

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Підвищення трибологічних характеристик шворневого вузла автомобіля за рахунок застосування полімерних матеріалів

Рівень вищої освіти: перший бакалаврський
Галузь знань: 13 Механічна інженерія
Спеціальність: 132 Матеріалознавство
Освітня програма: Відновлення і технічний сервіс автомобілів

Шифр: КРБМТВА 26. 22139. 000 ПЗ

Виконав: студент 4 курсу,
група МТВА-22-1

Козлов Микола КОЗЛОВ

Керівник, д.т.н., професор

[Signature] Олександр ДИХА

Нормоконтролер, к.т.н., доцент

[Signature] Олег БАБАК

До захисту допускаю:
завідувач кафедри ТАМ

[Signature] Олександр ДИХА

15 06 2026 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: Інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра: трибології, автомобілів та матеріалознавства
Рівень вищої освіти: перший бакалаврський
Галузь знань: 13 Механічна інженерія
Спеціальність: 132 Матеріалознавство
Освітня програма: Відновлення та технічний сервіс автомобілів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТАМ
Олександр ДИХА

" 15" квітня 2026 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Козлов Микола Володимирович

1. Тема роботи: **Підвищення трибологічних характеристик шворневого вузла автомобіля за рахунок застосування полімерних матеріалів**

Керівник роботи: Диха Олександр Володимирович, д.т.н., проф.

Затверджено наказом університету від 20.01.2026 р. № 7

2. Строк подання студентом роботи на кафедру: 15.06.2026 р.

3. Вихідні дані до роботи:

- 1) Дані про конструкцію шворневого вузла авт. КРАЗ
- 2) Технічні умови ремонту шворневого вузла
- 3) Матеріали переддипломної практики.
- 4) Нормативно – технологічна документація
- 5) Результати літературного огляду і патентного пошуку.

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

1. Аналіз конструкції шворневого вузла
2. Технологія технічного обслуговування і поточного ремонту шворневого вузла автомобіля КРАЗ-260
3. Покращення мащення втулок за допомогою еластичних кульок

5. Консультанти розділів роботи

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

6. Дата видачі завдання: 20 квітня 2026р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналіз конструкції шворневого вузла	1.05.2026	
2	Технологія технічного обслуговування і поточного ремонту шворневого вузла автомобіля КрАЗ-260	15.05.2026	
3	Покращення мащення втулок за допомогою еластичних кульок	30.05.2026	
4	Оформлення пояснювальної записки	10.06.2026	

Студент

 Микола КОЗЛОВ

Керівник кваліфікаційної роботи

 Олександр ДИХА

РЕФЕРАТ

Обсяг пояснювальної записки – 68 сторінок, кількість рисунків - 15, таблиць - 5, додатків - 1, кількість джерел згідно із переліком посилань - 10.
Студент гр. МТВА-22-1 Козлов М.В.

Тема «Підвищення трибологічних характеристик шворневого вузла автомобіля за рахунок застосування полімерних матеріалів»

Вивчено конструкцію, умови роботи та причини зношування шворневого вузла переднього моста автомобіля типу КрАЗ. Встановлено, що трибологічна пара «шворінь–втулка» функціонує в умовах складного комбінованого навантаження, недостатнього змащування та впливу абразивного середовища, що призводить до інтенсивного зношування та зниження експлуатаційної надійності вузла. Проведено аналіз існуючих конструктивних рішень щодо підвищення зносостійкості вузла та обґрунтовано необхідність удосконалення системи мащення. Запропоновано конструкцію втулки з похилими канавками, у яких розміщені полімерні кульки, що забезпечують активне перенесення мастильного матеріалу в зону тертя.

Розроблено технологію виготовлення втулки із полімерного матеріалу з формуванням канавок під заданим кутом, а також технологію виготовлення еластичних кульок методом вулканізації. Визначено основні технологічні параметри обробки та складання вузла.

Ключові слова: шворневий вузол, втулка, зношування, мащення, полімерні кульки, трибологія, зносостійкість, технологія виготовлення

Зміст

ВСТУП	6
1. Аналіз конструкції шворневого вузла.....	8
1.1. Технічна характеристика автомобіля КрАЗ-260.....	8
1.2. Технічна характеристика рульового керування.....	15
1.3 Аналіз причин виходу з ладу деталей вузла тертя шворинь-втулка.....	17
1.4 Аналіз конструктивних способів по підвищенню зносостійкості втулок шворневого вузла.....	26
2. Технологія технічного обслуговування і поточного ремонту шворневого вузла автомобіля КрАЗ-260.....	35
2.1 Технічне обслуговування керуючого моста автомобіля КрАЗ-260.....	35
2.2 Регулювання та профілактика.....	40
2.3 Систематизація несправностей, зумовлених зношуванням шворневого вузла.....	43

					КРБМТВА 26. 22139. 000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Підвищення трибологічних характеристик шворневого вузла автомобіля за рахунок застосування полімерних матеріалів	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розроб.	Козлов	<i>Козлов</i>				4	70	
Перевір.	Диха					ХНУ, гр. МТВА-22-1		
Н.контр.	Бабак							
Затвер	Диха							

3. Покращення мащення втулок за допомогою еластичних кульок.....	46
3.1 Конструкція комбінованого підшипника.....	46
3.2 Технологія виготовлення еластичних кульок методом вулканізації.....	49
3.3. Технологія виготовлення втулок із канавками під полімерні кульки.....	51
Висновки.....	55
Література.....	56
Додатки.....	57

ВСТУП

У сучасному машинобудуванні особливу увагу приділяють підвищенню надійності та довговічності вузлів тертя, які працюють в умовах значних навантажень, змінних режимів руху та обмеженого змащування. Одним із таких відповідальних елементів є шворневий вузол переднього моста автомобілів, зокрема вантажних транспортних засобів типу КрАЗ, який забезпечує поворот керованих коліс і сприймає одночасно радіальні, осьові та ударні навантаження.

Особливості експлуатації автомобілів підвищеної прохідності, що працюють у складних дорожніх умовах, призводять до інтенсивного зношування пари тертя «шворінь–втулка». Недостатність змащування, проникнення абразивних частинок, нерівномірність розподілу навантаження та дія вібрацій спричиняють передчасний вихід вузла з ладу. Це, у свою чергу, впливає на керованість автомобіля, безпеку руху та збільшує витрати на технічне обслуговування і ремонт.

Одним із перспективних напрямів підвищення ресурсу шворневих вузлів є удосконалення конструкції втулок шляхом впровадження елементів самозмащування. Зокрема, застосування канавок із полімерними кульками дозволяє забезпечити транспортування мастильного матеріалу безпосередньо в зону контакту, що покращує умови тертя та зменшує інтенсивність зношування.

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення довговічності шворневого вузла автомобіля шляхом удосконалення конструкції втулки з використанням самозмащувальних елементів та обґрунтування технології її виготовлення.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити такі **завдання**: проаналізувати конструкцію та умови роботи шворневого вузла переднього моста автомобіля; дослідити основні причини зношування та

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

виходу з ладу пари тертя «шворінь–втулка»; виконати огляд існуючих конструктивних рішень щодо підвищення зносостійкості даного вузла; розробити конструкцію втулки з канавками для розміщення полімерних кульок; обґрунтувати вибір матеріалів та параметрів конструкції; розробити технологічний процес виготовлення втулки та еластичних елементів; оцінити ефективність запропонованого рішення з точки зору зниження зношування та підвищення ресурсу вузла.

Таким чином, робота спрямована на вирішення актуальної науково-прикладної задачі підвищення зносостійкості трибологічних вузлів транспортних машин, що має важливе значення для підвищення їх експлуатаційної надійності та економічної ефективності.

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

1. Аналіз конструкції шворневого вузла

1.1. Технічна характеристика автомобіля КрАЗ-260

Нижче подано систематизовану технічну характеристику автомобіля КрАЗ-260 (базова бортова модель 6×6).



Рис. 1.1 Загальний вигляд вантажного автомобіля КрАЗ

Тип: вантажний автомобіль підвищеної прохідності

Колісна формула: 6×6

Виробник: Кременчуцький автозавод

Роки виробництва: 1979–1993

Вантажопідйомність: ≈ 9 т

Двигун: дизельний ЯМЗ-238Л, V8

Робочий об'єм: 14,86 л ([Вікіпедія][1])

Потужність: 300 к.с. (≈ 220 кВт) при 2100 об/хв

Крутний момент: ≈ 1079 Н·м

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Коробка передач: механічна (4-ступенева + демультіплікатор)

Кількість передач: 8 вперед / 2 назад

Роздаточна коробка: 2-ступенева

Привід: постійний повний

Масо-габаритні параметри

Довжина: 9030 мм

Ширина: 2720 мм

Висота: ≈ 2985 мм

Колісна база: 4600 + 1400 мм

Кліренс: 370 мм

Споряджена маса: $\approx 12,8$ т

Повна маса: ≈ 22 т

Максимальна швидкість: 80 км/год

Витрата пального (≈ 50 км/год): 34 л/100 км

Запас ходу: до 1000 км

Паливні баки: 2×165 л + 50 л резерв

Максимальний підйом: 58 %

Глибина броду: до 1,2 м

Радіус повороту: ≈ 26 м

Передній керуючий міст забезпечує поворот автомобіля за допомогою поворотних цапф, шарнірно з'єднаних з балкою моста. На керуючий міст, крім вертикального навантаження від сили тяжіння автомобіля, поздовжніх і поперечних зусиль від коліс, діють також сили і моменти, які виникають при повороті і гальмуванні автомобіля.

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Конструкція переднього керуючого моста багато в чому визначається конструкцією несучої системи автомобіля і типом підвіски.

Технічна характеристика передньої осі у зборі

Поздовжній нахил шворня

відносно рами (кастер).....2°40»

Поперечний (камбер).....8°

Максимальний кут повороту

передніх коліс.....45°

Розвал коліс.....1°

Сходження коліс , мм.....0,9-1,9

Допустиме статичне навантаження, кг :

на одинарну шину.....2250

здвоєнні шини.....2050

Допустимий дисбаланс:

ступиці з гальмівним барабаном,

кгс см, не більше.....0,7

колеса з шиною в зборі, кгс см,

не більше.....3,0

Діаметр шворня, мм.....44,975—45,000

Допустимий зазор між шворнем

і втулкою, мм, не більше.....0,085

Допустимий осьовий люфт

шворня, мм, не більше.....0,25

Допустимий отвір під

зовнішнє кільце:

внутрішнього підшипника.....139,932—139,972

зовнішнього.....109,941--109,976

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Передній міст (рис. 1.2) виконаний як нерозрізна балка та оснащений поворотними кулаками вильчастої конструкції, у яких застосовано циліндричні шворні. У посадкових отворах кулаків 6 і 21 під шворінь 10 встановлені запресовані втулки 5, що працюють як підшипники ковзання. Осьове зміщення шворня обмежується клином 31, який фіксується гайкою 29 через шайбу 30. Сам шворінь змонтований верхнім торцем догори і має проріз.

Після складання вузла отвори в кулаках герметизуються кришками 3 і 12 із прокладками 4, що запобігає проникненню пилу та забруднень у зону підшипників. Верхня кришка, на відміну від нижньої, обладнана запобіжним клапаном 11 для відведення надлишкового мастила.

У нижній частині між торцями провущин балки 24 і поворотними кулаками розміщені опорні підшипники, до складу яких входять кільце 18 та шайба 20. Шайба утримується від провертання за допомогою штифтів 19, встановлених у відповідних розточках кулаків. У верхній частині вузла встановлено регулювальні шайби 15 і 16 товщиною 1,5 і 0,25 мм, за рахунок яких здійснюється налаштування осьового зазору в шворневому з'єднанні.

Змащування підшипників ковзання і опорних елементів здійснюється через маслянки 9. Верхній важіль 25 та нижні важелі 23 і 28 закріплені в поворотних кулаках гайками 7 із фіксацією шплінтами 8. Для запобігання провертання важелів застосовано сегментні шпонки 22.

Граничні кути повороту кулаків обмежуються упорами 26, які вкручені у фланці кулаків і зафіксовані гайками 27. При максимальному відхиленні коліс ці упори взаємодіють із бобишками балки моста.

