спеціальному машинобудуванні для виготовлення деталей вузлів тертя та ущільнень у вакуумній та компресорній техніці, системах транспорту та конструкціях, які експлуатуються при низьких температурах навколишнього середовища. Вони також використовуються у конструкціях технологічного устаткування хімічних виробництв. Для досягнення визначених експлуатаційних характеристик до складу політетрафторетилену (ПТФЕ) додають порошкоподібні та волокнисті наповнювачі, а також різноманітні модифікатори з різною структурою та розміром частинок. Це можуть бути металеві порошки, оксиди, силікати, скляні та базальтові волокна, кокс, графіт і т. д.

Отримані унікальні композиційні матеріали забезпечують надійне ущільнення рухомих і нерухомих з'єднань, мають високу стійкість до руйнування під впливом агресивних середовищ і відмінну стійкість до зношування при роботі трибосистем без необхідності застосування змащувальних матеріалів або за умов обмеженого їх використання. Аналізуючи основні розробки композитів на основі ПТФЕ можна зробити висновок, що стратегія управління процесами тертя та зношування ґрунтується на створенні механічних перешкод для процесу деформації полімерної матриці в умовах одночасної дії радіальних і

тангенціальних навантажень.

Характеристики структури макромолекули ПТФЕ сприяють легкому зсуву поверхневих шарів зразка під час деформацій, що призводить до низького опору ковзання та зменшує знос при експлуатації виробів з ПТФЕ без застосування мастила. Введення різноманітних наповнювачів та модифікаторів до складу полімерної матриці створює значні бар'єри для взаємного переміщення молекулярних агрегатів у матеріалі. Це суттєво підвищує стійкість композиту до зношування, у деяких випадках – на кілька рівнів. Важливу роль в цьому відіграє не тільки хімічний склад та рівномірність розподілу модифікатора, але й міцність зв'язку між матрицею і наповнювачем. Отже, практично будь-які наповнювачі з вищою міцністю, ніж матриця ПТФЕ, значно підвищують стійкість до зношування наповненого матеріалу на основі ПТФЕ.

При виборі модифікатора для політетрафторетиленової матриці важливо враховувати його власні триботехнічні характеристики. Виходячи з цього, рекомендовано застосовувати модифікатори, що відповідають властивостям сухих мастил, це: графіт, дисульфід молібдену, кокс, солі жирних кислот. Використання традиційних антифрикційних наповнювачів у багатьох випадках гарантує досягнення необхідних експлуатаційних властивостей. Композити, такі як Ф4К20, Ф4К15М5, АФГМ, Ф40Г20 та подібні, широко застосовуються в галузі машинобудування.

У той же час, матеріали подібного типу характеризуються відносно низькими показниками міцності, зокрема, ударною в'язкістю. Це обмежує їхні можливості в експлуатації в галузі машинобудування. Значне покращення комплексу фізико-механічних та триботехнічних властивостей було досягнуто завдяки використанню в якості наповнювачів дисперсних відрізків вуглецевих волокон, таких як "Урал", а також тканин, наприклад: "УТМ-8", "Текарм", "Хортиця" та їх аналогів.

3.2 Комплект карт технологічної документації для виготовлення деталей з матеріалу Ф4ВВ20

					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.2.1 Підготовка сировини

Початкова стадія підготовки вуглецевої тканини.

Перед розтинанням вуглецевої тканини УТМ-8 або Текарм необхідно зняти її упаковку та очистити поверхню за допомогою м'якої тканини. Рулон, який має бути розрізаний, розміщують на столі та ножем виконують розкрій рулону на шматки шириною 20–30 мм. Допускається використання паперово-ріжучої машини БР-72 для цієї операції.

Грубе подрібнення вуглецевого волокна.

Вуглецеву тканину подрібнюють за допомогою молоткової дробарки КДУ-2 "Україна". Цей пристрій має транспортер, що постачає шматки вуглецевої тканини до пристрою для першого різання. Після цього, шмекер переміщує їх до системи рухомих ножів апарату для вторинного різання, де тканина зменшується до розмірів 0,1–0,2 мм. Далі, ця сировина проходить через решітку з отворами діаметром  $1 \pm 0,25$  мм та відокремлюється, після чого збирається в спеціальному приймачі. При сильному пилоутворенні дробарку зупиняють та виконують чистку сепаруючої решітки.

Щільність волокна при насипанні має бути не менша 50–160 кг/м<sup>3</sup>. У випадку невідповідності цьому показнику вуглецеве волокно готують заново.

Не допускається змішування вуглецевих тканин різних марок. При подрібненні іншої марки тканини подрібнювач має бути очищений механічним шляхом.

Подрібнювач КДУ-2 обладнаний шафою керування, де розташовано автоматичний захист від перевантаження пристрою для вторинного різання. Машину також комплектують коробкою зі станцією ПКЕ 622-2, клемним набором та вимикачем ВПК-2110. У випадку потрапляння металевих предметів, тканин або перевищення навантаження на пристрій для вторинного різання, шпилька переривається, а двигун відключається від мережі високої напруги. Кришки ріжучого барабану та пристрою для вторинного різання обладнані

					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електропусковою апаратурою, яка запобігає запуску машини у випадку, якщо кришки залишаються відчиненими. У разі потреби подрібнювач може бути вимкнено в будь-який момент натисканням кнопки зупинки або за допомогою рубильника, розташованого на шафі керування.

Змішування порошку фторопласт- 4 з наповнювачами.

Приготування фторопластових композицій Ф4ВВ20 виконується у дві стадії:

- подрібнення наповнювача до довжини вуглецевого волокна 200–300 мкм і якщо довжина волокна більша то процес повторюється;
- подрібнення композиції в млинку МРП-1М.

При застосуванні нового подрібнювача в технологію виготовлення композиційного матеріалу обмежується час подрібнення, це дозволяє отримувати потрібну довжину волокна та одночасно формувати композицію.

Подрібнення композиції в млині МРП-1М виконується в наступному порядку.

