

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Удосконалення технологічного процесу ремонту рульового механізму Ford Scorpio з дослідженням технології відновлення вал шестерні

МАм-62

Виконав: студент 6 курсу, групи МАм-61
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Максим КОЛОДІЙ

Володимир
ДЕРЕЖИЦЬКИЙ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Іван ГЕВКО

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Роман ХОРОШУН

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Зав. кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

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

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

Кафедра Кафедра автомобілів
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«12» листопада 2024 р.

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)

студенту Колодію Максиму Борисовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технологічного процесу ремонту рульового механізму Ford Scorpio з дослідженням технології відновлення вал шестерні

Керівник роботи Гевко Іван Богданович., д.т.н., проф.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 10 » листопада 2023 року № 4/7-1088

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 грудня 2024

3. Вихідні дані до роботи Базовий технологічний процес рульового механізму Ford Scorpio

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

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ. 4 Науково-дослідний розділ. 5 Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Рульовий механізм – 1А1.

Схема роботи рульового механізму з гідро підсилювачем – 1А1.

Карта дефектів – 1А1.

Операційна карта – 1А1.

Патентно-інформаційний пошук – 2А1.

Динамометр-люфтомір моделі K402– 1А1.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 12.11.2024р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	21.11.24р	
2	Технологічний розділ	28.11.24р	
3	Конструкторський розділ	03.12.24р	
4	Науково-дослідний розділ	12.12.24р	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	19.12.24р	
6	Оформлення графічної частини	19.12.24р	
7	Захист кваліфікаційної роботи магістра	27.12.24р	

Студент

(підпис)

Колодій Максим Борисович

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Гевко Іван Богданович

(прізвище та ініціали)

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

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра Кафедра автомобілів
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«12» листопада 2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)

студенту Дережицькому Володимирі Васильовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технологічного процесу ремонту рульового механізму Ford Scorpio з дослідженням технології відновлення вал шестерні

Керівник роботи Гевко Іван Богданович., д.т.н., проф.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 12 » листопада 2023 року № 4/7-1089

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 грудня 2024

3. Вихідні дані до роботи Базовий технологічний процес рульового механізму Ford Scorpio

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

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ. 4 Науково-дослідний розділ. 5 Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

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

Технологічна карта процесу розбирання рульової рейки – 1А1.

Приспосіблення для розбирання-збирання рульової рейки – 1А1.

Пристосування для правки рульових валів – 1А1.

Стенд для перевірки рульових механізмів – 1А1.

Теоретичні основи підвищення ресурсу гідросистем – 1А1.

Методика і результати експериментальних досліджень швидкості зношування в умовах обробки робочої рідини зовнішнім електричним полем – 2А1.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 12.11.2024р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	21.11.24р	
2	Технологічний розділ	28.11.24р	
3	Конструкторський розділ	03.12.24р	
4	Науково-дослідний розділ	12.12.24р	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	19.12.24р	
6	Оформлення графічної частини	19.12.24р	
7	Захист кваліфікаційної роботи магістра	27.12.24р	

Студент _____
(підпис)

Дережицький Володимир Васильович
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Гевко Іван Богданович
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційної роботи магістра на тему: «Удосконалення технологічного процесу ремонту рульового механізму Ford Scorpio з дослідженням технології відновлення вал шестерні.».

Робота виконана на кафедрі автомобілів ТНТУ ім. І. Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи магістра доктор технічних наук, професор Гевко Іван Богданович.

Пояснювальна записка складається з п'яти розділів і 128 сторінки формату А4 та 14 аркушів формату А1 графічної частини 6 сторінок додатків.

Ключові слова: якість, керування, аналіз, відновлення, технологія.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	8
1.1 Класифікація та призначення легкових автомобілів.....	8
1.2 Характеристика транспортних засобів.....	9
1.3 Будова та характеристика рульового управління.....	17
1.4 Різновиди рульових рейок та їх загальна будова.....	20
1.5 Характерні несправності рульового управління.....	27
1.6 Аналітична характеристика дослідження тертя в зубчастих парах для обробки рульового управління.....	30
1.7 Висновки та постановка завдання на магістерську роботу.....	41
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	43
2.1 Розробка технологічного процесу ремонту деталі.....	43
2.2 Критерії граничного зносу деталей рульових рейок.....	46
2.3 Технологія ремонту рульової рейки.....	48
2.4 Розрахунок рульового керування автомобіля та гідро підсилювача.....	51
2.5 Технологічний процес відновлення валу шестерні рульового керування автомобіля.....	61
2.6 Вибір технологічних баз.....	65
2.7 Технологічний маршрут відновлення деталі.....	71
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	78
3.1 Вибір пристосування для механічної обробки.....	78
3.1.1 Пристрій для фрезерування рейки рульового механізму.....	78
3.1.2 Пристрій для свердління отв. $\varnothing 7,5$ мм в рейці рульового механізму...	79
3.2 Перевірки та регулювання люфта.....	80
3.3 Знімач пальців тяги рульової.....	81
3.4 Розрахунок похибки встановлення деталі.....	83
3.4.1 Розрахунок похибки встановлення деталі в пристрої для фрезерування рейки рульового механізму.....	84
3.4.2 Розрахунок похибки встановлення деталі в пристрої для	

свердління отв.Ø7,5 мм в рейці рульового механізму.....	84
3.5 Розрахунок і вибір приводу пристосування.....	84
3.5.1 Розрахунок і вибір приводу пристосування для фрезерування рейки рульового механізму.....	84
3.5.2 Розрахунок і вибір приводу пристосування для свердління отв.Ø7,5 мм в рейці рульового механізму.....	87
3.6 Розрахунок електроприводу електромеханічного підйомника.....	89
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ.....	93
4.1 Визначення основних причин зносу у відповідальних вузлах гідросистем.....	93
4.2 Енергія взаємодії поверхнево активних молекул оливи в адсорбційному шарі.....	94
4.3 Розроблення теоретичних основ підвищення ресурсу гідросистем.....	98
4.4 Методика і результати експериментальних досліджень швидкості зношування в умовах обробки робочої рідини зовнішнім електричним полем.....	103
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	110
5.1 Вимоги пожежної безпеки при гасінні електроустановок.....	110
5.2 Розрахунок штучного освітлення для проектного цеху для ламп розжарювання.....	114
5.3 Розрахунок витяжної вентиляції для проектного цеху по вмісту шкідливих домішок.....	116
5.4 Загальні принципи превентивного і оперативного планування заходів ЦЗ.....	120
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	123
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	124
ДОДАТКИ	

ВСТУП

У сучасному світі велике значення має надійність та ефективність автомобільних транспортних засобів. Ремонтні роботи та обслуговування відіграють ключову роль у забезпеченні тривалого та безпечного використання автомобілів. Однією з найважливіших складових автомобіля є рульовий механізм, який забезпечує точне та контрольоване управління транспортним засобом. В контексті цього, рульовий механізм Ford Scorpio потребує особливої уваги через свої конструктивні особливості та важливість у загальній системі управління автомобілем.

Ця кваліфікаційна робота магістра присвячена удосконаленню технологічного процесу ремонту рульового механізму Ford Scorpio. Особлива увага приділяється дослідженню технології відновлення валу шестерні, що є ключовим елементом у рульовій системі. Вал шестерні відповідає за передачу обертового моменту від рульового колеса до коліс, що робить його критично важливим для забезпечення надійності та безпеки кермування.

Метою даної роботи є аналіз існуючих методик ремонту рульових механізмів, виявлення потенційних недоліків у сучасних підходах та розробка вдосконаленої методики, яка б дозволила ефективно відновлювати вал шестерні з мінімальними витратами та високою надійністю.

Для досягнення цієї мети будуть використані як теоретичні так і практичні методи дослідження, включаючи аналіз спеціалізованої літератури, вивчення ринкових пропозицій існуючих рішень, лабораторні випробування та експериментальний ремонт зразків валів шестерень.

Результатом роботи має стати розробка комплексного рішення, що включає в себе рекомендації щодо вибору матеріалів, технологій обробки та тестування відремонтованих деталей, що забезпечить підвищення загальної ефективності процесу ремонту рульових механізмів.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Класифікація та призначення легкових автомобілів

Автомобіль – це транспортний засіб, який використовується для пересування і має багато різновидів, що відрізняються за призначенням та конструкцією. Основне завдання автомобіля – забезпечити перевезення пасажирів та їхнього багажу з однієї точки до іншої за короткий час, ніж це зробили б громадський чи міжміський транспорт. Завдяки своїй мобільності, автомобіль може дістатися до будь-якого місця за різними маршрутами. Легкові автомобілі мають уніфіковану будову, що відповідає встановленим нормам ваги, довжини та потужності двигуна, що визначає їхню продуктивність і швидкість. Як правило, вони розраховані на перевезення від двох до восьми осіб у салоні [1].

Класифікація автомобілів за призначенням:

Транспортні – автомобілі, що слугують для перевезення пасажирів або вантажів:

Вантажні – транспортні засоби, призначені для доставки товарів або продукції. Мають спеціалізовану форму кузова, адаптовану для виконання цих задач.

Пасажирські – транспортні засоби для перевезення людей. Можуть мати різні форми кузова, а у салоні передбачені місця для сидіння:

Легкові – автомобілі з кількістю місць до восьми, які можуть бути пасажирськими або вантажно-пасажирськими.

Автобуси – великі чи малі транспортні засоби, призначені для перевезення пасажирів і їхнього багажу на різні відстані. Кількість місць у салоні становить від дев'яти до 46 і більше, забезпечуючи комфорт під час перевезення.

Спеціалізовані – автомобілі, обладнані для виконання вузькоспеціалізованих задач. Наприклад, поліцейські автомобілі оснащені

спеціальною радіостанцією, ноутбуком для доступу до баз даних, пробісковими вогнями, звуковою сигналізацією та потужним двигуном (на 50 кінських сил більше, ніж у звичайних авто).

Гоночні – транспортні засоби з високою продуктивністю, призначені для перегонів. Вони оснащені потужним двигуном, спеціальною підвіскою, короткохідною коробкою передач і укріпленим кузовом із рамою жорсткості, що робить їх легшими за звичайні авто:

Бездорожжі – автомобілі для перегонів на бездоріжжі, які можуть бути у формі позашляховиків або легковиків (седанів, хетчбеків).

Трекові – автомобілі типу Lotus або F1, оснащені швидкісними двигунами, спеціальними кріслами для водія та керуванням, розташованим у центральному блоці.

1.2 Характеристика транспортних засобів

Згідно з технічними вимогами, автомобіль, що розробляється, повинен відповідати таким характеристикам:

- Максимальна швидкість становить 188 км/год.
- Кузов виконаний у формі седана.
- Двигун має бути рядним, 4-циліндровим, із високою потужністю.
- Чотири двері забезпечують зручний доступ до салону.
- Автомобіль має велику колісну базу, значні габарити та зберігає

високу маневреність.

Для аналізу були обрані чотири моделі, які відповідають вказаним параметрам: **BMW E34, Opel Kadett, Škoda Favorit, Ford Scorpio.**

Модель **BMW E34**, розроблена німецьким виробником BMW, вийшла на ринок у 1987 році та стала втіленням передових інженерних рішень свого часу. У порівнянні з попередньою моделлю BMW E28, новий кузов отримав більш аеродинамічний дизайн із покращеною оптикою та додатковими габаритними

вогнями. Для зниження маси у конструкції використали тонший метал у деяких елементах, що дозволило зменшити загальну вагу автомобіля.

Ходова частина була модернізована завдяки використанню нових елементів із більшим кутом нахилу, що значно підвищило комфортність їзди. У версіях із найпотужнішими двигунами збільшена маса (на 75 кг) позитивно впливала на динамічні характеристики.

Додатково, у 1988 році з'явилися модифікації з 3,6-літровими турбодизельними двигунами на 315 к.с. Пізніше, у 1992 році, лінійка поповнилася 3,8-літровим агрегатом на 327 к.с., а також версіями із 420 к.с. Для трансмісії пропонувалися 4- або 5-ступінчасті механічні коробки передач, а також 4-ступінчастий автомат.

Салон BMW E34 вражав простором і зручністю. Незважаючи на відносно компактний зовнішній вигляд, автомобіль мав великий внутрішній об'єм. У топових комплектаціях передбачалися люк у даху, система подушок безпеки, а також антиблокувальна система гальм (ABS).

Автомобіль вирізнявся м'яким і точним керуванням завдяки гідропідсилювачу. Маневреність доповнювалася можливістю відключення системи стабілізації.

Гальмівна система була переважно дисковою. У модифікаціях із двигунами до 3,0 л задні гальма залишалися барабанними, тоді як у версіях із більшими об'ємами двигунів усі гальма були дисковими, що підвищувало ефективність уповільнення.

Ця модель втілювала баланс між потужністю, комфортом і технологічністю, що робить її цікавою для аналізу у контексті розробки нового автомобіля.



Рисунок 1.1 - Загальний вид автомобіля BMW е 34

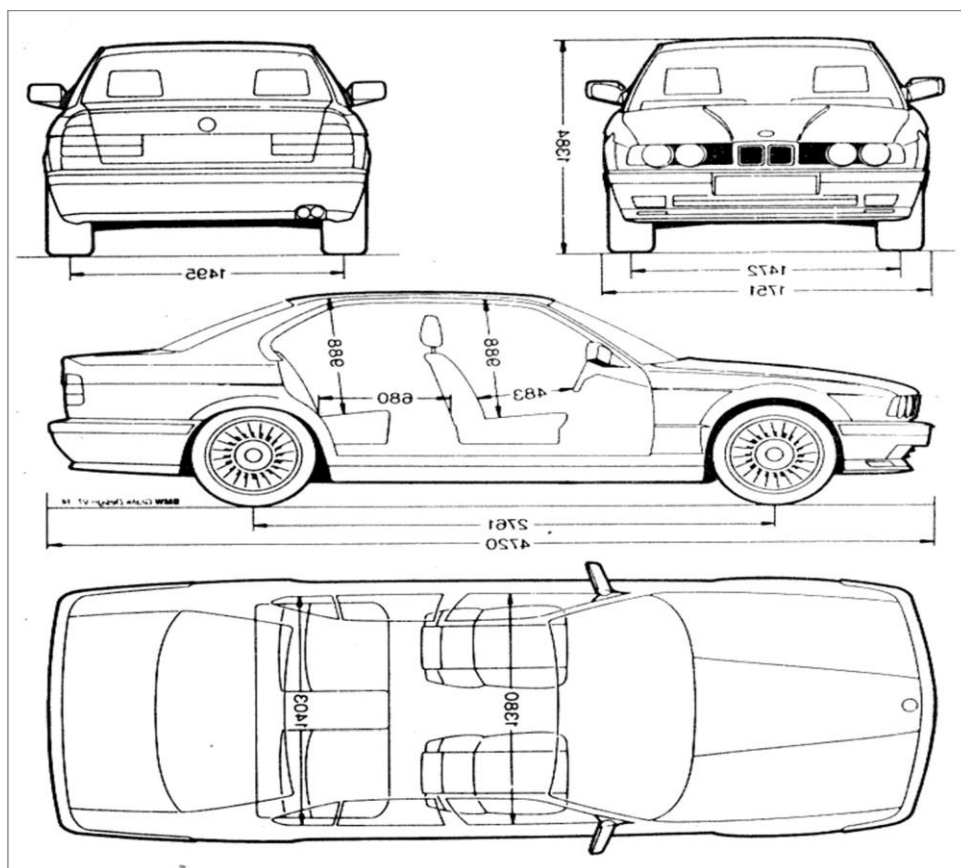


Рисунок 1.2 - Габаритні розміри автомобіля BMW е 34

У 1996 році виробництво моделі BMW E34 завершилося, і її замінила нова модель. За весь період випуску було виготовлено майже 1,35 мільйона автомобілів.

Opel Kadett E – модель, що стала наступником Kadett D, з'явилася на ринку в 1984 році. Автомобіль розроблявся в Німеччині та випускався в кількох типах кузова, серед яких хетчбеки з трьома та п'ятьма дверима, седани та універсали (останні з'явилися в 1985 році).

На старті виробництва Kadett E оснащувався двигунами об'ємом 1,2 л, 1,3 л та 1,6 л із максимальною потужністю 75 кінських сил. У 1986 році модельний ряд поповнився потужнішими агрегатами, зокрема 1,8-літровими двигунами. Крім того, було запроваджено нову лінійку: двигуни об'ємом 1,6 л і 2,0 л з максимальною потужністю 115 кінських сил.

У 1989 році Kadett E зазнав значних оновлень: на автомобілі почали встановлювати модернізовану коробку передач, а також систему ABS.

Салон автомобіля був адаптований для комфортного розміщення чотирьох пасажирів. У дверних картах передбачалися кишені для дрібних речей, а на приладовій панелі були зручні полички. У 1989 році дизайн інтер'єру був оновлений для покращення ергономіки.

Загалом за час виробництва Opel Kadett E випущено понад 3,8 мільйона одиниць у різних кузовах. Автомобіль здобув популярність у країнах Європи та на Близькому Сході, ставши одним із найбільш затребуваних у своєму класі [54, 55].



Рисунок 1.3 - Загальний вид автомобіля Opel Kadett E

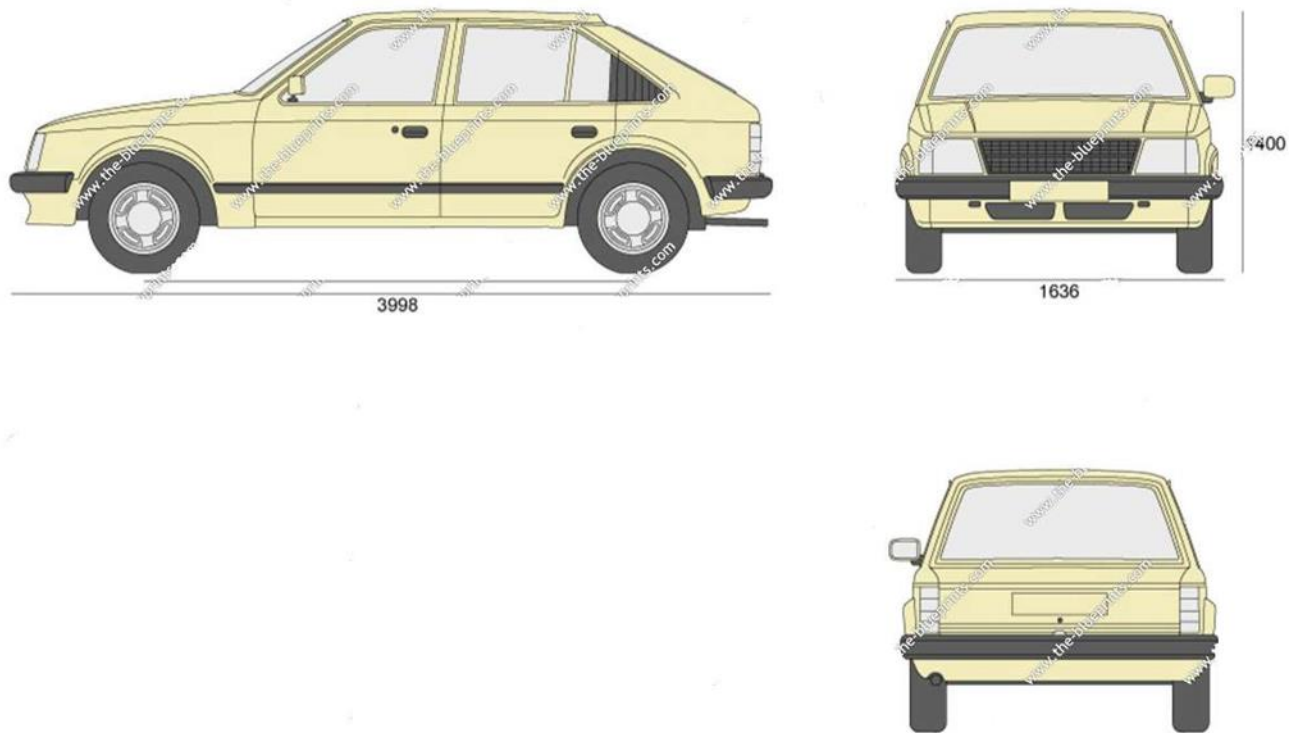


Рисунок 1.4 - Габаритні розміри автомобіля Opel Kadett E

Автомобіль **Škoda Favorit** розпочав своє виробництво у 1988 році в Чехословаччині. Для свого часу ця модель стала успішним рішенням на ринку завдяки оптимальному співвідношенню ціни та якості.

Škoda Favorit пропонувався в декількох варіантах кузова: хетчбек, універсал і пікап. Кузов був компактним, що забезпечувало зручність використання в умовах міста.

Салон автомобіля був розрахований на чотирьох пасажирів. Інтер'єр відрізнявся мінімалізмом, типовим для тогочасних бюджетних автомобілів. У стандартній комплектації було передбачено магнітолу, що підвищувало комфортність користування.

Škoda Favorit оснащувався єдиним варіантом двигуна – 1,3-літровим бензиновим агрегатом, який працював у парі з чотириступеневою механічною коробкою передач. Завдяки цьому технічному рішення автомобіль демонстрував хорошу динаміку для передньопривідної конструкції, що позитивно впливало на керованість і прискорення.

Ера Škoda Favorit завершилася в 1994 році, коли після розпаду Чехословаччини компанія Volkswagen придбала права на бренд Škoda. Це дало початок новим моделям, але остаточно закрило сторінку історії Favorit як окремої моделі [56, 57].



Рисунок 1.5 - Загальний вид автомобіля Shkoda Favorite

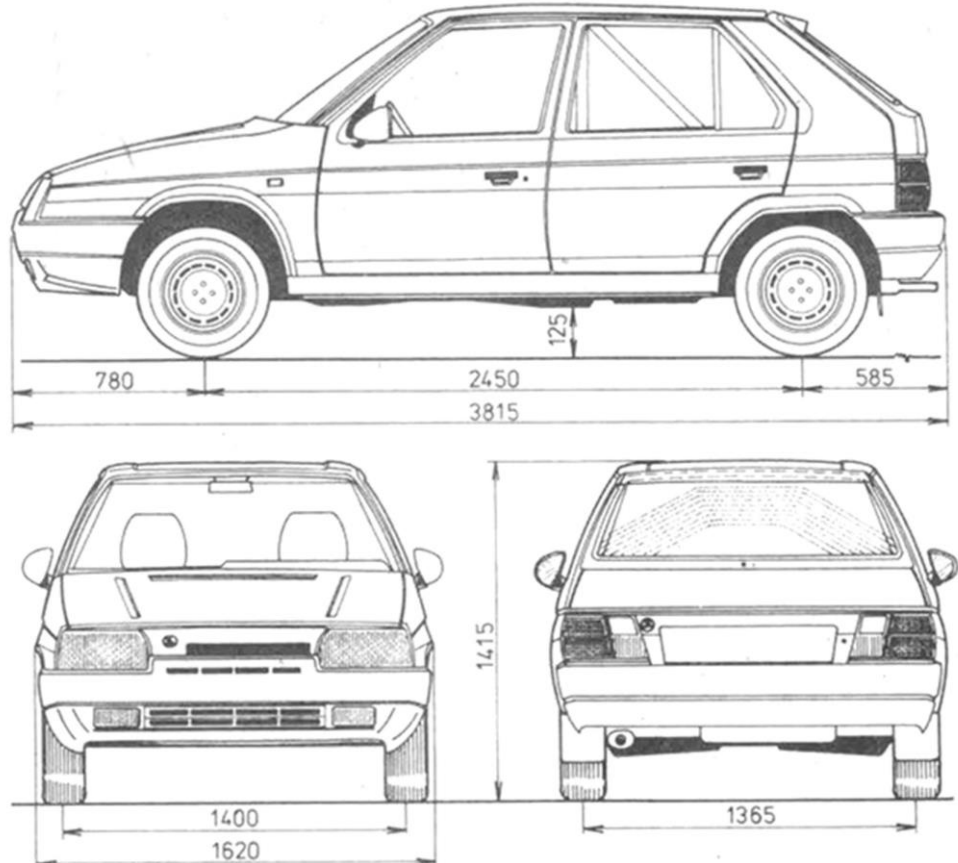


Рисунок 1.6 - Габаритні розміри автомобіля Shkoda Favorite

Ford Scorpio – це автомобіль, виробництво якого розпочалося у 1985 році на заводі в Кельні компанією **Ford Motor Company**, яка відома у всьому світі. Цей автомобіль позиціонувався як представник бізнес-класу та став революційним для свого часу. Модель знаменувала перехід від потужних V8 до більш економічних рядних двигунів. Проектування цього автомобіля вимагало значних зусиль, адже в процесі розробки застосовувалися інноваційні технології та нестандартні інженерні рішення. Машина проходила всебічні випробування у найрізноманітніших умовах – від екстремальних морозів Північного полюса до спекотних пустель Аризони.

Двигуни Ford Scorpio відрізнялися економічністю та високою продуктивністю. Автомобіль комплектувався як бензиновими, так і дизельними двигунами. У бензинових модифікаціях пропонувалися агрегати об'ємом від 1,8 до 2,9 літра, тоді як дизельні варіанти оснащувалися двигунами об'ємом 2,5 літра. Усі ці силові установки забезпечували надійне зчеплення з дорогою, навіть при повному завантаженні автомобіля.

Подальші модернізації призвели до появи **Ford Scorpio II**, в якому використовувалися двигуни об'ємом 2,0, 2,3 і 2,9 літра. Однією з ключових інженерних змін стала заміна залежної підвіски на повністю незалежну, що забезпечило покращення керованості й підвищення комфорту під час руху. Усі колеса моделі були оснащені антиблокувальною системою (ABS), що значно скорочувало гальмівний шлях і покращувало безпеку.

Інтер'єр Ford Scorpio вирізнявся простором і комфортом. Салон міг вмістити п'ять пасажирів, при цьому обсяг багажного відділення був одним із найбільших у своєму класі. Це робило автомобіль придатним як для ділових поїздок, так і для сімейного використання.

Ford Scorpio був орієнтований на європейський ринок, тому випускався у версіях з як лівостороннім, так і правостороннім розташуванням керма. Він користувався популярністю в країнах Європи, Японії, Кореї, Туреччині та Австралії.

Виробництво моделі тривало до 1998 року, але навіть зараз ці автомобілі залишаються в експлуатації, їх можна побачити на дорогах країн ЄС, а також в Україні [58, 59].



Рисунок 1.5 - Загальний вид автомобіля Ford Scorpio

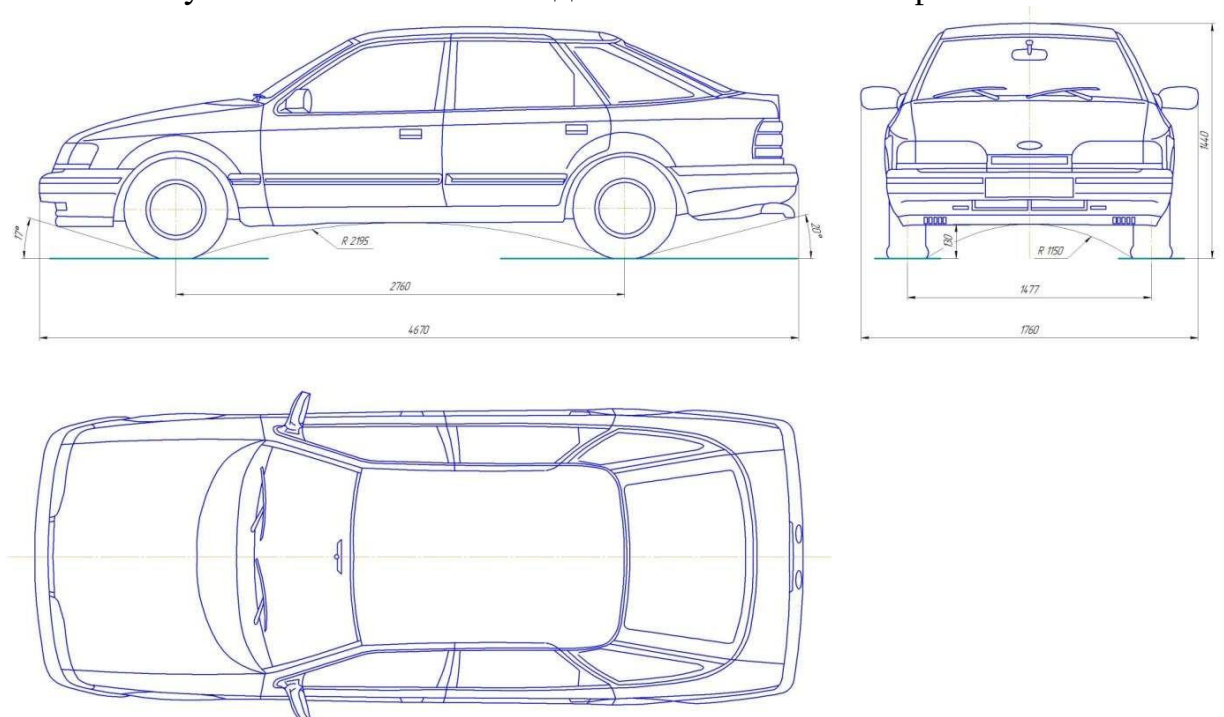


Рисунок 1.6 - Габаритні розміри автомобіля Ford Scorpio

1.3 Будова та характеристика рульового управління

Кермова рейка (рульовий редуктор) – це ключовий вузол кермового механізму автомобіля, який забезпечує передачу зусиль від керма до керованих коліс. Основна її функція полягає у перетворенні обертального руху керма у поступальний рух, необхідний для зміни напрямку руху транспортного засобу.

Принцип роботи Зусилля водія передається від кермового колеса на кермову колонку, яка через карданний шарнір з'єднується з кермовою рейкою (редуктором). Далі зусилля передається на кермові тяги, наконечники та, через поворотні важелі й цапфи, на керовані колеса. Цей механізм забезпечує ефективне й плавне керування автомобілем.

Надійність та проблеми Кермова рейка є довговічним компонентом, але за певних умов може втратити працездатність. Основними причинами несправностей є:

- Постійні навантаження під час експлуатації, особливо на нерівних дорогах, які створюють значний вплив на рейку через кермові тяги.
- Інтенсивна робота кермового колеса, яка з часом призводить до зношення вузла.

Такі умови експлуатації можуть спричинити появу люфтів, сторонніх шумів або утруднення у керуванні, що вимагає ремонту або заміни рейки.

Типи кермових рейок

Сучасні автомобілі оснащуються трьома основними типами кермових рейок:

1. **Механічна** – найпростіша конструкція, характерна для ранніх моделей автомобілів.
2. **Гідравлічна (ГУР)** – оснащена гідропідсилювачем керма, що забезпечує легкість керування.
3. **Електрична (ЕУР)** – використовує електродвигун для підсилення зусиль. Цей тип рейки є найсучаснішим, однак відзначається високою вартістю та складністю ремонту.