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

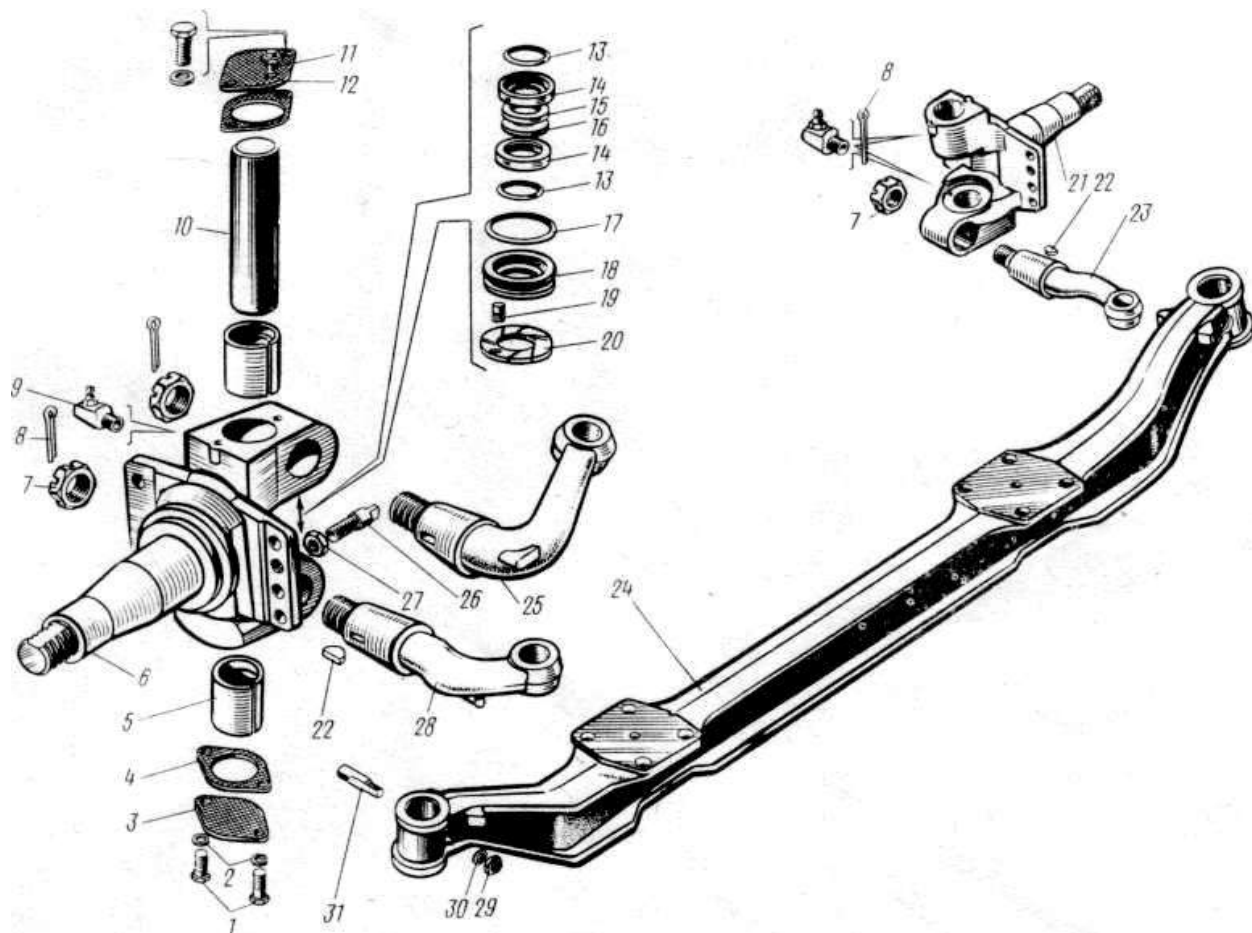


Рисунок 1.2 - Передня вісь і поворотні кулаки:

Позначення елементів: 1 — кріпильний болт; 2, 30 — шайби пружинного типу; 3 — нижня кришка поворотного кулака; 4 — ущільнювальна прокладка кришки; 5 — втулка шворневого з'єднання; 6 — лівий поворотний кулак переднього моста; 7, 27, 29 — кріпильні гайки; 8 — шплінт розвідного типу; 9 — прес-маслянка; 10 — шворінь; 11 — клапан для скидання надлишкового мастила; 12 — верхня кришка поворотного кулака; 13 — ущільнювальне кільце; 14 — обойма сальникового ущільнення; 15 — опорна шайба кулака; 16 — шайба для регулювання зазору; 17 — сальникове напівкільце; 18 — кільце упорного підшипника; 19 — фіксуючий штифт; 20 — шайба упорного підшипника; 21 — правий поворотний кулак; 22 — шпонка сегментного типу; 23 — правий важіль кулака для з'єднання з тягою рульової трапеції; 24 — балка переднього моста; 25 — важіль кулака, з'єднаний із тягою сошки

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

рульового механізму; 26 — обмежувач повороту кулака; 28 — важіль кулака для з'єднання з тягою рульової трапеції; 31 — фіксує клин шворня.

На цапфах кулаків (рисунок 1.2) гайкою 6, контргайкою 10 і замковими шайбами 7 і 8 закріплені ступиці 13 коліс.

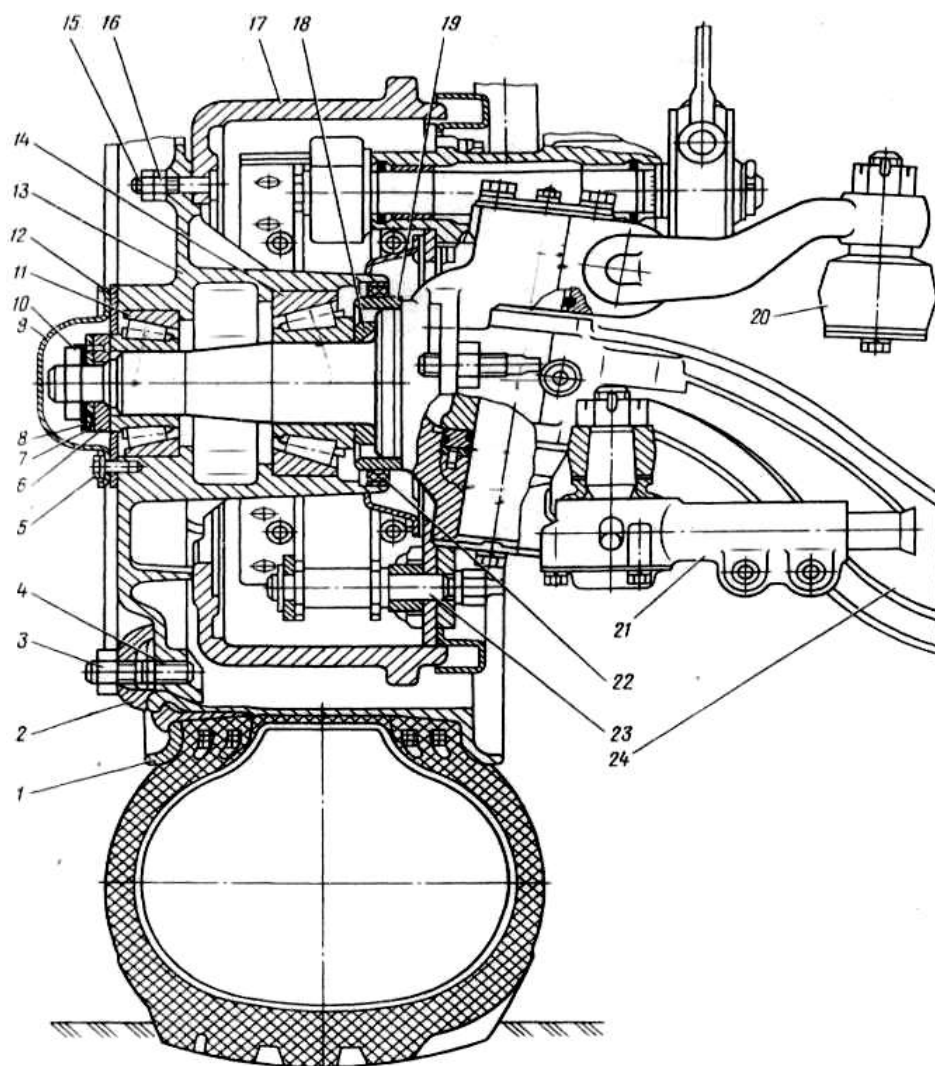


Рисунок 1.3 - Передня вісь в зборі із ступицями, колесами, гальмівним механізмом і тягою рульової трапеції:

Позначення складових: 1 — колесо в зборі з шиною; 2 — притискний елемент кріплення колеса; 3, 16 — гайки; 4 — шпилька кріплення; 5 — болт із шайбою в комплекті; 6 — гайка підшипників ступиці; 7 — стопорна шайба цієї

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

гайки; 8 — стопорна шайба контргайки; 9 — кришка ступиці; 10 — контргайка; 11, 14 — підшипники; 12 — ущільнювальні прокладки; 13 — ступиця; 15 — болт; 17 — барабан гальмівного механізму; 18 — упорне кільце; 19 — кільце; 20, 21 — відповідно поздовжня та поперечна тяги рульової трапеції; 22 — ущільнювальна манжета; 23 — гальмівний механізм у зборі; 24 — передній міст у зібраному вигляді.

Ступиця має п'ять радіально розташованих шпиць, рівномірно розміщених по колу. Кінцеві частини шпиць виконані у вигляді конічних опор, призначених для взаємодії з відповідною конічною поверхнею обода. Конус із кутом 28° забезпечує, при затягуванні гайок 3 з моментом 245–294 Н·м (25–30 кгс·м), створення достатньої сили тертя для надійного з'єднання обода зі ступицею та запобігання його провертання під час гальмування. У корпусі ступиці між шпицями виконано п'ять отворів для встановлення болтів 15, які забезпечують кріплення гальмівного барабана 17. Гайки 16 цих болтів є самоконтрними.

З метою зниження зносу шин, а також підвищення стійкості та керованості автомобіля, ступиця разом із гальмівним барабаном піддається балансуванню. Обертання ступиці здійснюється на двох конічних роликових підшипниках 11 і 14. Внутрішні та зовнішні обойми підшипників мають маркування, яке повинно відповідати одне одному. Внутрішня обойма підшипника 14 спирається на упорне кільце 18.

Зовнішній захист підшипникового вузла від пилу і забруднень забезпечується кришкою 9 із прокладкою 12, тоді як із внутрішнього боку застосовано манжету 31, встановлену в розточці ступиці; її робочі кромки контактують із кільцем 19.

Гальмівні механізми 32 передніх коліс закріплені на супортах, які фіксуються болтовими з'єднаннями до фланців поворотних кулаків. Рульова трапеція переднього моста включає поперечну тягу 30, шарові пальці якої своїми конічними хвостовиками встановлюються в конічні отвори важелів і фіксуються гайками зі

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

шплінтами. За аналогічним принципом здійснюється кріплення поздовжньої рульової тяги 23 до важеля поворотного кулака та тяги сошки рульового механізму.

Рульове керування автомобіля (див. рис. 1.3) виконане у вигляді інтегрованого агрегату, що включає рульовий механізм із гідропідсилювачем 7, клапан керування 5 та кутовий редуктор 6. До складу системи також входять: колонка рульового керування 2 з рульовим колесом 1; карданний вал 3; насос 12 гідропідсилювача з бачком 13; радіатор 4; трубопроводи високого 11 та низького 10 тиску; а також тяги рульового приводу.

Гідропідсилювач забезпечує зменшення зусилля на рульовому колесі під час повороту, демпфує ударні навантаження від нерівностей дорожнього покриття та підвищує безпеку руху, зберігаючи керованість автомобіля навіть у разі пошкодження переднього колеса.

1.2. Технічна характеристика рульового керування

Рульовий механізм — комбінований, об'єднаний із гідравлічним підсилювачем; робочі пари: гвинт–гайка з циркуляцією кульок і поршень-рейка, що входить у зачеплення із зубчастим сектором вала сошки. Передаточне число рульового механізму — 20. Передача руху від рульового колеса до механізму здійснюється через карданний вал і кутову передачу. Передаточне число кутової передачі — 1. Насос гідропідсилювача — пластинчастий, подвійної дії, лівого обертання. Привід насоса — шестерний, від колінчастого вала двигуна. Передаточне число приводу насоса — 1,25.

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

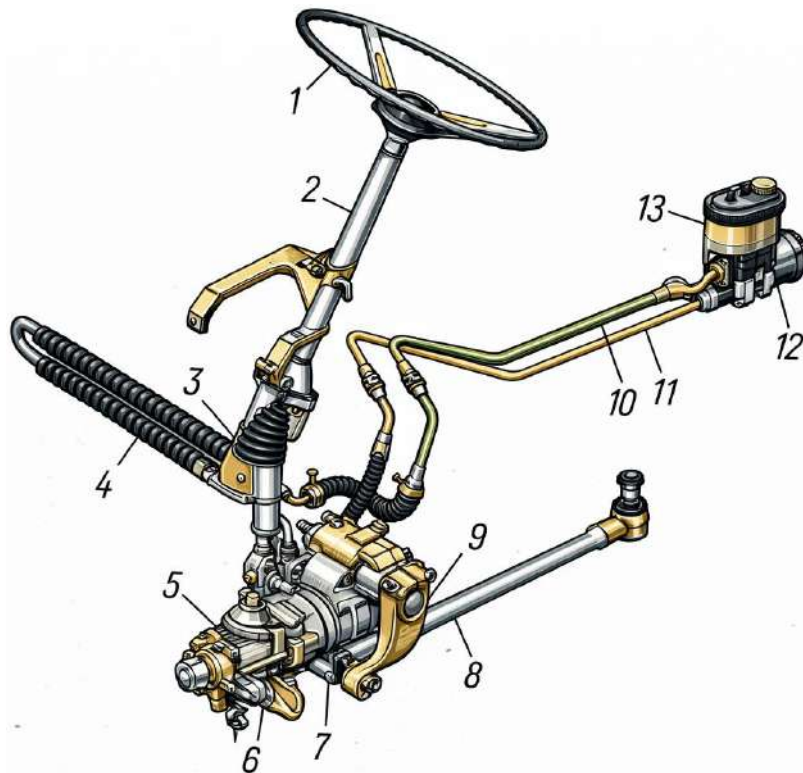


Рисунок 1.4 - Складові рульового керування: 1 — рульове колесо; 2 — рульова колонка; 3 — карданний вал; 4 — радіатор; 5 — керуючий клапан гідропідсилювача; 6 — кутовий редуктор; 7 — рульовий механізм, об'єднаний із гідропідсилювачем; 8 — поздовжня рульова тяга; 9 — сошка; 10 — магістраль низького тиску; 11 — магістраль високого тиску; 12 — насос гідропідсилювача; 13 — бачок робочої рідини гідросистеми.