Складові композиції зважуються на технічних вагах та завантажуються в камеру розмелювання. Зачиняючи кришку млинка приводимо до герметизації камери розмелювання. Потім необхідно розмістити камеру на колонці приводу таким чином, щоб квадрат валика зайшов в щеплення з муфтою приводу, а у прорізи колонки приводу потрапили штифти нижнього циліндра. Далі камеру розмелювання провертають до зупинки на штифтах в прорізах. На таймері виставляємо час розмелювання, який повинен бути 4 хвилини і вмикаємо млин.

Змішування проводимо 2 рази, чергуючи камери. Загальний час подрібнення складає 6–7 хв. Через 12 хвилин роботи млинка, щоб не було перегріву втулки, виконують паузи для охолодження на 10 хвилин. В кінці, після виконаного подрібнення млинок в обов'язковому порядку очищають від залишків композиції.

Сушіння композиції.

Фторопластову композицію сушать при температурі  $150 \pm 10$  °С на протязі 4–8 годин на листах шаром не більше 25 мм. У випадку, коли властивості сушки не відповідають необхідним критеріям, здійснюють сушіння до й після рихлення. Між сушкою та пресуванням час не повинен перевищувати 2 години.

					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сушку композиції виконують у сушильній установці ДПГЮ 023.000. Дана установка має наступні блокування: відключення нагрівачів та відкривання заслінки в таких випадках: відсутність витяжної вентиляції, відкривання дверей сушильної камери, при температурі сушильної камери 170–180 °С.

Температура в сушильній камері вимірюється термопарою та записується на діаграмну стрічку.

Рихлення, або розпушування композиції.

Фторопластові композиції, які більше 10 годин пролежали і не були в роботі, перед пресуванням проходять стадію розпушування. Розпушування виконується на млині МРП-1М.

Зважування композиції.

Пресування фторопластових композицій Ф4ВВ20 виконується на гідравлічних пресах у сталевих формах. Щоб отримати точні розміри заготовок, при пресуванні застосовують вагове дозування. Вагове дозування виконують на настільних циферблатних вагах ВНЦ-2, які забезпечують точність зважування  $\pm 0,01$ кг. В залежності від величини наважки, зважування виконується в чашах різних розмірів. Чаша з композиціями повинна бути щільно закрита кришкою, щоб уникнути забруднення і поглинання композицією вологи.

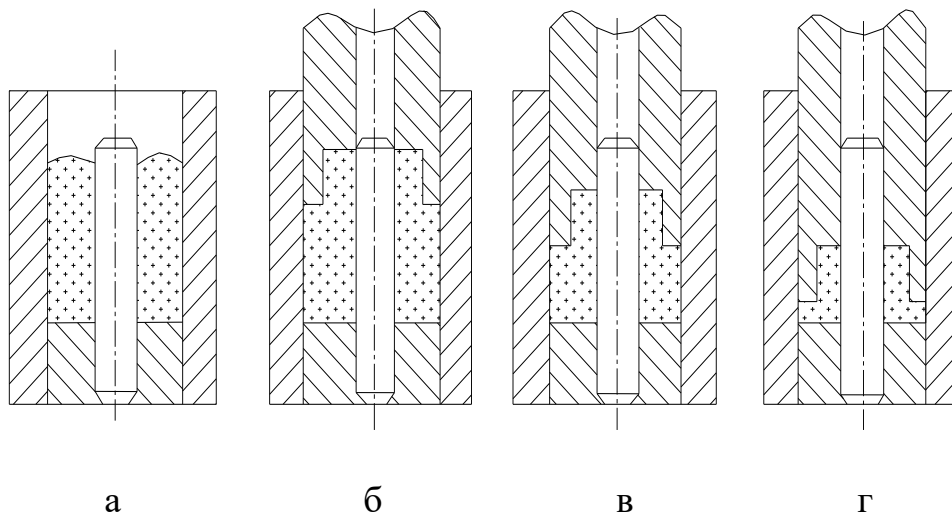
Пресування заготовок.

Пресування ступінчастих деталей в порівнянні з пресуванням гладких заготовок відрізняється тим, що матеріал Ф4ВВ20 не володіє властивістю текучості і пластичності при пресуванні. Перерозподіл об'ємів при пресуванні матеріалу Ф4ВВ20 приводить до порушення його цілісності, а також до появи в деталях сколів, тріщин, які стають видимі лише після спікання. При наявності ступінчастих бічних поверхонь деталей непридатні форми для пресування, які мають форму у вигляді глибоких виступів або канавок на торцевій поверхні пуансона (рисунок 3.1). В таких прес-формах при пресуванні матеріалу Ф4ВВ20 наважка (засипана між стержнем та матрицею) нерівномірно ущільнюється (рисунок 3.1 а). Матеріал починає ущільнюватися на початку процесу пресування на ділянці фланця майбутньої деталі (рисунок 3.1 б). При переміщенні пуансона

					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зростає нерівномірність щільності, частина матеріалу витісняється з ділянки фланця в стержневу частину заготовки, де менша щільність матеріалу (рисунок 3.1 в). В кінці пресування щільність стержня заготовки збільшується, так як проходить витіснення матеріалу із зони фланця (рисунок 3.1 г). Пресування в прес-формах за цією схемою показало, що заготовки на ділянці фланця пере пресовані, блискучого чорного кольору (рисунок 3.1). А чим світліша заготовка, тим менша щільність її і тим нижчі експлуатаційні та механічні характеристики.

В період пресування, коли у фланці щільність матеріалу досягає граничного значення, на ділянці входу стержня втулки у фланець утворюється скол стержневої частини відносно матриці. Поверхня сколу розміщена відносно напрямку пресування під кутом  $45^\circ$ . Сам скол чітко фіксує сило вимірювач пресу. При цьому зусилля пресування падає, а потім скачкоподібно зростає. Порушення монотонності росту зусилля пресування свідчить про руйнування заготовок. Спресовані за цією методикою ступінчасті деталі починають інтенсивно руйнуватися у момент, коли пуансон не доходить до нижнього положення на 15 – 20 відсотків (рисунок 3.1).