Основні елементи конструкції кермової рейки:

1. **Кермові тяги та наконечники** – забезпечують передачу зусиль до поворотних важелів, сприяючи зміні положення коліс.
2. **Зубчаста планка та шестерні** – відповідають за передачу обертального моменту від керма до кермових тяг.
3. **Картер (корпус)** – виконується переважно з алюмінію, слугує основним захисним елементом для деталей рейки.
4. **Пружини** – забезпечують щільне прилягання зубчастої планки до шестерні, що мінімізує люфт і вільний хід керма.
5. **Підшипники** – сприяють плавності обертів і легкості маневрування.
6. **Обмежувачі ходу** – визначають максимальне значення повороту рейки, обмежуючи її переміщення в крайніх положеннях.

Цей вузол є ключовим для безпеки руху, тому його стан потребує регулярного обслуговування та перевірки, особливо на автомобілях, які експлуатуються в умовах підвищених навантажень.

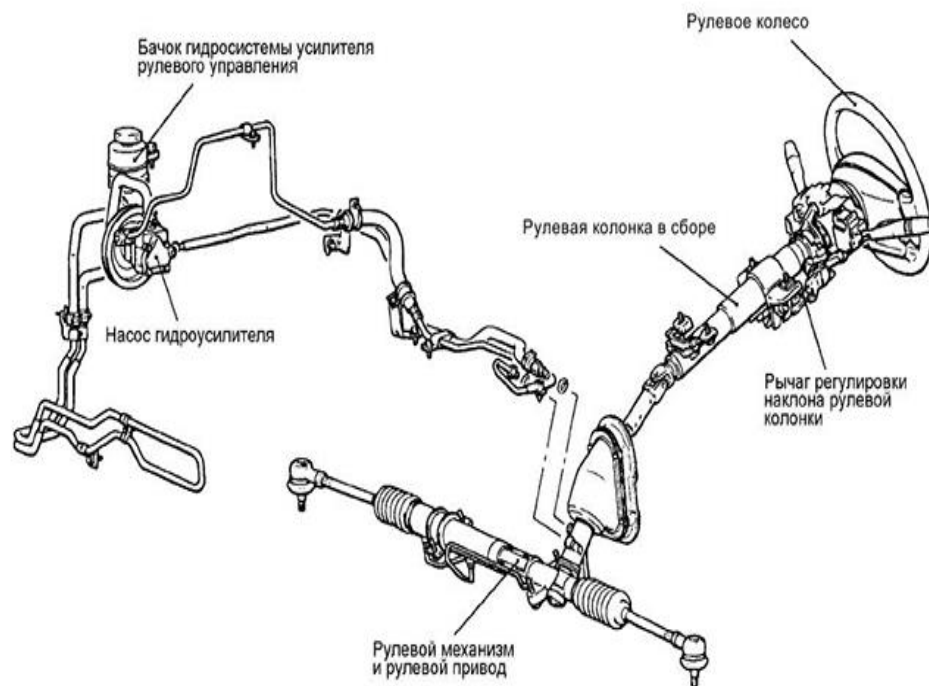


Рисунок 1.7 – Загальна будова рульового управління

Підсилювач керма інтегрується з корпусом рульової рейки та починає функціонувати лише за умови роботи двигуна, коли гідравлічна система

створює необхідний тиск. Привід шківів гідропідсилювача забезпечується ремінною передачею, тоді як гідравлічний насос у системі рейки генерує тиск, необхідний для переміщення колісних тяг у відповідь на команди водія.

Ключові компоненти та їх функції у гідропідсилювачі керма (ГУР):

1. Електронна система керування: Вбудований модуль управління виконує розрахунки необхідного зусилля та тиску залежно від ситуації, забезпечуючи адаптивну роботу підсилювача.

2. Торсіон із електронними системами: Відповідає за розподіл тиску у системі в залежності від кута повороту кермового колеса, регулюючи плавність і легкість керування.

3. Золотниковий розподільник: Основний елемент, що забезпечує нагнітання рідини в гідравлічну систему. Він підвищує тиск у рульовій рейці лише в разі потреби, реагуючи на дії водія.

4. Гідравлічна ємність для масла: Цей резервуар слугує для збору рідини, коли система неактивна, тобто двигун вимкнений. Як тільки водій починає обертати кермо, рідина через золотниковий розподільник спрямовується до тих ділянок, де потрібно створити тиск.

Принцип роботи системи ГУР: Коли водій починає обертати кермо, насос ГУР починає нагнітати рідину, яка під високим тиском подається через золотниковий розподільник у потрібну зону рульової рейки. Цей процес зменшує зусилля, необхідне для керування автомобілем. Після завершення маневрування насос припиняє нагнітання, а рідина повертається до резервуара для повторного використання.

ГУР є складною системою, що поєднує гідравлічні, механічні та електронні компоненти. Її ефективність залежить від точності роботи кожного елемента, що вимагає регулярного обслуговування та контролю стану вузлів, особливо рівня і якості гідравлічної рідини.

1.4 Різновиди рульових рейок та їх загальна будова

Перші конструкції рульових рейок із гідропідсилювачем керма поділяються на два основні типи:

1. Рейковий механізм із центральним розташуванням золотникового клапана: У цій конструкції золотниковий клапан розташовується безпосередньо в центральній частині рейки, що забезпечує точне й рівномірне розподілення гідравлічного тиску. Така система має високий рівень чутливості та швидко реагує на зміну кута повороту кермового колеса. Основною перевагою цього типу є простота конструкції та зниження ваги, що сприяє кращій керованості автомобіля.

2. Рейковий механізм із золотниковим клапаном у гідравлічному насосі: У цьому типі конструкції золотниковий клапан інтегрується безпосередньо в корпус гідравлічного насоса, що дозволяє зменшити навантаження на рульову рейку. Така компоновка забезпечує більш компактну будову системи та підвищує ефективність її роботи, особливо на автомобілях із великим радіусом коліс або значним навантаженням на передню вісь.

Кожен із цих типів має свої переваги та недоліки, які визначають їх доцільність використання залежно від конструктивних і експлуатаційних вимог автомобіля.

Без серватроніка

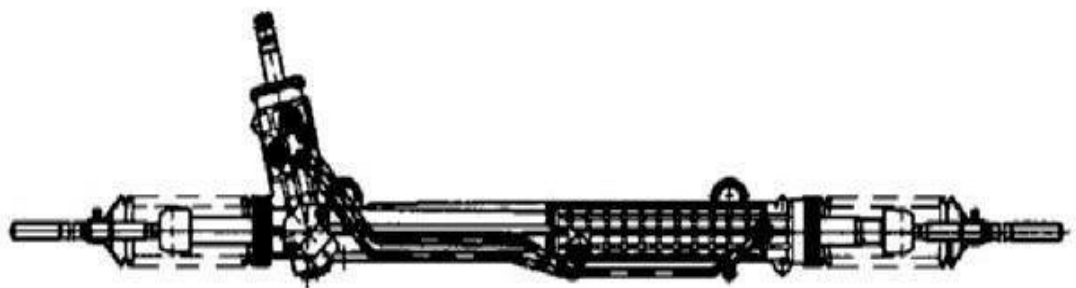


Рисунок 1.8 – Рульова рейка без серватроніка

З серватроніком

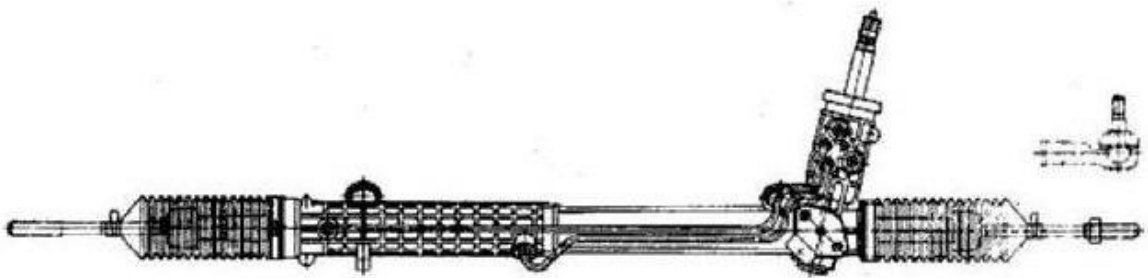


Рисунок 1.9 – Рульова рейка з серватроніком

Другий вид конструкцій рульових рейок з гідروпідсилювачем керма буває двох типів:

Без серватроніка

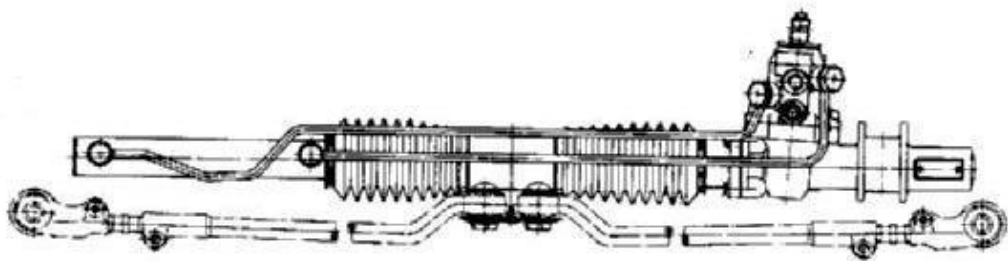


Рисунок 1.10а – Рульова рейка з гідропідсилювачем та без серватроніка

З серватроніком

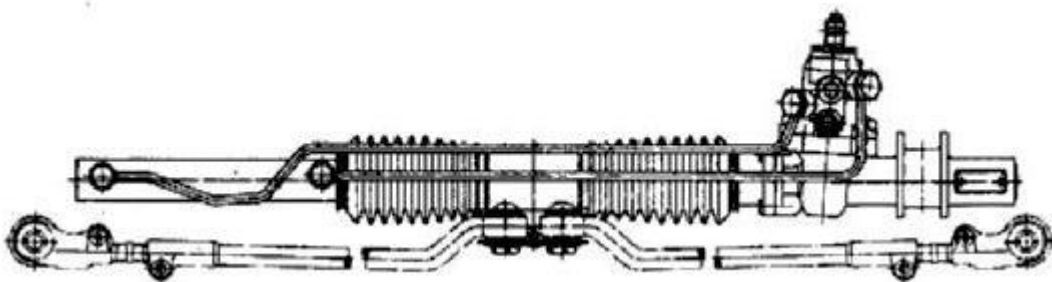


Рисунок 1.10б – Рульова рейка з гідропідсилювачем та з серватроніком

1.Механічні



Рисунок 1.11 – Механічна рульова рейка автомобіля Infiniti FX-50



Рисунок 1.12 – Механічна рульова рейка автомобіля Daihatsu Materia



Рисунок 1.13 – Механічна рульова рейка автомобіля Daewoo Lanos



Рисунок 1.14 – Механічна рульова рейка автомобіля Nissan X-Trail

2.Гідравлічні



Рисунок 1.15 – Рульова рейка з гідропідсилювачем Hyundai Atos



Рисунок 1.16 – Рульова рейка з гідропідсилювачем Porsche Cayenne



Рисунок 1.17 – Рульова рейка з гідропідсилювачем Infiniti FX

3.Електричні



Рисунок 1.18 – Електрична Рульова рейка Audi A3



Рисунок 1.19 – Електрична Рульова рейка VOLKSWAGEN Golf V

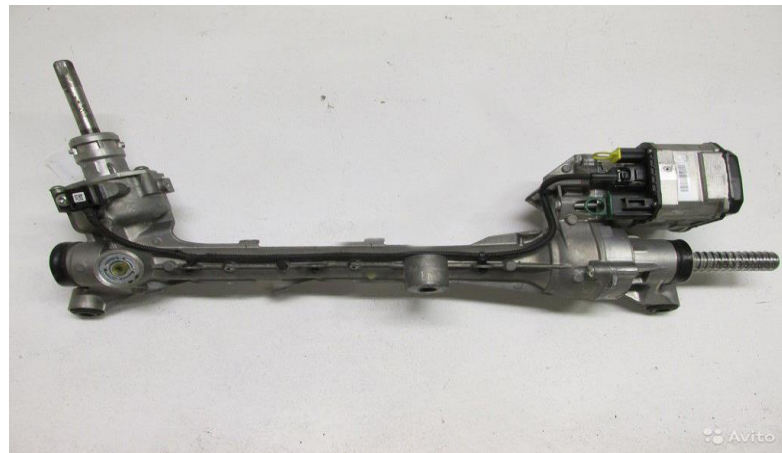


Рисунок 1.20 – Електрична рульова рейка FORD Focus-3

Пристрій рульової рейки без серватроніка 1-й вид (Рисунок 1.21):

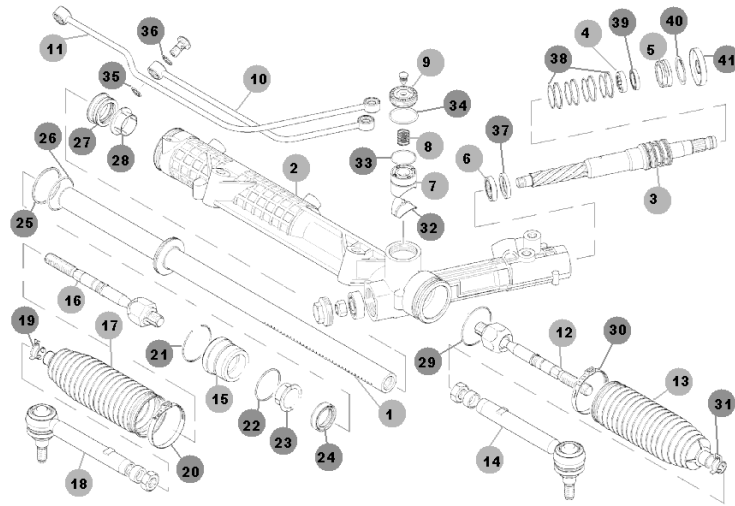


Рисунок 1.21 – Пристрій рульової рейки без серватроніка.

Пристрій рульової рейки з серватроніком (Рисунок 1.22)

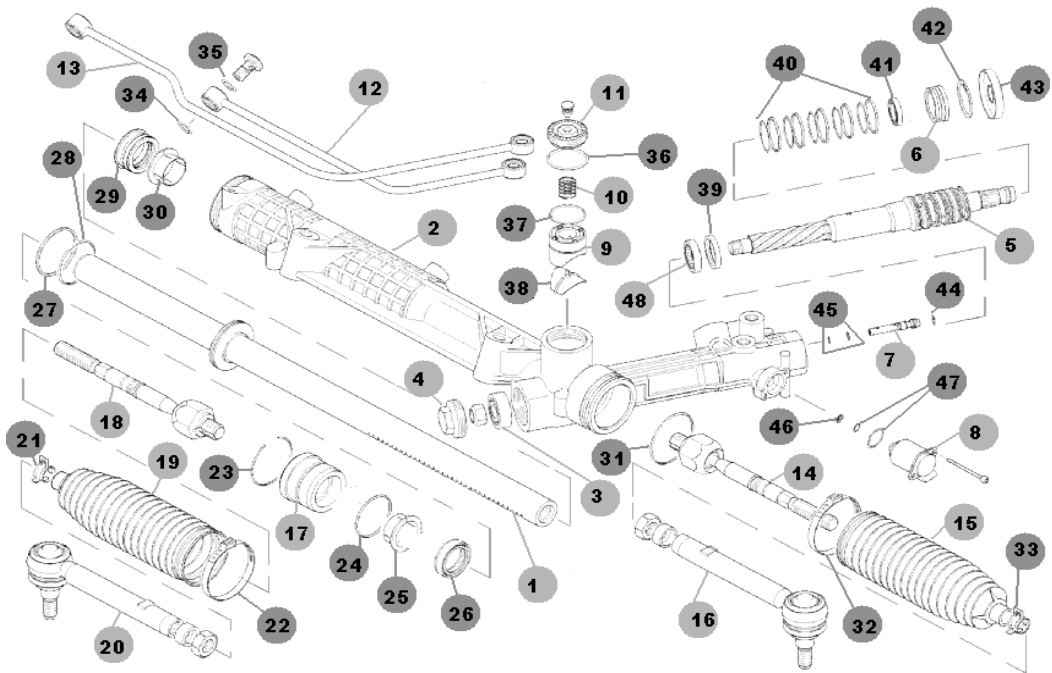


Рисунок 1.22 – Пристрій рульової рейки з серватроніком.

Пристрій рульової рейки з гідروпідсилювачем без серватроніка:

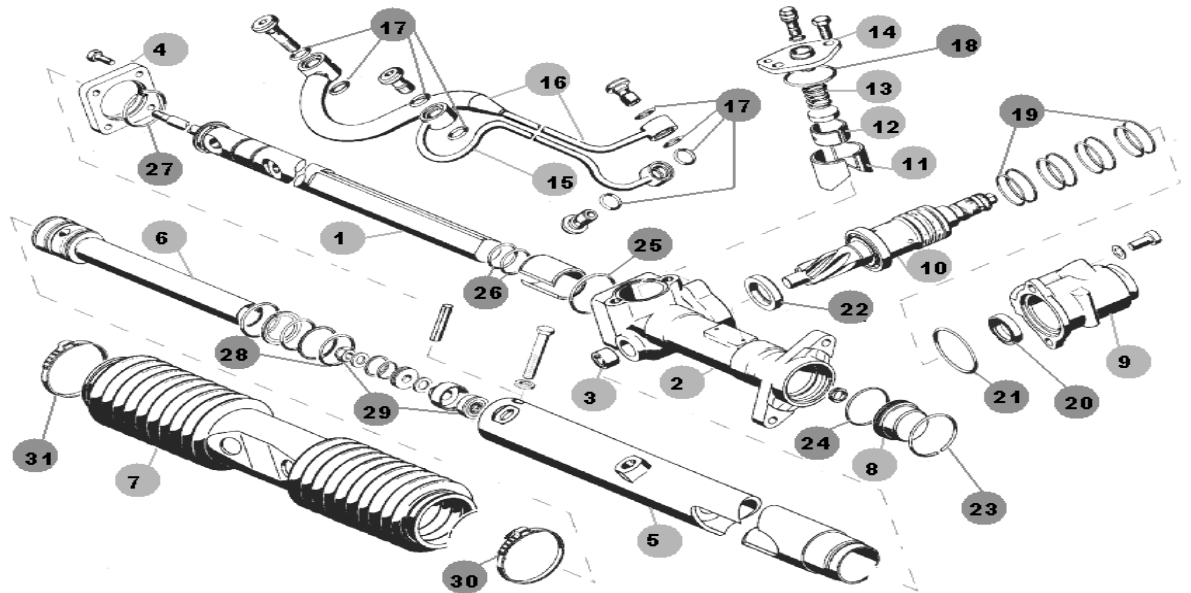


Рисунок 1.23 – Пристрій рульової рейки з гідропідсилювачем без сервотроніка.

Пристрій рульової рейки з гідропідсилювачем та сервотроніком

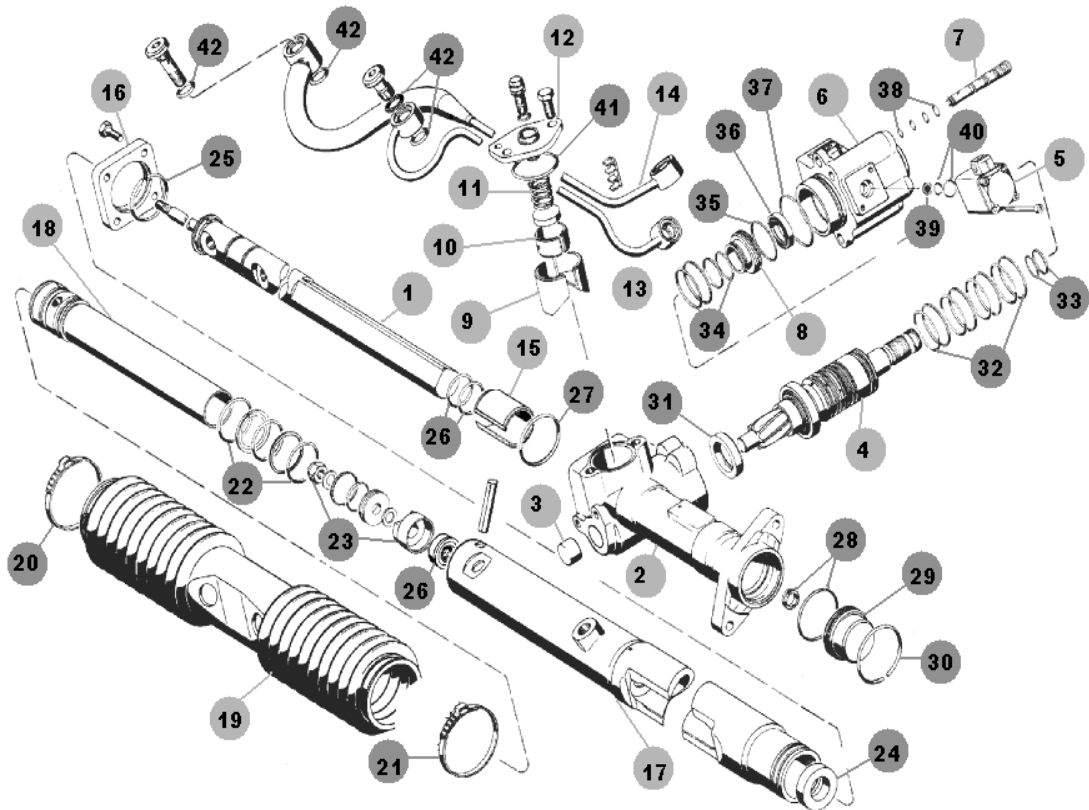


Рисунок 1.24 – Пристрій рульової рейки з гідропідсилювачем та сервотроніком.

Механічна рульова рейка

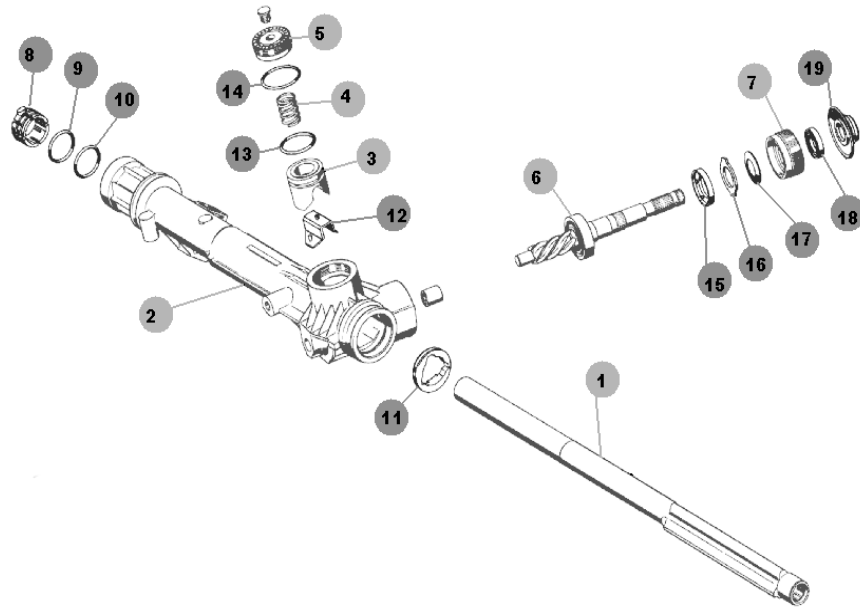


Рисунок 1.25 – Механічна рульова рейка.

1.5 Характерні несправності рульового управління

Характерні відмови та несправності кермового управління

До основних несправностей кермового механізму належать:

1. Ослаблення кріплення корпусу кермового механізму.
2. Надмірне зношення деталей, таких як шарніри, тяги та важелі.
3. Послаблення кріплення рульового колеса або колонки.
4. Викришування черв'ячної пари через неправильне регулювання або надмірне затягування деталей.

Типові несправності гідروпідсилювача керма (ГУР):

1. Неправильний рівень гідравлічної рідини в бачку насоса (знижений чи завищений).
2. Потрапляння повітря (утворення піни) або води в систему.
3. Збої в роботі насоса, зокрема недостатній натяг приводного ремня.
4. Витікання рідини через ущільнення.
5. Засмічення фільтрів.
6. Несправність перепускного чи запобіжного клапана, яка може проявлятися у заїданнях чи неправильному налаштуванні.

Такі несправності можуть призводити до наступних проблем:

- Збільшення люфту кермового колеса.
- Підвищення зусилля, необхідного для обертання кермового колеса.
- Стукоти у вузлах кермового механізму.
- Витік масла через сапун насоса.
- Можливість заклинювання або заїдання рульового механізму.

Методики перевірки та діагностики кермового управління:

1. Оцінка зусилля на ободі кермового колеса. Для легкових автомобілів зусилля має бути в межах 7–12 Н при вивішених передніх колесах.
2. Вимірювання люфту кермового колеса. Застосовується динамометр-люфтометр, який кріпиться до рами кермового колеса за допомогою затискачів. Кутове переміщення оцінюють при додаванні сили 10 Н до динамометра. Для автомобілів із ГУР вимірювання виконується при працюючому двигуні.

Процедура перевірки герметичності та кріплення:

- Перевіряють стан ущільнень і переконуються у відсутності витікань рідини.
- При необхідності проводять підтягування кріплень та заміну ущільнювачів.

Перевірка стану кермового приводу:

- Здійснюється зовнішній огляд із перевіркою наявності всіх гайок, шплінтів та правильного положення шарнірів.
- Відсутність деформацій у кермових тяг є критичним фактором.

Планові технічні огляди:

- ЩО (щоденне обслуговування): перевірка герметичності системи ГУР, стану кріплень і рівня рідини.
- ТО-1: контроль кермового механізму за допомогою динамометра-люфтометра при прямолінійному положенні коліс. Оцінка зусилля обертання кермового колеса при піднятих передніх колесах.

Для усунення люфту необхідно виконати наступні дії:

4. Розшплінтувати пробку з'єднання.
5. Затягнути пробку спеціальним ключем до моменту відчутного опору.
6. Повернути пробку в зворотному напрямку до найближчого положення, що дозволяє повторно її зашплінтувати.

Контроль стану кріплень і рівня рідини:

Шарніри та кульові пальці: Шплінтовку гайок перевіряють візуально. У разі необхідності замінюють пошкоджені або відсутні шплінти.

Рівень масла в системі ГУР: Відкривають бачок гідропідсилювача для перевірки рівня рідини. Контролюють рівень масла в картері рульового механізму. У разі недостатнього рівня рідина доливається до необхідного значення.

Натяг ремня приводу насоса: Перевірка виконується шляхом вимірювання прогину ремня під зусиллям 40 Н. Прогин має становити 8–14 мм. У разі необхідності натяг регулюють.

Технічне обслуговування кермового колеса. Під час планового ТО перевіряють кріплення кермового колеса, виконуючи такі дії:

1. Злегка переміщують кермове колесо вздовж його валу або похитують у напрямку, перпендикулярному площині обертання.

2. Якщо виявлено ослаблення кріплення, знімають кнопку сигналу, після чого затягують гайку кріплення колеса до валу за допомогою накидного ключа.

Такі дії дозволяють зберегти надійність і безпеку роботи рульового управління, забезпечуючи його стабільну та ефективну експлуатацію.

1.6 Аналітична характеристика дослідження тертя в зубчастих парах для обробки рульового управління

Зубчасті поверхні є одним із найпоширеніших елементів у механізмах автомобіля. Вони використовуються в різних системах, таких як кермове управління, трансмісія, ходова частина та двигун.

Зубчаста пара – це механічна система, що складається з двох елементів із зубчастими поверхнями. Ці поверхні ретельно підібрані за формою та розмірами зубів, що забезпечує їх взаємодію без зазорів або перекосів. Завдяки цьому зубчасті пари можуть ефективно передавати рух і навантаження між механізмами, а також працювати у взаємодії з іншими зубчастими елементами.

На рисунку 1.27 представлено приклад зубчастих пар, що демонструє принцип їхньої взаємодії.

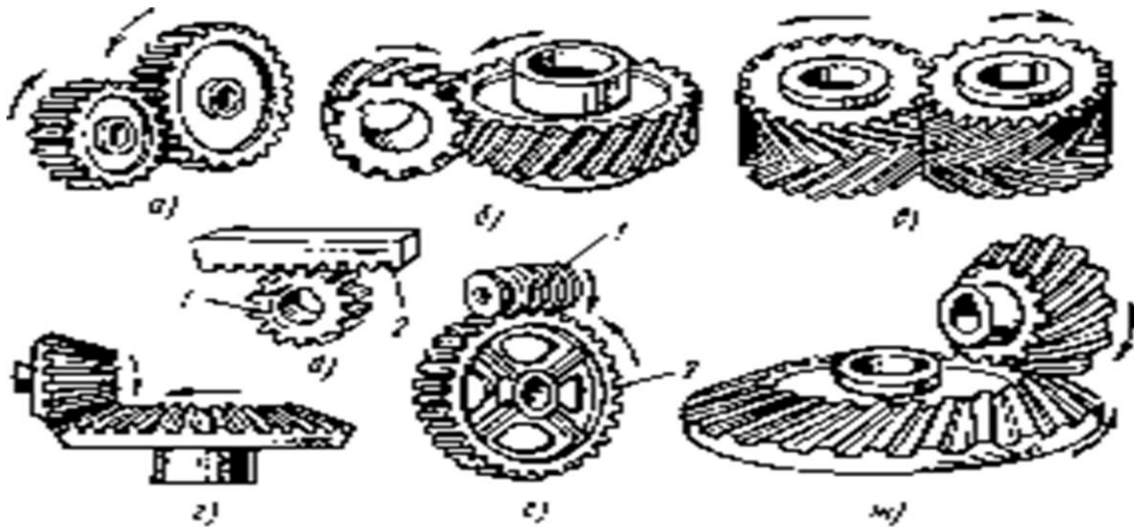


Рисунок 1.27 – Зубчасті пари

Аналізуючи рисунок, можна помітити, що всі зубчасті пари встановлюються на вали, де вони фіксуються за допомогою шліців або шпонок. Завдяки такій конструкції крутний момент передається від одного механізму до іншого, забезпечуючи передачу енергії навіть на значні відстані. Це дозволяє забезпечити ефективну роботу всього механізму.

Зубчасті пари характеризуються високою надійністю конструкції та здатністю до тривалої роботи без втрати енергії при передачі. Їхня будова дозволяє постійно передавати енергію, що робить їх ключовим елементом у багатьох автомобільних системах.

Спосіб обробки зубчастих коліс та шліцьових поверхонь

Автори патенту (Гуліда Е.М., Махоркін Є.М., Афтаназієв І.С., Грицай І.С., Патент №32736UA) запропонували інноваційний метод обробки зубчастих коліс та шліцьових поверхонь. Його особливість полягає у застосуванні

одночасно двох ідентичних різальних інструментів, які розташовуються діаметрально протилежно один до одного. Цей підхід дозволяє забезпечити рівномірну обробку заготовки за рахунок симетричного навантаження, що знижує деформацію і підвищує точність виготовлення деталей.