Поперечний нахил шворня та кут розвалу коліс формуються конструктивно на стадії виготовлення елементів переднього моста і в експлуатації не підлягають регулюванню. Поздовжній нахил шворня визначається взаємним положенням переднього моста відносно ресор і забезпечується конструкцією кронштейнів амортизаторів.

На основі проведеного аналізу можна стверджувати, що трибологічна пара «шворінь–втулка» працює в умовах складного комбінованого навантаження. Вона одночасно входить до складу кількох функціональних систем автомобіля. Зокрема, у системі рульового керування через цю пару реалізується поворот коліс і зміна напрямку руху транспортного засобу. У системі підвіски через неї

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

передаються як статичні, так і динамічні навантаження від маси автомобіля. Крім того, у конструкції переднього моста дана пара виконує роль сполучної ланки між балкою моста та поворотним кулаком.

Додатковим ускладнюючим фактором є те, що вісь шворня розташована під певним кутом відносно рами автомобіля, а не вертикально, що призводить до появи комбінованих контактних напружень і нерівномірного розподілу навантаження в зоні тертя.

Втулка в шворневому вузлі автомобіля КрАЗ-260 виготовляється з латуні ЛО90-1. Сам шворінь виготовляється з легованої конструкційної сталі 18ХГТ.

1.3 Аналіз причин виходу з ладу деталей вузла тертя шворінь-втулка

Шворневий вузол переднього моста автомобілів КрАЗ є відповідальним елементом, що забезпечує взаємне обертання поворотного кулака відносно балки моста та сприймає значні навантаження різної природи. Конструктивно він включає шворінь, втулки (підшипники ковзання), опорні елементи, ущільнення та систему змащування. У процесі експлуатації даний вузол працює в умовах складного комбінованого навантаження, що обумовлює його інтенсивне зношування та можливі відмови.

1. Механічні перевантаження та ударні навантаження

Однією з основних причин виходу з ладу шворневого вузла є дія значних механічних навантажень. Для автомобілів КрАЗ характерна експлуатація в умовах бездоріжжя, перевезення великогабаритних вантажів і рух по нерівних дорогах. У таких умовах виникають:

- статичні навантаження від маси автомобіля та вантажу;
- динамічні навантаження при русі по нерівностях;
- ударні імпульси при наїзді на перешкоди.

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Ці фактори призводять до підвищених контактних напружень у зоні «шворінь–втулка», що викликає:

- локальне пластичне деформування поверхонь;
- появу мікротріщин;
- прискорене зношування.

Особливо небезпечними є ударні навантаження, які можуть викликати перекося вузла, порушення співвісності та навіть руйнування втулок.

2. Недостатнє або неякісне змащування

Шворневий вузол працює як пара тертя ковзання, для якої наявність стабільної мастильної плівки є критичною умовою довговічності. Основні проблеми змащування:

- несвоєчасне обслуговування (відсутність регулярного нагнітання мастила через маслянки);
- використання мастил невідповідної в'язкості;
- витік мастила через пошкоджені ущільнення;
- забруднення мастила абразивними частинками.

При порушенні режиму змащування відбувається перехід від гідродинамічного або змішаного тертя до граничного тертя, що супроводжується:

- різким зростанням коефіцієнта тертя;
- підвищенням температури;
- інтенсивним адгезійним і абразивним зношуванням.

У результаті втулки швидко виробляються, а поверхня шворня зазнає задирів.

3. Абразивне зношування

Умови експлуатації вантажних автомобілів КрАЗ (пил, бруд, вода) сприяють проникненню абразивних частинок у зону контакту. Основні причини:

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

- пошкодження або зношення ущільнень;
- недостатня герметизація вузла;
- експлуатація в агресивному середовищі (кар'єри, ґрунтові дороги).

Абразивні частинки діють як мікрорізці, що призводить до:

- утворення подряпин і канавок на поверхнях;
- збільшення зазорів;
- втрати точності посадок.

Абразивне зношування є однією з домінуючих причин відмов шворневих вузлів у важких умовах.

4. Порушення геометрії та перекоси

У процесі експлуатації можливе виникнення перекосів у вузлі, що обумовлено:

- деформацією балки переднього моста;
- зношуванням втулок;
- неправильним монтажем або ремонтом;
- ослабленням кріплень.

Наявність перекосу призводить до нерівномірного розподілу навантаження по довжині контакту, що викликає:

- локальні перевантаження;
- прискорене зношування окремих зон;
- появу заїдань.

У крайніх випадках це може спричинити заклинювання поворотного кулака.

5. Втомне руйнування матеріалу

Під дією циклічних навантажень у матеріалі шворня та втулок накопичуються втомні пошкодження. Це проявляється у вигляді:

- утворення мікротріщин;
- відшаровування поверхневих шарів;
- сколювання матеріалу.

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Втомне руйнування особливо характерне при:

- тривалій експлуатації;
- перевищенні допустимих навантажень;
- наявності дефектів матеріалу.

6. Корозійні процеси

Волога, реагенти та агресивні середовища сприяють розвитку корозії в зоні контакту. Корозія призводить до:

- зниження міцності матеріалу;
- утворення корозійних раковин;
- погіршення умов тертя.

Корозійно-механічне зношування значно прискорює деградацію вузла.

7. Неправильне регулювання зазорів

Шворневий вузол потребує точного регулювання осьових і радіальних зазорів. Порушення цих параметрів викликає:

- надмірні люфти (при збільшеному зазорі);
- заклинювання (при недостатньому зазорі);
- ударні навантаження при русі.

Неправильне регулювання часто виникає після ремонту або заміни елементів.

8. Зношування опорних підшипників

Окрім втулок, значну роль відіграють опорні підшипники, які сприймають осьові навантаження. Їх зношування призводить до:

- зміщення поворотного кулака;
- збільшення навантаження на втулки;
- порушення роботи всього вузла.

9. Недоліки конструкції та матеріалів

До факторів, що знижують довговічність вузла, можна віднести:

- використання матеріалів із недостатньою зносостійкістю;

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

- недосконалість системи ущільнення;
- обмежені можливості ефективного змащування.

Для важких умов експлуатації ці недоліки можуть проявлятися особливо гостро.

Таким чином, вихід з ладу шворневого вузла автомобілів КрАЗ обумовлений комплексною дією механічних, трибологічних та експлуатаційних факторів. Основними з них є перевантаження, недостатнє змащування, абразивне зношування та порушення геометрії вузла. Особливістю даної пари тертя є її робота в умовах комбінованого навантаження та змінних режимів тертя, що суттєво ускладнює забезпечення її довговічності.

Підвищення ресурсу шворневого вузла можливе за рахунок:

- удосконалення системи змащування;
- застосування зносостійких матеріалів і покриттів;
- підвищення герметичності;
- оптимізації режимів експлуатації.

Вплив виду підшипникових матеріалів позначається на утворенні задіру й на ступені ушкодження поверхонь тертя у результаті проходження цього процесу.

Однією з необхідних умов утворення задіру є руйнування (десорбція) граничної плівки змащення, при якому контактні напруження стають близькими до граничного. Умови ж утворення граничного тертя й стійкості граничної плівки багато в чому визначаються матеріалом підшипника й цапф. Кращими матеріалами щодо цього є м'які бабіти, потім сплави, що містять м'які структурні складові (сплави АО 20-1, АО 9-1, БрСЗО й ін.). Гірше поводяться, як правило, тверді антифрикційні сплави без включень м'яких

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

металів. У зв'язку із цим підшипники, виготовлені з таких матеріалів, мають тонкошарові покриття м'яких металів (0,01-0,03 мм).

Після десорбції орієнтованих шарів молекул поверхнево-активних речовин на поверхнях тертя виникають ділянки, на яких взаємодія поверхонь відбувається в режимі тертя без змащення. Поводження матеріалів у цьому періоді залежить від опірності схоплюванню.

Оскільки процес схоплювання двох поверхонь при терті супроводжується більшим тепловиділенням, відбувається порівняно швидке нагрівання поверхневих шарів, аж до плавлення всього металу, або легкоплавкої структурної складової.

Умовно антифрикційні сплави можна розбити на три групи, кожна з яких має свої відмінні риси схоплювання й опірності задиру.

Сплави на залізній основі (сталі й чавуни) при задирах утворюють високий ступінь ушкодження поверхонь тертя, що супроводжується холодним зварюванням окремих ділянок і значним виривом металу.

У процесі схоплювання спряжених поверхонь інтенсивно розвивається пластична деформація. Залежно від умов роботи вузла, що треться, при цьому або спостерігається зміцнення антифрикційного сплаву, що визначається насамперед по збільшенню твердості, або при достатнім тепловиділенні відбувається гаряча деформація антифрикційного сплаву вище порога рекристалізації. У цьому випадку зміцнення не спостерігається. Ступінь зміцнення при наклепі в результаті пластичної деформації визначає головним чином і ступінь ушкодження при схоплюванні.

Задр — утворення в результаті схоплювання помітної неозброєним оком борозни з відтискуванням матеріалу як у сторони, так і по напрямку ковзання. Може утворитися й група борозен.

Схоплювання між металевими поверхнями при деяких режимах тертя без мастильного матеріалу виникає порівняно легко. Пластичне деформування на

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

площадках фактичного контакту (рисунок 1.4) і проникнення однієї поверхні металу в іншу (рисунок 1.5) створюють умови для видалення окисних й адсорбованих плівок масел, жирів, газів і вологи й утворення вузлів схоплювання. Вузол схоплювання - це місцеве з'єднання поверхонь, що утворюється при терті в результаті схоплювання. Місцеве з'єднання поверхонь при терті внаслідок адгезії називають вузлом адгезії.

Необхідною передумовою для утворення вузла схоплювання на поверхнях тертя є руйнування мастильної плівки. Воно може відбутися під дією високої температури при пружній деформації поверхневих шарів, при наявності значної пластичної деформації або при спільній дії підвищеної температури й пластичної деформації.

Процес виникнення й руйнування вузлів схоплювання видозмінюється залежно від конструкції деталей, їхніх матеріалів і режимів тертя.

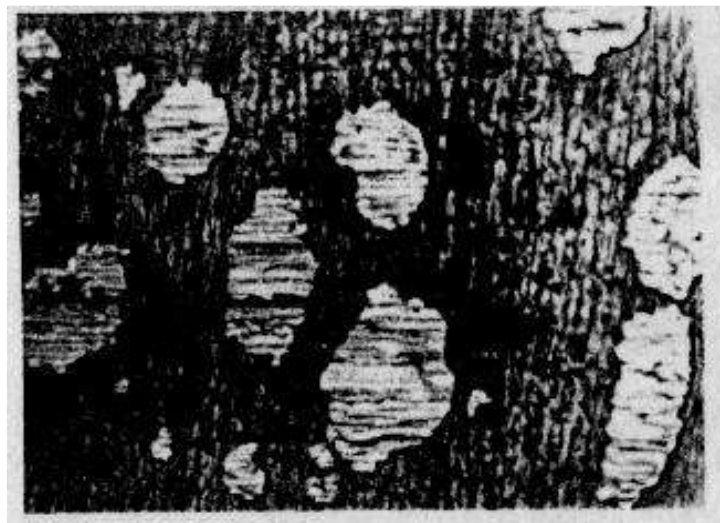


Рисунок 1.5 – Стальний шліфований зразок з частинками міді (світлі ділянки), що перенеслися з мідного зразка при терті в середовищі гліцерину при тиску 10 МПа (X100)

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Фреттинг-корозія є специфічним видом зношування, який суттєво відрізняється від звичайного тертя ковзання як за умовами виникнення, так і за характером розвитку.

Зокрема, через незначну амплітуду взаємних переміщень видалення продуктів зношування із зони контакту є ускладненим, унаслідок чого пошкодження мають чітко виражений локальний характер і концентруються на ділянках фактичного контакту. Крім того, швидкість відносного переміщення поверхонь у таких умовах значно менша порівняно з традиційним односпрямованим ковзанням: наприклад, при амплітуді переміщення 0,025 мм і частоті 30 Гц максимальна швидкість становить близько 4,7 мм/с, а середня — близько 3 мм/с.