а – засипання матеріалу Ф4ВВ20; б – початкова стадія пресування; в – проміжна стадія пресування; г – кінцева стадія пресування

Рисунок 3.1 – Стадії процесу пресування ступінчастої деталі в прес-формі з жорстким фасонним пуансоном

					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

У якості кількісної оцінки технологічності ступінчастих деталей рекомендується ступеневий показник ущільнення матеріалу при пресуванні. У випадку, якщо деталі з фланцем цей показник для фланцевої ( $\varepsilon_\phi$ ) та стержневої частини ( $\varepsilon_c$ ) заготовок відповідно розраховується за наступними формулами:

$$\varepsilon_\phi = \frac{H_\phi}{H_\phi}, \quad (3.1)$$

де:  $H_\phi$  – висота вільної засипки Ф4ВВ20 в прес-формі;

$H_\phi$  – товщина фланця;

$$\varepsilon_c = \frac{H_c}{H_c}, \quad (3.2)$$

$H_c$  – висота стержневої частини заготовки.

Оптимальна ступінь ущільнення ( $\varepsilon_{opt}$ ) рівна 5. З рисунку 3.1 можна константувати, що  $\varepsilon_\phi > \varepsilon_{opt} > \varepsilon_c$ . Виходячи з цього, можна зробити висновок: при пресуванні пуансоном на практиці неможливо отримати оптимальну щільність у різних елементах ступінчастих деталей. Чим більше відхилення від оптимального значення ступені ущільнення, тим більша ймовірність руйнування в процесі пресування деталей. І відповідно, чим менша різниця в розмірах елементів ступінчастих деталей, тим значення ступені ущільнення кожного елемента буде ближчим до оптимального значення та більша вірогідність отримання якісних деталей.

При пресуванні ступінчастих деталей в прес-формі з телескопічними пуансонами отримуємо більш рівномірне розподілення щільності по об'єму. Останні мають у своєму складі внутрішні й зовнішні пуансони, які вставлені один в одного й можуть рухатися вздовж напрямку пресування. Діаметр зовнішнього пуансона відповідає розміру фланця, а діаметр внутрішнього пуансона відповідає розміру стержневої частини деталі.

Пресування у прес-формах з пуансонами телескопічними виконується наступним чином. На першому етапі в порожнину, створену матрицею та

					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стрижнем засипають першу наважку матеріалу Ф4ВВ20, яка по масі відповідає фланцевій частині заготовки, вирівнюється по поверхні та помірно ущільнюється. Далі в матрицю вільно розташовують зовнішній пуансон. Цей процес включає ущільнення Ф4ВВ20 за допомогою ваги пуансона, і частина цього матеріалу витікає в порожнину, утворену стрижнем і внутрішньою поверхнею пуансона. Потім у цю порожнину висипається, урівнюється та помірно ущільнюється друга наважка, яка по стрижневій частині заготовки рівна по масі. Вставляється внутрішній пуансон. Наступний етап є безпосередньо пресування. На початку в процесі пресування рухається внутрішній пуансон, який ущільнює стрижневу частину заготовки. В результаті сил тертя між Ф4ВВ20 та внутрішньою циліндричною поверхнею зовнішнього пуансона, останній також розпочинає переміщення в напрямку пресування, долаючи опір ущільнення Ф4ВВ20 у фланцевій частині заготовки. У процесі, швидкість руху зовнішнього пуансона менша за швидкість руху внутрішнього пуансона, яка дорівнює швидкості руху плити гідравлічного преса. На певному етапі верхні кінці обох пуансонів вирівнюються, і вони одночасно рухаються зі швидкістю пресування до досягнення необхідної висоти заготовки. Завершення пресування може бути визначене за крайнім нижнім положенням торців пуансонів у порівнянні з верхнім торцем матриці, яка розташована згідно з міткою. Також, іншим критерієм завершення може бути досягнення граничного тиску пресування у гідросистемі преса.

У пресування ступінчастих деталей виділяють дві стадії. Основною ознакою першої стадії є окремий рух зовнішнього та внутрішнього пуансонів. В даному випадку можливі зовсім різні поєднання відношень швидкостей зовнішнього та внутрішнього пуансонів. На практиці пресування досить часто відслідковується ситуація, коли пуансони обидва зміщуються у напрямку пресування. В даній ситуації швидкість переміщення внутрішнього пуансона є більшою, ніж зовнішнього. Відношення цих швидкостей визначає якість деталей.

Оптимальне ущільнення деталі по всьому об'єму досягається за умови одночасного й рівномірного розподілу тиску на всю поверхню заготовки під час пресування:

					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\frac{W_6}{W_3} = \frac{H_c}{H_\phi}, \quad (3.3)$$

де:  $W_6$  і  $W_3$  – відповідно швидкості внутрішнього та зовнішнього пуансонів;  
 $H_\phi$  і  $H_c$  – відповідно висота фланця та стрижня деталі.

Проведені дослідження процесів пресування в прес-формах зі телескопічним пуансоном показали, що співвідношення швидкостей залежить від декількох факторів, таких як властивості вихідного матеріалу, маси наважок матеріалу Ф4ВВ20 для формування різних елементів деталей, рівня попереднього ущільнення цих наважок, стану поверхонь формуючих елементів прес-форм, розмірів зазорів між взаємодіючими поверхнями пуансонів та матриці, а також інших факторів. Перед пресуванням вихідна композиція повинна пройти ретельне перемішування і піддатися процесу просушки. У випадку протилежного підходу, можуть утворитися грудки, які ускладнюють процес засипки, особливо для другої наважки. Це може призвести до нерівномірного розподілу матеріалу в перерізі порожнини між стрижнем і внутрішнім пуансоном. Що в свою чергу призводить до нерівномірного розподілу щільності та приводить до короблення деталей під час спікання.