Розглянемо обробку зубчастого колеса або шліцьової поверхні з використанням двох черв'ячних фрез. Процес представлений на рисунку 1.28:

Обробка заготовки (1) здійснюється двома черв'ячними фрезами (2 і 3), які розташовані симетрично одна до одної відносно осі заготовки. Обидві фрези мають однакові конструктивні й геометричні параметри.

Особливості процесу:

1. **Синхронна робота фрез:** Обидві фрези починають різання одночасно, працюючи з ідентичними режимами різання. У певний момент часу вони знаходяться на однаковій відстані LL від торця заготовки (4).

2. **Подвійна осьова подача:** Швидкість подачі обох фрез удвічі перевищує допустиму для роботи однієї фрези, становлячи $2s_0$.

3. **Симетрична обробка:** Частоти обертання фрез рівні за величиною, а напрямок подачі фрез – зустрічний, тобто від верхнього торця до середини.

На початку процесу фреза (2) починає обробку заготовки в точці AA і завершує в точці BB. За цей час заготовка повертається на кут ϕ_1 , що відповідає робочій довжині фрези (2).

Цей спосіб забезпечує підвищену продуктивність і точність обробки заготовок завдяки рівномірному розподілу навантаження між фрезами. Симетричний процес різання дозволяє уникнути деформації заготовки та забезпечує якісну обробку поверхонь. [21]

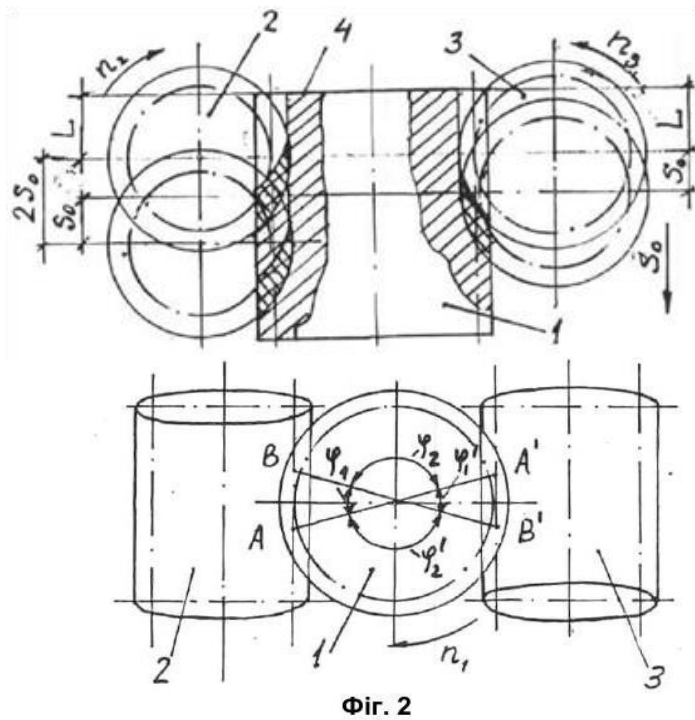


Fig. 2

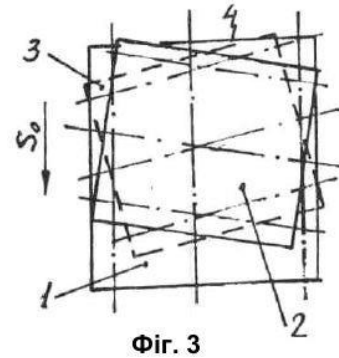


Fig. 3

Рисунок 1.28 - Спосіб обробки зубчастих коліс та шліцевих

Під час повного оберту заготовки (1) навколо власної осі відбувається пропорційне осьове переміщення черв'ячної фрези (2). Це переміщення відповідає величині подачі і, за заданих умов, дорівнює $2s_0$. Аналогічний принцип діє і для другої фрези (3), якщо саме вона приймається за початкову точку відліку.

Ця закономірність характерна для всіх варіантів нарізання та чистової обробки зубчастих коліс і шліцевих поверхонь, виконуваних у режимі обкочування. Такий підхід забезпечує точність і рівномірність обробки, дозволяючи зберегти геометричну відповідність між різальними інструментами та оброблюваною поверхнею [29].

Спосіб магнітної обробки зубчастих коліс

Автори патенту (Магилін Б.В., Офіцеров О.С., Тихонов С.О., Дмитрук М.М., Патент №13242UA) запропонували метод магнітної обробки зубчастих коліс, який передбачає використання магнітних полів з різним напрямком для вибіркової обробки окремих зон зубів.

Особливості методу:

- **Бічні поверхні зубів** піддаються впливу магнітних полів із протилежними напрямками.

- **Головки зубів** обробляються магнітним полем, силові лінії якого спрямовані від зуба назовні.

- **Ніжки зубів** обробляються полем із протилежним напрямком, яке забезпечує зворотну дію магнітного потоку.

Цей підхід сприяє зниженню залишкових напружень у матеріалі. Північна полярність зменшує стискаючі напруги в областях, де кристаліти протидіють стиску, тоді як південна полярність знижує розтягувальні напруги там, де кристаліти працюють на розтягування.

На рисунку 1.29 представлена схема обробки зубчастого колеса діаметром 2450 мм із числом зубів 86, виготовленого зі сталі марки 40ХН. Основні параметри процесу:

- Напруженість магнітного поля: 360–530 кА/м.
- Тривалість імпульсу: 0,5 с.
- Кількість імпульсів: 5–8.

Обробка проводиться за допомогою соленоїда (3), торець якого генерує магнітне поле північної полярності. Головки зубів (1) піддаються впливу магнітного потоку, силові лінії якого спрямовані від зуба. Ніжки зубів (4) обробляються полем із протилежною полярністю, що забезпечує наскрізне проникнення силових ліній через бічні поверхні зубів.

Після завершення МІО головки зубів соленоїд переміщують у напрямку від головки (1) до ніжки (4) по параболічній траєкторії. У процесі руху напруженість поля поступово знижується від 530 до 360 кА/м шляхом збільшення зазору між полюсним наконечником і бічною поверхнею зуба.

Метод забезпечує підвищення надійності та довговічності зубчастих коліс за рахунок оптимізації залишкових напружень у матеріалі. Застосування магнітних полів із диференційованою дією дозволяє мінімізувати вплив механічних навантажень на структуру кристалітів, покращуючи їхню здатність витримувати циклічні навантаження [30].

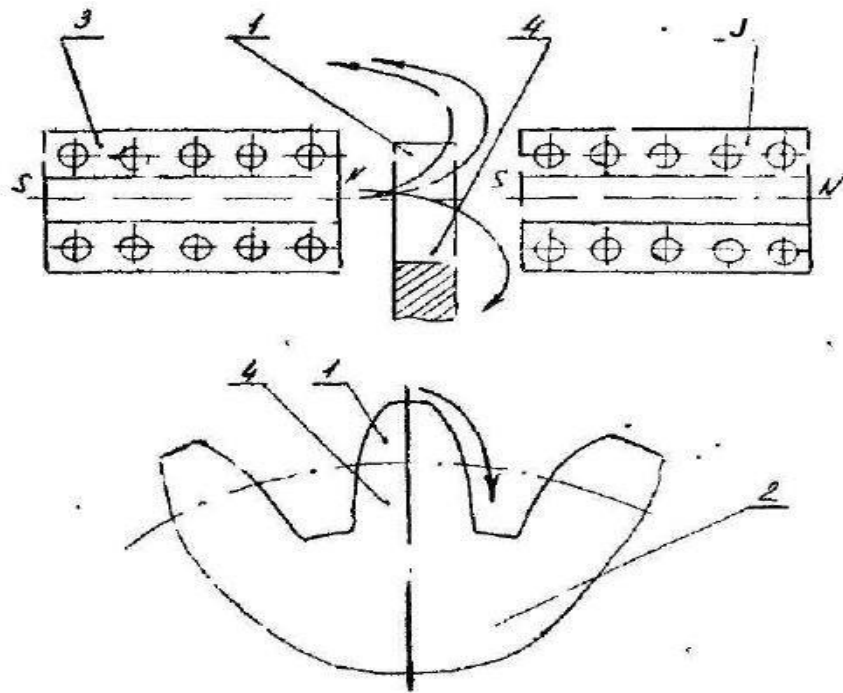


Рисунок 1.29 - Спосіб магнітної обробки зубчастих коліс

Спосіб відновлення зубчастих коліс

Автори патенту (Лященко М.В., Чудновський Ю.Ю., Тищенко П.Є., Лакосник В.В., Патент №13144UA) розробили унікальний спосіб відновлення зубчастих коліс, який передбачає покращення якості та продуктивності процесу за рахунок застосування нових технологічних підходів.

Метод базується на нанесенні компенсуючого матеріалу у вигляді безперервного кільцевого валика на торцеву поверхню, прилеглу до основи зубчастого вінця. Далі виконуються такі етапи:

1. Компенсуючий матеріал наноситься безперервним шаром, що забезпечує рівномірність покриття та знижує ризик утворення дефектів.

2. Наплавлений матеріал разом із основним металом зубчастого вінця піддається пластичному переміщенню в тіло зубів. Це дозволяє покращити механічні властивості відновлених елементів.

3. Обробка заготовки термічним способом забезпечує зняття залишкових напружень у матеріалі.

4. Здійснюється калібрування центрального отвору колеса для забезпечення точності його геометрії.

5. Фінішна обробка поверхонь для досягнення необхідних параметрів точності та шорсткості.

6. Підвищує зносостійкість і довговічність відновленого зубчастого колеса.

- Використання безперервної кільцевої наплавки замість переривчастої дозволяє значно підвищити продуктивність процесу. Зміна напрямку тиску із осьового на радіальний під час деформування забезпечує рівномірний розподіл матеріалу по всій структурі зуба. Пластичне деформування всього об'єму матеріалу зубів та підкладки зубчастого вінця підвищує міцність і зносостійкість відновленої деталі.

На рисунку 1.30 представлено схему запропонованого способу, що дозволяє ефективно відновлювати зубчасті колеса з мінімальними витратами часу й ресурсів, забезпечуючи високу якість та довговічність відновлених деталей.

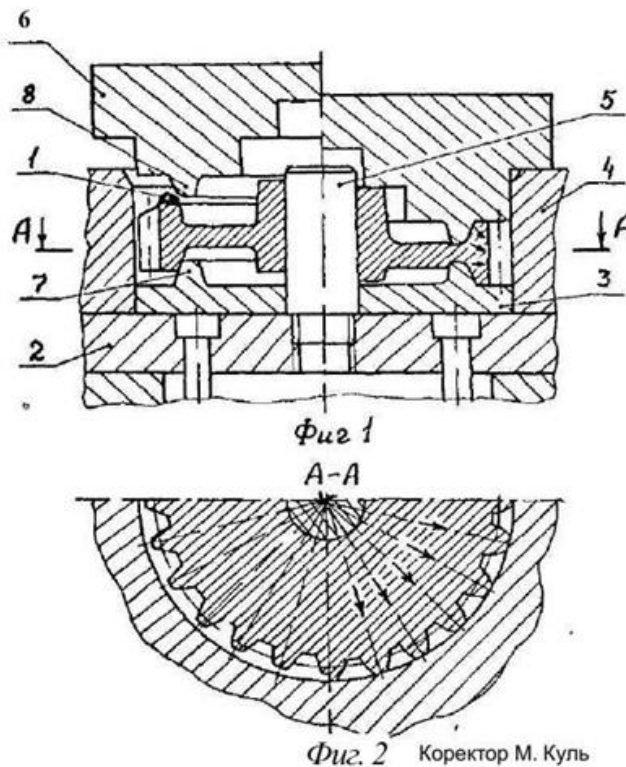


Рисунок 1.30 - Спосіб відновлення зубчастих коліс

Для відновлення зношених торців зубів на поверхню основи зубчастого вінця наноситься компенсуючий матеріал (1) у вигляді кільцевого шва. Після цього зубчастий вінець нагрівається до температури, яка забезпечує можливість пластичної деформації. Нагрівання здійснюється в індукторі середньочастотної установки.

Він нагрітий зубчастий вінець поміщається у спеціальний беззубчастий штамп. Штамп складається з корпусу, в якому встановлена підкладка (2) і рухома частина (3), що виконує функцію виштовхування матриці. До корпусу прикріплена кільцева вставка (4), яка забезпечує утримання деталі. Відновлюване колесо центрується на направляючому пальці (5) для забезпечення точності операцій.

Під час опускання пуансона (6) вниз наплавлений метал вдавлюється у тіло основи зубчастого вінця. Одночасно кільцеві виступи (7 і 8) матриці та пуансона деформують всю основу вінця, спрямовуючи метал у зону зубів. Цей процес сприяє рівномірному розподілу матеріалу по зубчастій структурі.

Зубчастий вінець має обмеження зовнішнього діаметра, що створює умови для локального потовщення зубців. Це забезпечує підвищення їхньої механічної міцності та зносостійкості, а також відновлення їхньої геометричної точності. На рисунку 2 показано, як деформація під час штампування впливає на структуру матеріалу та геометрію зубів.

Цей підхід дозволяє значно підвищити якість відновлених деталей, забезпечуючи оптимальні характеристики міцності та довговічності зубчастого колеса.

Пристрій для нарізання зубчастих коліс та шліцьових поверхонь

Автори патенту (Тарасюк А.П., Сичов В.І., Самчук В.В., Лях Б.Г., Аракелян В.С., Лавриненко Р.М., Патент №81586UA) запропонували пристрій для нарізання зубчастих коліс і шліцьових поверхонь, який забезпечує підвищену точність і ефективність процесу завдяки унікальній конструкції.

Пристрій оснащений валом, жорстко закріпленим у його основі. До цього валу перпендикулярно прикріплена вісь, на якій із можливістю обертання розташоване зубчасте колесо. Основною особливістю конструкції є наявність двох зовнішніх конічних зубчастих вінців на зубчастому колесі, які розташовані протилежно один до одного.

Переваги конструкції:

1. Наявність чорнової та чистової фрез дозволяє виконувати попереднє та фінішне нарізання зубів у рамках одного технологічного циклу, що значно підвищує продуктивність.

2. Закріплення зубчастого колеса на жорсткій осі з протилежно розташованими вінцями забезпечує рівномірний розподіл навантаження під час обробки.

3. Розташування фрез у різних площинах дозволяє адаптувати пристрій для роботи з деталями різних розмірів і форм, забезпечуючи високу якість нарізання.

Під час обертання вала рух передається через один із конічних вінців на втулки, забезпечуючи обертання зубчастого колеса. Другий вінець одночасно взаємодіє з чорною та чистою фрезами. Така конструкція дозволяє виконувати нарізання зубів із високою точністю та мінімальними втратами часу. [3]

На рисунку 1.31 представлена схема пристрою, яка ілюструє взаємодію основних елементів. Такий підхід забезпечує ефективне вирішення завдань нарізання зубчастих поверхонь з високою продуктивністю та точністю [35].

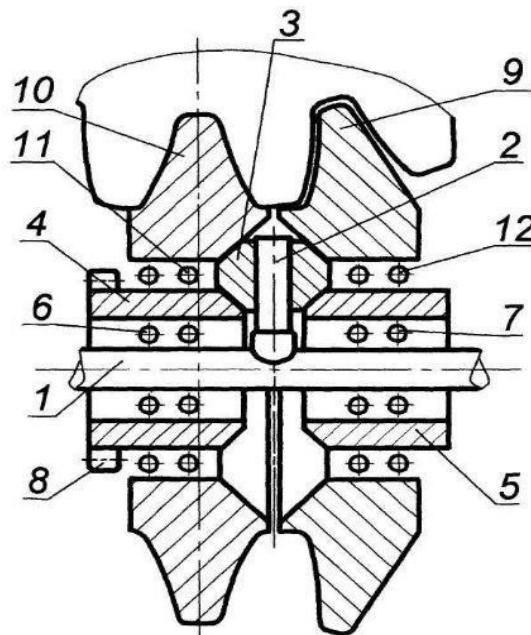


Рисунок 1.31 – Пристрій для нарізання зубчастих коліс та шліцьових поверхонь

На рисунку 1.31 представлено конструктивні елементи пристрою, що забезпечують його функціонування: 1 – вал, жорстко закріплений для забезпечення стабільності всієї конструкції. 2 – вісь, прикріплена перпендикулярно до валу, яка слугує основою для закріплення рухомих елементів. 3 – зубчасте колесо, яке виконує ключову функцію у передачі обертального моменту. 4 і 5 – втулки, встановлені з обох боків від осі, забезпечуючи обертання зубчастого колеса. 6 і 7 – підшипники, які мінімізують тертя між рухомими елементами та підвищують ефективність роботи

пристрою. 8 – зубчастий вінець, який забезпечує взаємодію з іншими елементами конструкції. 9 – зубчастий вінець, що знаходиться в зчепленні з чорною та чистою фрезами, які позначені як 10. 11 і 12 – підшипники, які додатково стабілізують роботу фрез і знижують навантаження на конструкцію.

Ця схема детально демонструє компоненти пристрою та їх взаємодію, що забезпечує точність і ефективність процесу нарізання зубчастих поверхонь [36].

Пристрій для нарізання зубчастих коліс та шліцьових поверхонь

Автори патенту (Сичов І.П., Тарасюк А.П., Самчук В.В., Лях Б.Г., Патент №81571UA) представили новий пристрій, компоненти якого детально

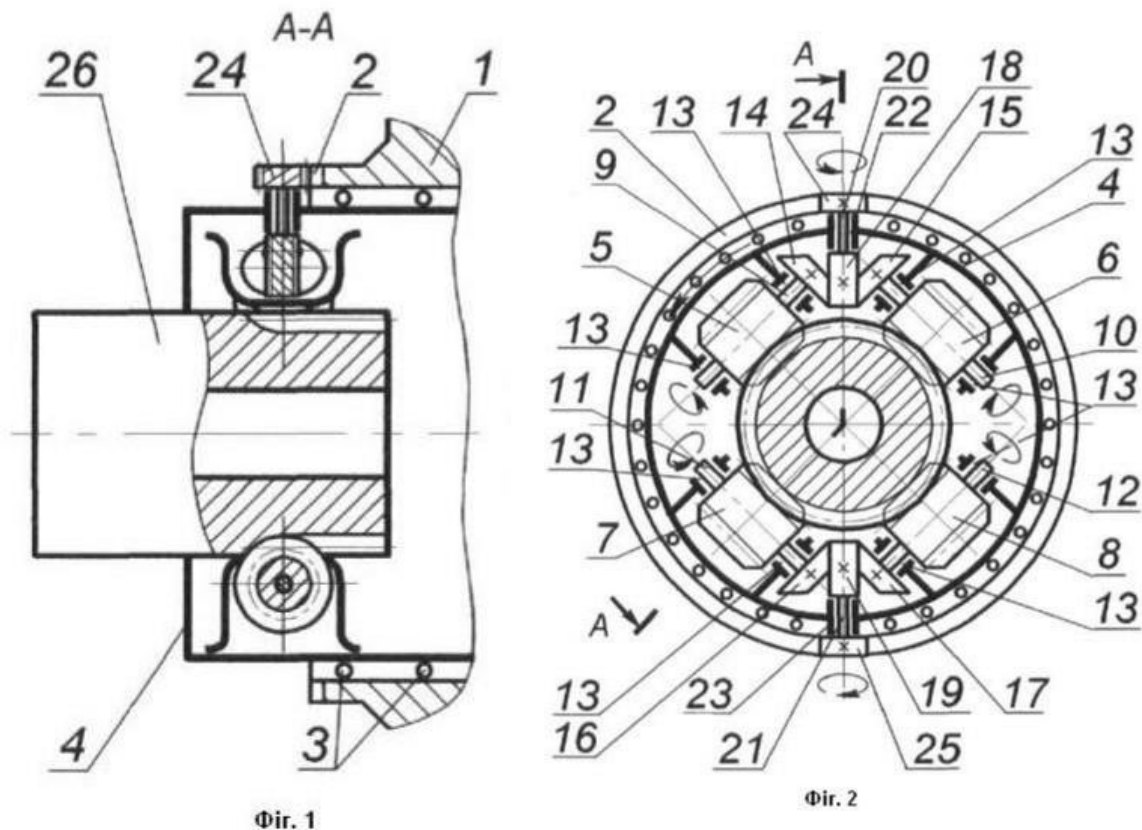


Рисунок 1.32 – Пристрій для нарізання зубчастих коліс та шліцьових поверхонь

проілюстровані на рисунку 1.32. **Опис компонентів пристрою 1** корпус, який слугує основою конструкції та забезпечує її жорсткість і стабільність. 2 зубчастий вінець, який є ключовим елементом для передачі обертального моменту. **Позиція 3:** підшипник, що мінімізує тертя і сприяє плавному обертанню рухомих елементів. Позиція 4: ріжуча головка, яка виконує основну

функцію обробки поверхонь. Позиції 5, 6, 7, 8: чотири модульні фрези, які забезпечують різні етапи нарізання зубів для підвищення точності. Позиції 9, 10, 11, 12: оправки, що використовуються для надійного закріплення фрез. Позиція 13: додатковий підшипник для підтримки і стабілізації. Позиції 14, 15, 16, 17: конічні зубчасті колеса, які забезпечують передачу руху між осями під кутом. Позиції 18 і 19: паразитні циліндричні зубчасті колеса, що виконують функцію передачі обертального моменту в системі. Позиції 20 і 21: вали, які слугують основою для обертання зубчастих коліс. Позиції 22 і 23: підшипники, що підтримують обертання валів із мінімальними втратами на тертя. Позиції 24 і 25: додаткові зубчасті колеса для передачі руху до інших елементів конструкції. Ця система побудована таким чином, щоб забезпечити оптимальну передачу руху та точність обробки. Завдяки поєднанню модульних фрез, конічних та циліндричних зубчастих коліс, а також наявності паразитних елементів, пристрій дозволяє виконувати нарізання з мінімальними похибками та високою ефективністю. Розроблена конструкція пристрою є зразком інженерної точності, спрямованої на вирішення складних завдань у процесах обробки зубчастих поверхонь.

1.7 Висновки та постановка завдання на магістерську роботу

Проаналізувавши технічні характеристики рульового управління, що підлягає ремонту, а також конструктивні особливості, функціональне призначення й умови експлуатації рульової рейки, було зроблено наступні висновки:

- 1. Пріоритети вибору способу ремонту:** У процесі вибору методів ремонту основна увага повинна приділятися якості та фізико-механічним властивостям відновленої деталі. Економічні показники є другорядними, адже рульова рейка є критично важливим елементом системи керування, що впливає на безпеку руху автомобіля. Будь-яке погіршення фізичних або механічних характеристик є неприпустимим.

2. **Демонтаж та запобігання дефектам:** Демонтаж рульової рейки, яка має значну масу, може призводити до появи дефектів у взаємному розташуванні робочих елементів. Для уникнення таких проблем необхідно дотримуватися технічних вимог під час виконання демонтажних і ремонтних робіт.

Реалізація зазначених завдань дозволить розробити науково обґрунтований підхід до ремонту рульових рейок, який забезпечить високу якість відновлення, мінімізацію витрат та підвищення безпеки експлуатації транспортних засобів. [1]

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розробка технологічного процесу ремонту деталі

Для забезпечення тривалої експлуатації підшипників і шестерень необхідно зібрати конічні підшипники валу з попереднім натягом у межах 0,03–0,05 мм. Цього досягають шляхом регулювання товщини шайби: її шліфують на величину, яка відповідає виміряному осьовому проміжку плюс зазначений натяг (0,03–0,05 мм). [17]

Після регулювання необхідно встановити демонтовані елементи в зворотній послідовності, за винятком кришки із сальником. Кришку встановлюють після перевірки правильності налаштування, оскільки тертя сальника об шийку фланця може викривити дані про момент опору, що передається валом на підшипники.

Процедура складання:

1. Зафіксуйте шестерню в лещатах, використовуючи м'які прокладки для захисту поверхні.
2. Легкими ударами дерев'яного молотка по корпусу підшипників забезпечте правильне положення роликів у підшипниках.
3. Перевірте момент, необхідний для обертання валу в підшипниках. Він має становити 0,1–0,2 кг·м, що відповідає оптимальному натягу.
4. Визначення величини моменту здійснюється динамометричним ключем, прикладеним до гайки. Зусилля, перпендикулярне до радіуса фланця, має становити 1,3–2,6 кг.

Запобігання перегріву та зносу: Підвищений натяг може спричинити сильний нагрів і швидкий знос підшипників. У разі необхідності регулювання відзначте положення гайки, зніміть фланець, встановіть кришку з сальником і затягніть гайку до потрібного моменту.

Усунення підтікань мастила: Причинами підтікання мастила можуть бути зношені або пошкоджені сальники та ущільнювачі. Зношення поверхонь

під робочою кромкою сальника може призвести до потрапляння мастила в корпус рейки. У таких випадках необхідно:

1. Замінити сальники та ущільнювачі.
2. Виключити використання густих мастил або сумішей, що містять солідол, які можуть закупорити канали і погіршити змазування підшипників і шестерень.
3. Регулярно очищати сапуни, щоб уникнути підвищення тиску в картерах, що може призвести до порушення герметичності.

Дефекти та їх причини: Поломки зубів шестерень або обриви шпильок наконечників найчастіше спричинені неправильною експлуатацією автомобіля або використанням невідповідних мастильних матеріалів.

Робота зубчастих передач: Шестерня ведучого валу працює в парі з веденою шестернею в умовах постійного масляного середовища, що мінімізує знос зубів. Завдяки цьому зношування відбувається дуже повільно, забезпечуючи довговічність роботи передачі.

Дотримання цих рекомендацій дозволяє продовжити термін служби підшипників і шестерень, зберігаючи їх експлуатаційні властивості та підвищуючи надійність агрегатів автомобіля.

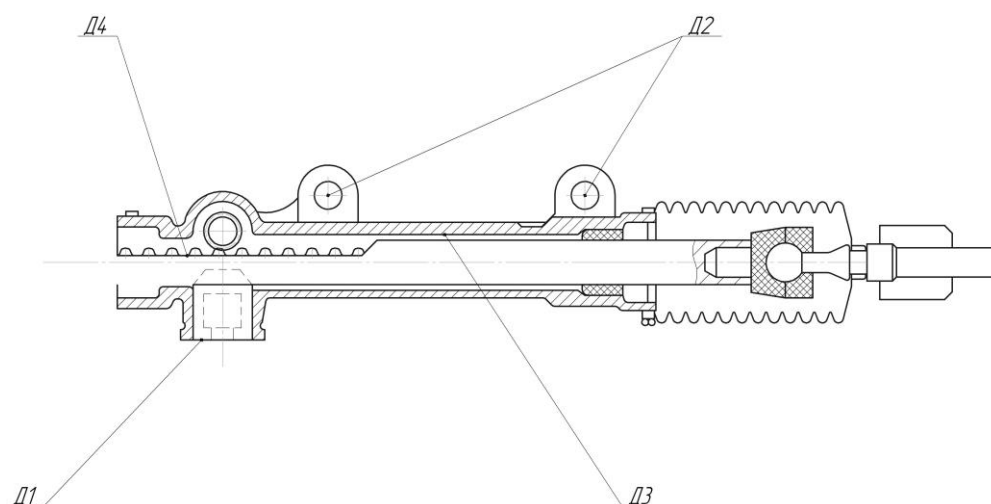


Рисунок 2.1 – Дефекти рульової рейки

Під час дефектування рульової рейки необхідно провести контроль основних параметрів, таких як:

- діаметр валу;

- шорсткість поверхонь;
- радіальне биття на опорних шийках;
- стан шліців;
- точність гнізд для роликів;
- стан різбових з'єднань;
- наявність видимих дефектів.

Візуальна перевірка: Перед початком вимірювань деталей необхідно оглянути на наявність тріщин, сколів, задирів або деформацій робочих поверхонь. Виявлення будь-якого з цих дефектів є підставою для вибраковування деталі, оскільки такі пошкодження значно впливають на експлуатаційні характеристики рульової рейки.

Типові дефекти: На рисунку 2.2 наведено приклади дефектів, які можуть бути виявлені під час огляду:

1. **Зношення отвору за діаметром:** Зношення отворів може призводити до зміни посадочних розмірів, що впливає на точність роботи механізму.

2. **Зношення отворів для кріпильних болтів:** Таке пошкодження спричиняє ослаблення кріплення вузла, що може призвести до втрати функціональності системи.

3. **Зношення внутрішньої робочої поверхні рейки:** Внутрішнє зношення контролюється за допомогою штангенциркуля. Допустиме значення зносу по площині не повинно перевищувати 0,034 мм.

4. **Зношення зубів внутрішнього вала:** Деформація або зношення зубчастих елементів може знижувати точність передачі зусиль, що впливає на керованість автомобіля. [7]

Дефектування рульової рейки дозволяє своєчасно виявити пошкодження, які можуть вплинути на безпеку та функціональність транспортного засобу. Правильна діагностика та усунення дефектів забезпечують продовження терміну експлуатації вузла та стабільну роботу рульової системи.

2.2 Критерії граничного зносу деталей рульових рейок

Корпуси рульових рейок виготовляються методом зварювання двох основних елементів: нижньої труби більшого діаметра та верхньої шийки меншого діаметра. Для виробництва використовується сталь марки 40Л, яка забезпечує необхідні міцнісні характеристики. Оскільки рульова рейка експлуатується в складних умовах та піддається значним навантаженням, якість металу і мастильних матеріалів відіграє вирішальну роль у забезпеченні надійної роботи цього вузла. Високі експлуатаційні вимоги до матеріалів та умов змащування є необхідними для продовження терміну служби механізмів і запобігання передчасному зносу.

Основні дефекти корпусу рульової рейки, які можуть виникати під час експлуатації, наведені в таблиці 2.1. Вони включають тріщини, деформації, зношення внутрішніх поверхонь і корозію. Своєчасна діагностика та усунення таких дефектів є важливими для забезпечення безпеки й ефективності роботи автомобіля.

Таблиця 2.1 - Дефекти корпусу рульової рейки

№	Дефекти	Допустимі розміри
1.	Зношення шийки біля внутрішнього підшипника ведучого вала	84,880
2.	Знос шийки біля зовнішнього підшипник ведучого вала	74,900
3.	Знос кільця під сальник	141,700
4.	Знос отвору під підшипник шестерні	140,100
5.	Знос отворів під гнізда підшипників	135,080
6.	Ушкодження різьблення під наконечники	Зрив більше трьох ниток
7.	Ушкодження різьблення під болти кріплення кришки сальника	Зрив більше двох ниток

Знос кільця під сальник ремонтують встановленням нового кільця.

Зношені шийки під підшипники відновлюють наплавленням під флюсом, в середовищі вуглекислого газу.