Важливою особливістю є і вплив кисню: якщо при звичайному терті його наявність може знижувати інтенсивність зношування, то при фреттинг-корозії, навпаки, він сприяє посиленню пошкоджень. Основними продуктами цього процесу є оксиди металів.

Фреттинг-корозія найчастіше проявляється у з'єднаннях із натягом, шліцьових, шпонкових, різьбових і заклепкових вузлах, а також у місцях контакту елементів, що піддаються вібраціям або змінним навантаженням. До таких об'єктів належать контактні поверхні підшипників, ресор, пружин, муфт, електричних контактів, канатів і канатних блоків. Зовнішні ознаки пошкодження включають появу потертостей, задирів, раковин, локальних канавок, а також накопичення порошкоподібних продуктів окислення й розвиток поверхневих мікротріщин.

Розвиток фреттингу супроводжується одночасною дією кількох механізмів: адгезійного схоплювання, мікрорізання, втомного руйнування та окислювальних процесів. При цьому домінування того чи іншого механізму визначається умовами навантаження, властивостями матеріалів і параметрами

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

навколишнього середовища. Характерною діагностичною ознакою є поява на поверхні контактів забарвлених ділянок із щільно спресованими оксидами.

Окрім зміни геометричних параметрів і погіршення зовнішнього вигляду деталей, фреттинг-корозія призводить до більш серйозних наслідків, пов'язаних із втратою точності з'єднань. Якщо продукти зношування частково видаляються із зони контакту, це викликає зменшення натягу і послаблення посадки. У випадку їх накопичення в замкненому об'ємі можливе виникнення заїдання або навіть заклинювання, що особливо небезпечно для вузлів із періодичним роз'єднанням.

Узагальнений аналіз дозволяє виділити три стадії розвитку фреттинг-корозії в умовах сухого тертя. На початковому етапі відбувається пластичне деформування мікронерівностей і руйнування оксидних плівок, що супроводжується захопленням чистого металу. Утворюються первинні продукти зношування, значна частина яких має металеву природу.

На другій стадії продовжується накопичення втомних пошкоджень у підповерхневих шарах, одночасно формується активне корозійне середовище. У цей період швидкість зношування відносно невелика, а на поверхні формується змішана структура з металу та оксидів, яка частково виконує захисну функцію. Цю стадію часто розглядають як інкубаційну.

Третя стадія характеризується інтенсивним руйнуванням попередньо ослаблених шарів матеріалу. Під дією втомних і корозійних процесів поверхневі шари втрачають міцність і відшаровуються, що супроводжується різким зростанням швидкості зношування.

Загалом ушкодження контактних поверхонь визначається сукупною дією корозійно-втомних процесів, адгезії та абразивного впливу. Домінування одного з цих механізмів залежить від умов роботи вузла, що дозволяє цілеспрямовано підбирати методи підвищення довговічності.

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Складність фізико-хімічних процесів при фреттинг-корозії, а також значна кількість факторів, що впливають на її розвиток, ускладнюють створення універсальних методів захисту. Тому ефективні рішення зазвичай мають прикладний характер і залежать від конкретних умов експлуатації.

Серед конструктивно-технологічних заходів доцільно виділити підвищення натягу в посадках, використання демпфувальних елементів для зменшення вібрацій, покращення умов змащування, а також оптимізацію геометрії контактуючих поверхонь. Наприклад, збільшення натягу понад 25–30 мкм або введення розвантажувальних канавок може суттєво знизити ймовірність виникнення фреттингу.

Ефективним є також застосування матеріалів і покриттів із підвищеною стійкістю до корозійно-втомного зношування. Використання полімерних прошарків (зокрема тефлону або гуми), а також мастильних матеріалів із твердими добавками (графіт, дисульфід молібдену) дозволяє значно зменшити інтенсивність руйнування.

Важливу роль відіграють технологічні методи обробки поверхонь: механічне зміцнення, термічна та хіміко-термічна обробка, нанесення захисних покриттів. При цьому необхідно враховувати можливий негативний вплив окремих технологій (наприклад, наводнювання при гальванічних процесах), який може знижувати втомну міцність матеріалу.

1.4 Аналіз конструктивних способів по підвищенню зносостійкості втулок шворневого вузла

Підвищення зносостійкості вузлів тертя є основним завданням в області машинобудування. По парі тертя шворінь-втулка було розроблене безліч способів для підвищення її довговічності. Оскільки менш зносостійкою є

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

втулка, було б цілком раціонально підвищувати зносостійкість саме цієї деталі. Ми знаємо, що товщина втулки дуже маленька, а технологічні способи підвищення зносостійкості цього вузла (наплавлення, напилювання) з однієї сторони не економічні, а з іншої сторони трудомісткі. Тому єдиним варіантом дозволу цієї проблеми є підвищення зносостійкості різними конструктивними методами. Пропонуються наступні конструктивні методи:

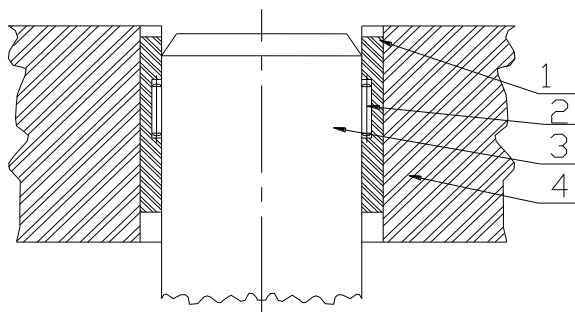


Рисунок 1.6 – Конструкція шворневого вузла із комбінованим підшипником:

- 1 – втулка;
- 2 – ролик;
- 3 – шворінь;
- 4 – поворотний кулак

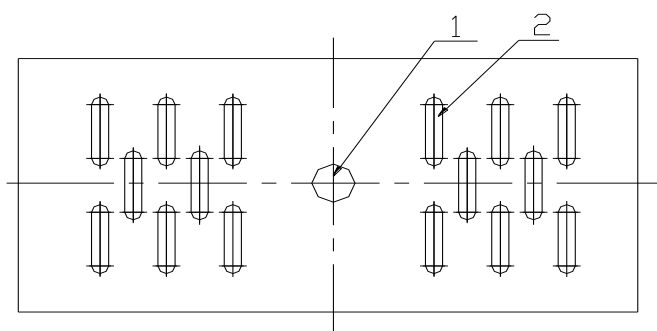


Рисунок 1.7– Схема розгорнутого комбінованого підшипника:

- 1 – отвір для прес-маслянки; 2 — канавки для розміщення роликів.

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Підвищення зносостійкості шворневого вузла за даним підходом передбачає використання комбінованого підшипника замість традиційної втулки. Такий підшипник включає ролики 2 (рис. 1.6), які встановлюються у спеціально виконаних канавках 2 (рис. 1.7). Ширина канавок перевищує діаметр роликів, що забезпечує накопичення та утримання мастильного матеріалу. У процесі повороту кулака 4 (рис. 1.6) ролики здійснюють відносне переміщення щодо шворня 3, одночасно розподіляючи мастило по його поверхні, що сприяє покращенню умов змащування та зменшенню зношування.

Робота шворневого вузла з підтискною поліамідною втулкою відбувається наступним чином. Отвір у поворотному кулаку 1 розточують під конічну поверхню, після чого встановлюють шворінь 3. У цей же отвір монтується поліамідна втулка 2 (конструкція наведена на рис. 1.8), яка жорстко з'єднується з кулаком за допомогою шпонки 10. Завдяки цьому втулка обертається разом із поворотним кулаком.

Під час обертання кулака активуються голчасті підшипники 4, які виконують функцію додаткового мастильного елемента, забезпечуючи рівномірний розподіл мастила в зоні контакту та покращуючи трибологічні умови роботи вузла.

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

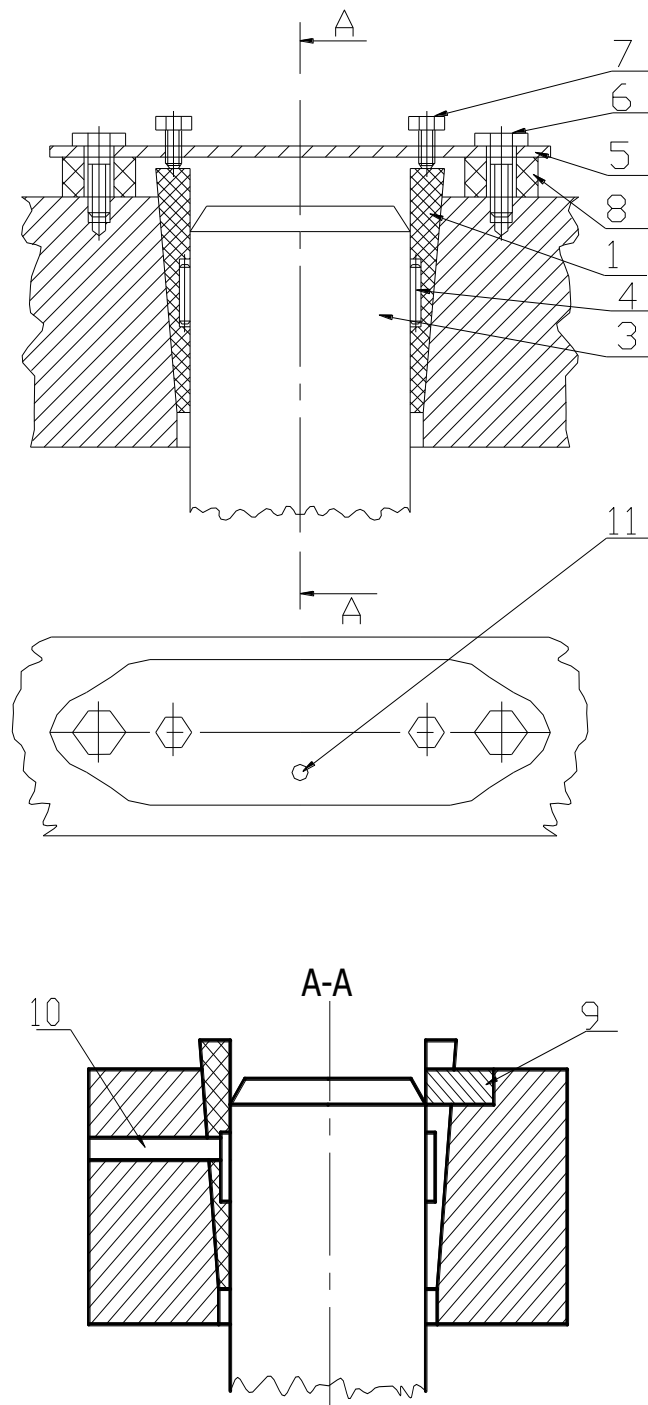


Рисунок 1.8 - Конструкція шворневого вузла з піджимною поліамідною втулкою: 1 – поворотний кулак; 2 – піджимна поліамідна втулка; 3 – шворінь; 4 – голчаті підшипники; 5 – кришка поворотного кулака; 6 – болти закріплювальні; 7 – болти піджимні; 8 – манжета; 9 – шпонка втулки; 10 – отвір для подачі мастила; 11 – отвір для виходу мастила.

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

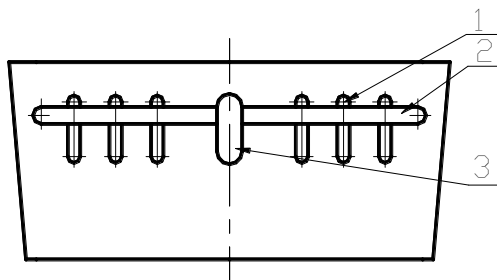


Рисунок 1.9 — Схема розгортки втулки: 1 — канавка для розміщення голчастого підшипника; 2 — канал подачі мастила до канавок голчастого підшипника; 3 — отвір для підведення мастила через прес-маслянку.

Подача мастильного матеріалу здійснюється через прес-маслянку з подальшим надходженням через отвір 10 у поворотному кулаку та поліамідній втулці 3 (рис. 1.8). У разі перевищення допустимого зазору між шворнем і втулкою його величину відновлюють шляхом підтягування болтів 7, розміщених на кришці поворотного кулака 5. Сама кришка закріплюється до кулака болтами 6. Захист пари тертя від проникнення забруднень забезпечується манжетою 8, яка конструктивно виконана у вигляді зовнішньої кришки.

У процесі зношування матеріалу втулки контактні навантаження від голчастих підшипників сприймаються саме втулкою, а не шворнем, що запобігає утворенню вм'ятин (брінелюванню) на його поверхні. Застосування поліамідної втулки, яка є технологічно простою у виготовленні та має нижчу вартість порівняно з металевими аналогами, дозволяє зменшити інтенсивність зношування вузла та підвищити його експлуатаційний ресурс.