Усе оснащення перед пресуванням заготовок та прес-форми для пресування фторопластових композицій необхідно старанно протерти м'якою тканиною, змоченою технічним етиловим спиртом.

З ціллю отримання чистої поверхні втулок, прес-форма через 5–10 пресувань протирається, змоченою в етиловому спирті, м'якою тканиною. Маса відпресованої втулки розраховується за формулою:

$$G = (V_\phi + V_c) \cdot \rho \quad (3.4)$$

де:  $G$  – маса втулки, кг;  $\rho$  – щільність втулки, рівна  $2,10 \text{ кг/м}^3$ ;  $V_\phi$  – об'єм фланця;  $V_c$  – об'єм стрижневої частини втулки.

Потрібну наважку підбирають по першій відпресованій втулці.

					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ця наважка розраховується за формулою:

$$G = \frac{G_u \cdot h}{h_t} \quad (3.5)$$

де  $G_u$  – конкретна наважка, кг;  $G$  – задана маса втулки, кг;  $h$  – необхідна висота втулки, м;  $h_t$  – одержана висота втулки, м.

Оптимальні розміри наважок не відповідають теоретичним значенням, які визначаються з умови рівності об'ємів між першою наважкою і фланцевою частиною заготовки та об'ємом другої наважки й стрижня. Оптимальні розміри наважок вибирають експериментальним шляхом з метою забезпечення якісних деталей.

Відмінність між фактичними та розрахунковими наважками впливає з того, що під час встановлення зовнішнього пуансона частина Ф4ВВ20 з фланцем деталі переміщується у її стрижневу частину. Кількість переміщеного матеріалу залежить від ступеня його попереднього ущільнення, методу установки пуансона, особливостей конструкції та співвідношення розмірів фланця деталі.

Друга стадія пресування настає у тому випадку, коли вирівнюються торці зовнішнього та внутрішнього пуансонів і вони починають переміщатися одночасно з однаковою швидкістю, в результаті дії зусилля плити преса. При ідеальному співвідношенні швидкостей зовнішнього та внутрішнього пуансонів на першій стадії досягається висока якість ступінчастих деталей. У випадку несумісності цієї умови, на першій стадії виникають тріщини та пошкодження в зонах переходу від фланця до стрижня, а також відокремлення у вигляді конічних фасок в кутових з'єднаннях елементів деталі. Якісний процес формоутворення на другій стадії пресування у формах з телескопічними пуансонами є постійне збільшення зусиль пресування. Виявлення дефектів у вигляді тріщин та відшарувань призводить до різкого зменшення або поступового зниження зусиль пресування.

Поява дефектів у вигляді тріщин, сколів та кільцевих відшарувань приводить до раптового спаду або поступового зниження зусиль пресування.

					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Більше всього дефектів виявляють після спікання. Якщо виявлений дефект після пресування, то його можна виправити наступним чином: перемолоти в млинах і цей матеріал використати повторно. Використання повторне матеріалу після спікання виключається. Тому рекомендується під час освоєння технології пресування деталей з матеріалу Ф4ВВ20 у розмір, що відповідає відпрацьованому технологічному процесу, проводити виготовлення декількох експериментальних партій деталей у кількості від 5 до 10 штук. Після налагодження всіх параметрів слід приступати до виробництва.

До ступінчастих деталей з гладкою внутрішньою поверхнею відносять втулку маятника. В лабораторії композиційних матеріалів вузу спроектована багатогніздова прес-форма з змінними формотвірними елементами для пресування втулок маятника. Конфігурація і розміри цих елементів відповідають формі та розмірам конкретної деталі з врахуванням зсідання після спікання. Прес-форма – це дві плити, які з'єднані трьома стяжними болтами.

В плитах знаходиться дев'ять гнізд (одне в центрі та вісім по колу), в які встановлюються дев'ять комплектів формотвірних елементів прес-форм. Кожен комплект включає матрицю, стрижень, донну вставку, зовнішній та внутрішній пуансони. А також, у цей комплект входять опорні вкладиші та пружні елементи – гумові втулки. Вони необхідні для компенсації похибок маси наважок, розмірів матриць та пуансонів при відхиленнях від номінальних умов пресування. Без використання пружних компенсаторів, через накопичені похибки та можливі непаралельності плит пресу на певних позиціях, деталі можуть бути недостатньо пресованими або перевищено пресовані. Наявність компенсаторів призводить до незначного відхилення висоти втулок одного пресування. Щоб уникнути виходу цих відхилень за межі допуску у гнізді, де спостерігається недостатнє пресування, висоту пружних елементів збільшують методом встановлення картонних або паперових прокладок між пружним елементом та донною вставкою. Усі елементи для формування гнізда на плитах позначаються числами від 1 до 9 та збираються відповідно до цих номерів.

В прес-форму засипку композиції Ф4ВВ20 здійснюють за межами пресу.

					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зважування наважки виконуємо на лабораторних терезах, точність яких 0,01г. Маса першої наважки – 500 грам, другої – 550 грам. Спочатку всі початкові наважки вимірюються, після чого їх засипають у форму для пресування через спеціальну лійку, яка послідовно встановлюється у відповідні порожнини кожної форми. Наступним кроком є використання металевої скалки для попереднього ущільнення наповненого композиційного матеріалу.

Потім вставляють в кожну матрицю зовнішній пуансон та обережно натискаємо до ущільнення першої наважки. Наступні наважки вимірюються, а потім застосовують другу лійку з меншим діаметром, яку послідовно вставляють у внутрішні порожнини пуансонів. Через цю лійку відбувається засипання матеріалу у проміжок між стрижнем та зовнішнім пуансоном, його вирівнювання та ущільнення виконують аналогічно попереднього етапу. Зібрана прес-форма переноситься в робочу ділянку гідравлічного пресу ПСУ-125 (ГОСТ 7905-73).