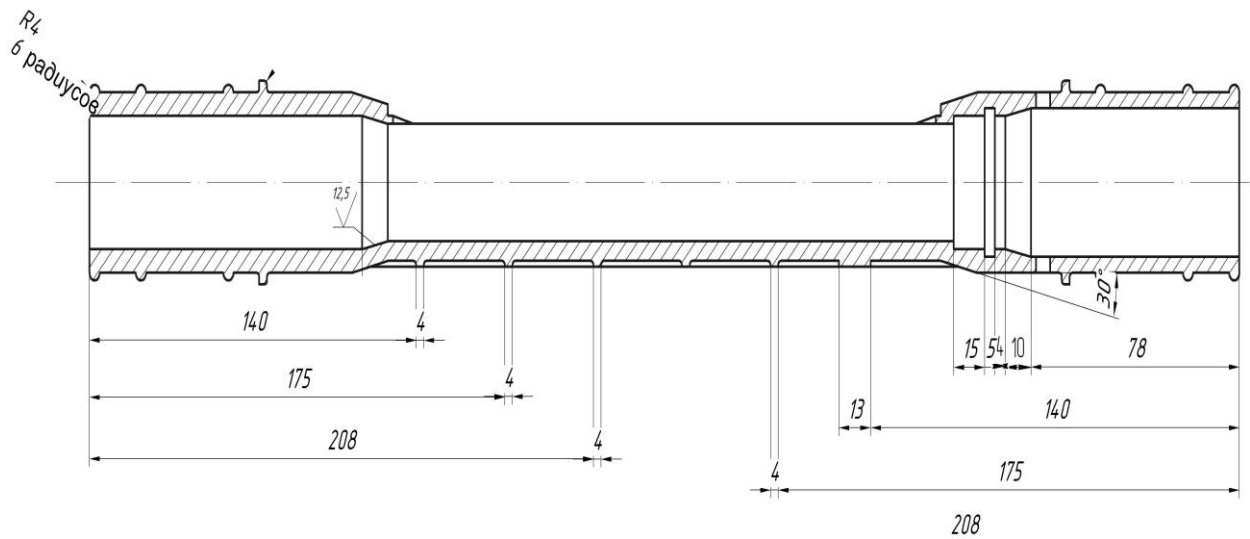


Рисунок 2.2 – Дефекти корпуса рульової рейки

Основні дефекти корпуса рульової рейки в (табл.2.2).

Таблиця 2.2 - Дефекти корпуса

№	Дефекти	Допустимі розміри
1.	Задири або нерівномірне зношування торця	При розмірі а більше 49,8 – бракувати
2.	Зношення отвору під шийку канавки	75,200
3.	Знос шийки під підшипник роликовий	75,010
4.	Знос отворів під болти	14,500

Вал рульової рейки виготовляють зі сталі 38ХГС, HRC 44...50.

Таблиця 2.3 Дефекти осі рульової рейки

№	Дефекти	Допустимі
1.	Погнутість осі	-
2.	Знос шліців по товщині	55,0
3.	Знос конусних отворів під розтискні втулки	-

2.3 Технологія ремонту рульової рейки

Ремонт рульової рейки передбачає заміну зношених або пошкоджених компонентів, оскільки конструкція цього вузла не дозволяє виконувати більшість ремонтних операцій без його демонтажу.

1. **Демонтаж та огляд деталей:** Після зняття рейки її елементи розбирають, промивають і ретельно перевіряють на наявність дефектів. Особливу увагу приділяють стану підшипників, де неприпустимі такі пошкодження, як:

- викришування;
- тріщини;
- вм'ятини;
- руйнування роликів і сепараторів.

2. **Методи відновлення металу:** Для ремонту деталей рульової рейки застосовуються сучасні методи наплавлення, які забезпечують високу якість відновленої поверхні.

Автоматичне дугове наплавлення під шаром флюсу: Цей метод передбачає механізоване виконання основних рухів електрода, що дозволяє досягти точності та повторюваності процесу.

- **Технологія виконання:**

- Деталь закріплюється в патроні або центрі переобладнаного токарного верстата.
- Апарат для наплавлення (наприклад, А-560М або ПАУМ-1) встановлюється на супорт верстата (рис. 2.3).
- Наплавлення виконується за допомогою гвинтових валиків, які перекриваються приблизно на одну третину, забезпечуючи рівномірне нанесення шару.

Механізоване зварювання в середовищі вуглекислого газу: Цей метод дозволяє відновлювати зношені поверхні за рахунок захисту зони горіння дуги та розплавленого металу струменем вуглекислого газу.

- **Особливості:**

- Вуглекислий газ ефективно ізолює зону зварювання від впливу кисню та азоту з повітря.
- Це забезпечує отримання металу високої якості із заданими характеристиками.

Автоматичне наплавлення в середовищі вуглекислого газу: Метод широко застосовується для відновлення поверхонь деталей, які зазнали значного зносу. Для цього використовують спеціальні зварювальні автомати (наприклад, А-580М), які модифікують установкою мундштука з пальником для подачі захисного газу.

- **Переваги сучасних методів:**

- Висока точність відновлення геометрії деталі.
- Поліпшення механічних характеристик поверхні.
- Мінімізація залишкових напружень у відновлених компонентах.

Ретельне дотримання технології ремонту забезпечує відновлення експлуатаційних характеристик рульової рейки та її довговічність.

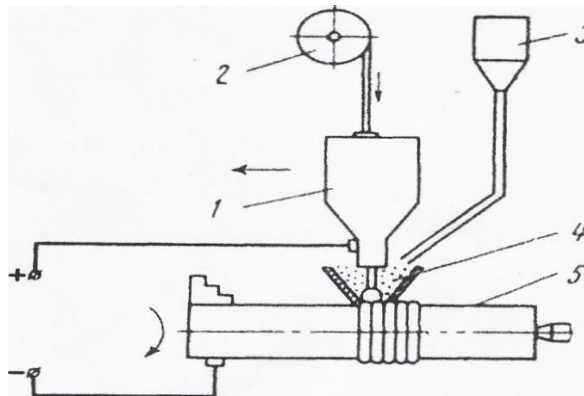


Рисунок 2.3 – Конструктивна схема наплавлення електродугового з використанням флюсу.

Для визначення зміщення електроду користуються залежністю

$$e = (0.04 \dots 0.05) D_H,$$

Виліт електрода приймають від 10 до 12 мм , $eL = d$ мм.

Частоту обертання оброблюваної деталі знаходять за формулою:

$$n_d = \frac{60V_H}{\pi(D_H + 2t)},$$

Для здійснення процесу напівавтоматичного зварювання під флюсом використовують тримач, зображений на рисунку 2.4.

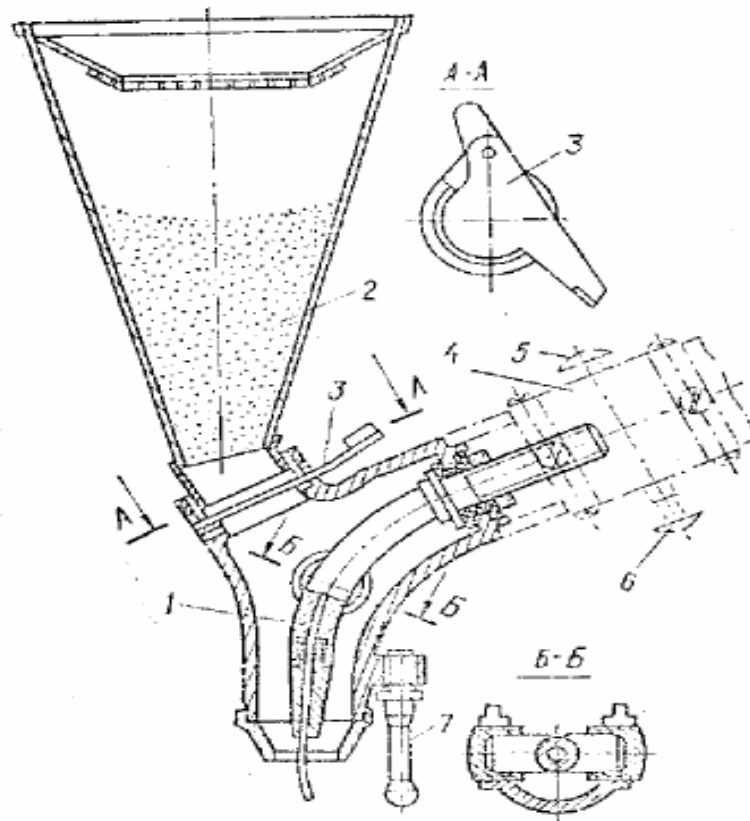


Рисунок 2.4 – Тримач для зварювання під флюсом.

Електролітичне залізнення є ефективним способом нанесення твердого та зносостійкого залізного покриття на поверхні деталей. Цей технологічний процес широко використовується в авторемонтному виробництві, головною метою якого є компенсація зносу елементів та особливості методу:

1. **Відновлення зношених поверхонь:** Завдяки створенню додаткового шару заліза на пошкоджених ділянках забезпечується відновлення геометричних параметрів деталей.

2. **Зносостійкість:** Отримане покриття має високі механічні властивості, які дозволяють значно збільшити термін експлуатації відновлених елементів.

3. Точність: Електролітичне осадження забезпечує рівномірний розподіл металу, що важливо для деталей з високими вимогами до точності розмірів.

Застосування в авторемонтному виробництві: Метод використовується для відновлення компонентів, які зазнали механічного зносу або втратили свою початкову форму. Залізнення дозволяє економічно та ефективно відновлювати працездатність деталей без необхідності повної їх заміни. [14]

Переваги електролітичного залізнення:

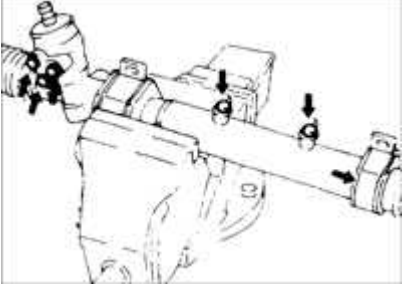
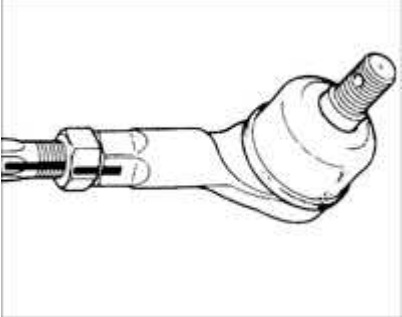
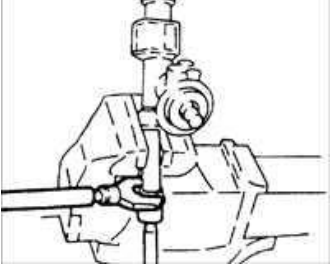
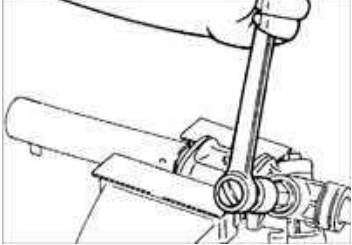
- Підвищення зносостійкості робочих поверхонь.
- Поліпшення корозійної стійкості деталей.
- Збереження міцності базового матеріалу.

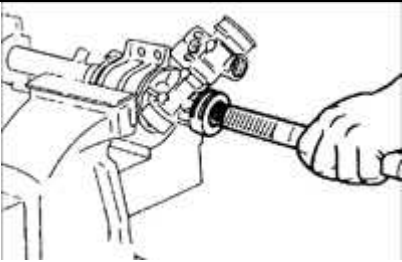
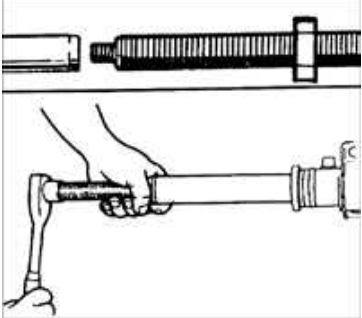
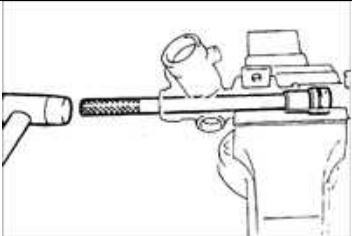
Ця технологія є невід'ємною частиною сучасного підходу до відновлення компонентів у транспортній галузі, забезпечуючи ефективність, економічність і надійність ремонту.

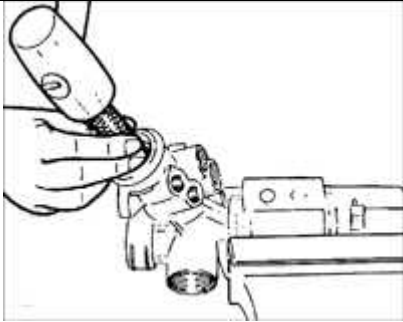
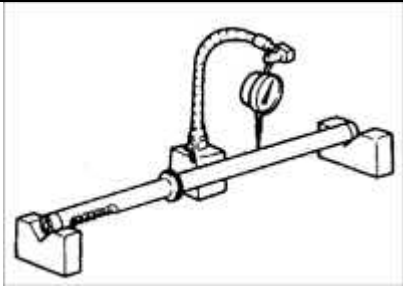
2.4 Розбирання або збирання рульового керування

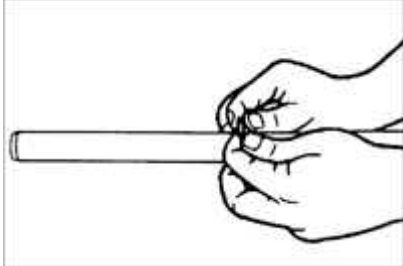
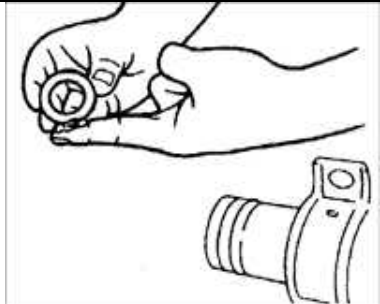
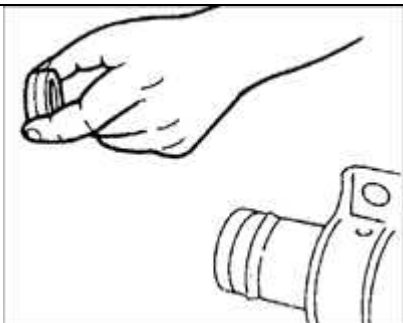
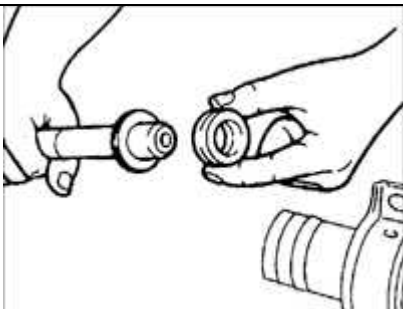
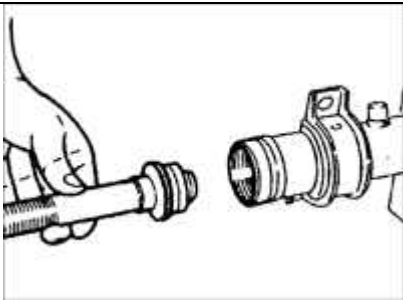
Таблиця 2.5 – Технологічна карта

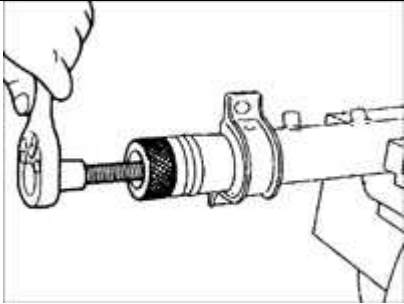
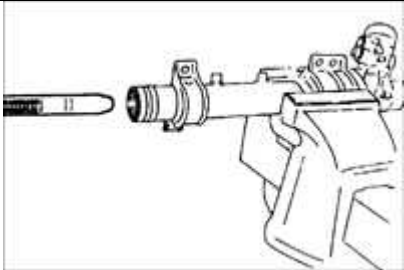
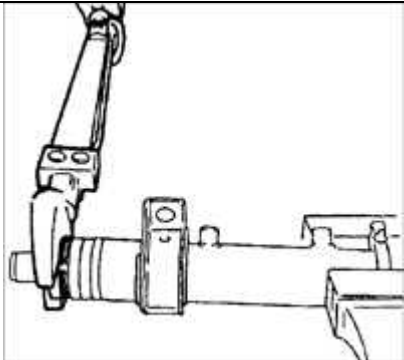
№	Операція яка проводиться	Ескіз операції
1	2	3
	Розбирання	
1	Зняття кронштейну головного маслопроводу вимагає обережності та точності. Спочатку необхідно вивернути два болти та гайки. Після цього можна акуратно зняти кронштейн. Далі слід обережно від'єднати маслопроводи, уникаючи їх пошкодження або деформації.	

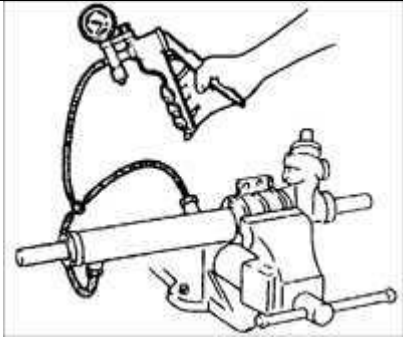
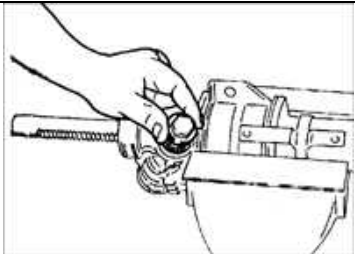
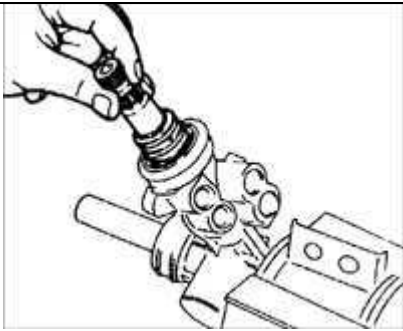
2	Перед тим, як розгвинтити наконечник рульової тяги, важливо позначити взаємне положення самої тяги, затягнутої контргайки та наконечника. Це дозволить зберегти первісні налаштування, що спростить процес подальшої збірки та регулювання.	
3	Послабте контргайку і відкрутіть наконечник тяги з рульової тяги.	
4	За допомогою молотка обережно вибийте пружинний штифт.	
5	Розкрутіть контргайку пробки.	
6	Відкрутіть пробку.	
7	Демонтуйте пружину та упор.	
8	Ослабіть обережно контргайку.	
9	Ретельно зафіксуйте корпус рульової передачі у лещатах з двома губками та демонтуйте вал шестерні,	

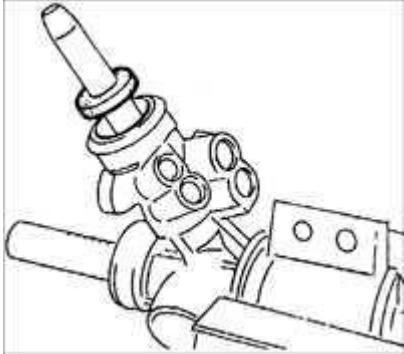
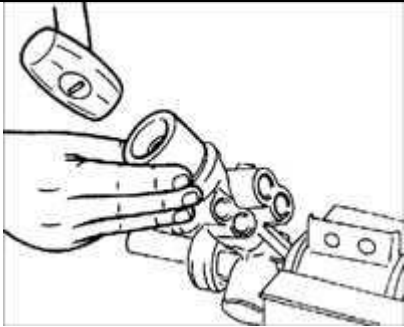
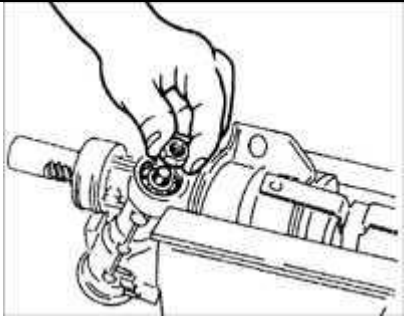
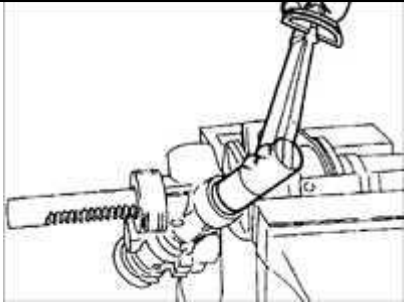
	уникаючи його заклинювання.	
10	Акуратно демонуйте втулку рульової передачі.	
11	За допомогою спеціального інструменту вийміть зубчасту рейку з корпусу.	
12	Використайте спеціальний інструмент для з'єднання з різьбовою частиною передачі.	
13	Акуратно зніміть ущільнювач, коли зубчаста рейка висувається.	
14	Установіть спеціальний інструмент з боку валу так, щоб він сполучився з втулкою.	
15	Розташуйте другий спеціальний інструмент на протилежному боці.	
16	Зафіксуйте картер рульової передачі в лецатах.	
17	Акуратно вистукайте підшипник та ущільнення рейки.	

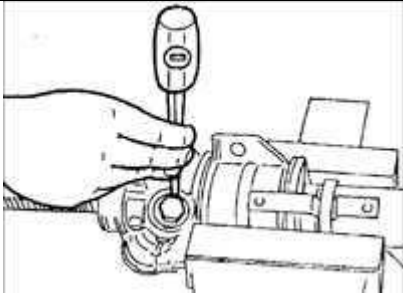
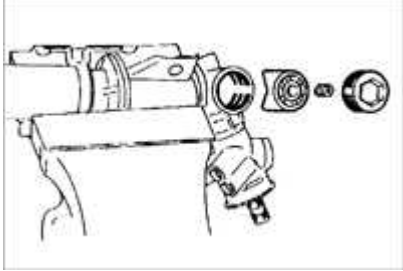
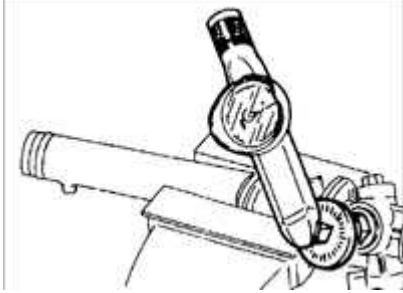
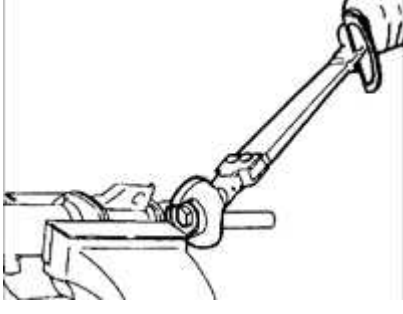
18	Використовуючи спеціальний інструмент, вибийте нижній підшипник.	
Перевірка		
1	Огляньте компоненти рульової передачі на наявність тріщин або пошкоджень.	
2	Перевірте стан ущільнювальних кілець.	
3	Розмістіть зубчасту рейку на V-подібних опорах та використовуйте індикатор для вимірювання її прогину.	
Збірка		
1.	Вмонтуйте гумові опори у картер передачі.	
2.	За допомогою пластикового молотка встановіть кронштейни.	
3.	Нанесіть дуже тонкий шар трансмісійної рідини на ущільнювальні кільця.	
4.	Монтування кільця ущільнювача в паз рейки.	
5.	Встановлення другого	

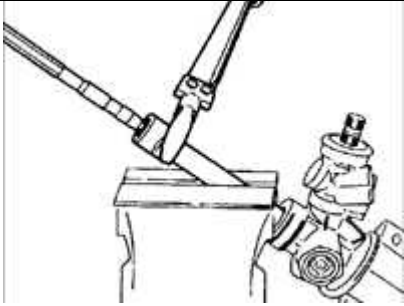
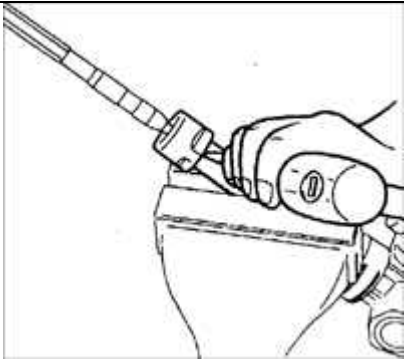
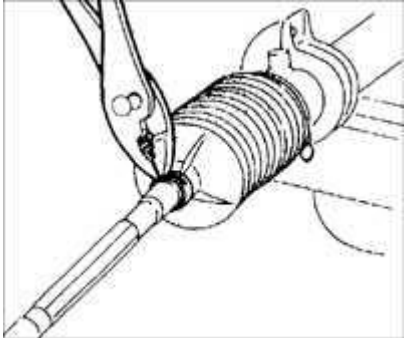
	ущільнювального кільця на рейку.	
6.	Вручну вмонтуйте ще одне ущільнювальне кільце.	
7.	Нанесіть мастило на поверхню елемента вставки.	
8.	З'єднайте ущільнювач з змащеною поверхнею елемента.	
9.	Покрийте частини вставки та ущільнювача шаром трансмісійної рідини.	
10.	Встановіть вставку та ущільнювач рейки на інструмент.	
11.	Введіть інструмент у паз валу.	
12.	Закрутіть гайки на інструменті.	
13.	Обертайте вал інструменту.	

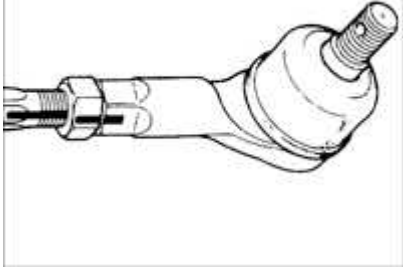
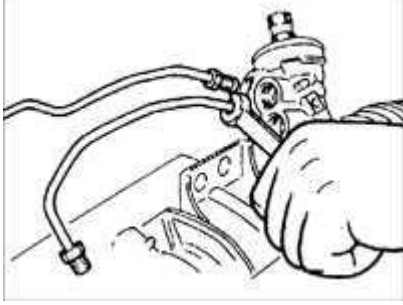
14.	Демонтуйте інструмент.	
15.	Аплікуйте мастильний матеріал.	
16.	Складіть рейку в корпус.	
17.	Зніміть спеціальний інструмент.	
18.	Нанесіть ущільнювач на різьблену частину втулки.	
19.	Монтуєте втулку в корпус.	
20.	Закрутіть втулку до необхідної жорсткості.	
21.	З'єднайте інструмент із захисним кожухом.	
22.	Підключіть вакуумний насос до спеціального інструмента.	
23.	Створіть необхідний вакуум у системі.	

24.	Переконайтесь у стабільності вакууму у системі.	
25.	Зафіксуйте кожух шестерні в лещатах для надійного утримання.	
26.	Аплікуйте трансмісійну рідину на підшипник та розмістіть його в корпусі.	
27.	Установіть підшипник у корпус та щільно закрутіть пробку.	
28.	Змастіть відповідні деталі.	
29.	Нанесіть тонкий шар трансмісійної рідини на ущільнювач.	
30.	Вмонтуйте вал шестерні в передбачене для нього місце.	
31.	Змажте підшипник тонким шаром трансмісійної рідини.	
32.	Аналогічно обробіть трансмісійною рідиною ущільнювальне кільце.	
33.	Розмістіть втулку на шліцах валу, переконавшись у її правильному	

	положенні.	
34.	Розмістіть ущільнюваче кільце у корпусі картера.	
35.	Змонтуйте масляне ущільнюваче кільце на його місце.	
36.	Тимчасово прикріпіть з'єднувальну деталь.	
37.	Закрутіть контргайку до необхідної міцності.	
38.	Закрутіть контргайку з крутним моментом від 39 до 49 Н•м.	
39.	Нанесіть герметик на різьблену поверхню.	
40.	Встановіть кришку картера на місце.	

41.	Закерніть кришку на місце.	
42.	Міцно утримуйте картер рульової передачі в лещатах.	
43.	Змастіть упорну деталь.	
44.	Вмонтуйте упор у картер.	
45.	Вирівняйте рейку в центральне положення.	
46.	Добре затягніть пробку упору.	
47.	Уважно затягніть пробку.	
48.	Покрийте різьбу шаром герметика.	
49.	Закрутіть контргайку з потрібним моментом.	
50.	Переконайтеся, що картер надійно зафіксовано в лещатах.	

51.	Монтуєте тягу до рульової передачі.	
52.	Вставте циліндричний штифт на своє місце.	
53.	Залийте мастило у чохол рульової передачі.	
54.	Нанесіть шар герметика на поверхню захисного чохла.	
55.	Аплікуйте мастило на зовнішню поверхню чохла.	
56.	Монтуванням встановіть захисний чохол на передачу.	
57.	Зафіксуйте чохол за допомогою хомута.	

58.	Закрутіть і затягніть контргайку на тязі.	
59.	Утримуйте картер передачі в лещатах, орієнтуючи маслопроводи зверху.	
60.	Приєднайте кронштейни маслопроводу до системи.	

2.4 Розрахунок рульового керування автомобіля та гідропідсилювача

Рульовий механізм є ключовим елементом системи керування автомобілем, який відповідає за зміну напрямку руху коліс. Його основними функціями є:

- посилення зусилля, прикладеного водієм до рульового колеса;
- прийом цього зусилля та передача його на рульовий привід.

Типи рульових механізмів за конструкцією: Рульовий механізм являє собою механічний редуктор, головним параметром якого є передаточне число. Залежно від типу передачі виділяють такі види:

Черв'ячний механізм: Використовується в деяких моделях вантажних автомобілів та спецтехніки, забезпечуючи плавність роботи.

Гвинтовий механізм: Має високу точність і використовується в транспортних засобах преміум-класу.

Рейковий механізм: Найпоширеніший тип, що встановлюється на більшість легкових автомобілів завдяки простоті конструкції та надійності.

Особливо популярний серед легкових автомобілів, зокрема у моделі Ford Scorpio. Цей механізм складається з двох основних компонентів: шестерні та рульової рейки, які працюють у парі. Шестерня передає зусилля від рульового колеса на рейку, яка змінює положення керованих коліс.

Далі розглянемо конструкцію рульового механізму більш детально, включаючи його компоненти, принцип роботи та переваги використання в автомобілях [4].