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

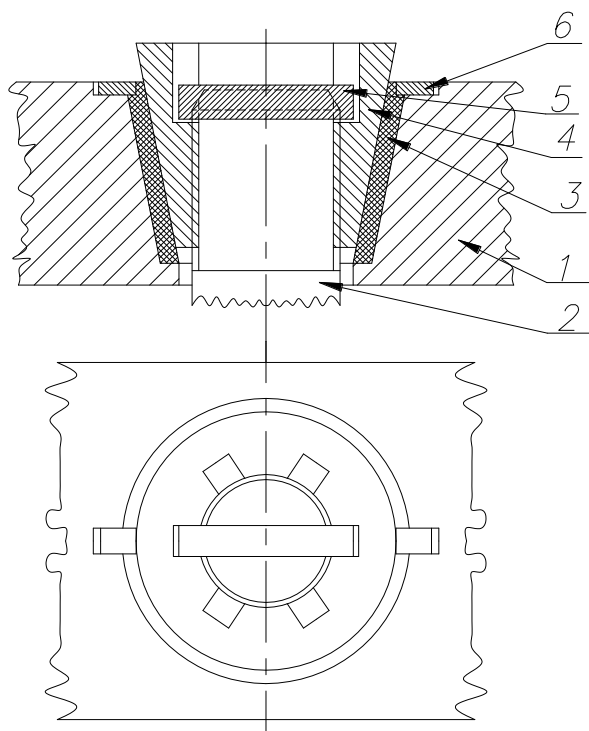


Рисунок 1.10 — Конструктивна схема шворневого вузла з конусною гайкою:
 1 — поворотний кулак; 2 — шворінь; 3 — поліамідна втулка; 4 — конусна гайка (сталь 18ХГТ); 5 — шворнева шпонка; 6 — шпонка поворотного кулака.

Шворневе з'єднання з конусною гайкою (рис. 1.10) функціонує таким чином. Під час обертання поворотного кулака 1 через шпонку 6 передається крутний момент на поліамідну втулку 3, яка обертається разом із кулаком. Шворінь 2 має паз під шпонку 5 та різьбову частину для встановлення конусної гайки 4. Регулювання зазору в з'єднанні здійснюється шляхом повертання гайки після вилучення шпонки 5. Після встановлення необхідного зазору шпонку повторно монтують, що запобігає самовільному повертання гайки.

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Дана конструкція відзначається простотою та технологічністю. Використання поліамідної втулки, яка є дешевою та легко оброблюваною, дозволяє зменшити витрати на виготовлення, при цьому шворінь працює в більш сприятливих умовах і практично не зазнає інтенсивного зношування.

На рисунку 1.11 наведено принципову схему масляного насоса, який забезпечує подачу мастила через трубопроводи 14 і прес-маслянку безпосередньо в зону тертя «шворінь–втулка». Під час повороту кулака 1 разом із ним обертаються верхня 8 та нижня 9 кришки. Обертання передається від кришки 9 до упорної гайки 11, конструкція якої подана на рис. 1.7. Штовхач 7 залишається нерухомим, оскільки жорстко з'єднаний із верхньою шестернею 4, яка, у свою чергу, зафіксована на ньому шліцьовим з'єднанням. Аналогічно встановлена і нижня шестерня 6. зубчаста шпонка 3 нерухомо закріплена на шворні 2.

Взаємодія елементів реалізується за принципом храпового механізму. При повороті кулака вправо нижня шестерня 6 вільно прослизає відносно зубців верхньої кришки 8, тоді як верхня шестерня 4 входить у зачеплення із зубчастою шпонкою 3. У цей момент упорна гайка 11 обертається і через штовхач 7 переміщує поршень 12 вниз. Поршень створює тиск у робочій порожнині і витісняє мастило 13 через трубопроводи 14 до зони контакту.

При обертанні кулака у протилежному напрямку робота механізму змінюється: нижня шестерня 6 входить у зачеплення з зубчастими виступами кришки 8 і обертається разом із нею, тоді як верхня шестерня 4 вільно проходить по зубчастій шпонці 3 без зачеплення.

Запропонована конструкція насоса забезпечує безперервну подачу мастильного матеріалу до пари тертя, що сприяє зниженню коефіцієнта тертя, зменшенню інтенсивності зношування та підвищенню довговічності як шворня, так і втулки.

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

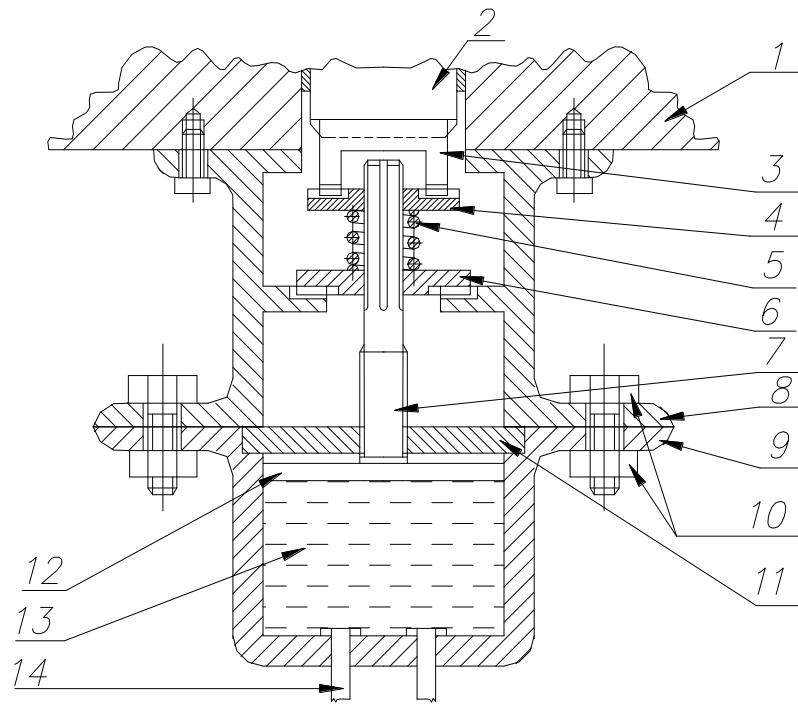


Рисунок 1.11 - Конструкція масляного насоса для шворневого вузла тертя:
 1 – поворотний кулак; 2 – шворинь; 3 – зубчата шпонка; 4 – шестерня верхня; 5 – піджимна пружина; 6 – шестерня нижня; 7 – штовхач; 8 – верхня кришка; 9 – нижня кришка; 10 – болти і гайки; 11 – упорна гайка; 12 – поршень; 13 – мастило; 14 – трубка для подачі мастила в шворневий вузол

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

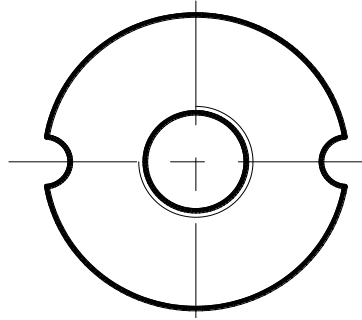


Рисунок 1.12 - Упорна гайка

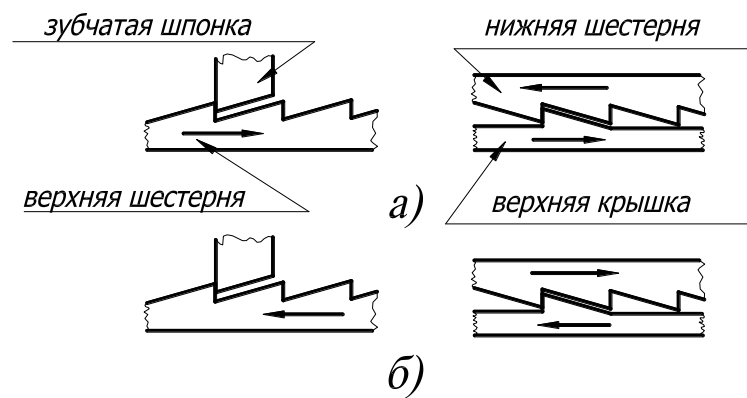


Рисунок 1.13 - Схема зачеплення зубчатої шпонки і верхньої шестерні, а також верхньої кришки і нижньої шестерні при повороті поворотного кулака: а) вправо; б) вліво.

2. Технологія технічного обслуговування і поточного ремонту шворневого вузла автомобіля КрАЗ-260

2.1 Технічне обслуговування керуючого моста автомобіля КрАЗ-260

У передніх мостах можуть бути такі основні несправності: деформація балки; спрацювання шворневих з'єднань, підшипників, маточин коліс; розроблення отворів під шворні в кулаках балки і гнізд під підшипники в маточинах установлення передніх коліс, що утруднює керованість; різко підвищене спрацювання шин, яке призводить до збільшеної витрати палива, і таке інше.

Технічне обслуговування передніх мостів полягає в діагностуванні несправностей і здійсненні необхідних регулювань та інших робіт щодо запобігання й усунення виявлених дефектів. При діагностуванні визначають радіальний і осьовий зазори у шворневих з'єднаннях, зазор між кільцем підшипника та його гніздом у маточині, ступінь затяжки підшипника маточини, а також кути встановлення керованих коліс (кути розвалу коліс, поперечного й поздовжнього нахилів шворня, сходження коліс).

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

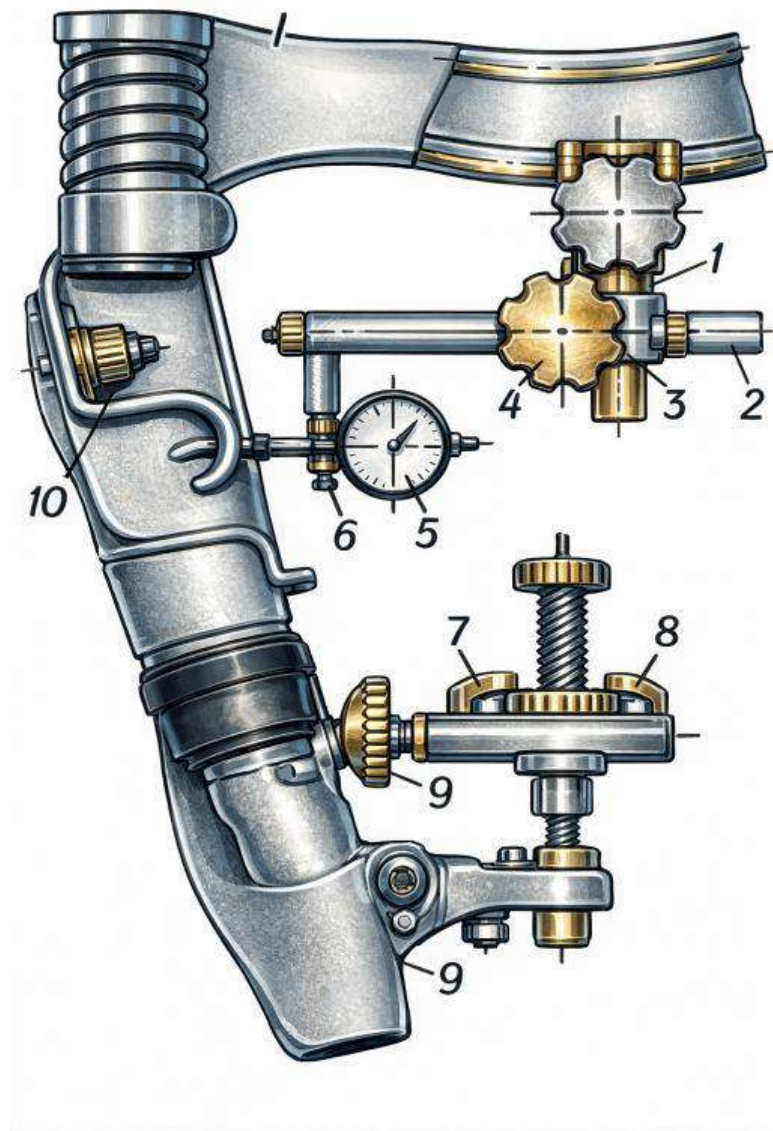


Рисунок 2.1- Пристрій для перевірки зазорів у шворневих з'єднаннях КИ-4892:

- . 1 — стояк; 2 — штанга; 3 — індикатор; 4 — рукоятка затискача шарніра; 5 — індикатор; 6 — гвинт затискача індикатора; 7, 8 — губки затискача для закріплення пристрою на балці передньої осі автомобіля; 9 — рукоятка затискача; 10 — гальмовий диск; 11 — балка передньої осі автомобіля

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ

Арк.