На даному пресі процес пресування відбувається шляхом підняття нижньої плити за допомогою гідроприводу, що розташований в окремому блоці з силоміром. Для регулювання розміру робочого простору середня балка, до якої прикріплена верхня плита, рухається вздовж різьбових стовпців за допомогою електроприводу, оскільки вона розміщена на сферичній опорі.

Максимальне зусилля пресування, яке забезпечує прес – 1250 кН. Зусилля пресування обчислено за умови необхідного тиску в прес-формі 750 МПа і складає 120 кН.

Дев'ять втулок маятника пресуються одночасно у багатопозиційній прес-формі при швидкості 0,003 м/с. Після застосування необхідного зусилля відбувається утримання протягом 60 секунд, після чого тиск у гідравлічному циліндрі пресу повільно зменшується, а нижня плита разом з прес-формою опускаються вниз. Прес-форма видаляється з плити пресу і на столі виконується розбирання.

При витриманих режимах пресування та якісної оснастки пуансони разом із стрижнем, відпресованою заготовкою та нижньою вставкою досить легко виймаються з матриць. Далі зі стрижнів по черзі знімаються: нижня вставка,

					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

зовнішній та внутрішній пуансони, а також відпресована деталь.

Операції із збиранням та розбиранням прес-форм виконуються вручну. В процесі виробництва час, потрібний на зважування наважок, збирання форми, пресування і вилучення дев'яти деталей, становить 15–18 хвилин. Найбільш часомісткими операціями є зважування наважок і їх засипання в прес-форму. Ці дві операції забирають більше 80 відсотків загального часу, необхідного для виготовлення деталей.

Термообробка втулок.

Після проведення візуального контролю та відбраковування дефектних деталей, їх піддають спіканню партіями по 250–300 штук у вільному стані в електропечах з обертовим нижнім подом, а також системою примусової циркуляції повітря по всьому обсязі печі.

Деталі складають на сітчасті полиці рядами, щоб небуло взаємного дотику між ними. Отвори в полицях забезпечують необхідну циркуляцію теплового потоку та рівномірний нагрів робочого об'єму печі. Для ліпшої циркуляції повітря навколо заготовок полиці обертаються, нижні поди печі виконані перфорованими.

Крім того, печі обладнані світильниками для освітлення робочої камери та оглядовими вікнами. Реєстрація та запис температури в печі виконується за допомогою контрольних електронних автоматичних самописців з потенціометрами типу КСП-4, які мають межі вимірювання від 0 до 600 °С.

Контроль температури проводиться в 5–12 точках по об'єму печі. Потенціометри працюють у комплекті з термопарами типу ТХК у кількості 6–12 штук. Потенціометри розташовані на панелях у щитовій. Регулювання температури повітря в печі виконується за допомогою автоматичних електронних потенціометрів типу КСП-4 з діапазоном вимірювання 0–600 °С. Ці потенціометри оснащені регулюючими пристроями, спроектованими для налаштування температури в печі відповідно до заданої програми, здійснюючи регулювання в одній точці.

Потенціометри типу КСП-4 поєднані з автоматичними електронними програмами та регулюючими пристроями, їх шкала проградуєвана від 0 до 100 %

					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

регульованого параметра. Ці потенціометри типу КСП-4 розташовані на панелях у щитовій. Сила електричного струму, яка живить нагрівачі електропечі моделі А-114, контролюється за допомогою амперметрів типу Є-30, що мають можливість вимірювати до 70 А. Ці амперметри розміщені на панелях в щитових 1 та 2-го відділень. Рівень розрідження в печі вимірюється тягонопорометром типу ТНМ-11, який має діапазон вимірювань від -1,2 до +1,2 МПа.

Заготовки композиції та піддон печі перед завантаженням протираються м'яккою тканиною, змочену розчинником. Завантажуються заготовки в піч за температури не вище 160 °С.

Проводиться сушіння заготовок при температурі 150±10 °С у сушильній шафі від 4 до 20 годин, виконуючи перенос заготовок нагрітих до 150 °С у твердій тарі, у піч для спікання. Після вивантаження з сушильної шафи і перед завантаженням в піч для спікання необхідно дотримуватися перерви не більше 30 хвилин.

Термообробка заготовок проводиться в такій послідовності:

- сушіння заготовок при температурі 150±5 °С на протязі 1 години на 2–5 мм товщини;
- нагрівання від температури 150±5 °С до 325±5 °С зі швидкістю не вище 0,5 градусів за хвилину протягом 8 годин;
- витримування при температурі 325±5 °С на протязі 1 години на 3–5 мм товщини заготовки протягом 1,5 години;
- нагрівання від температури 325±5 °С до 367±5 °С зі швидкістю не вище 0,6 град за хвилину протягом 1 години;
- витримування при температурі 367±5 °С на протязі 1 години на 2–3 мм товщини заготовки протягом 2 годин;
- охолодження від температури 367±5 °С до 312±5 °С зі швидкістю не вище 0,5 град за хвилину протягом 1 години;
- витримка при температурі 312±5 °С на протязі 1 години на 3–5 мм товщини заготовки протягом 2 годин;
- охолодження від температури 312 ± 5 °С до 150±5 °С зі швидкістю не вище

					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

0,5 град за хвилину;

– витримка при температурі  $150 \pm 5$  °C на протязі 1 години на 2–5 мм товщини заготовки.

Надалі при вимкненому нагрівачі охолодження продовжуємо разом з піччю від 150 °C до кімнатної температури не менш як протягом чотирьох годин.

У загальному спікання триває від 22 до 24 годин. З допомогою спеціального блоку управління автоматично проводиться регулювання температурно-часового режиму.

### 3.3 Контроль готової продукції

Заготовки, отримані із фторопластових композицій, перевіряють партіями. Партія – це кількість заготовок, виготовлених з композиції однієї марки, яка супроводжується документом про якість. Такій перевірці на відповідність геометричних розмірів та зовнішнього вигляду, безумовно, піддають усі виготовлені заготовки з фторопластових композицій Ф4ВВ20. При перевірці партії заготовок на відповідність таким показникам, як щільність та руйнування при розтязі, використовують 5 втулок, повторюючи випробування 3 рази.