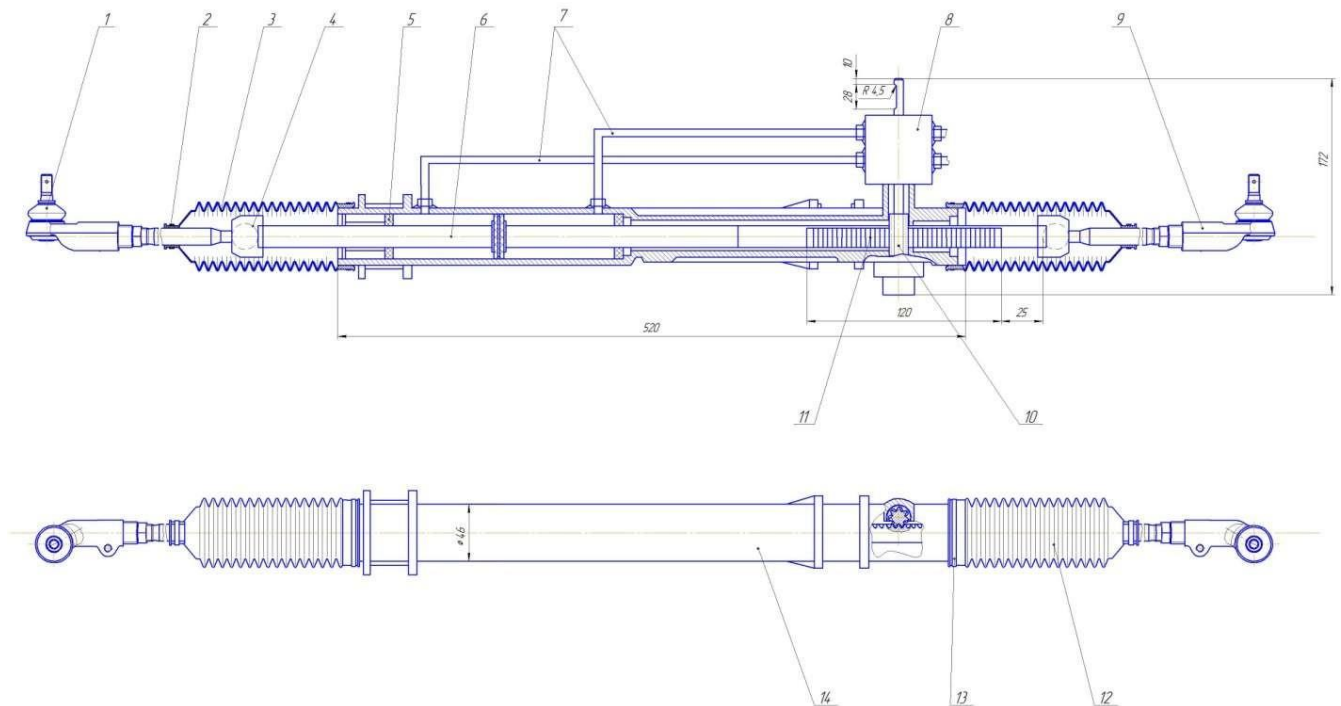


Рисунок 2.5 – Рульовий механізм Ford Scorpio

1 – кулькова опора, позначка 2 – затяжка, позначка 3 – захистний кожух, позначка 4 – вкладиш внутрішній, позначка 5 – прокладки, позначка 6 – рейка, позначка 7 – трубки, позначка 8 – корпус валу шестерні, позначка 9 – наконечник тяги, позначка 10 – шестерня, позначка 11 – зубчастий вінець рейки, позначка 12 – захистний кожух, позначка 13 – затяжка, позначка 14 – корпус рульової рейки.

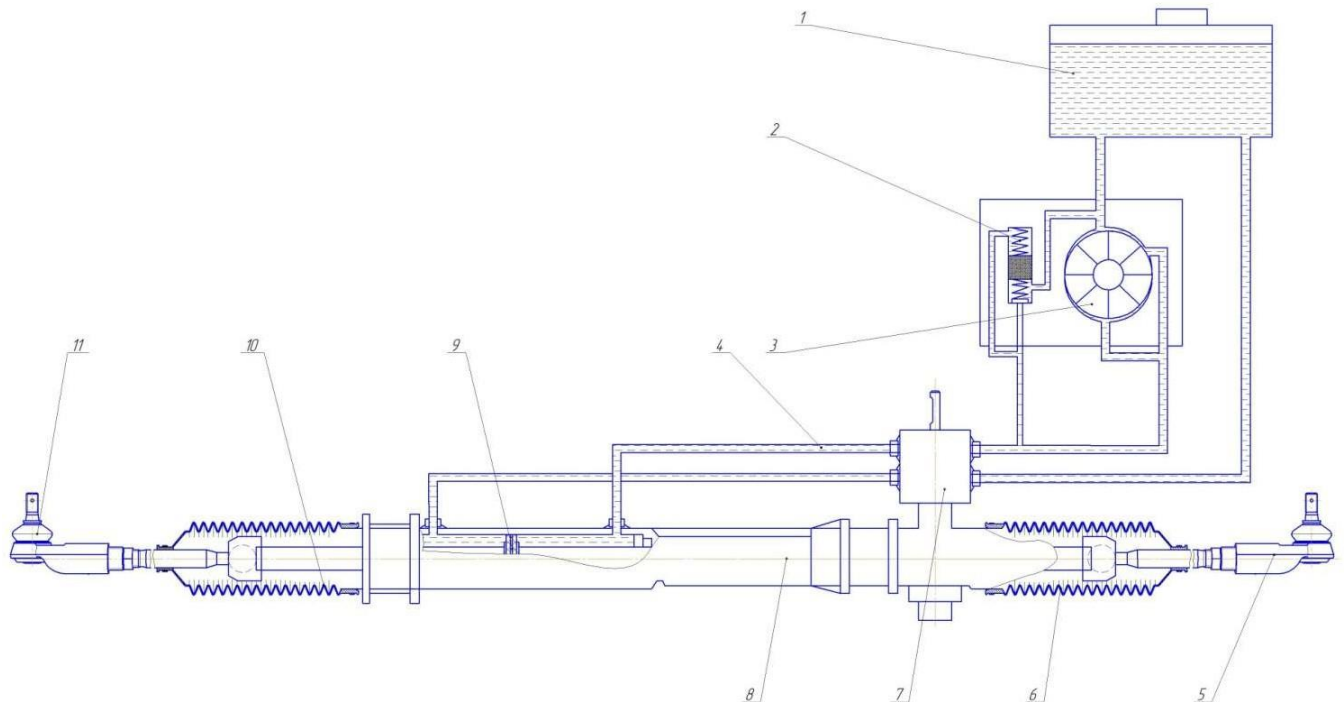


Рисунок 2.26 –Схема рульового керування з гідروпідсилювачем Ford Scorpio:

1 – бачок для рідини, позначка 2 – клапан, позначка 3 – насос, позначка 4 – трубки, позначка 5 – наконечник тяги, позначка 6 – захистний кожух, позначка 7 – вал корпуса шестерні, позначка 8 – корпус рейки, позначка 9 – поршень, позначка 10 – захистний кожух, позначка 11 – кулькова опора [61]

Розрахунок гідропідсилювача кермового управління починається з визначення моменту опору, який виникає під час повороту керованих коліс (M_c) на сухій асфальтованій поверхні за умов повного завантаження автомобіля. Цей процес включає кілька ключових етапів, які спрямовані на оптимальне проектування елементів системи гідропідсилення.

Параметри виконавчого циліндра встановлюються залежно від роботи, яку він повинен виконувати. Об'єм робочої рідини в циліндрі безпосередньо впливає на його потужність і швидкість роботи.

Правильний вибір параметрів розподільника забезпечує точну подачу робочої рідини у відповідні камери силового циліндра, що впливає на плавність і швидкість повороту коліс.

Діаметр трубопроводів визначається залежно від обсягу рідини, що транспортується, і необхідної швидкості її подачі, щоб уникнути гідравлічних втрат.

Продуктивність насоса повинна відповідати вимогам до забезпечення достатнього потоку рідини у всіх режимах роботи системи, включаючи максимальні навантаження. [18]

Потужність, необхідна для приводу гідронасоса, залежить від тиску, що створюється в системі, і продуктивності насоса. Це дозволяє забезпечити ефективну роботу гідропідсилювача без надмірних енергетичних витрат.

Робочий об'єм виконавчого циліндра визначається виходячи з виконуваної ним роботи. Цей параметр є критично важливим для забезпечення необхідного зусилля на кермуванні та точності його функціонування [21].

Правильний підхід до розрахунку гідропідсилювача дозволяє забезпечити баланс між енергоефективністю, надійністю та продуктивністю системи, що є важливим для безпечної експлуатації транспортного засобу.

Визначення зусилля опру на поршні визначаємо за формулою [21]:

$$P_n = \frac{M_{bc}}{r_{cek}}; P_n = \frac{307.71}{0.05} = 6154.2H$$

$$M_{bc} = \frac{M_c}{\eta_{pn}}; M_{bc} = \frac{276,94}{0,9} = 307,71Hm$$

$$F_n = P_n - P_{p.n.} \frac{R_{p.k.}}{R_{\omega} tg\beta}$$

$$F_n = 6154.2 - 15 \frac{0.2}{0.01 \tan 12} = 5.93 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

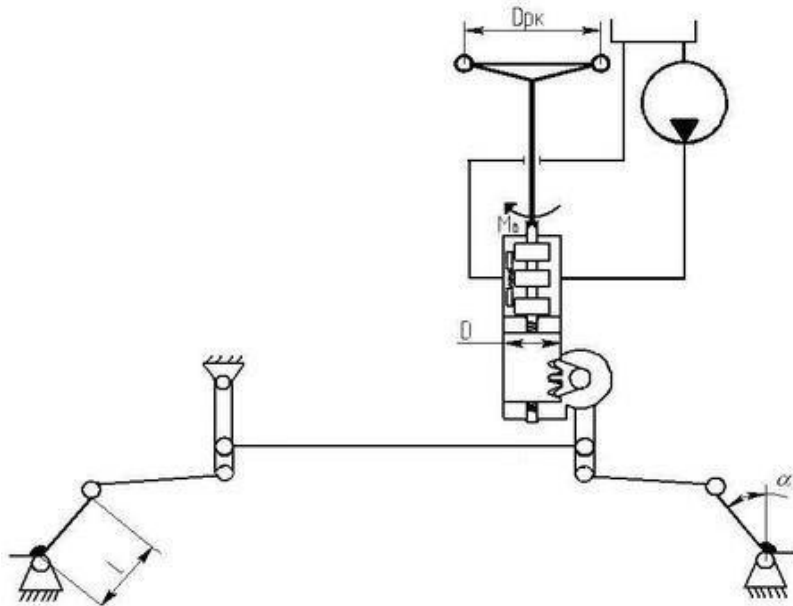


Рисунок 2.27 – Схема гідропідсилювача

2.5 Технологічний процес відновлення валу шестерні рульового керування автомобіля

Вал шестерні рульового механізму моделі Ford Scorpio (11-1553R41124) виготовляється з конструкційної сталі марки 40Х відповідно до стандарту ГОСТ 4543-71. Ця марка сталі забезпечує оптимальне співвідношення міцності та зносостійкості, що необхідно для деталей, які зазнають постійних навантажень.

- Твердість загартованого шару поверхні становить HRC 52, що забезпечує високу зносостійкість.
- Інші поверхні мають твердість HB 180, що дозволяє уникнути зайвої крихкості та забезпечує достатню пластичність матеріалу.

Вал шестерні працює у взаємодії з рейкою рульового механізму, виконуючи роль передавача крутного моменту від рульового колеса до тягових

елементів, а згодом — до керованих коліс автомобіля. Така конструкція дозволяє забезпечити точну керованість і плавність роботи рульової системи.

Для забезпечення необхідних характеристик опорних шийок валу застосовують індукційне загартування струмами високої частоти (СВЧ). Цей процес включає:

Опорні шийки піддаються індукційному нагріванню, що забезпечує твердість HRC 46–52 на глибину не менше 0,3 мм.

Після загартування виконується термічне відпускання, що сприяє зняттю внутрішніх напружень і підвищенню ударної в'язкості матеріалу.

Застосування сталі марки 40Х і сучасних технологій термічної обробки забезпечує високу зносостійкість, міцність і надійність роботи валу шестерні рульового механізму, що є важливим для тривалої та безпечної експлуатації автомобіля [24].

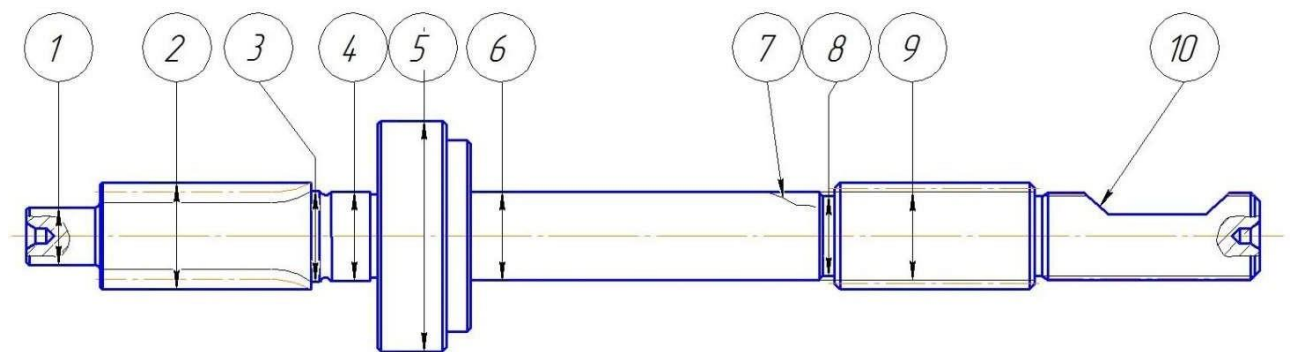


Рисунок 2.28 – Вал шестерні рульового механізму

Вал шестерні рульового механізму оснащений опорними циліндричними шийками, призначеними для встановлення підшипників кочення. Шийки виготовляються з точністю 7 квалітету, а їх шорсткість відповідає $Ra=1,25Ra = 1,25$. Основними робочими поверхнями є зубчасті та шліцьові елементи зовнішнього зчеплення, які піддаються значному зносу та іншим видам руйнування через динамічні навантаження. [11]

На торцях вала розташовані два центрових отвори, що використовувалися як бази під час виробництва деталі. Ці отвори будуть повторно застосовані як технологічні бази для відновлювальних робіт.

На рисунку 2.28 наведено основні дефекти, характерні для цього вала. Відповідно до завдання, на деталі зафіксовано такі пошкодження:

1. Зношення шийки під кульковий підшипник.
2. Наявність тріщини на поверхні.
3. Зношення шліців за шириною.

Основними причинами виникнення зазначених пошкоджень є:

- інтенсивне тертя, зумовлене робочими навантаженнями;
- надмірне зусилля на рульове колесо, яке виникає внаслідок перенавантаження рульової системи, наприклад, коли колеса потрапляють у глибоку колію на нерівній дорозі.

Аналізуючи пошкодження та конструкцію деталі, можна запропонувати наступні підходи до її відновлення:

Для відновлення точності та шорсткості опорних шийок необхідно застосовувати шліфування. Ця операція може бути виконана у кілька етапів для досягнення необхідних параметрів.

Центрові отвори, які були використані як технологічні бази під час виготовлення, будуть повторно застосовані для точного позиціонування деталі під час ремонтних операцій.

Конструкція вала дозволяє використовувати традиційні технологічні методи обробки, що знижує складність і вартість ремонтних робіт. Характеристики деталі: круглі стержні; маса деталі 0,734 кг; габаритні розміри: довжина — 188 мм. діаметр — $34 \pm 0,03034$ мм. [6]

Використання запропонованих технологічних підходів дозволить відновити геометричні та функціональні параметри вала шестерні, забезпечуючи його подальшу експлуатацію з дотриманням всіх технічних вимог. Це сприятиме продовженню строку служби деталі та забезпечить стабільну роботу рульової системи автомобіля Ford Scorpio.

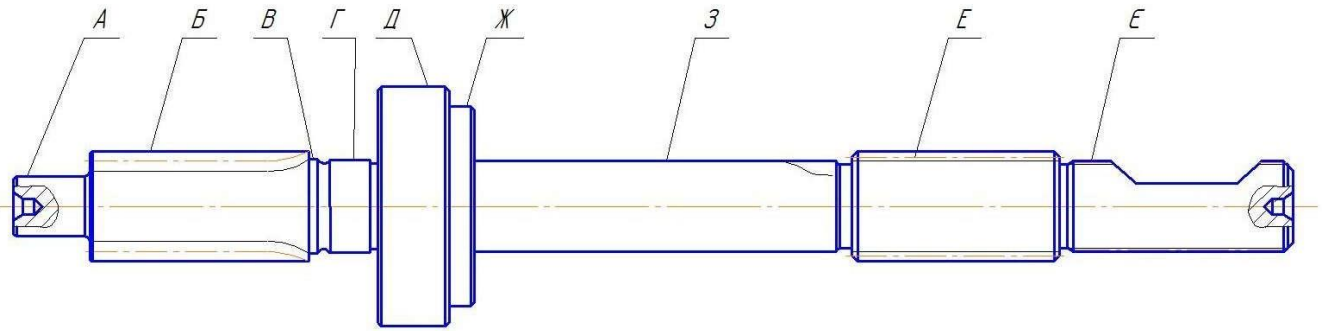


Рисунок 2.29 – Вал шестерні рульового механізму

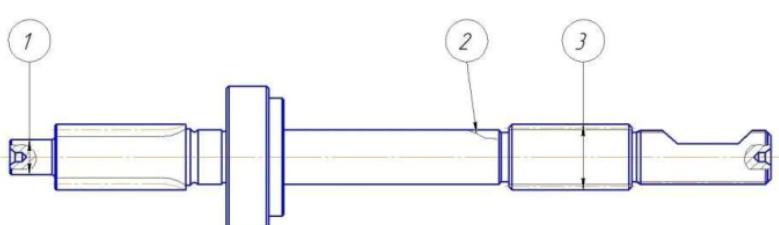
Для забезпечення належної роботи веденого валу шестерні рульового механізму необхідно дотримуватись наступних вимог під час його відновлення:

Шорсткість поверхні центрових отворів повинна складати $Ra=1,25$. Це забезпечує точність центрування деталі під час обробки та експлуатації. Вимоги до поверхонь А, В, Г, Д, Ж, З: Шорсткість цих поверхонь також має відповідати $Ra=1,25$, що є критичним для мінімізації тертя та зношування. Конусність зазначених поверхонь не повинна перевищувати $0,017$ мм, що гарантує точність їх взаємодії з іншими компонентами рульового механізму.

На основі аналізу причин виникнення дефектів складається карта дефектів, яка наведена в таблиці 2.6. Ця карта є важливим інструментом для виявлення та класифікації пошкоджень, а також для розробки оптимальних методів їх усунення.

Дотримання зазначених вимог до обробки та параметрів поверхонь забезпечить якість відновлення веденого валу, що дозволить продовжити термін його служби та гарантувати надійну роботу рульового механізму в умовах експлуатації.

Таблиця 2.6 - Карта технічних вимог на дефектування деталі

Деталь (складальна одиниця): Вал шестерні рульового механізму Ford Scorpio					
				№ деталі (складальної одиниці): 11-1553R41124	
				Матеріал: Сталь 40Х ГОСТ 4543- 71	
				Твердість: HRC ₃ 46...52	
Позиція на ескізі	Можливий дефект	Спосіб виявлення дефекту і засоби контролю	Розмір, мм		Висновок
			за робочим кресленням (номінальний)	допустимий без ремонту	
1	Знос шийки під кульковий підшипник	Скоба 11,95мм або мікрометр 10-15 мм	12-0,028	11,95	Вібродугове наплавлення, хромування, залізнення.
2	Тріщини будь-якого характеру на поверхні валу	Огляд.	—	—	Ремонтувати. Заварювання
3	Знос шліців по ширині	Шліцевий калібр 2,37 мм або штангельзубомір	2,375-0,02	2,37	Наплавлення під флюсом

При виборі методів відновлення вала шестерні рульового механізму були враховані дефекти, зазначені у завданні, а також технічні умови, специфічні для автомобілів Ford Scorpio і Ford Scorpio 2 [6,24]. Для кожного дефекту було виконано порівняння потенційних методів за коефіцієнтами довговічності (K_d) та техніко-економічної ефективності (K_e). [5]

Дефект №1: Зношення шийки під кульковий підшипник

- Характеристики дефекту: діаметр $d=12-0,012$ величина зносу — 0,12 мм.

- Потенційно можливі методи відновлення:

- вібродугове наплавлення;
- хромування;
- залізнення.

Порівняння методів:

- Значення $K_d K_d$:

- вібродугове наплавлення – 0,98;
- хромування – 1,72;
- залізнення – 0,91.

- Значення $K_e K_e$:

- вібродугове наплавлення – 0,256;
- хромування – 0,087;
- залізнення – 0,837.

Висновок:

Незважаючи на високий коефіцієнт довговічності хромування ($K_d=1,72$), оптимальним за техніко-економічною ефективністю ($K_e=0,837$) є залізнення. Тому для усунення цього дефекту буде застосований метод залізнення.

Дефект №2: Тріщини на поверхні вала

- Характеристика дефекту: тріщини будь-якого характеру на дисковій поверхні цапфи.

- Потенційно можливі методи усунення:

- газове зварювання;
- електродугове зварювання.

Порівняння методів:

- Значення K_d :

- газове зварювання – 0,42;
- електродугове зварювання – 0,42.

- Значення K_e :
 - газове зварювання – 0,256;
 - електродугове зварювання – 0,345.

За результатами аналізу обрано електродугове зварювання, яке забезпечує кращу техніко-економічну ефективність. Для забезпечення високої якості шва буде використано напівавтоматичне електродугове зварювання порошковим самофлюсуючим дротом ПАНЧ-11.

Дефект №3: Зношення шліців по ширині

- Характеристика дефекту: ширина $d=2,375_{-0,02}$, величина зносу — 0,240 мм.
- Потенційно можливий метод:
 - наплавлення під флюсом.

Цей метод є єдиним технічно можливим способом відновлення зношених шліців. Розглянуті методи відновлення дозволяють раціонально усунути дефекти із забезпеченням необхідної довговічності та техніко-економічної ефективності. Вибір методів базується на аналізі літературних джерел та технічних умов, що гарантує якісне відновлення деталі [6,24].

2.6 Вибір технологічних баз

При відновленні центрових отворів за технологічні бази приймаємо циліндричну поверхню шийки й торець. При цьому деталь встановлюється в трьохкулачковий самоцентруючий патрон з упором в торець, показано схематично нижче на рисунках 2.30 та 2.31 [22,24]:

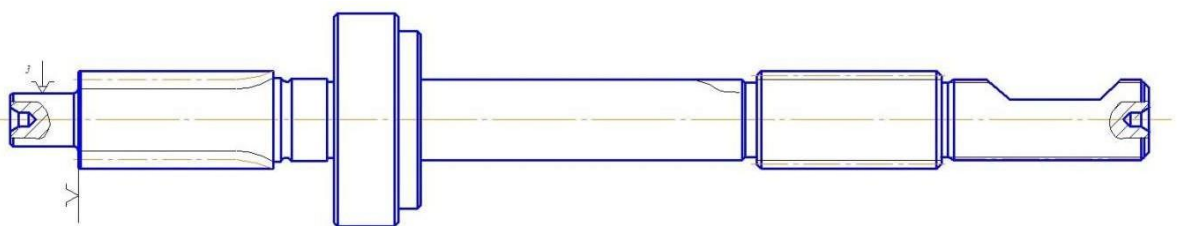


Рисунок 2.30 – Вал шестерні рульового механізму

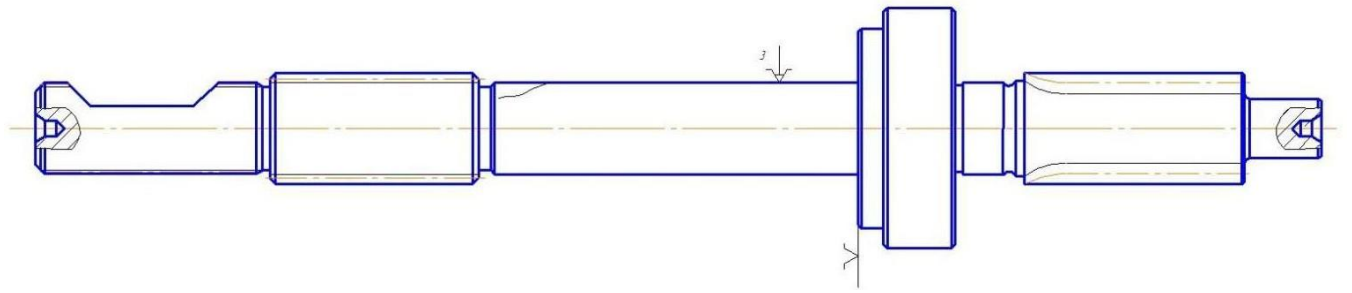


Рисунок 2.31 - Вал шестерні рульового механізму

При шліфуванні опорної шийки за технологічні бази приймаємо центрові отвори, як показано на рисунку 2.32 [22,24]:

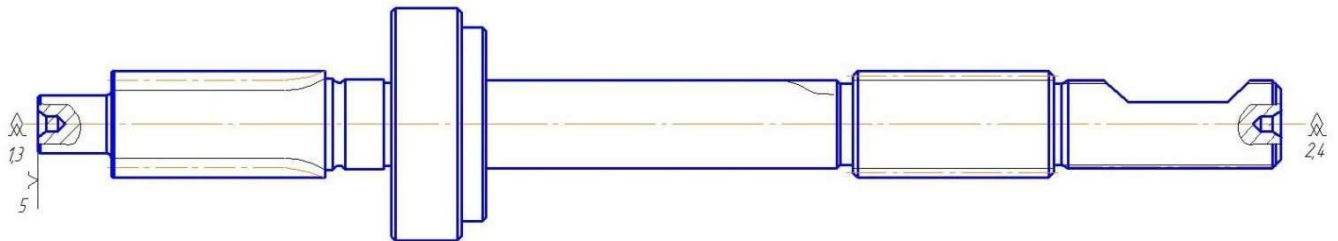


Рисунок 2.32 - Вал шестерні рульового механізму

Встановлюю певну послідовність операцій для усунення кожного з заданих дефектів для деталі вал шестерні рульового механізму [22,24]:

Дефект №1 - знос шийки під кульковий підшипник $12_{-0,012}$ (HRC₃46...52)

1 Токарна

Точити центрові отвори "як чисто" до усунення слідів ушкоджень.

2 Шліфувальна

Шліфувати шийку, витримуючи $d=11,7_{-0,020}$

3 Залізнення

Наростити шийку, витримуючи $d=12,4^{+0,26}$

4 Шліфувальна

Шліфувати шийку попередньо, витримуючи $d=12,1_{-0,018}$

5 Шліфувальна

Шліфувати шийку остаточно, витримуючи $d=12_{-0,012}$

Дефект №2 - Тріщини будь-якого характеру на поверхні валу [22,24]:

Слюсарна

Зачистити краї тріщини.

Свердлильна

Свердлити 2 отвори $d=2^{+0,1}$ на кінцях тріщини.

Зварювання

Заварити тріщину.

Шліфувальна

Шліфувати поверхню валу «як чисто» до усунення слідів зварювання [24].

Дефект №3 – знос шліців по ширині $d=2,375_{-0,02}$ (HRC₉46...52) [22,24]:

1 Токарна

Точити центрові отвори "як чисто" до усунення слідів ушкоджень

2 Токарна

Зрізати шліці, витримуючи $d=17_{-0,14}$

3 Наплавлення

Заварити запади шліців, спочатку повздовжніми швами, а потім круговими, витримуючи $d=20^{+1,1}$ та одночасно знімати шлак з поверхні до його повного охолодження

4 Токарна

Точити зовнішній діаметр шліців, витримуючи $d=18,2_{-0,036}$

5 Фрезерування

Фрезерувати шліці, витримуючи $b= 2,375_{-0,02}$

6 Гартування

Нагріти шліцьову поверхню до температури 920° С в індукторі та охолодити в масляній ванні

7 Відпускання

Нагріти шліцьову поверхню до температури 250° С в індукторі та охолодити на повітрі

8 Шліфувальна

Шліфувати зовнішній діаметр шліців, витримуючи $d= 18_{-0,015}$

2.7 Технологічний маршрут відновлення деталі

Вибираю більш кращий та оптимізований шлях обробки деталі [22,24]:

005 Токарна 4110

Точити центрові отвори "як чисто" до усунення слідів ушкоджень.