36

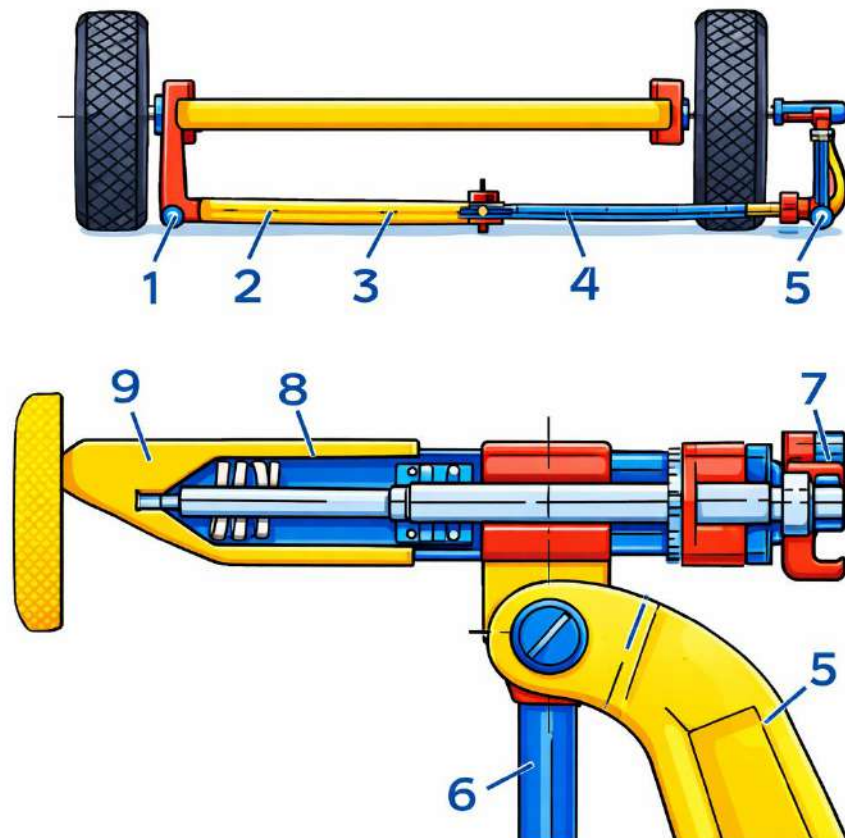


Рисунок 2.2 — Лінійки 401 та И-402, призначені для вимірювання сходження передніх коліс.

За відсутності спеціалізованих стендів контроль сходження передніх коліс автомобіля здійснюють із використанням вимірювальних лінійок типу КИ-650, И-401, И-402, ЛУ-1 та інших. На рисунку 2.2 наведено приклад використання лінійок И-401 (для легкових автомобілів) та И-402 (для вантажних транспортних засобів).

Під час вимірювання лінійку встановлюють перед передньою віссю. Після послаблення затискача 3 стійки 1 і 5 розсовують на відстань, що відповідає колії конкретного автомобіля, орієнтуючись за рисою на внутрішній трубці 4, яка повинна збігатися з краєм зовнішньої труби 2. Досягнуте положення фіксується затискачем. Далі, використовуючи мікрометричний гвинт 8 із рукояткою 7, стрілку 6 встановлюють на нуль шкали, після чого на боковій поверхні шин у місцях контакту з вимірювальною головкою 9 роблять мітки.

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Після прокочування автомобіля вперед лінійку розміщують позаду передньої осі таким чином, щоб вона торкалася тих самих точок на шинах. Обертанням мікрометричного гвинта встановлюють вимірювальну головку в положення, що відповідає нанесеним міткам. Відхилення стрілки в від нульового положення відображає величину сходження коліс.

Під час перевірки автомобіль повинен бути розвантажений, а передні колеса — встановлені у положення прямолінійного руху. Для автомобілів із суцільною поперечною тягою регулювання сходження здійснюється зміною її довжини, тоді як у конструкціях із незалежною підвіскою — шляхом зміни довжини бічних рульових тяг.

У сучасних умовах на спеціалізованих станціях технічного обслуговування (СТО) для діагностики встановлення керованих коліс застосовують площадкові стенди. Принцип їх роботи ґрунтується на вимірюванні поперечного переміщення платформи під дією колеса, що рухається. Для вантажних автомобілів і автобусів використовується стенд моделі К-615, а для легкових — К-619; основна відмінність між ними полягає у габаритах платформи та вимірювального елемента.

Відомо, що бокове відведення коліс визначається, насамперед, кутами їх встановлення, зокрема сходженням, і безпосередньо впливає на інтенсивність зношування шин та витрату пального. За показами сигналізаційної системи стенда можна оцінити технічний стан установки коліс і визначити необхідність їх подальшого регулювання.

Площадкові стенди зазвичай розміщують на ділянках з незначною інтенсивністю руху або перед постами контролю та регулювання.

Розглянемо конструкцію та роботу стенда К-619 (рис. 2.3). Він складається з двох основних частин: вимірювальної платформи та індикаторної (вказівної) колонки. Платформа монтується на опорній балці, розташованій у

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

заглибленні підлоги. Основним її елементом є вимірювальна площадка, яка переміщується на роликах у поперечному напрямі відносно руху колеса.

Перед і позаду цієї площадки розташовані нерухомі кришки, що закривають відсіки з напрямними роликами, а також пружинно-важільний механізм, який повертає площадку у вихідне положення після проходження колеса. Бічні зазори між платформою та краями ніші перекриваються захисними трапами. З одного боку площадки змонтовано блок датчиків переміщення — безконтактні кінцеві вимикачі, які взаємодіють із сигнальною системою вказівної колонки.

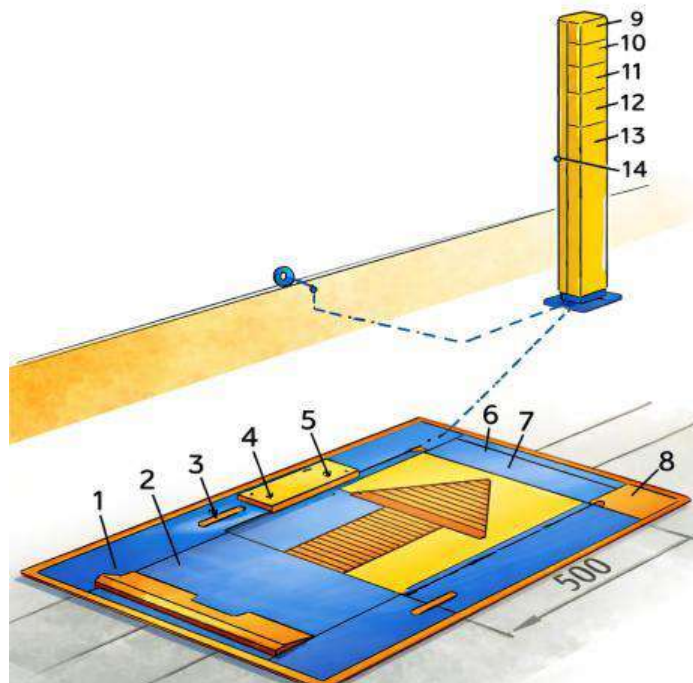


Рисунок 2.3- Стенд моделі К 619

1 — педаль керування; 2, 7 — кришки нерухомі; 3,6,8 — трапи; 4 — блок датчиків переміщення вимірювальної площадки; 5 — вимірювальна площадка; 9...12 —ліхтарі різних кольорів, 13 – контрольна лампа; 14 – тумблер.

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Порядок виконання діагностування полягає в наступному.

Під час повільного проїзду автомобіля, коли ліве переднє колесо проходить через вимірювальну площадку, під дією бічної сили, що виникає в зоні контакту шини з поверхнею площадки, відбувається її поперечне зміщення. Це переміщення фіксується датчиками, сигнал від яких надходить на світлове табло індикаторної колонки. Залежно від величини відхилення вмикається відповідний світловий сигнал: червоний колір свідчить про порушення кутів установлення коліс, жовтий — про наближення їх значень до допустимих меж, зелений — про відповідність нормі. При критичних відхиленнях (червоний сигнал) додатково активується звукове попередження. Допустиме бічне відведення коліс становить ± 12 мм на довжині 1 м переміщення площадки.

Налаштування блока датчиків може змінюватися працівниками СТО залежно від типу обслуговуваних транспортних засобів і умов їх експлуатації.

Тривалість проведення діагностики не перевищує однієї хвилини, що дозволяє виконувати контроль із періодичністю технічного обслуговування ТО-1 або вибірково. Це забезпечує своєчасне виявлення відхилень у геометрії встановлення коліс, зменшення інтенсивності зношування шин і підвищення ресурсу елементів ходової частини. Використання площадкових стендів також сприяє більш ефективному завантаженню контрольних-регулювальних постів. Крім того, такі стенди можуть застосовуватись на пунктах технічного контролю транспортних засобів.

2.2 Регулювання та профілактика

Діагностування та регулювання кутів установлення керованих коліс виконують після усунення люфтів у шворневих з'єднаннях і підшипниках ступиць, а також за умови нормального тиску в шинах і надійного кріплення

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

колісних дисків. Контроль здійснюється як на стаціонарних стендах, так і за допомогою переносних приладів.

Залежно від принципу дії стенди поділяються на механічні, оптичні, оптико-електронні та електронні. Переносні засоби вимірювання можуть бути механічними, рідинними або оптико-електронними. Найбільшого поширення набули оптичні стенди (рис. 2.4), які забезпечують високу точність вимірювань.

На таких стендах визначення кутів розвалу, сходження, поздовжнього нахилу шворня та співвідношення кутів повороту коліс здійснюється оптичним методом, тоді як поперечний нахил шворня вимірюється за допомогою рівня, інтегрованого в дзеркальний відбивач.

Суть вимірювання полягає у визначенні кутового положення дзеркального відбивача, встановленого паралельно площині обертання колеса, а також у фіксації зміни цього положення при повороті колеса на 20° (для оцінки поздовжнього нахилу шворня та співвідношення кутів повороту). За відсутності розвалу і сходження зображення шкали, яке спостерігається через вимірювальний мікроскоп, після відбиття від дзеркал, встановлених на колесі та стояку, співпадає з нерухомим перехрестям окуляра. У разі наявності розвалу відбувається вертикальне зміщення зображення шкали, а при сходженні — горизонтальне, що дозволяє визначити відповідні кути.

Для автомобілів із нерозрізною передньою віссю кути розвалу коліс і нахилу шворнів конструктивно не регулюються. У транспортних засобах із незалежною підвіскою регулювання розвалу здійснюється за допомогою ексцентрикових втулок. Максимальні кути повороту передніх коліс обмежуються спеціальними регульовальними болтами, які встановлені у поворотних важелях і взаємодіють із кулаками переднього моста або, у випадку незалежної підвіски, з елементами стояків.

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

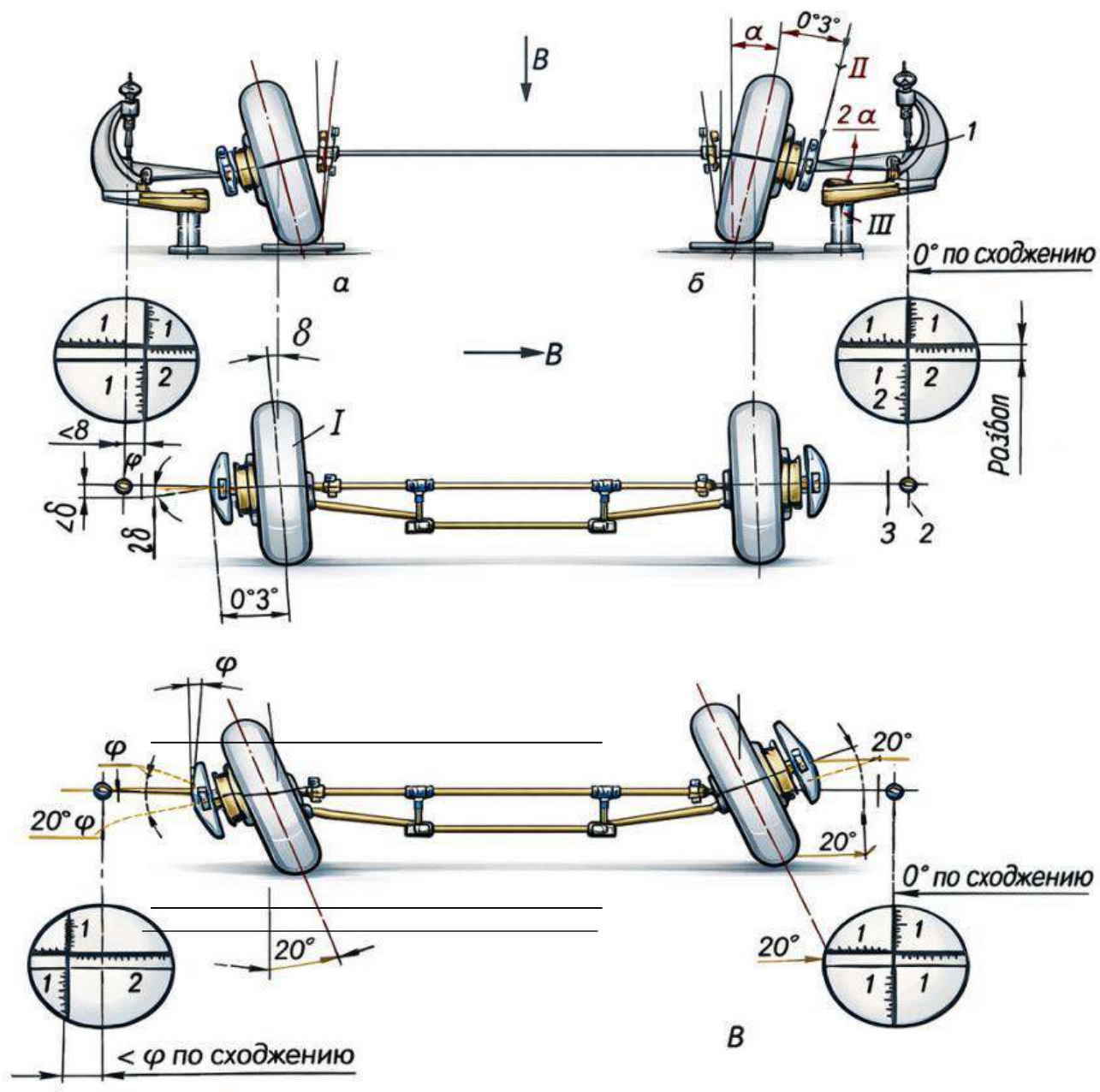


Рисунок 2.4-Перевірка кутів установлення коліс автомобіля за допомогою оптичного стенда

.а — визначення сходження d коліс; б — визначення розвалу d коліс; в — визначення співвідношення і кутів повороту коліс; / — площина обертання колеса; II — площина дзеркала колеса; III — площина хакали; 1 — дзеркало мікроскопа; 2 — окуляр мікроскопа; 3 — шкала мікроскопа

2.3 Систематизація несправностей, зумовлених зношуванням шворневого вузла

Однією з найбільш характерних несправностей переднього моста автомобіля є зношування елементів шворневого з'єднання, насамперед втулок і самого шворня. Допустиме збільшення діаметра отвору під шворінь становить до 0,085 мм, а отвору під стопорний болт — у межах 0,10–0,15 мм. Окрім цього, можливе зношування торцевої поверхні бобишки під шворінь.