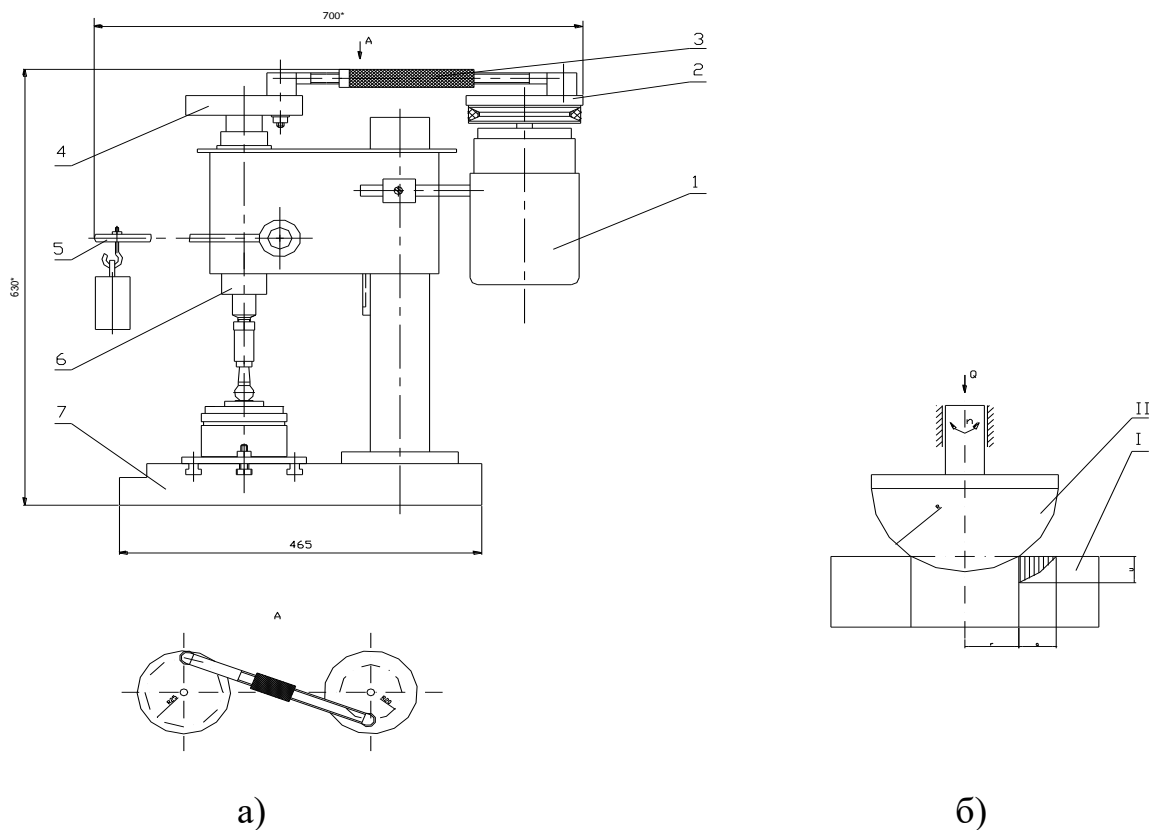
У випадку незадовільних результатів випробувань по одному з показників, проводять повторні випробування на інших зразках.

					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4 Оцінка зносостійкості вузла тертя за схемою куля–втулка

### 4.1 Методика досліджень зносостійкості втулок з поліетилену-В та матеріалу Ф4ВВ20

На базі настільно-свердлувального станка змонтований пристрій для моделювання руху пари кульовий палець-втулка маятнікового важеля (рисунок 4.1).



1 – електродвигун; 2 – ведучий шків; 3 – тяга; 4 – ведомий шків; 5 – важіль;  
6 – шпиндель; 7 – станина

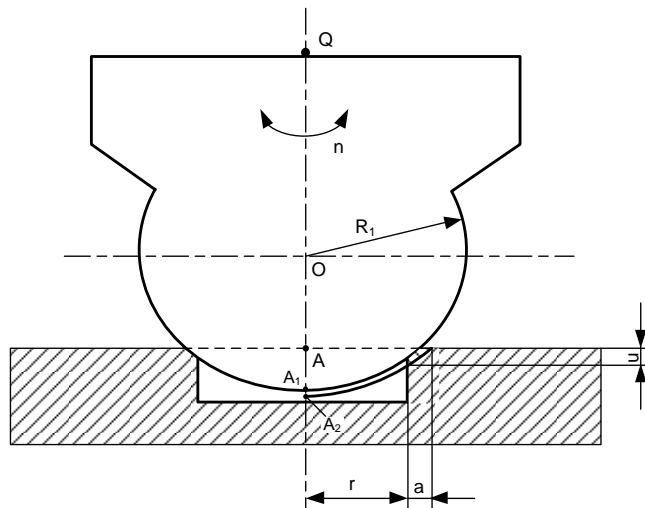
Рисунок 4.1 – Схема пристрою для моделювання руху пари кульовий палець-втулка маятнікового важеля автомобіля (а) і схема контактування кульового пальця та втулки (б)

Ведучий шків 2 обертається за допомогою клинового пасу. З допомогою підшипникового вузла і тяги 3 рух через другий підшипниковий вузол передається на шків 4. Завдяки різниці радіусів  $R_1 = 20$  мм і  $R_2 = 22,5$  мм обертальний рух

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ				55

шківа за допомогою тяги перетворюється в обертальний зворотно-поступальний рух шківа, що насаджений на шпindel 6 вузла пристрою. Навантаження на вузол тертя передається через важіль 5 за допомогою вантажів. В шпинделі за допомогою втулки закріплюється кульовий палець, який фіксується контргайкою. Досліджуваний зразок у вигляді циліндричної втулки розмірами: внутрішній діаметр 10 мм, зовнішній діаметр 20 мм, висота 20 мм, кріпиться в тримачі, який забезпечує його вертикальне розташування. Випробування на знос досліджувались при таких параметрах: навантаження  $Q = 350$  Н, частота обертів  $n = 50$  хв<sup>-1</sup> при радіусі кулі  $R_1 = 12,5$  мм та внутрішнім радіусом втулки  $r = 12$  мм. Використовували матеріал кулі – сталь 30Х, матеріали зразків – поліетилен-В, Ф4ВВ20.