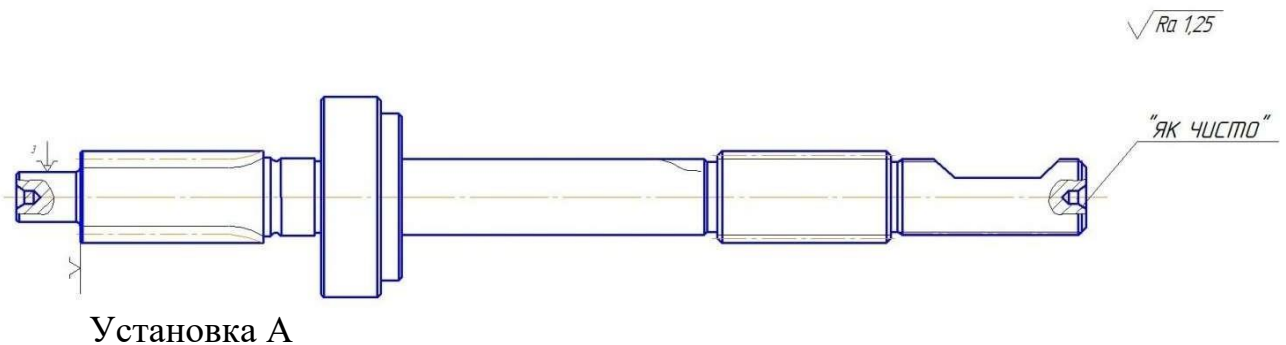


Рисунок 2.33 - Вал шестерні рульового механізму

Установка Б

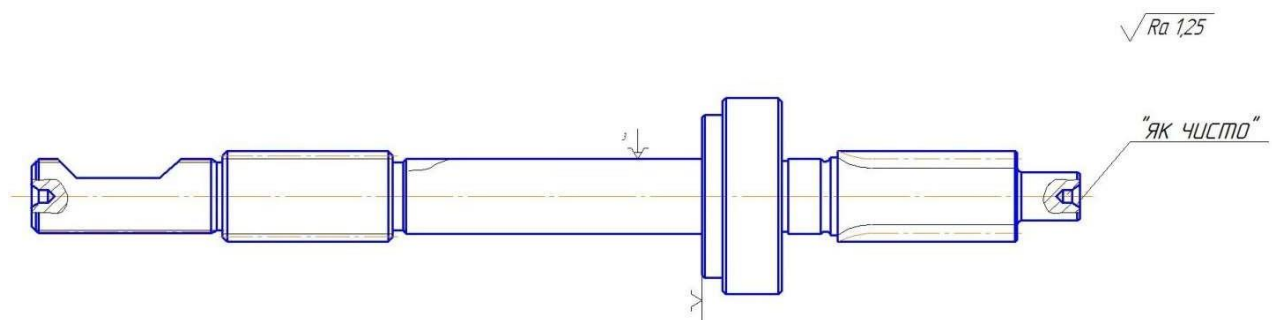


Рисунок 2.34 - Вал шестерні рульового механізму

010 Шліфувальна 4130

Шліфувати шийку, витримуючи $d=11,7_{-0,020}$

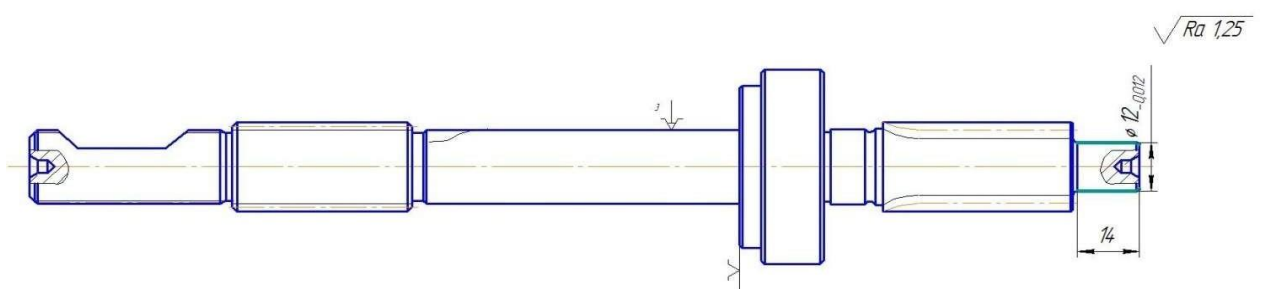


Рисунок 2.35 - Вал шестерні рульового механізму

015 Залізнення 7144

Наростити шийку, витримуючи $d=12,4^{+0,26}_{020}$ Шліфувальна 4130

Шліфувати шийку попередньо, витримуючи $d=12,1_{-0,018}$

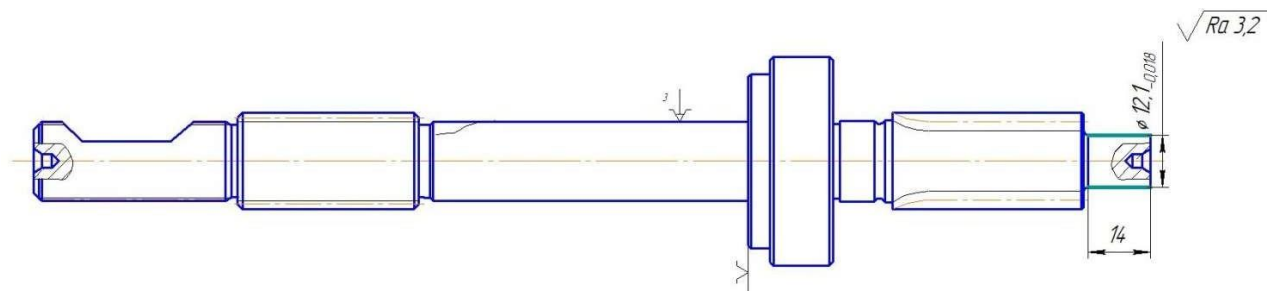


Рисунок 2.36 - Вал шестерні рульового механізму

025 Шліфувальна 4130

Шліфувати шийку остаточно, витримуючи $d=12_{-0,012}$

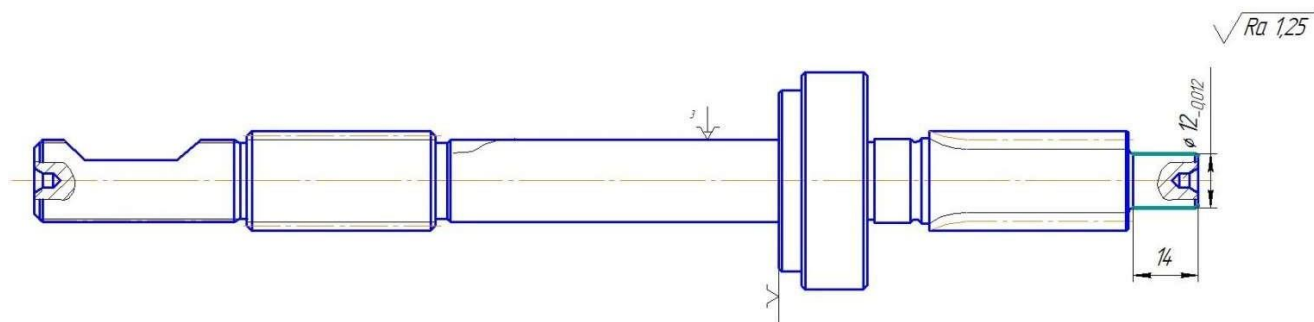


Рисунок 2.37 - Вал шестерні рульового механізму

030 Токарна 4110

Зрізати шліці, витримуючи $d=17_{-0,14}$

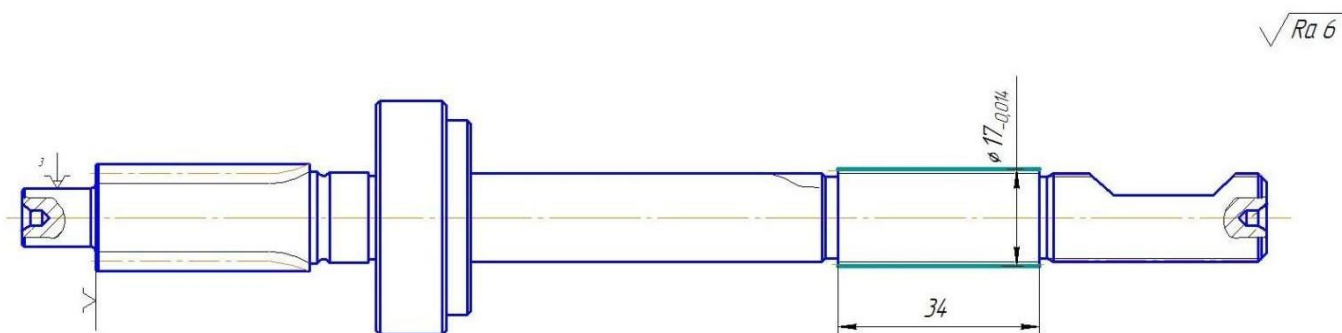


Рисунок 2.38 - Вал шестерні рульового механізму

035 Наплавлення 9300

Заварити запади шліців, спочатку повздовжніми швами, а потім круговими, витримуючи $d=20^{+1,1}$ та одночасно знімати шлак з поверхні до його повного охолодження

040 Токарна 4110

Точити зовнішній діаметр шліців, витримуючи $d=18,2_{-0,036}$

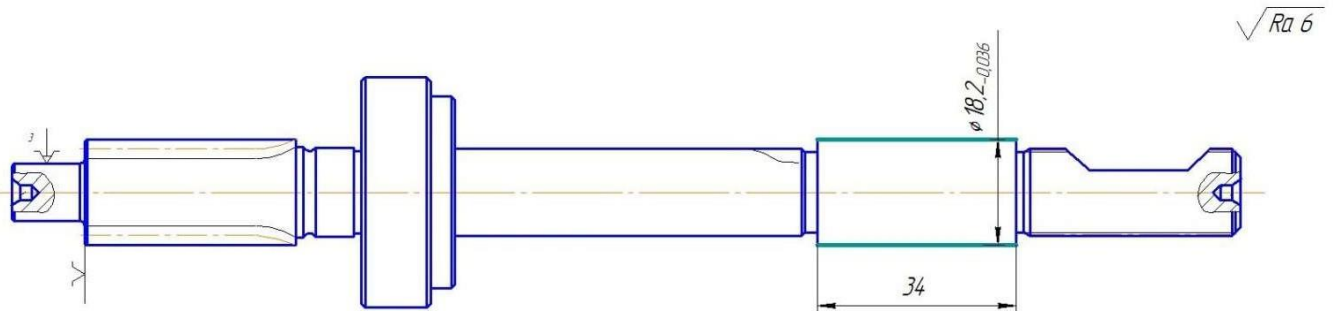


Рисунок 2.39 - Вал шестерні рульового механізму

045 Фрезерування 4260

Фрезерувати шліці, витримуючи $b=2,375_{-0,02}$

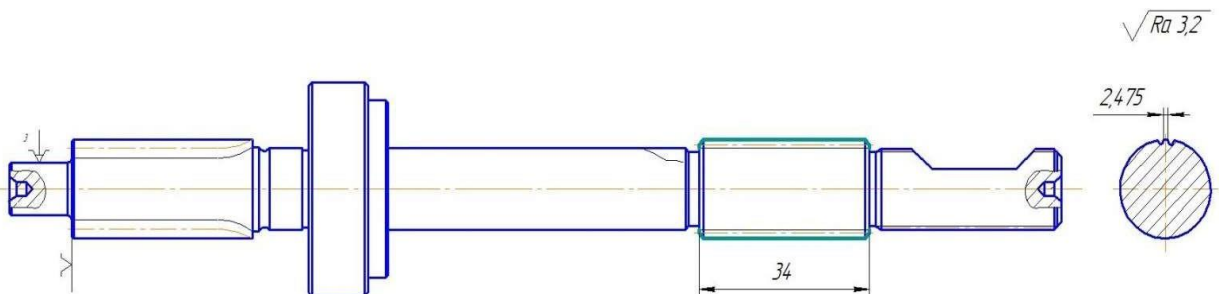


Рисунок 7.14 - Вал шестерні рульового механізму

050 Гартування 5130

Нагріти шліцьову поверхню до температури 920°C в індукторі та охолодити в масляній ванні

055 Відпускання 5140

Нагріти шліцьову поверхню до температури 250°C в індукторі та охолодити на повітрі

060 Шліфувальна 4130

Шліфувати зовнішній діаметр шліців, витримуючи $d=18_{-0,015}$

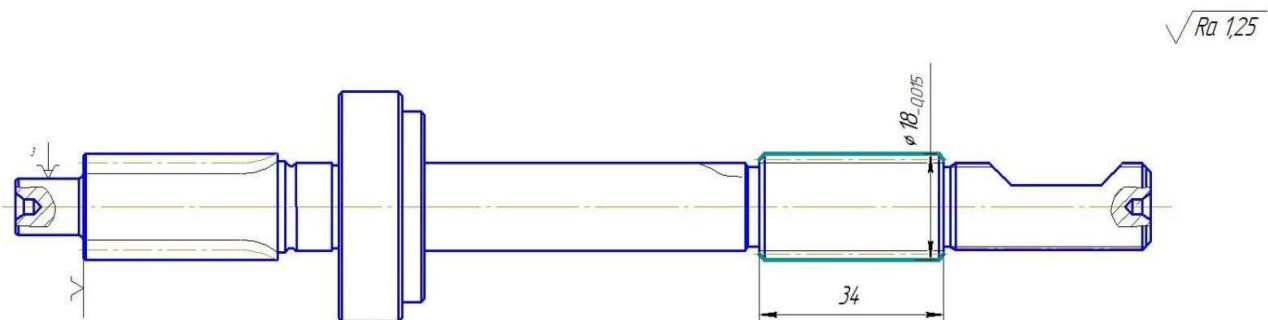


Рисунок 7.15 - Вал шестерні рульового механізму

065 Слюсарна 0190

Зачистити краї тріщини.

070 Свердлильна 4120

Свердлити 2 отвори $d=2^{+0,1}$ на кінцях тріщини.

075 Зварювання 9100

Заварити тріщину.

080 Шліфувальна 4130

Шліфувати поверхню зовнішню шийки «як чисто» до усунення слідів зварювання.

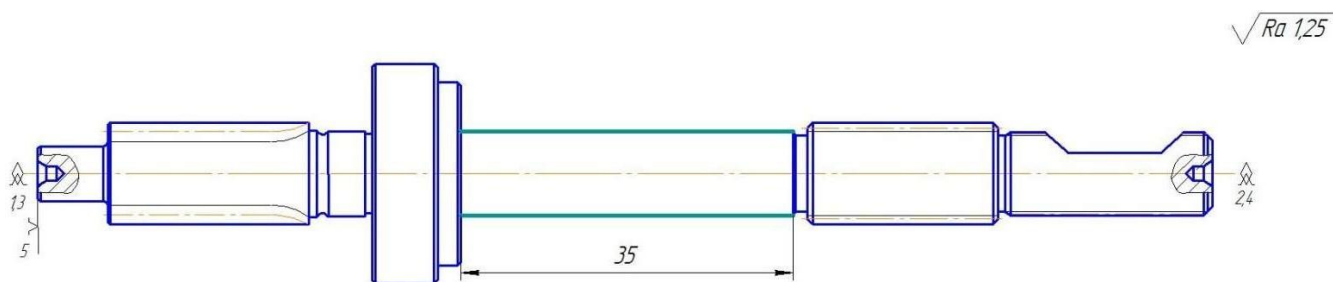


Рисунок 7.17 – Вал шестерні рульового механізму

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Вибір пристосування для механічної обробки

3.1.1 Пристрій для фрезерування рейки рульового механізму

Через особливості конструкції ремонтної деталі «рульового механізму» легкового автомобіля моделі Ford Scorpio її фіксація в стандартних затискних пристроях під час проведення механічної обробки викликає значні труднощі. Це зумовлює необхідність вибору оптимальних схем закріплення та розробки спеціалізованих пристроїв, які забезпечують надійну фіксацію деталі в процесі обробки. [10]

Зокрема, для виконання фрезерування площини рейки під ремонтну пластину доцільно застосувати спеціалізований пристрій, конструкція та принцип дії якого наведені на рисунку 3.1. Цей пристрій дозволяє забезпечити точну фіксацію деталі, що мінімізує ймовірність похибок під час виконання технологічної операції.

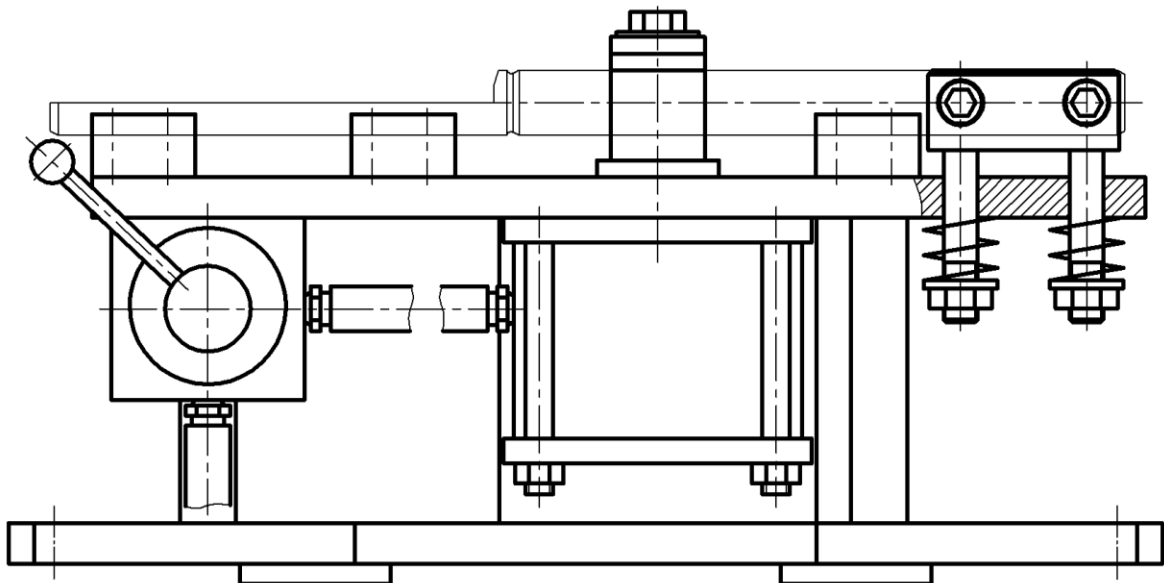


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд пристрою для фрезерування рейки

Розглянутий пристрій має зварну конструкцію корпусу, яка є основою для встановлення інших функціональних елементів. У якості базової поверхні для закріплення деталі під час механічної обробки використовується призма з накладними планками, доповнена двома установочними пальцями. Для надійної фіксації деталі застосовується Г-подібний притиск, який за допомогою болта кріпиться до штока пневмоциліндра.

Функція «затиск-розтиск деталі» реалізується за допомогою пневморозподільного крана, з'єднаного з пневмоциліндром через систему трубопроводів. Постачання стисненого повітря до пневмоциліндра відбувається через пневмосистему. Для закріплення пристрою на столі верстата використовуються дві шпонки, які забезпечують точну фіксацію, а болти, розміщені у пазах нижньої частини плити корпусу, гарантують надійне кріплення всієї конструкції.

3.1.2 Пристрій для свердління отв.Ø7,5 мм в рейці рульового механізму

Розроблений пристрій побудований на основі корпусу зварної конструкції, що слугує основою для монтажу всіх функціональних компонентів. Для забезпечення точного встановлення деталі під час її механічної обробки використовується призматична базова поверхня, обладнана накладними планками та чотирма установочними пальцями, що створюють надійну опору.

Закріплення деталі виконується за допомогою Г-подібного притискача, який через болтове з'єднання інтегрований зі штоком пневмоциліндра. Така конструкція гарантує стабільність і точність фіксації, що особливо важливо під час виконання технологічних операцій.

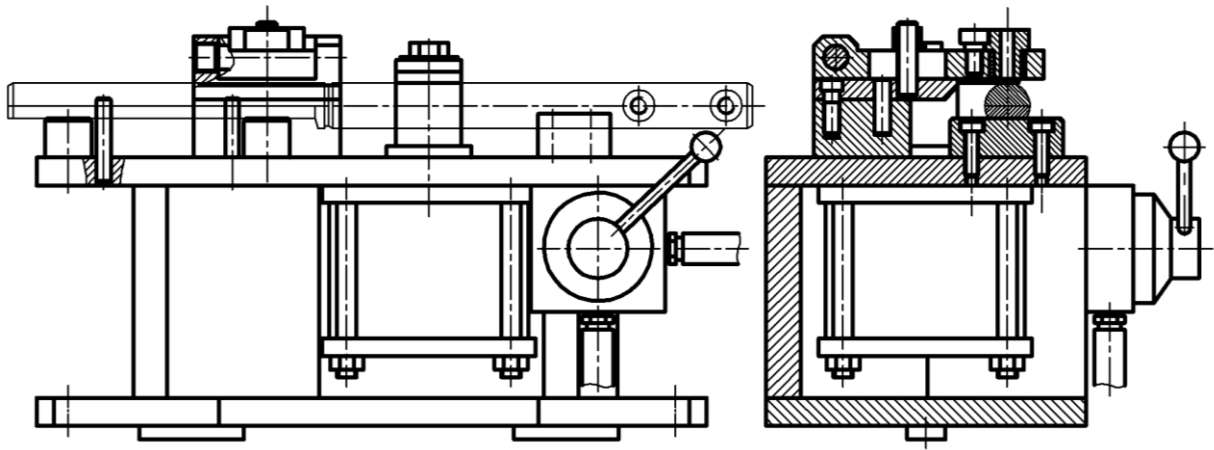


Рисунок 3.2 – Загальний вигляд пристрою для свердління отв. $\varnothing 7,5$ мм

Для виконання операцій типу «затиск-розтиск деталі» в конструкції використовується пневматичний розподільчий клапан, який з'єднаний з пневмоциліндром через систему трубопроводів. Постачання стисненого повітря до пневмоциліндра забезпечується від централізованої пневмосистеми, що гарантує стабільну роботу механізму. [15]

Закріплення пристрою на робочій поверхні верстата здійснюється за допомогою двох шпонок, які забезпечують точне позиціонування. Для надійного фіксування конструкції застосовуються болти, що встановлюються у пази на нижній частині базової плити корпусу, забезпечуючи стійкість і безпечність роботи пристрою.

3.2 Перевірки та регулювання люфту

Спочатку необхідно ретельно затягнути всі гайки, які забезпечують кріплення кульових пальців і поворотних важелів. Перевірка виконується двома фахівцями: один різкими рухами обертає рульове колесо, а інший рукою на дотик (рис. 3.4, а) визначає наявність можливих переміщень деталей. Якщо спостерігається зміщення пальця відносно наконечника, це вказує на наявність люфту.

Для усунення зазору слід відрегулювати наконечник рульової тяги шляхом закручування регулювальної пробки (поз. 1) до упору з подальшим її

відкручуванням на 1-2 оберти (рис. 3.4, б). Така процедура забезпечує належне прилягання і усуває небажані люфти в з'єднанні.

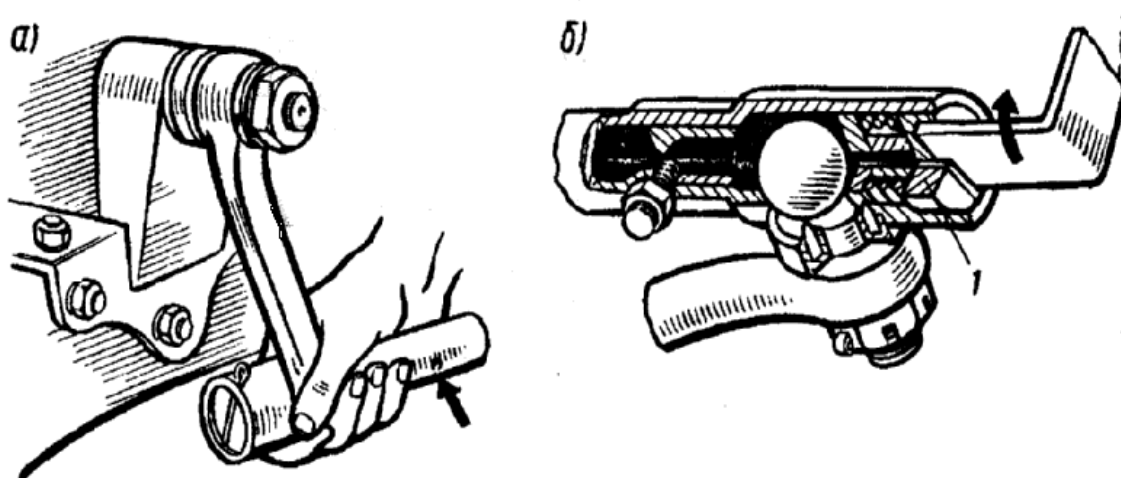


Рисунок 3.4 – Здійснення перевірки люфта а и підтяжка різьбових корок в зєднаних шарнірах поперечною тягою

3.3 Знімач пальців тяги рульової

Закріплення пальців у важелях поворотних кулаків, сощі та маятниковому важелі здійснюється через конічні з'єднання, що забезпечує надійність та точність фіксації. Для цього важливо дотримуватися рекомендованих моментів затягування гайок, які вимірюються ($M14 \times 1,5 - 5,1 \dots 6,3 \text{ кгс} \cdot \text{м}$). Для легкових автомобілів момент затягування гайки пальця рульової тяги становить певне значення в $2,76 \dots 3,41 \text{ кг см}$. Використання динамометричного ключа є обов'язковим, оскільки неконтрольоване затягування може призвести до пошкодження з'єднання або неправильної роботи вузла. [19]

Для виконання цих робіт необхідно використовувати естакаду або оглядову яму, що забезпечує зручний доступ до необхідних елементів. Процес випресовування пальців шарнірів рульової тяги з використанням спеціального знімача є досить простим. Знімач відзначається надійністю, забезпечуючи вільний доступ до шарніра для його зняття без ризику пошкодження інших компонентів.

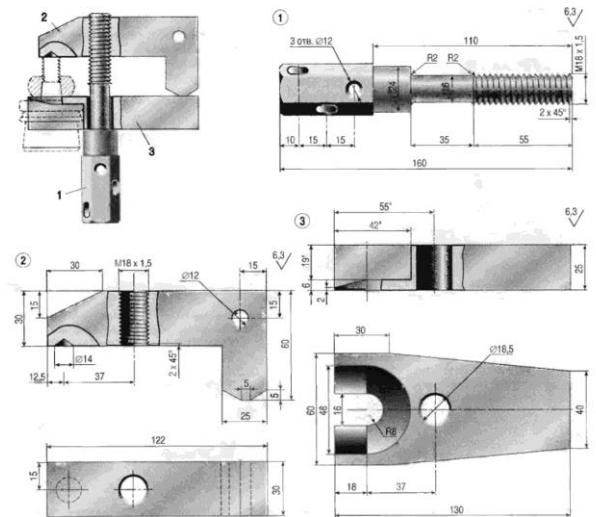


Рисунок 3.5 – Знімач пальців для рульової тяги

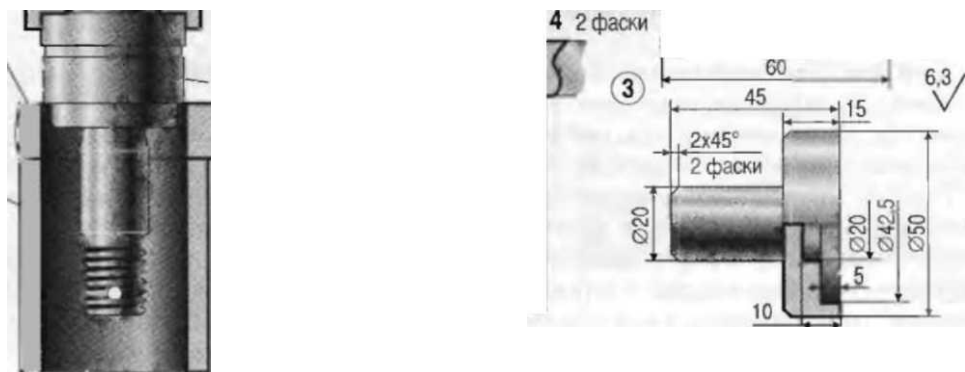


Рисунок 3.6 – Запресоування шарнірів в рульову тягу:

1 – стаканна опора; 2 – коротка тяга; 3 - опресовка; 4 – шарне з'єднання

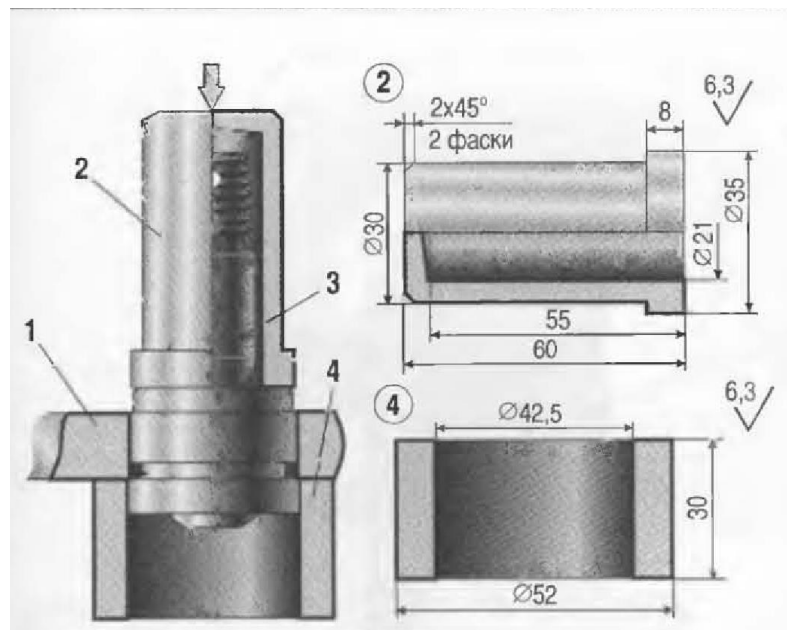


Рисунок 3.7 – Вигляд випресовки для шарнірів рульової тяги:

1 – тяга рульова; 2 - облямовування; 3 – шарнір впресовуваний; 4 – опора циліндрична.

3.4 Розрахунок похибки встановлення деталі

3.4.1 Розрахунок похибки встановлення деталі в пристрої для фрезерування рейки рульового механізму

Похибка встановлення деталі в пристрій зумовлена рядом технологічних факторів, які визначають величину сумарної похибки. Для розрахунку точності виготовлення пристрою можна використати наступну залежність [2]

$$\varepsilon_{np} = \delta - k \sqrt{(k_1 \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{yct}^2 + \varepsilon_{zn}^2 + \varepsilon_{pi}^2 + (k_2 \omega)^2}, \quad (3.1)$$

$$\delta = 0,4 \text{ мм};$$

$$k = 1,2;$$

$$\varepsilon_{\delta} = \frac{\delta_D}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}, \quad (3.2)$$

$$\delta_D = 0,19 \text{ мм};$$

$$\alpha = 120^\circ.$$

Після підстановки даних отримаємо

$$\varepsilon_{\delta} = \frac{0,19}{2 \cdot \sin 60^\circ} = 0,1 \text{ мм}.$$

$$k_1 = 0,8; k_2 = 0,6;$$

$$\varepsilon_3 = 0,04 \text{ мм};$$

$$\varepsilon_{yct} = 0,11 \text{ мм};$$

$$\varepsilon_{zn} = 0,06 \text{ мм};$$

$$\varepsilon_{pi} = 0;$$

$$\omega = 0,1 \text{ мм}.$$

Підстановкою числових значень отримаємо

$$\varepsilon_{np} = 0,4 - 1,2 \sqrt{(0,8 \cdot 0,1)^2 + 0,004^2 + 0,11^2 + 0,06^2 + (0,6 \cdot 0,1)^2} = 0,24 \text{ мм}.$$

3.4.2 Розрахунок похибки встановлення деталі в пристрої для свердління отв. $\varnothing 7,5$ мм в рейці рульового механізму

Точність пристрою розрахуємо за попередньо наведеною формулою (3.1). Значення коефіцієнтів згідно рекомендацій [2]. Відповідно $\delta = 0,24$ мм; $\varepsilon_{\delta} = 0,1$ мм; $\varepsilon_z = 0$ мм; $\varepsilon_{yct} = 0,02$ мм (по допуску центрувального отвору пристрою); $\varepsilon_{zn} = 0,04$ мм; $\varepsilon_{pi} = 0$; $\omega = 0,05$ мм; $k = 1,2$; $k_1 = 0,8$; $k_2 = 0,7$.

Точність пристрою

$$\varepsilon_{np} = 0,24 - 1,2 \sqrt{(0,8 \cdot 0,1)^2 + 0,002^2 + 0,04^2 + (0,7 \cdot 0,05)^2} = 0,12 \text{ мм.}$$

3.5 Розрахунок і вибір приводу пристосування

3.5.1 Розрахунок і вибір приводу пристосування для фрезерування рейки рульового механізму

На рисунку 3.3 представлено схему розташування та базування деталі у спеціальному пристрої. Під час виконання фрезерувальної операції деталь базується на призматичній опорі, що забезпечує стабільність її положення.