Втулки шворневого з'єднання, що втратили працездатність, підлягають заміні або відновленню. У першому випадку їх випресовують і встановлюють нові, у другому — виконують розгортання отвору під ремонтний (збільшений) розмір шворня. Для повторного використання зношених шворнів (зокрема для автомобіля КрАЗ-260) застосовують їх шліфування до ремонтного розміру, після чого нові втулки виготовляють із внутрішнім діаметром, узгодженим зі зменшеним розміром шворня.

Унаслідок багаторазового демонтажу та запресовування втулок відбувається поступове збільшення посадкового отвору в поворотному кулаку. Тому перед встановленням нових втулок отвір у кулаку доцільно попередньо розгортати зі збільшенням діаметра на 0,2–0,3 мм відносно номінального значення. Після цього встановлюють втулки із відповідно збільшеним зовнішнім діаметром, забезпечуючи натяг у межах 0,025–0,111 мм.

У випадку значного зношування отвір під шворінь підлягає розточуванню із застосуванням спеціальних пристосувань (типу, наведеного на рис. 2.5). Контроль торцевого биття відносно осі отвору здійснюється за допомогою вимірювального пристрою (рис. 2.6), при цьому допустиме значення не повинно перевищувати 0,1 мм.

Граничне зношування шворнів допускається в межах 0,015–0,02 мм. Шворні з більшим ступенем зношування відновлюють шляхом нанесення

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

хромового покриття з подальшим шліфуванням до номінального або ремонтного розміру. Процес хромування виконується відповідно до встановленої технології.

За відсутності значних дефектів, таких як задири або вм'ятини, допускається шліфування шворнів до зменшеного ремонтного розміру з інтервалом 0,5 мм.

Відновлені або нові шворні повинні відповідати вимогам точності: овальність і конусність не повинні перевищувати 0,01 мм, а відхилення від прямолінійності поверхні — не більше 0,02 мм.

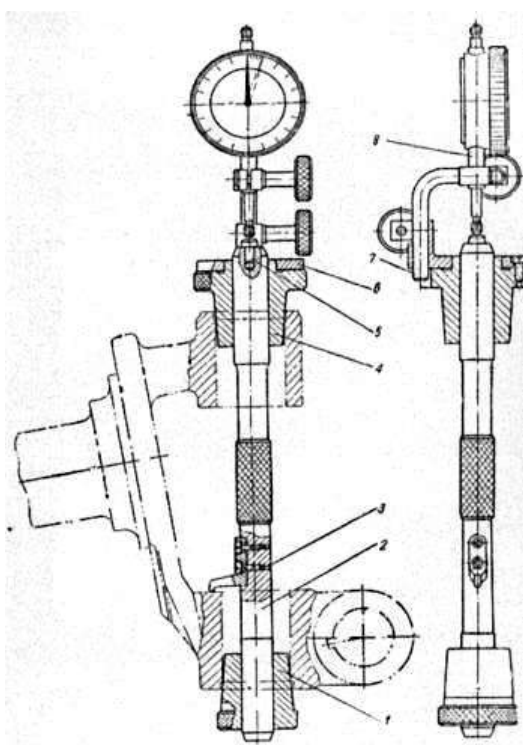


Рисунок 2.5 - Пристрій для перевірки перпендикулярності торців до осі поворотного кулака: 1, 4 – втулки; 2 – валик; 3 – упор; 5 – опора; 6 – кронштейн; 7 – державка; 8 – індикатор

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

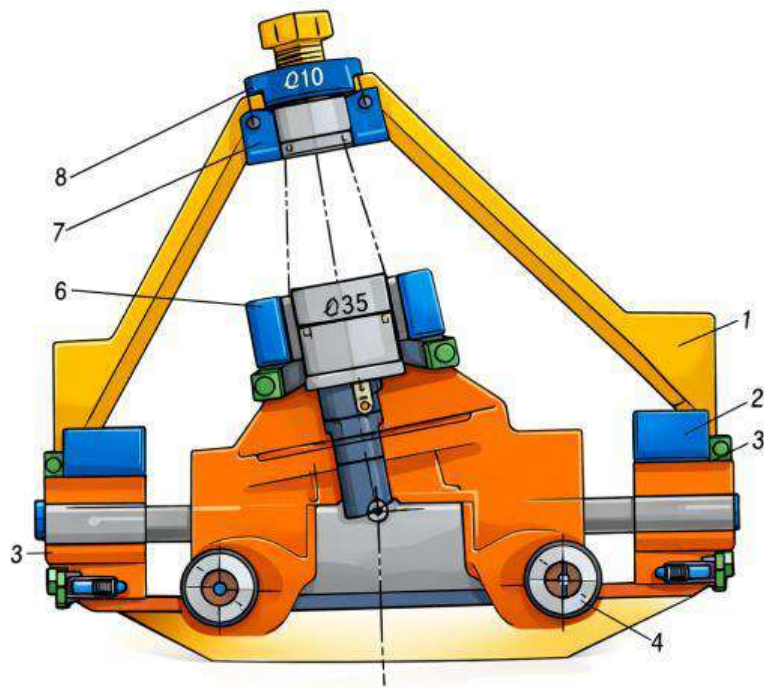


Рисунок 2.6- Пристрій для розточування отворів в поворотному кулаку: 1 – корпус; 2, 3, 5, 6, 7 – втулки; 4 – опора; 8 – гайка.

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

3. Покращення мащення втулок за допомогою еластичних кульок

3.1 Конструкція комбінованого підшипника

Існуючі конструкції мастильних канавок переважно виконують функцію накопичення мастильного матеріалу та не забезпечують його автоматичного поповнення під час експлуатації без розбирання вузла.

Найбільш близьким за технічною суттю аналогом є система мастильних канавок, виконаних у вигляді масляних кишень на зовнішній поверхні вкладиша, які реалізовані у формі канавки, що з'єднує отвори підведення мастила.

Разом із тим зазначене рішення не гарантує рівномірного розподілу мастильного матеріалу по всій поверхні контакту деталей. Змащування здійснюється лише в обмеженій зоні поблизу масляної кишені і зберігається до моменту, поки рівень мастила не зменшиться нижче висоти мікронерівностей контактуючих поверхонь. Для відновлення запасу мастила необхідне розбирання вузла.

Метою запропонованого технічного рішення є покращення умов мащення в зоні тертя з обмеженим доступом мастильного матеріалу шляхом його подачі з неробочої області безпосередньо в зону контакту із застосуванням пружних елементів у вигляді каучукових кульок.

Поставлене завдання досягається тим, що в конструкції самозмащувального підшипника ковзання, який складається з втулки та вала, у стінці втулки виконані наскрізні канавки, розташовані по гвинтовій лінії під кутом 45° до напрямку руху вала. Зазначені канавки оснащені каучуковими кульками, що функціонують як елементи подачі мастила в умовах реверсивного руху.

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

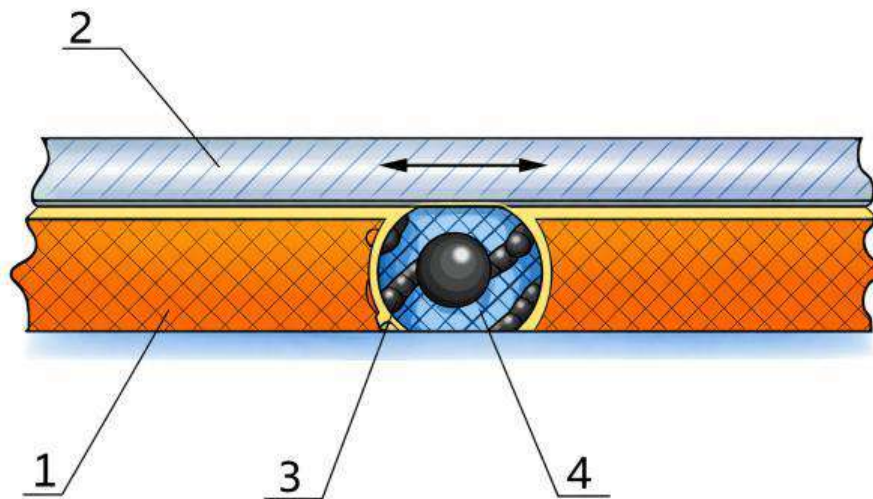


Рисунок 3.1 - Схема самозмащувального підшипника ковзання

На рис. 3.1 представлена принципова схема самозмащувального підшипника ковзання, де: 1 — корпус із канавкою; 2 — контртіло; 3 — мастильна канавка; 4 — каучуковий елемент (кулька).

Під час руху контртіла 2 відносно поверхні тіла 1 за наявності мастильного шару кулька залишається нерухомою. У разі переходу до режиму сухого або граничного тертя поверхня контртіла починає взаємодіяти з каучуковою кулькою 4, спричиняючи її перекочування вздовж канавки 3. У процесі цього переміщення кулька захоплює мастильний матеріал із канавки та переносить його в зону контакту.

Розміщення канавок під кутом 45° до напрямку відносного руху забезпечує більш рівномірний розподіл мастила по поверхні тертя за рахунок спрямованого переміщення кульки. Перенесення мастильного матеріалу з dna канавки відбувається внаслідок сил тертя, що виникають між контактною поверхнею та каучуковим елементом, і забезпечують його обертання.

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Таким чином, самозмащувальний підшипник ковзання, який складається з втулки та вала з виконаними в ній канавками, відрізняється тим, що в стінці втулки передбачені наскрізні канали, сформовані за гвинтовою лінією під кутом 45° до напрямку руху вала. Ці канали оснащені каучуковими кульками, які забезпечують подачу мастила в умовах реверсивного руху та покращують трибологічні характеристики вузла.

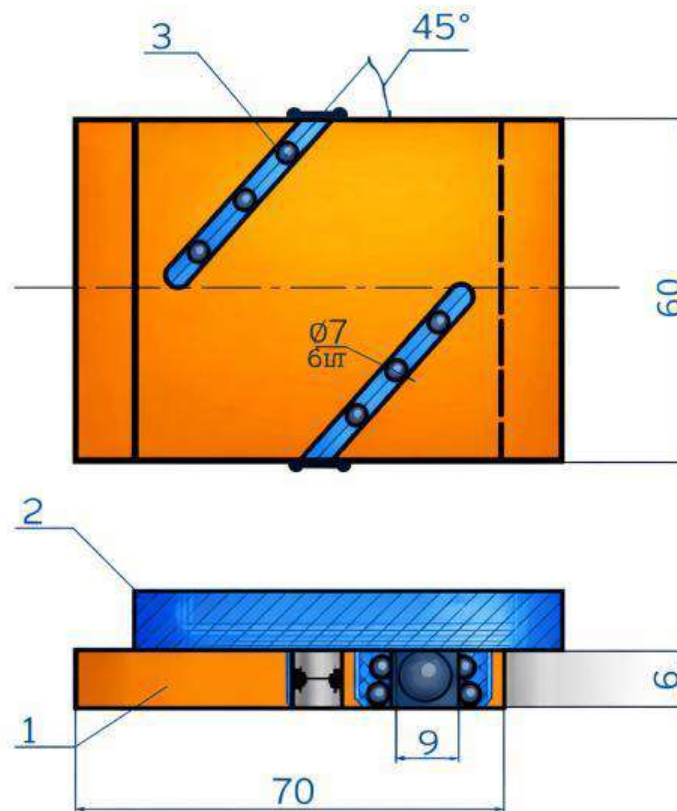


Рисунок 3.2- Ескізи зразків.