Схеми контактування кульового пальця та втулки приведені на рисунках 4.1 і 4.2.



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

Рисунок 4.2 – Випробування на зношування за схемою куля-кільце

#### 4.2 Лабораторні дослідження пар тертя з визначенням параметрів моделі зношування

Провели експериментальні випробування, отримали велику кількість значень, так як кожену площу контакту вимірювали у 4-х місцях. Результати проведених досліджень на зношування: залежність розміру площадки контакту

						Арк.
					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

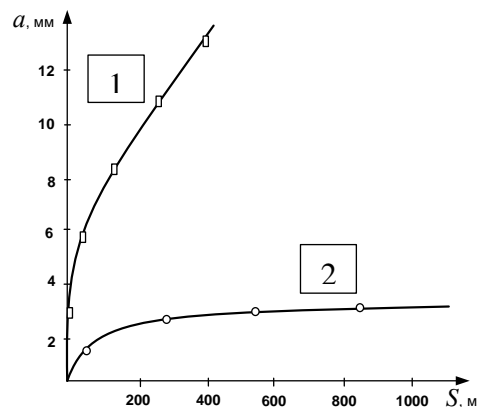
кільця (а) від шляху тертя (S), приведені у таблицях 4.1 та 4.2 і на рисунку 3.

Таблиця 4.1 – Залежність розміру площадки контакту кільця (а), від шляху тертя (S) для матеріалу Ф4ВВ20

№ досліду	Тривалість дослідження, хв.	Ширина площадки контакту а, мм	Шлях тертя S, м
1	1	0.8375	6.912
2	10	1,1511	76.032
3	20	1,3125	214.272
4	60	1,375	628.992
5	60	1,45	1043.712

Таблиця 4.2 – Залежність розміру площадки контакту кільця (а), від шляху тертя (S) для матеріалу поліетилен-В

№ досліду	Тривалість дослідження ,хв	Ширина площадки контакту а, мм	Шлях тертя S, м
1	1	1.575	6.912
2	10	3.475	76.032
3	10	4.775	152,064
4	10	10	228,096



1(□) – поліетилен-В; 2(○) – Ф4ВВ20

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

Для передбачення тривалості з'єднання та розв'язання завдань стійкості до зношування необхідно застосовувати математичні моделі, що описують зношування матеріалів за допомогою відомих кількісних параметрів.

Тестування відбувається на спеціальному обладнанні, яке імітує функціонування вала маятникового важеля за принципом куля – втулка.

Експерименти проводились при постійному навантаженні  $Q = 1,05$  кг,  $N = 350$  Н з радіусом кулі  $R = 12,5$  мм, внутрішнім розміром втулки  $r = 12$  мм. Характеристика досліджуваних матеріалів: матеріал кулі – сталь 30Х, матеріали зразків – поліетилен-В та Ф4ВВ20.

За отриманими результатами випробування розраховуємо параметри моделі зношування  $K_w$  і  $m$  [16].

Визначення величини зносу кільця  $U$  відображається переміщенням нижньої точки  $A_1$  сфери до точки  $A_2$ . При цьому вважається, що сфера залишається незношеною. Величину зносу кільця розраховуємо 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 отримання залежності лінійного зносу від вимірювальної ширини площадки контактування  $a$  та шляху тертя  $S$ , підставляємо (4.3) та (4.2) у формулу (4.1):

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

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

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

					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Припускаємо, що тиск, який діє на площі контакту, розподілений рівномірно і однаково по всій цій площі. Під час зношування площадку контакту сфери та кільця визначимо з даного виразу:

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

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

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

В контактї умова рівноваги буде мати вигляд:

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

Проінтегрувавши вираз, отримуємо:

$$U(S) = K_\omega \int_0^S \omega^m(S) U^n dS \quad (4.9)$$

З формули:

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

витає:

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

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

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

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

Щоб визначити коефіцієнт  $K_\omega$  використовуємо рівняння:

					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

де

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

Знос втулок визначаємо за формулою:

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

Параметри моделі зношування  $K_w$  і  $m$  для матеріалу Ф4ВВ20 визначаємо, підставивши значення напівширини площадок контакту і шляху тертя для другого та четвертого експериментів у формулу (4.12):

$$\beta = \frac{\ln \frac{1.151}{1.375}}{\ln \frac{76.032}{628,992}} = 0,084$$

$$c = \frac{1,151}{76,032^{0,084}} = 0,8028$$

Параметри моделі зношування розраховуємо, підставляючи значення ( $\beta$ ) та ( $c$ ) у формули (4.13) і (4,15):

$$m = \frac{1 - 0,084}{0,084} = 10,9$$

$$K_w = \frac{0,084 \cdot 0,8028^{11,9} \cdot 0,005^{11,9}}{0,0125} \left( \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,126}{1,05} \right)^{10,9} = 1,49 \cdot 10^{-30}$$

Параметри моделі зношування  $K_w$  і  $m$  для матеріалу поліетилен-В визначаємо, підставляючи значення напівширини площадок контакту і шляху тертя для другого та четвертого дослідів у формулу (4.12):

$$\beta = \frac{\ln \frac{3,475}{10}}{\ln \frac{73,032}{228,096}} = 0,958$$

						Арк.
					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$c = \frac{3,475}{76,032^{0,958}} = 0,0548$$

$$m = \frac{1-0,958}{0,958} = 0,0438$$

$$K_w = \frac{0,958 \cdot 0,0548^{1,04381} \cdot 0,005^{1,0438} \left( \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,126}{1,05} \right)^{0,0438}}{0,0125} = 0,013$$