Сила затискання спрямована перпендикулярно до поверхні заготовки, що дозволяє ефективно протидіяти горизонтальній складовій сили різання. Це зменшує ризик зміщення оброблюваної деталі в процесі фрезерування та забезпечує точність обробки $P_{різ}$. Такий підхід до базування та закріплення деталі сприяє підвищенню якості виконуваних технологічних операцій.

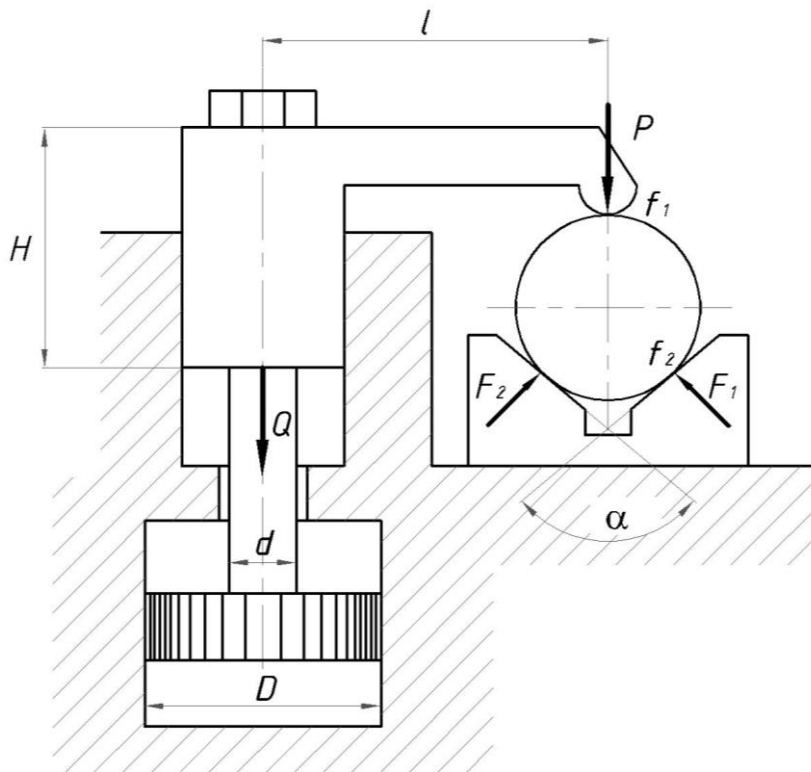


Рисунок 3.3 – Схема базування та затиску деталі в пристрої для фрезерування рейки

Крутний момент, що виникає внаслідок дії сили різання $M_{\text{різ}}$, генерується під час обертання фрези під час механічної обробки і сприяє намаганню деталі здійснити обертання навколо власної осі. У свою чергу, момент тертя, створений затискною силою, діє у протилежному напрямку, забезпечуючи протидію цьому обертанню. [16]

Збалансування цих моментів є важливим для стабільного положення деталі під час обробки, оскільки воно запобігає її небажаним переміщенням або поворотам. Це, у свою чергу, дозволяє досягти необхідної точності та якості обробки поверхні. Необхідну силу затиску знаходимо за наступною формулою [2]

$$P \cdot \frac{d_i}{2} \left(f_1 + f_2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \right) = k M_{\text{різ}}, \quad (3.3)$$

звідки сила затиску буде рівною

$$P = \frac{2kM_{\text{пиз}}}{d_i(f_1 + f_2 \cdot \sin(\alpha/2))}, \quad (3.4)$$

$$f_1 = f_2 = 0,15;$$

$$\alpha = 120^\circ.$$

Залежність між силою затиску P і тяговим зусиллям Q пневмоциліндра для Г-подібних захватів [2]

$$P = Q \left(1 - 3 \frac{l}{H} \cdot f \right). \quad (3.5)$$

Тобто

$$Q \left(1 - 3 \frac{l}{H} \cdot f \right) = \frac{2kM_{\text{пиз}}}{d_i f (1 + \sin(\alpha/2))}. \quad (3.6)$$

Звідки тягове зусилля штока пневмоциліндра

$$Q = \frac{kP_{\text{пиз}}}{f(1 + \sin(\alpha/2)) \cdot (1 - 3 \cdot (l/H) \cdot f)}. \quad (3.7)$$

Коефіцієнт запасу k може бути представлений як добуток первинних коефіцієнтів [2]

$$k = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (3.8)$$

$$k_1 = 1,5;$$

$$k_2 = 1,0;$$

$$k_3 = 1,2;$$

$$k_4 = 1,0;$$

$$k_5 = 1,0;$$

$$k_6 = 1,5.$$

Підстановкою первинних коефіцієнтів в рівність (3.8) отримаємо

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 2,7.$$

Сила різання при фрезеруванні (п.3.6) $P_{\text{пиз}} = 565,3 \text{ Н}$

Тягове зусилля штока пневмоциліндра

$$Q = \frac{2,7 \cdot 16,98}{0,15(1 + \sin 60^\circ) \cdot (1 - 3 \cdot (50/80) \cdot 0,15)} = 627,32 \text{ Н.}$$

Визначення діаметра пневмоциліндра затискного пристрою доцільно проводити за наступною залежністю

$$Q = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \cdot p, \quad (3.9)$$

$$d = 2,5 \text{ см;}$$

$$p = 4 \text{ кг/см}^2.$$

Відповідно

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot p} + d^2}. \quad (3.10)$$

Підставивши дані отримаємо

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 627,32}{3,14 \cdot 4} + 2,5^2} = 8,87 \text{ см} \approx 89 \text{ мм.}$$

Із стандартних значень діаметрів пневмоциліндрів приймаємо діаметр пневмоциліндра $D = 100 \text{ мм}$ [10].

3.5.2 Розрахунок і вибір приводу пристосування для свердління отв.Ø7,5 мм в рейці рульового механізму

Розташування та базування деталі в цьому пристрої виконано за принципом, аналогічним до попередньої конструкції.

Під час обробки деталей зазнає дії крутного моменту M , що виникає від сили різання і спрямовує зусилля до повороту деталі навколо осі свердління. Протидія цьому явищу забезпечується моментом тертя, який генерується завдяки осьовій силі та затискному зусиллю. Такий баланс забезпечує стабільність деталі в процесі обробки, що є ключовим для досягнення високої точності та якості виконуваних технологічних операцій.

Відповідно сила затиску Q буде рівна

$$Q = \frac{2M_K \cdot k \cdot R}{d \cdot f \cdot R_1} - P_o, \text{ Н} \quad (3.11)$$

У зв'язку з тим, що в даному пристосуванні процес свердління здійснюється у два етапи, подальші розрахунки виконуватимуться на основі більшого значення крутного моменту, що виникає під час свердління. [20]

Крутний момент $M_K \approx 70 \text{ Н}\cdot\text{м}$, який виникає в процесі свердління, є визначальним параметром для оцінки навантаження на інструмент і пристосування, тому його врахування є критично важливим для забезпечення точності обробки та надійності роботи обладнання; k – коефіцієнт запасу, який розраховується за рівністю (3.11) при наступних значеннях первинних коефіцієнтів [2] $k_o = 1,5$; $k_1 = 1,0$; $k_2 = 1,15$; $k_3 = 1,2$; $k_4 = 1$; $k_5 = 1$; $k_6 = 1$:

$$k = 1,5 \cdot (1 \cdot 1,15 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1) = 2,07.$$

$$R = 12 \text{ мм};$$

$$f = 0,15;$$

$$R_1 = 100 \text{ мм};$$

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot d^q \cdot S^y \cdot k_p, \quad (3.12)$$

де $C_p = 68$; $q = 1$; $y = 0,7$; $k_p = 0,75$.

Підстановкою числових даних отримаємо

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 10^1 \cdot 0,2^{0,7} \cdot 0,75 = 145 \text{ Н}.$$

Тоді необхідне зусилля пневмоциліндра

$$Q = \frac{2 \cdot 70 \cdot 2,07 \cdot 0,012}{0,01 \cdot 0,15 \cdot 0,1} - 145 \approx 48 \text{ Н}.$$

Розрахунок діаметра пневмоциліндра затискного пристрою можна проводити за рівністю (3.10), $d = 3 \text{ см.}$, $p = 4 \text{ кг/см}^2$. Відповідно підставивши числові дані отримаємо

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 48}{3,14 \cdot 4} + 3^2} = 8,7 \text{ см} = 87 \text{ мм.}$$

Із стандартних значень діаметрів пневмоциліндрів приймаємо діаметр пневмоциліндра $D = 100 \text{ мм}$ [10].

3.6 Розрахунок електроприводу електромеханічного підйомника

Під час проєктування приводу з гвинтовим механізмом визначають або задають величину осьової сили P , яка передається вздовж осі гвинта від робочого органу обладнання, а також швидкість переміщення цього органу v . Основна мета розрахунків полягає у визначенні оптимальних параметрів гвинтової пари, а також виборі відповідного електродвигуна і редуктора для забезпечення надійної та ефективної роботи системи.

Однією з головних причин несправностей гвинтових механізмів є зношення різьби, що зумовлює зниження їх експлуатаційної здатності. Для забезпечення довговічності механізму розраховують середній діаметр різьби d_2 , враховуючи умови зносостійкості. Рівень тиску на поверхнях різьби обчислюють за відповідною формулою, що враховує навантаження і геометричні характеристики гвинтової пари.

$$p = \frac{P}{10^6 \pi d_z h z}, \quad (3.13)$$

$$[p] = 8 \div 12$$

$$h = 0.5 \cdot S, \quad (3.14)$$

$$(S = 12);$$

$$h = 0.5 \cdot 12 = 6 \text{ мм},$$

$$z = \frac{H}{S}, \quad (3.15)$$

$$H = d_z \cdot \psi_M, \quad (3.16)$$

де $\psi_M = 1.2 \dots 2.5$;

$$H = 0.0444 \cdot 2.5 = 0.111 \text{ м};$$

$$z = \frac{0.111}{0.112} = 9.25;$$

$$p = \frac{62000}{10^6 \cdot 3.14 \cdot 0.0444 \cdot 0.006 \cdot 9.25} = 8.01 \text{ МПа.}$$

З формули (3.1) отримаємо усереднений діаметр різьби, м

$$d_2 = \sqrt{\frac{2P}{10^6 \pi \psi_M [p]}}; \quad (3.17)$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot 62000}{10^6 \cdot 3.14 \cdot 2.5 \cdot 8}} = 0.0444 \text{ м.}$$

Діаметр різьби внутрішній, d_1 , м

$$d_1 = \frac{d_2}{(1.1 \dots 1.125)}; \quad (3.18)$$

$$d_1 = \frac{0.0444}{1.1} = 0.040.$$

Діаметр різьби зовнішній, d , м

$$d = 1.2 \cdot d_1; \quad (3.19)$$

$$d = 1.2 \cdot 0.0404 = 0.0485 \text{ м.}$$

Хід різьби, S_1 , мм

$$S_1 = z_3 \cdot S, \quad (3.20)$$

$$S_1 = 1 \cdot 12 = 12 \text{ мм.}$$

Враховуючи, що гвинт одночасно працює на розтягання (стиск) та кручення, його розраховують на міцність. [12]

Визначаємо площу поперечного перетину гвинта F_1 , м^2 ,

$$F_1 = \frac{\pi d_1^2}{4}; \quad (3.21)$$

$$F_1 = \frac{3.14 \cdot 0.0404^2}{4} = 0.00128 \text{ м}^2.$$

Визначаємо окружну силу на різьбі T , Н

$$T = P \cdot \operatorname{tg}(\alpha + p'), \quad (3.22)$$

$$\operatorname{tg}(p') = \frac{f}{\cos \beta}, \quad (3.23)$$

$$f = \operatorname{tg} = 0.08 \text{ до } 0.1 \quad \beta = 0; \quad p' = p;$$

$$\operatorname{tg}(p') = \frac{0.1}{\cos 0} = 0.1; \quad (3.24)$$

$$p' = 5.71;$$

$$T = 62000 \cdot \operatorname{tg}(4.5 + 5.71) = 11166.732 \text{ Н.}$$

Визначаємо момент опору перетину гвинта W , м^2

$$W = 0.1 \cdot d_1^2; \quad (3.25)$$

$$W = 0.1 \cdot 0.0404^2 = 0.00000659 \text{ м}^2;$$

$$\sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} = \sqrt{\left(\frac{62000}{0.00128 \cdot 10^6}\right)^2 + 4\left(\frac{247.901}{0.00000659 \cdot 10^6}\right)^2} = 89.48 \text{ МПа.}$$

Гвинти, які працюють на стискання, перевіряють на стійкість.

$$\mu l > (8 \dots 10) d_1,$$

Сила $P_{кр}$ визначається по формулі Ейлера.

Якщо гнучкість гвинта $\lambda \leq 100$, то:

$$\lambda = \frac{\mu l}{i}, \quad (3.26)$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}}, \quad (3.27)$$

$$I = 0.01 \cdot \left(3 \cdot \frac{d}{d_1}\right) d^4; \quad (3.28)$$

$$I = 0.01 \cdot \left(3 \cdot \frac{0.0485}{0.0404}\right) 0.0485^4 = 0.0000002 \text{ м}^4;$$

$$i = \sqrt{\frac{0.0000002}{0.00128}} = 0.0125 \text{ м};$$

$$\lambda = \frac{0.355}{0.0125} = 28.4;$$

$$n_y = \frac{151552.58}{62000} = 2.44.$$

Якщо стійкість не забезпечується, то гвинт перераховують. Гайку виготовляють з антифрикційних матеріалів – бронзи або чавуну. [2]

Знаючи параметри гвинта, знаходимо частоту обертання черв'ячного колеса, хвил^{-1}

$$n = \frac{60 \cdot v}{S_1}, \quad (3.29)$$

$$n = \frac{60 \cdot 0.01}{12} = 0.05 \text{ хв}^{-1}.$$

Потужність двигуна, кВт

$$N = \frac{P \cdot v}{1000 \cdot \eta_q \cdot \eta_z}, \quad (3.30)$$

$$\eta_q = 0,9;$$

К.К.Д гвинтової передачі:

$$\eta_z = \frac{A_K}{A_D}, \quad (3.31)$$

$$A_K = 372 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$A_D = 842.36$$

$$\eta_z = \frac{372}{842.36} = 0.44;$$

$$N = \frac{62000 \cdot 0.01}{1000 \cdot 0.9 \cdot 0.44} = 1.57 \text{ кВт}.$$

Приймаємо $N = 2 \text{ кВт}$.

Згідно розрахунків було визначено, що для забезпечення електромеханічного підйомника, який призначений для вивішування скутерів й автомобілів масою до 3,5 т., необхідно застосовувати електродвигун потужністю 2 кВт.

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Визначення основних причин зносу у відповідальних вузлах гідросистем

Статистичні дані свідчать, що найбільша частка несправностей гідравлічних систем пов'язана з порушенням працездатності точних сполучених пар і ущільнювальних елементів. Значна частина відмов, включаючи вихід з ладу гідравлічних агрегатів, спричинена неправильною роботою регулювальних і розподільчих механізмів. Однією з основних причин підвищеного тертя, що призводить до заклинювання і виходу з ладу деталей золотникових регулювальних пристроїв, є захоплення тертьових поверхонь і явище фретинг-корозії. Цей корозійно-абразивний процес руйнує поверхні сполучених деталей, які піддаються впливу вібрації.

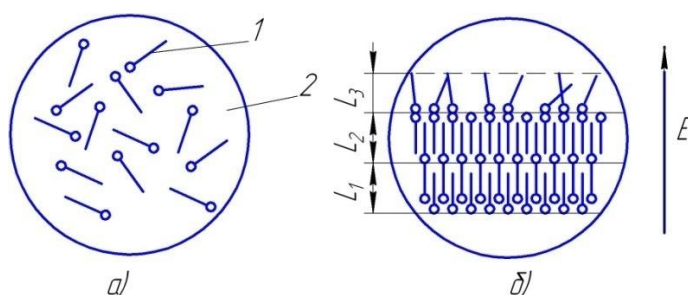
Знос золотникової пари, зумовлений несвоєчасною заміною витратних матеріалів (зокрема фільтрів або робочої рідини), спричиняє зниження тиску у робочих органах. Це, своєю чергою, зменшує ефективність машини, призводить до втрати працездатності та зниження коефіцієнта корисної дії. Самовільне переміщення або порушення роботи виконавчих механізмів гідроприводу часто виникає через збільшення тертя у розподільчому механізмі. У зв'язку з цим детальний аналіз умов експлуатації і виявлення причин порушення працездатності точних пар є важливим аспектом для розробки заходів із підвищення надійності гідравлічних систем. До точних пар належать сполучення рухомих елементів, таких як золотникові пари у гідророзподільниках. Ці деталі мають плоскі або циліндричні поверхні з високим ступенем точності виготовлення та забезпечують щільне безконтактне ущільнення без використання додаткових ущільнювальних елементів (наприклад, манжет або кілець).

Основними вимогами до золотникових пар є висока стабільність малих сил тертя, ефективна герметичність, чистота робочих рідин, а також мінімальні

витоки робочої рідини через зазори між деталями, що не повинні перевищувати допустимих меж у процесі експлуатації.

4.2 Енергія взаємодії поверхнево активних молекул оливи в адсорбційному шарі

При потраплянні рідких змащувальних матеріалів у зону дії силового поля на поверхнях тертя відбуваються принципово інші фізичні процеси. Під впливом силового поля молекули рідини, які мають властивості диполів, починають орієнтуватися у напрямку вектора напруженості цього поля. Одночасно з цим молекули адсорбуються на поверхнях тертя, утворюючи початковий молекулярний шар. Коли силове поле поверхні тертя екранується молекулярним шаром, основну роль у взаємодії починають відігравати диполь-дипольні сили між молекулами. Ця взаємодія може спричиняти зміну їх відносної орієнтації, що впливає на фізико-хімічні властивості змащувального шару. У результаті формується складна фізична структура з направленістю молекул, яка залежить від природи силових полів та властивостей рідкого змащувального середовища. Така модель орієнтації молекул у силовому полі представлена на відповідній схемі, (рисунок 2.2)



а) хаотичне розташування: 1 – молекула пар, 2 – олива; б) розташування під впливом силового поля : l1 – зона дії поля на поверхні частинки зносу, l2 – шари пар які не потрапляють в зону дії поля, l3 – хаотичне розташування.

Рисунок 4.1 – розташування пар (диполів) у рідких змащувальних середовищах

Проведемо енергетичний аналіз процесу взаємодії молекул у парі в умовах впливу силового поля. Для цього розглянемо взаємодію двох диполів, позначених як μ_1 і μ_2 , розташованих у точках А і В відповідно (рисунок 4.2).

Подібна взаємодія може відбуватися як у випадку, коли диполі мають однаково спрямовані вектори моментів, так і за умови їх протилежної орієнтації. Характер цієї взаємодії визначається природою силового поля та взаємним розташуванням диполів у просторі, що впливає на енергетичний стан системи і визначає її подальшу динаміку.

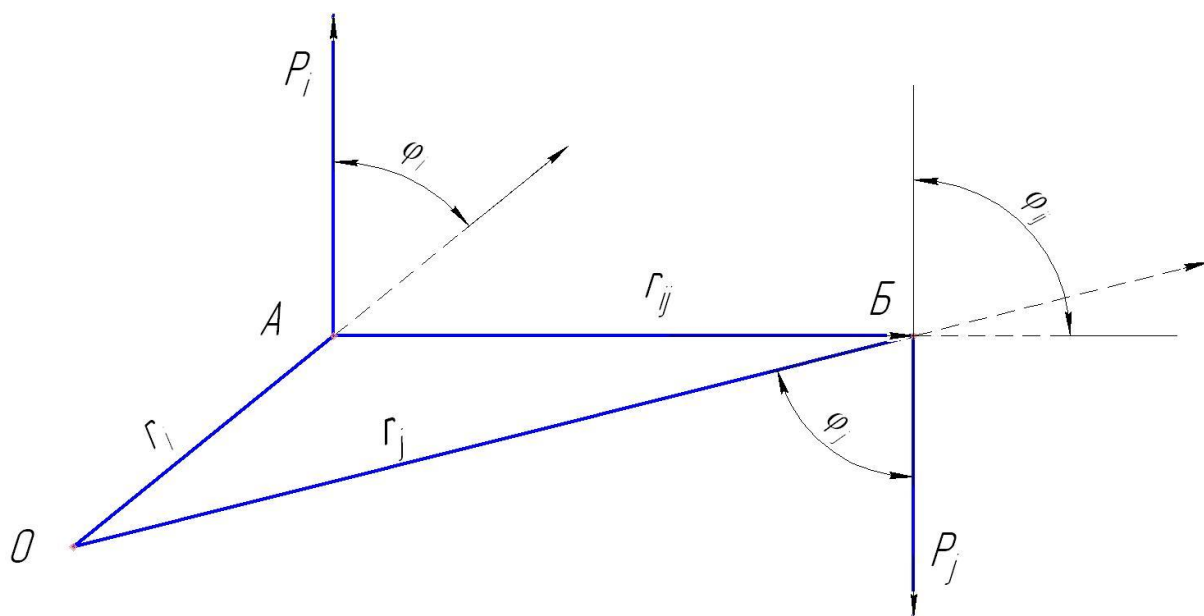


Рисунок 4.2 орієнтація пар в системі координат

Раніше було зазначено, що електричний диполь формує електростатичне поле в навколишньому просторі. У фазі зближення диполів ключовим завданням стає оцінка енергії їх взаємодії. Припустимо, що система "диполь-диполь" прагне досягти мінімального енергетичного стану.

Для визначення енергії взаємодії між двома диполями використовується математичний вираз у векторній формі. Ця формула дозволяє оцінити, як розташування та орієнтація диполів у просторі впливають на їх енергетичну стабільність і взаємодію.

$$W_{ij} = -\vec{P}_i \cdot E_q(\vec{q}_j, \vec{r}_{ij}) = \frac{\vec{P}_i \cdot \vec{P}_j \cdot r_{ij}^2 - 3 \cdot (\vec{r}_{ij} \cdot \vec{P}_j) \cdot (\vec{r}_{ij} \cdot \vec{P}_i)}{r_{ij}^3} \cdot \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0}$$

Використовуючи залежність W_{ij} на прикладі взаємодії двох однакових диполів для випадку, коли $|\vec{P}_i| = |\vec{P}_j| = |\vec{P}|$ та при умові, якщо вони орієнтовані однаковим образом під впливом силового поля поверхонь тертя.

тоді $\varphi_{ij} = \varphi_j - \varphi_i = 0$, (рисунок. 4.3.).

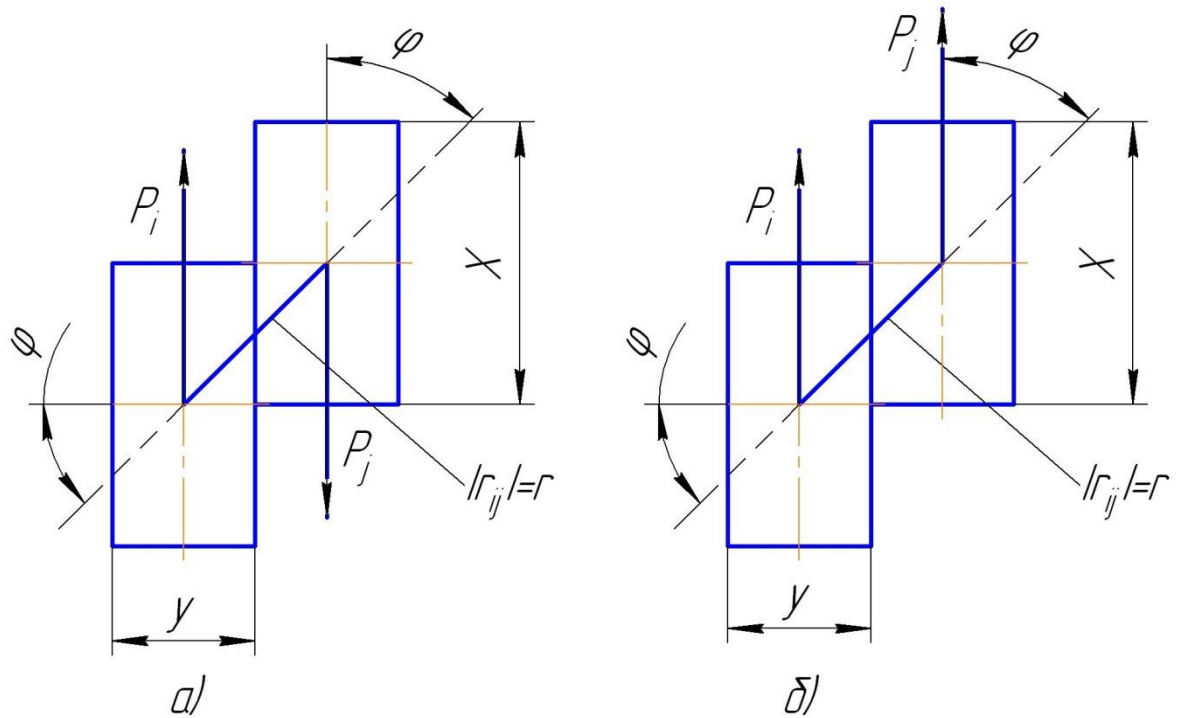


Рисунок 4.3 – взаємодія двох молекул пар під впливом силового поля

а) однаково спрямовані б) різноспрямовані

Позначимо $|\vec{r}_{ij}| = r$, тоді формула для визначення енергії двох диполів буде мати вигляд:

- для диполів які напрямлені в одному напрямку

$$W_{ij}^1 = \frac{P^2 \cdot (1 - 3 \cdot \cos^2 \varphi)}{r^3} \cdot \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0}$$

- для диполів які направлені в протилежному напрямку

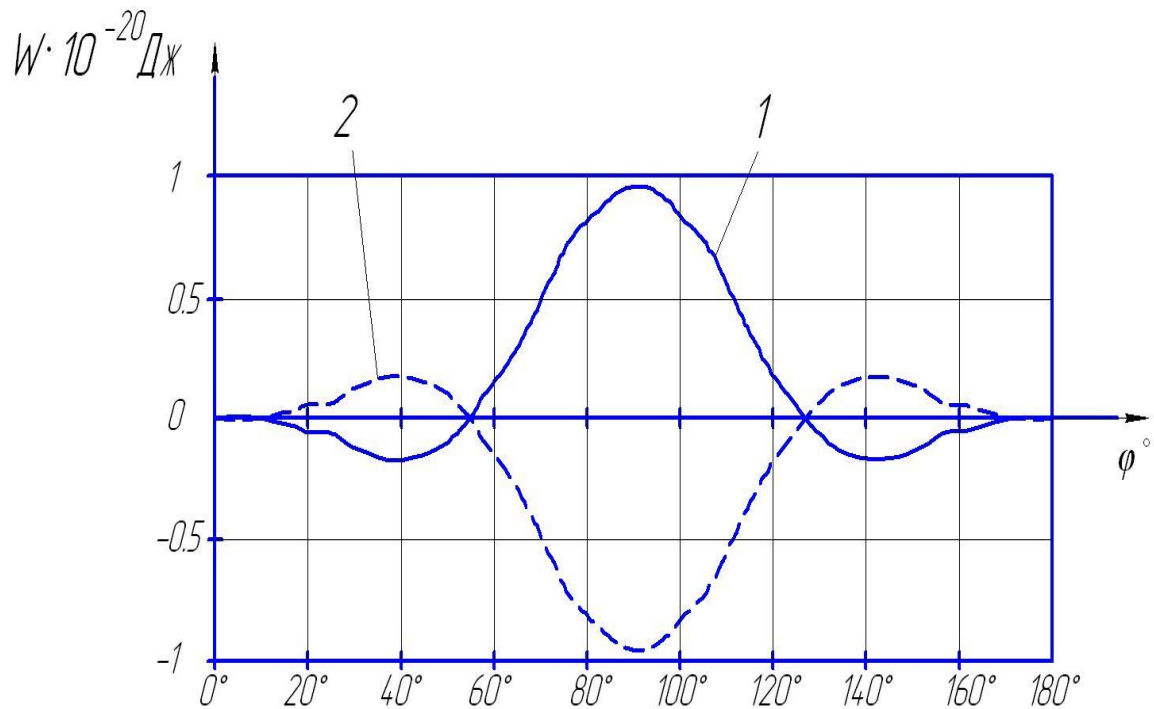
$$W_{ij}^2 = \frac{P^2 \cdot (1 - 3 \cdot \cos^2 \varphi)}{r^3} \cdot \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0}$$

Крім того з рисунку 2.4. видно, що $r = \frac{Y}{\sin \varphi}$, та $\varphi_{\min} = \arctg y/x$.

Розглянемо зміну енергії взаємодії молекул у парі в межах заданого діапазону кутів θ для обох можливих відносних орієнтацій диполів (рис. 2.4).

Для розрахунків приймемо значення дипольного моменту молекул пар рівним 10^{-29} Кл·м.

Такий підхід дозволяє детально проаналізувати вплив кутового положення диполів на характер їх взаємодії, що є важливим для оцінки енергетичних особливостей системи і можливих стабільних станів у різних умовах орієнтації.



1 - при однаково спрямованих диполях; 2 - при різноспрямованих диполях;

Рисунок 4.4 – енергія взаємодії молекул пар по куту ϕ :

Як показано на рисунку 4.4, функція енергії взаємодії для обох варіантів орієнтації молекул має знакозмінний характер. Відповідно до законів класичної електростатики, позитивні значення енергії відповідають силам відштовхування між молекулами, тоді як негативні значення вказують на взаємне притягання.

Для кожного варіанта орієнтації молекул функція енергії демонструє три характерні інтервали. У першому випадку існує лише один діапазон кутів, у якому молекули відштовхуються, тоді як два інші діапазони відповідають притягання. У другому випадку функція енергії є дзеркальним відображенням першого, що змінює розподіл діапазонів відштовхування і притягання.

Максимальні за абсолютною величиною значення енергії спостерігаються в обох випадках при куті $\pi/2$. Однак у другому варіанті це значення відповідає процесу притягання молекул, що є принциповою відмінністю між двома орієнтаціями.

4.3 Розроблення теоретичних основ підвищення ресурсу гідросистем

Ресурс гідроагрегатів ТЗ можна оцінити за швидкістю зношування їх вузлів тертя і може бути встановлений з наступної залежності:

$$T \approx \frac{\eta_0 - \eta_{\min}}{\operatorname{tg} \alpha} \approx \frac{2 \cdot S_{mp} \cdot (k_{\text{ез}} + 1) \cdot H_{\mu} \cdot (\eta_0 - \eta_{\min})}{N \cdot f_{mp} \cdot v_{\text{від}}},$$

Фізичний аналіз процесів показав, що під впливом зовнішнього електричного поля в робочих рідинах, таких як мастильні оливи, відбувається активізація адсорбційних процесів. Ці процеси впливають як на частинки продуктів зносу, так і на поверхні тертя. Продукти зносу при цьому покриваються захисною оболонкою з поверхнево-активних речовин (ПАР), що змінює їх фізико-хімічні властивості. [13]

На рисунку 4.5 представлено схему розподілу силових ліній напруженості електростатичного поля, які впливають на частинку зносу після її потрапляння в зону дії поля. У результаті перерозподілу зарядів на поверхні частинки формується індуковане локальне електричне поле. Це внутрішнє поле відіграє важливу роль у стабілізації частинки та її взаємодії з іншими елементами системи.