Поліамідні втулки, як правило, виготовляють методом лиття під тиском. У процесі формування вони набувають незначної конічності, що полегшує їх вилучення з прес-форми. Для подальшого використання втулку необхідно привести до циліндричної форми та забезпечити задані

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

геометричні параметри: зовнішній діаметр — 55 мм, внутрішній діаметр — 45 мм, висота — 50 мм. Досягнення необхідної точності забезпечується механічною обробкою, зокрема розточуванням на горизонтально-розточувальному верстаті.

Модифікація конструкції втулки передбачає виконання у її стінці похилих пазів, орієнтованих під кутом 45° до осі втулки. У цих пазах розміщуються еластичні кульки діаметром 3 мм. Ширина пазів становить 4 мм. Формування пазів здійснюється на вертикально-свердлильному обладнанні.

Після механічної обробки в пази подається мастильний матеріал (типу Літол-24), після чого втулка запресовується в провущину поворотного кулака за допомогою гідравлічного преса. Далі в підготовлені канали встановлюються еластичні кульки, і за допомогою шворня здійснюється з'єднання поворотного кулака з балкою переднього моста.

3.2 Технологія виготовлення еластичних кульок методом вулканізації

Вулканізація — це технологічний процес перетворення пластичного каучукового матеріалу (гумової суміші) у високоеластичний стан із практично відсутніми необоротними деформаціями за нормальних температур. У результаті відбувається утворення просторової сітки поперечних зв'язків між макромолекулами каучуку.

Каучуки належать до полімерних матеріалів, для яких характерна наявність довгих макромолекулярних ланцюгів із суттєвою різницею між міжмолекулярними та внутрішньомолекулярними зв'язками. Це зумовлює здатність до значних оборотних деформацій — так званої високоеластичності, яка має ентропійну природу, на відміну від пружної деформації твердих тіл.

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Під час вулканізації змінюються основні фізико-механічні властивості матеріалу: модуль пружності, твердість, міцність на розтяг, відносне видовження, залишкова деформація, морозостійкість, теплостійкість, газопроникність та електричний опір. Ступінь цих змін визначається щільністю поперечних зв'язків, тобто ступенем вулканізації.

У промисловості переважно застосовується гаряча вулканізація, що здійснюється при температурах 140–170 °С, а в окремих випадках — до 190–200 °С. Підвищення температури дозволяє скоротити тривалість процесу. Для температур понад 210 °С доцільним є використання електронагріву, який забезпечує точне регулювання температурного режиму.

Для масивних виробів характерна нерівномірність прогріву через низьку теплопровідність гуми, що ускладнює досягнення однакового ступеня вулканізації по всьому об'єму. Тому при розробці технологічних режимів особливу увагу приділяють забезпеченню рівномірного температурного поля. Контроль температури здійснюється за допомогою термопар, розміщених у характерних зонах виробу.

Вулканізація може проводитись різними способами: у відкритому середовищі, у прес-формах під тиском, у камерах безперервної дії або з використанням теплоносіїв. Прес-форми можуть бути відкритого або закритого типу, а тиск створюється механічними або гідравлічними засобами. Він необхідний для формування виробу, забезпечення його щільності та запобігання утворенню пористості.

Поведінка гумових сумішей у процесі формування характеризується складною реологією. Вони належать до нелінійних в'язко-пружних систем і мають такі особливості:

- неньютонівський характер течії;
- поєднання пластичних і високоеластичних деформацій;

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

- зміна структури під дією навантаження;
- анізотропія властивостей.

Ці властивості обумовлюють залежність поведінки матеріалу від температури, часу та швидкості деформації.

Завдяки комплексу експлуатаційних характеристик — високій еластичності, стійкості до агресивних середовищ, низькій проникності та добрим діелектричним властивостям — гумові матеріали широко застосовуються в машинобудуванні. Вони використовуються для виготовлення ущільнень, манжет, прокладок, амортизаторів, муфт, шлангів та інших елементів.

При розробці оптимальних режимів вулканізації застосовують як аналітичні, так і експериментальні методи. На початковому етапі вибирається орієнтовний режим на основі досвіду та емпіричних залежностей, після чого проводиться його експериментальна перевірка. Для цього в заготовку перед вулканізацією встановлюють термомпари у критичних зонах, де можливі недогрів або перегрів, що дозволяє скоригувати технологічний процес і забезпечити рівномірну якість готового виробу.

3.3. Технологія виготовлення втулок із канавками під полімерні кульки

Технологія виготовлення втулок із прорізними канавками для встановлення полімерних кульок передбачає створення елемента самозмащувального підшипника ковзання, який забезпечує покращені трибологічні умови роботи за рахунок активного перенесення мастильного матеріалу в зону контакту. Конструктивною особливістю такої втулки є наявність похилих або гвинтових канавок, у яких розміщуються еластичні кульки з полімерного матеріалу. Ці канавки виконують функцію резервуарів

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

мастила та каналів його подачі, а кульки — роль активних елементів, що забезпечують його транспортування під час роботи вузла.

Для виготовлення втулок доцільно використовувати полімерні матеріали типу поліаміду (наприклад, РА6 або РА66), які характеризуються достатньою міцністю, високою зносостійкістю та низьким коефіцієнтом тертя. Крім того, такі матеріали мають добру технологічність обробки та стійкість до дії мастильних матеріалів. Полімерні кульки виготовляються з еластомерів, зокрема гум або поліуретанів, що забезпечують необхідну еластичність, здатність до відновлення форми та достатній коефіцієнт тертя для забезпечення їх обертання у канавках.

Заготовку втулки отримують або методом лиття під тиском, або шляхом механічної обробки з полімерного прутка. У випадку лиття заготовка має незначну конусність, що полегшує її вилучення з прес-форми, однак для подальшого використання її необхідно довести до циліндричної форми із заданими геометричними параметрами. Типовими розмірами є зовнішній діаметр 55 мм, внутрішній діаметр 45 мм і висота 50 мм. Остаточна форма та точність забезпечуються шляхом механічної обробки, зокрема розточуванням на горизонтально-розточувальному або токарному верстаті.

Механічна обробка включає чорнове та чистове точіння зовнішньої поверхні, розточування внутрішнього отвору та доведення геометричних параметрів до заданих значень. Особливу увагу приділяють забезпеченню співвідношенню внутрішньої та зовнішньої поверхонь, а також мінімізації овальності та конусності. Шорсткість внутрішньої поверхні, яка є робочою, повинна знаходитися в межах $Ra = 0,8-1,6$ мкм, що забезпечує стабільний режим тертя та сприяє утриманню мастильної плівки.

Після формування основних поверхонь виконують обробку канавок. Вони розташовуються під кутом 45° до осі втулки, що забезпечує ефективний розподіл мастильного матеріалу вздовж поверхні тертя. Ширина канавок, як

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

правило, становить близько 4 мм, а глибина визначається діаметром кульок і зазвичай становить приблизно половину або трохи більше їх діаметра. Обробка канавок може здійснюватися свердлінням під заданим кутом, фрезеруванням або за допомогою спеціальних пристроїв, що забезпечують точне орієнтування інструмента. Для дотримання геометрії використовують кондуктори або поворотні пристрої, які дозволяють витримувати необхідний кут і крок розташування канавок.

Після виконання канавок проводять додаткову обробку поверхонь: знімають задирки, фаски, здійснюють шліфування або полірування робочих зон. Особливо важливо уникати перегріву полімерного матеріалу під час обробки, оскільки це може призвести до його деформації або зміни фізико-механічних властивостей. Очищення втулки від стружки та пилу є обов'язковим етапом перед складанням.

Полімерні кульки виготовляються переважно методом вулканізації або лиття. Процес вулканізації передбачає перехід каучукової суміші у високоеластичний стан за рахунок утворення поперечних зв'язків між макромолекулами. Вулканізація здійснюється при температурах, як правило, 140–170 °С, що забезпечує формування необхідних механічних властивостей. Готові кульки повинні мати стабільні геометричні параметри (діаметр близько 3 мм), однорідну структуру, відсутність тріщин і достатню еластичність.

Перед складанням канавки втулки заповнюють мастильним матеріалом, наприклад Літол-24, який забезпечує початкові умови змащування. Після цього в канавки встановлюють полімерні кульки, перевіряючи їх здатність до вільного переміщення та обертання. Далі втулку запресовують у провущину поворотного кулака або інший корпусний елемент за допомогою гідравлічного преса. При цьому контролюється величина натягу та забезпечується правильна орієнтація втулки.

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Контроль якості виготовлення втулки здійснюється на всіх етапах технологічного процесу. Перевіряються геометричні параметри, шорсткість поверхонь, точність розташування канавок, а також відсутність дефектів матеріалу. Додатково оцінюється функціональна здатність вузла, зокрема вільне переміщення кульок і рівномірність розподілу мастильного матеріалу.

Запропонована технологія дозволяє створити ефективний самозмащувальний вузол, у якому забезпечується постійне підведення мастила в зону контакту навіть у складних умовах роботи. Це сприяє зниженню коефіцієнта тертя, зменшенню інтенсивності зношування та підвищенню довговічності як втулки, так і спряженої деталі. Завдяки відносній простоті реалізації дана технологія може бути впроваджена як у виробничих, так і в ремонтних умовах, забезпечуючи підвищення ресурсу вузлів типу «шворінь–втулка».

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

ВИСНОВКИ

У роботі проведено комплексний аналіз конструкції та умов роботи шворневого вузла переднього моста автомобіля, встановлено, що дана трибологічна пара працює в умовах комбінованого навантаження (радіального, осьового та ударного) і обмеженого змащування, що є основними факторами її інтенсивного зношування.

Досліджено основні причини виходу з ладу пари тертя «шворінь–втулка», серед яких домінують недостатнє змащування, абразивне зношування, порушення геометрії вузла та дія втомно-корозійних процесів. Показано, що традиційні конструкції втулок не забезпечують стабільного підведення мастильного матеріалу в зону контакту.

На основі аналізу існуючих технічних рішень запропоновано удосконалену конструкцію втулки з похилими канавками, оснащеними полімерними кульками, які забезпечують активне перенесення мастила в зону тертя, що дозволяє покращити умови змащування та знизити коефіцієнт тертя.

Розроблено технологію виготовлення втулки з канавками та полімерними кульками, яка включає механічну обробку поліамідної заготовки, формування канавок під заданим кутом, виготовлення еластичних кульок методом вулканізації та їх встановлення із попереднім заповненням мастильним матеріалом.

Обґрунтовано, що впровадження запропонованого конструктивного рішення сприятиме підвищенню зносостійкості та довговічності шворневого вузла, зменшенню витрат на технічне обслуговування та покращенню експлуатаційної надійності автомобіля в цілому.

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Говорущенко М. Я. Технічна експлуатація автомобілів. – Харків : ХНАДУ, 2016. – 468 с.
2. Говорущенко М. Я., Туренко А. М. Основи технічної експлуатації автомобілів. – Харків : ХНАДУ, 2015. – 304 с.
3. Туренко А. М., Коваленко В. І. Автомобілі: будова та експлуатація. – Харків : ХНАДУ, 2017. – 392 с.
4. Бажинов О. В. Автомобілі: конструкція, теорія і розрахунок. – Київ : Арістей, 2018. – 520 с.
5. Литвиненко С. В. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. – Київ : Центр учбової літератури, 2020. – 416 с.
6. Бідняк М. Г. Технічне обслуговування автомобілів. – Львів : Новий Світ-2000, 2018. – 360 с.
7. Кравченко В. П. Автомобілі: теорія експлуатаційних властивостей. – Київ : НТУ, 2016. – 350 с.
8. Сахно В. П. Автомобілі: конструкція і розрахунок вузлів. – Київ : НТУ, 2017. – 410 с.
9. Марченко А. П. Двигуни внутрішнього згоряння. – Харків : НТУ «ХП», 2004. – 480 с.
10. Шеховцов А. Ф. Конструкція та доводка двигунів транспортних машин. – Харків : НТУ «ХП», 2004. – 420 с.
11. Bosch. Автомобільний довідник / пер. з нім. – Київ : Кондор, 2015. – 1280 с.
12. Reimpell J., Stoll H., Betzler J. The Automotive Chassis: Engineering Principles. – Oxford : Butterworth-Heinemann, 2001. – 498 p.
13. Gillespie T. D. Fundamentals of Vehicle Dynamics. – Warrendale : SAE International, 1992. – 495 p.

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

14. Wong J. Y. Theory of Ground Vehicles. – 4th ed. – Hoboken : Wiley, 2008. – 488 p.
15. Dixon J. C. Tires, Suspension and Handling. – Warrendale : SAE International, 1996. – 402 p.
16. Jazar R. N. Vehicle Dynamics: Theory and Application. – New York : Springer, 2008. – 1018 p.
17. Hucho W.-H. Aerodynamics of Road Vehicles. – Warrendale : SAE International, 1998. – 699 p.
18. SAE International. Automotive Handbook. – Warrendale : SAE, 2015. – 1200 p.
19. ISO 8855:2011 Road vehicles — Vehicle dynamics and road-holding ability — Vocabulary.
20. ISO 6621:2012 Internal combustion engines — Piston rings — Vocabulary.

					КРБМТВА 26.22139.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57