Розрахунок зносу втулки композиційного матеріалу Ф4ВВ20 виконуємо за формулою (4.16), попередньо визначивши питоме навантаження в контактї за формулою (4.8):

$$\sigma = \frac{1,05}{2 \cdot 3,14 \cdot 1,151 \cdot 12} = 1,2 \frac{\text{кґ}}{\text{см}^2}; \text{ тоді}$$

$$U = 1,49 \cdot 10^{-30} \cdot 1,2^{10,9} \cdot 76,032 = 8,265 \cdot 10^{-28}$$

Розрахунок зносу втулки матеріалу поліетилен-В проводимо теж за цією формулою (4.16), перед цим визначаємо питоме навантаження в контактї за формулою (4.8):

$$\sigma = \frac{1,05}{2 \cdot 3,14 \cdot 3,475 \cdot 12} = 0,4 \frac{\text{кґ}}{\text{см}^2}$$

$$U = 0,013 \cdot 0,4^{0,0438} \cdot 76,032 = 0,9495$$

Таким чином, дослідивши та проаналізувавши знос обох втулок поліетилену-В і Ф4ВВ20 спостерігаємо ефективність заміни матеріалу.

					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Висновки

1. Досліджено умови роботи пар тертя кульовий палець – сухар та палець – втулка маятникового важеля рульового керування автомобіля. Надані рекомендації по конструюванню вузлів тертя. Освоєна технологія технічного обслуговування та поточного ремонту агрегату, вузлів тертя.

2. Виконано аналіз роботи і видів зношування сухаря та втулок маятникового важеля рульового керування автомобіля. Обґрунтовано заміну базового матеріалу поліетилен-В втулки маятника рульового управління автомобіля на матеріал Ф4ВВ20.

3. Розроблено методику і виконані стендові дослідження зносостійкості антифрикційних матеріалів сухаря та втулок маятникового важеля рульового керування автомобіля. Результати проведених досліджень показали, що антифрикційний матеріал Ф4ВВ20 за зносостійкістю суттєво переважає базовий матеріал – поліетилен-В.

4. Освоєно технологічний процес виготовлення лабораторних зразків та втулок маятникового важеля рульового керування автомобіля з фторопластового карбопластика Ф4ВВ20 і технологію пресування втулки маятника з буртиком та розміром без додаткової механічної обробки.

					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

## Список літератури

1. Кисляков В.Ф. Будова і експлуатація автомобілів.: Підручник / В.Ф. Кисляков, В.В. Лущик. – К.:Либідь, 1989 р. – 400 с.
2. Боровських Ю. І. Будова автомобілів. Підручник. / Боровських Ю.І., Буральов, Ю.В., Морозов К.А. – К. ”Вища школа”1991. – 350 с.
3. Глібов А.В. Легше і довговічніше / А.В. Глібов // Автоцентр. – 2004.– №28. – С. 39
4. Автомобили ВАЗ 2108, ВАЗ 21081, ВАЗ 21093, ВАЗ 21099. Руководство по ремонту. Чернигов.: ”Деснянська правда”, 1994. – 180 с.
5. Сиренко Г.А. Антифрикционные карбопластики. / Г. А. Сиренко. – Київ: Техніка, 1985. –195 с.
6. Сіренко Г.О. Створення антифрикційних композитних матеріалів на основі порошків термотривких полімерів та вуглецевих волокон: Дис. доктора техн. наук. Ін-т матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАНУ / Сіренко Геннадій Олександрович, К., – 1997. - 431 с.
7. Свідерський В.П. Підвищення зносостійкості кульової опори автомобіля ВАЗ-2109. / В.П. Свідерський, Л.М. Кириченко, О.Ф. Письменюк. // Вісник Хмельницького національного університету. – 2005, ч. 1, т.1. – №5. – С. 71-73.
8. Свідерський В. П. Підвищення зносостійкості втулок кронштейна маятникового важеля рульового керування автомобіля ВАЗ-21011. / В.П. Свідерський, Л.М. Кириченко, О.О. Дука. // Вісник Хмельницького національного університету. - Технічні науки. - 2007. - №1. - С. 58-61.
9. Абрамов О.О. Аналіз впливу параметрів моделі руху автомобіля на підшипник ковзання кульової опори. / Абрамов О.О., Кушнір В.М. Вісник Технологічного університету Поділля. –2000. –№5. – С.103–105.
10. Дмитриченко Н.Ф. Антифрикционные смазочные материалы / Дмитриченко Н.Ф., Маковецкий П.С. – К.: Урожай, 1991. – 232 с.
11. Lamparter В., Transkenlanfkompressoper./ В. Lamparter. // Shweizer maskhinenmarkt.-1971. - №35. - р. 127-129
12. Применение синтетических материалов: материалы конференции. / Гл. редактор Р.И. Силин. Кишинев. : Картя Молдовеняскэ. - 1975. - 199 с.

					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

13. Theberge I.E. New self-lubricatin plastics. / I.E Teberge, B. Arkles., R. Goordhue // Machine/ Designe. 1973. – v.45 - № 41. - p. 48-51.

14. Свідерський В.П. Дослідження антифрикційних і механічних властивостей модифікованих карбопластиків. / В. П. Свідерський, Л.М. Кириченко, С.В. Шершун // Вісник ХНУ. Технічні науки. – 2009. - №2. – С .30-34.

15. Наукові основи розробки полімерних композиційних матеріалів триботехнічного призначення на основі політетрафторетилену : монографія / Х. В. Берладір, О. А. Будник, К. О. Дядюра [та ін.]; за заг. ред. К. О. Дядюри. – Суми : Сумський державний університет, 2017. – 176 с.

16. Кузьменко А.Г. Методи розрахунків і випробувань на зношування та надійність: Навчальний посібник для студентів вищих начальних закладів / А.Г. Кузьменко. – Хмельницький, ТУП, 2002. – 151 с.

					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додатки

					ДРАТТАМ 24.20135.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65