Напруженість цього поля можна знайти використовуючи закон Гаусса:

$$E_{in} = -\operatorname{grad} \varphi_{in} = \frac{E_{zn}(2R^3 \cos \theta + r^3)}{r^3},$$

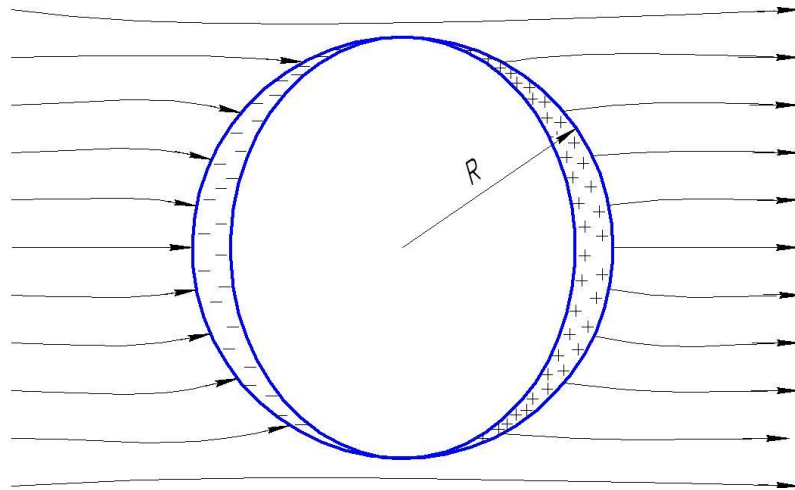


Рисунок 4.5 – Частинка зносу в електричному полі

Реальні поверхні частинок зносу не є ідеально гладкими, а характеризуються наявністю мікронерівностей, які можна уявити як набір мікроструктур у вигляді сходинок. Розмір цих структурних елементів часто відповідає розмірам граней кристалічних утворень, що наведено на рисунку 4.6.

З огляду на нерівності поверхні, напруженість індукованого локального електричного поля, що виникає на поверхні частинки, можна описати, застосовуючи закон екіпотенціальних поверхонь. Формула, яка характеризує цей процес, враховує геометричні особливості частинки та природу розподілу зарядів на її поверхні, забезпечуючи коректне відображення впливу поля на частинку:

$$E_{in} = \frac{E_{зв} \left(2R^3 \frac{R}{r_{лок}} \cos\theta + r^3 \right)}{r^3},$$

Із залежності виходить, що на частках зносу формуються локальні поля, напруженість яких пропорційна співвідношенню $\frac{R}{r_{лок}}$.

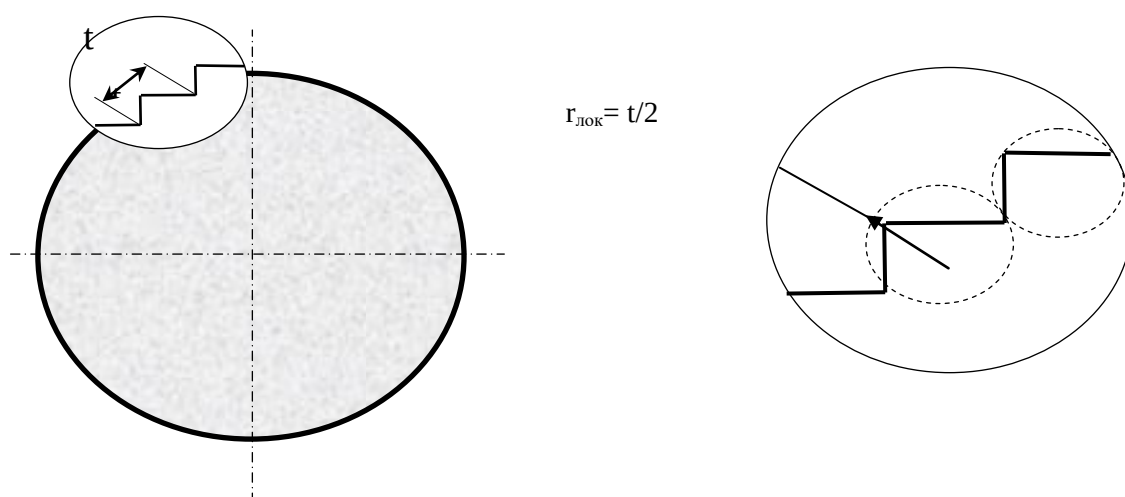


Рисунок 4.6 Сферична частинка зносу з східчастою поверхнею

На рисунку 4.7. показана зміна локальної напруженості поля на поверхні частинки.

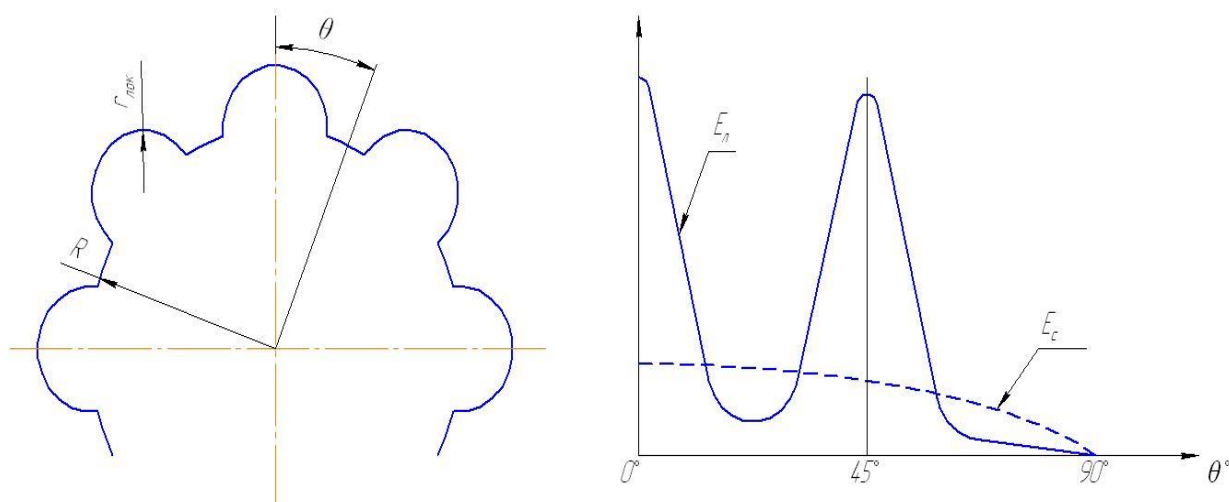


Рисунок 4.7. - Напруженість електричного поля на частинці зносу

На основі проведених досліджень можна зробити наступні висновки: під впливом зовнішнього електричного поля в робочій рідині гідросистем відбуваються структурні зміни. Зокрема, частинки продуктів зносу вкриваються оболонкою з поверхнево-активних речовин (рис. 4.8). Завдяки адсорбційним процесам ці частинки набувають властивостей диполів з достатньо великим дипольним моментом.

Електричний дипольний момент частинки продукту зносу, вкритої оболонкою з поверхнево-активних речовин, можна розрахувати за допомогою

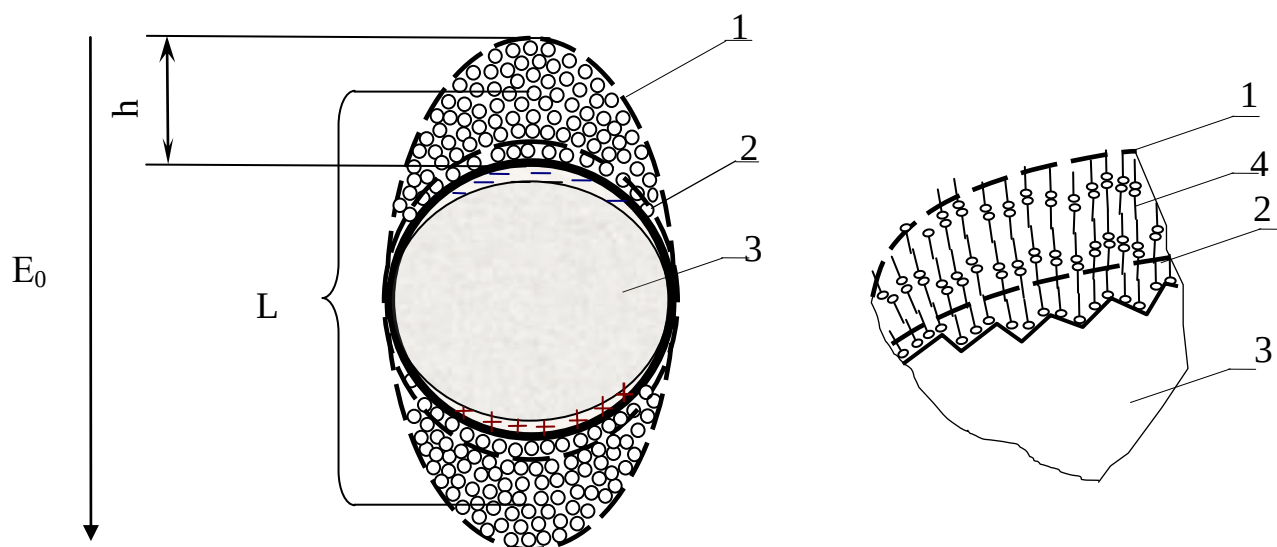
відповідної формули, яка враховує фізико-хімічні параметри по отриманій залежності:

$$P_{\text{НА}} = \frac{4 \pi q \cdot R^3}{S_{\text{іАП}}} \cdot \left[2 + \sqrt[3]{\frac{2 \cdot \frac{R}{r_{\text{еіе}}} \cdot E_0 \cdot p}{kT - pE_0} - \left(1 + \frac{r_{\text{еіе}}}{R}\right)} \right],$$

$$q \approx 1,61 \cdot 10^{-19}, \text{ Кл};$$

$$S_{\text{пар}} \approx 21 \cdot 10^{-20}, \text{ м}^2;$$

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23}, \text{ Дж/К};$$



1 – розподіл ПАР по поверхні частинки зносу; 2 – мономолекулярний шар ПАР; 3 – частинка зносу; 4 - молекула ПАР.

Рисунок 4.8 - Частинка зносу покрита оболонкою молекул поверхнево-активних речовин

Згідно з розрахунками за залежністю (4), дипольний момент частинки зносу, вкритої оболонкою з поверхнево-активних речовин, суттєво перевищує дипольний момент мономера цих речовин. Переміщуючись разом із потоком робочої рідини, такі частинки потрапляють у зазори вузлів тертя. У процесі конкурентної фізичної адсорбції вони переважно осідають на поверхнях тертя.

Це явище сприяє формуванню захисного шару, який збільшує фактичну площу контакту пар тертя, що ілюструється на рисунку 4.9. В результаті

покращується розподіл навантаження між поверхнями тертя, знижуючи інтенсивність їх зношування та підвищуючи експлуатаційні характеристики механізму.

Враховуючи співвідношення ресурсів вузлів тертя гідросистем з використанням електрообробки робочої рідини t_E та без неї t_0 можна надати у вигляді:

$$\frac{t_E}{t_0} = \frac{2 \cdot S_{mpE} \cdot (k_{\text{ез}E} + 1) \cdot H_{\mu} \cdot (\eta_{0E} - \eta_{\min E}) \cdot N_0 \cdot f_{mp} \cdot v_0}{N_E \cdot f_{mpE} \cdot v_{\text{від}E} \cdot 2 \cdot S_{mp} \cdot (k_{\text{ез}} + 1) \cdot H_{\mu} \cdot (\eta_0 - \eta_{\min})} = \frac{S_{mpE}}{S_{mp}},$$

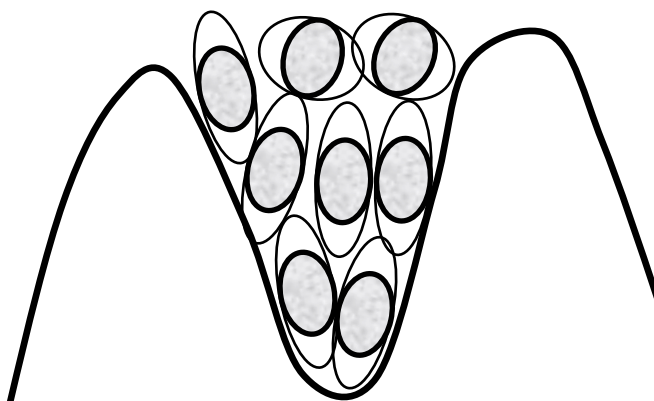


Рисунок 4.9. - Змашувальний шар на поверхнях тертя в умовах електрообробки

У результаті електричної обробки оливи відбувається істотна зміна фактичної площі контакту між поверхнями тертя. Коли западини між мікронерівностями заповнюються продуктами зносу, вкритими оболонками з поверхнево-активних речовин (рис. 4.9), контакт між поверхнями здійснюється переважно через ці оболонки, а не через самі мікронерівності.

Цей процес сприяє зменшенню адгезійної складової тертя та зниженню питомого контактного тиску. Як наслідок, значно знижується інтенсивність зношування, що, у свою чергу, подовжує термін експлуатації вузлів тертя гідравлічних агрегатів. Подібний підхід до модифікації олив відкриває нові можливості для підвищення надійності і довговічності гідросистем.

З урахуванням площ фактичного контакту, а також мікрогеометрії поверхонь тертя і розмірів продуктів зносу залежність (5) набуває вигляд:

$$\frac{t_E}{t_0} = \frac{0,63 \cdot t^2}{\sqrt[3]{d^4 \cdot R_m^2}},$$

З отриманих даних випливає, що застосування зовнішнього електричного поля для обробки робочої рідини з частинками зносу у досліджуваному діапазоні розмірів дозволяє суттєво збільшити ресурс пар тертя гідравлічних систем, досягаючи підвищення у 1,9–4,4 рази.

На рисунку 4.10 наведено залежність ресурсу пар тертя гідроагрегатів від розмірів частинок зносу за умови електричної обробки оливи. Ця залежність демонструє, як різні розміри частинок впливають на ефективність їх взаємодії із поверхнями тертя, а також на тривалість безвідмовної роботи гідравлічних вузлів значеннях $t = 11 \text{ мкм}$, $R_m = 8 \text{ мкм}$ (усереднені значення для поверхні тертя гідроагрегатів).

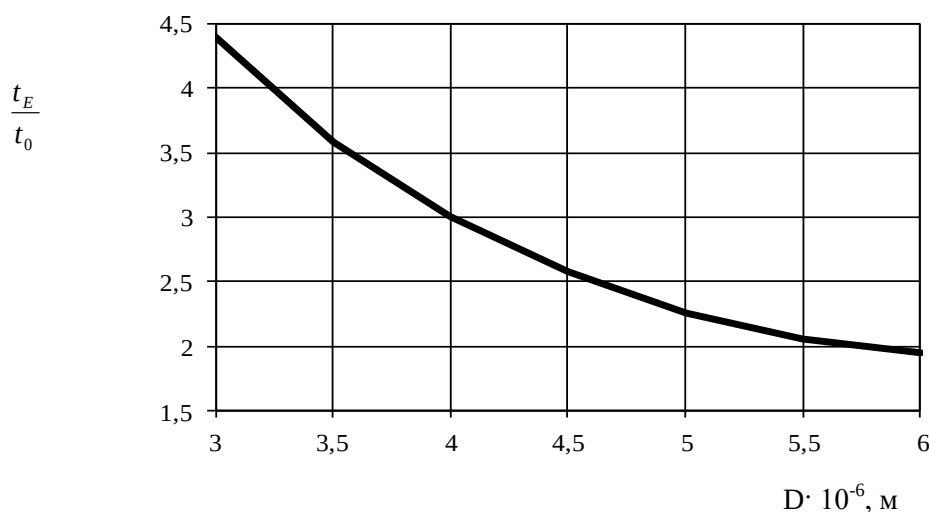


Рисунок 4.10. - Співвідношення ресурсів пар тертя гідроагрегатів при електрообробці оливи та без неї в залежності від розмірів частинок зносу

4.4 Методика і результати експериментальних досліджень швидкості зношування в умовах обробки робочої рідини зовнішнім електричним полем

Для проведення експериментальних досліджень була створена спеціальна установка (рис. 4.11), яка забезпечує навантажувальні режими, максимально наближені до умов роботи реальних пар тертя гідравлічних агрегатів транспортних засобів.

Зразки для випробувань виготовлялися з матеріалів, що відповідають експлуатаційним парам: колодка – бронза Бр.АЖН10-4-4, ролик – сталь 18ХГТ. Обробка оливи здійснювалася електричним полем за допомогою пристрою коаксіального типу, конструктивні параметри якого розроблені на основі рекомендацій професора Є.М. Лисікова. Для забезпечення необхідного класу чистоти робочої рідини застосовувалися фільтри ФГМ-1 і ST-308, які підтримували чотирнадцятий клас чистоти, що є типовим для експлуатації гідравлічних агрегатів.

Програма досліджень включала виконання двофакторного експерименту з використанням електричної обробки робочої рідини і без неї. Дослідження проводилися відповідно до методики планування експериментів. Перед початком випробувань були встановлені постійні параметри, які залишалися незмінними протягом експерименту:

- швидкість потоку робочої рідини в пристрої – 6 м/с;
- температура робочої рідини в баку насосної станції – 70 °С;
- тиск у зоні контакту – 8 МПа;
- лінійна швидкість ковзання ролика – 0,3 м/с.

Такі значення тиску та швидкості ковзання забезпечували режим граничного змащення пар тертя в усьому діапазоні досліджень.

Основною метою експерименту було визначення закономірності зміни швидкості зносу пар тертя гідравлічних агрегатів у залежності від напруцювання робочої рідини. Результати досліджень описувалися функцією, яка відображає взаємозв'язок між параметрами робочої рідини, умовами експлуатації та характеристиками зношування.

$$V_U = f(E, T)$$

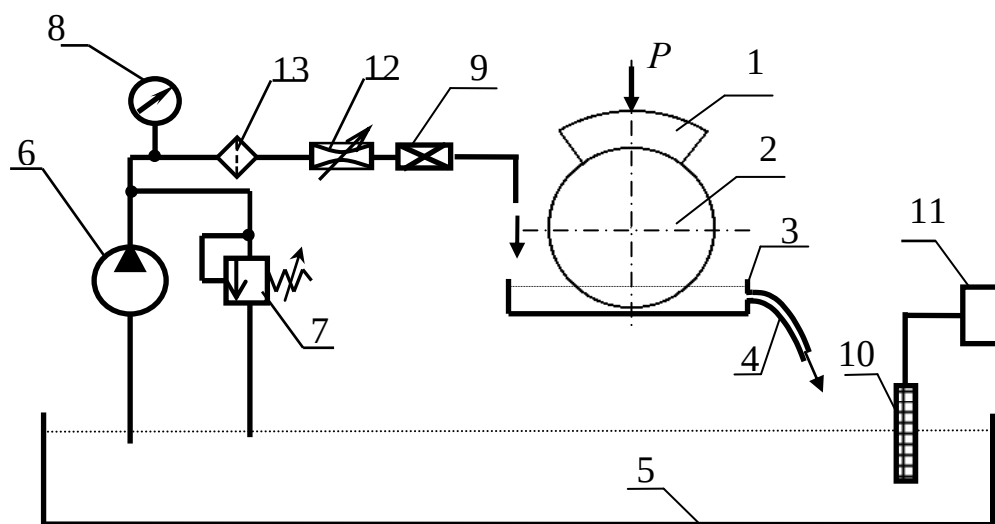
Для визначення мінімально необхідної кількості повторень експериментальних дослідів були виконані попередні випробування. В ході цих випробувань десять разів вимірювалася швидкість зношування колодки за умов, коли робоча рідина (олива) мала нульовий термін напруцювання. При

цьому параметри досліджень включали температуру рідини 70 °С, контактний тиск 8 МПа та швидкість ковзання ролика 0,3 м/с. [8] [9]

Мінімальна необхідна повторюваність вимірів визначалася за допомогою нерівності, що враховувала допустимий рівень розсіювання результатів. На основі отриманих даних і розрахунків було встановлено, що для забезпечення достовірності результатів достатньо дворазового повторення дослідів.

У результаті проведених досліджень було отримано рівняння регресії, яке описує закономірність зміни швидкості зношування колодки залежно від напружування робочої рідини та напруженості зовнішнього електростатичного поля в дослідному діапазоні параметрів. Це рівняння дозволяє прогнозувати вплив різних факторів на знос вузлів тертя і розробляти рекомендації для підвищення їх довговічності.

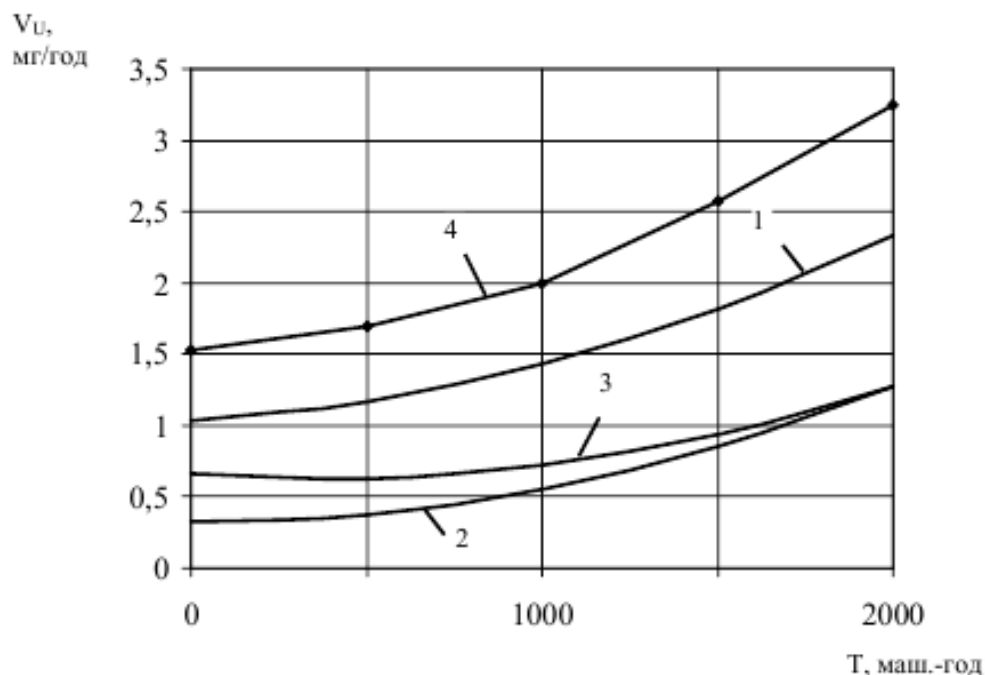
$$V_U(E, T) = 2.8 - 4.59 \cdot E + 3.21 \cdot 10^{-4} \cdot T + 2.11 \cdot E^2 + 2.5 \cdot 10^{-7} \cdot T^2 - 3.42 \cdot 10^{-4} \cdot E \cdot T$$



1 – колодка; 2 – ролик; 3 – ємність з оливою; 4 – зливний патрубок; 5 – бак; 6 – насос; 7 – перепускний клапан; 8 – манометр; 9 – пристрій для обробки оливи еп; 10 – нагрівальний елемент; 11 – терморегулятор, 12 – регульований дросель, 13 – гідравлічний фільтр.

Рисунок 4.11. - Схема лабораторної установки для випробування зразків по схемі „ролик-колодка”.

Графічне рівняння регресії графічно відображене на рисунку 4.12.

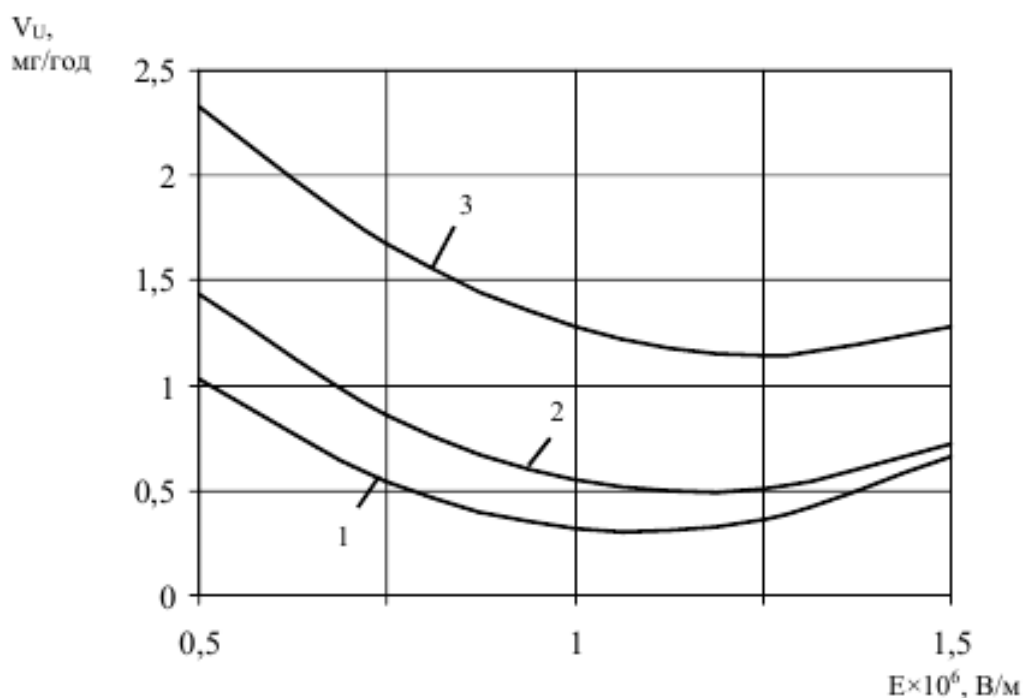


1 – при $E=0.5 \cdot 10^6$ В/м; 2 – при $E=1 \cdot 10^6$ В/м; 3 – при $E=1.5 \cdot 10^6$ В/м; 4 – при $E=0$

Рисунок 4.12. – Зміна швидкості зносу колодки в часі

Аналіз отриманих результатів свідчить, що зі збільшенням напруження робочої рідини швидкість зношування зростає нелінійно, як для необробленої рідини, так і для рідини, підданої електростатичній обробці. На рисунку 4.13 зображено динаміку для необробленої робочої рідини: швидкість зносу зростає з 1,5 мг/год до 3,25 мг/год, тобто більш ніж у 2 рази, за період експлуатації у 2000 машино-годин (рисунок 4.12, крива 4).

Для робочої рідини, що пройшла електростатичну обробку, динаміка зносу також залежить від напруженості зовнішнього поля. Наприклад, при напруженості поля $0,5 \cdot 10^6$ В/м швидкість зносу зростає в 2,3 рази за 2000 машино-годин (рисунок 4.13, крива 1). При цьому за напруженості поля $1,5 \cdot 10^6$ В/м спостерігається ще більш інтенсивне збільшення швидкості зношування, що підтверджує значну роль параметрів електростатичного поля у процесах зносу вузлів тертя.



1 – при $t=0.2$; 2 – при $t=1000$ маш.-год; 3 – при $t=2000$ маш.-год

Рисунок 4.13. – зміна швидкості зносу колодки в залежності від напруженості зовнішнього поля

Аналіз кривих зміни швидкості зносу в часі для необробленої та обробленої робочої рідини свідчить про значний вплив електростатичної обробки на зниження інтенсивності зношування пар тертя гідроагрегатів. Як видно з рисунка 4.13, застосування електростатичної обробки дозволяє зменшити швидкість зносу до п'яти разів для рідини в стані постачання та до чотирьох разів для рідини, що вже відпрацювала у гідравлічній системі. [22]

У ході експериментальних досліджень також встановлено залежність між швидкістю зносу пар тертя насосів і напруженістю електростатичного поля, що впливає на робочу рідину у процесі обробки. Як показано на рисунку 4.14, із підвищенням напруженості електростатичного поля до певного оптимального значення швидкість зношування зменшується, проте подальше збільшення напруженості призводить до зворотного ефекту – швидкість зносу починає зростати. Таким чином, функція залежності швидкості зносу від напруженості поля має мінімум, який зміщується в область більших значень напруженості зі збільшенням напруження рідини.

Зокрема, для робочої рідини у стані постачання мінімум швидкості зносу досягається при напруженості $1,1 \cdot 10^6$ В/м, тоді як для рідини з напрацюванням 2000 машино-годин цей показник зсувається до $1,25 \cdot 10^6$ В/м. Варто зазначити, що із підвищенням контактного тиску ефективність електростатичної обробки робочої рідини зростає, що дозволяє ще більше знизити інтенсивність зношування пар тертя.

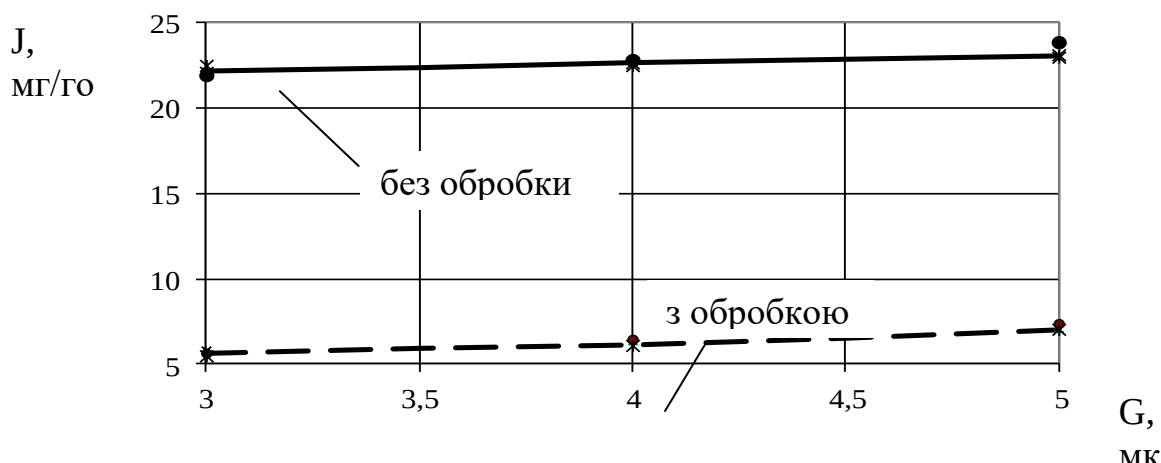
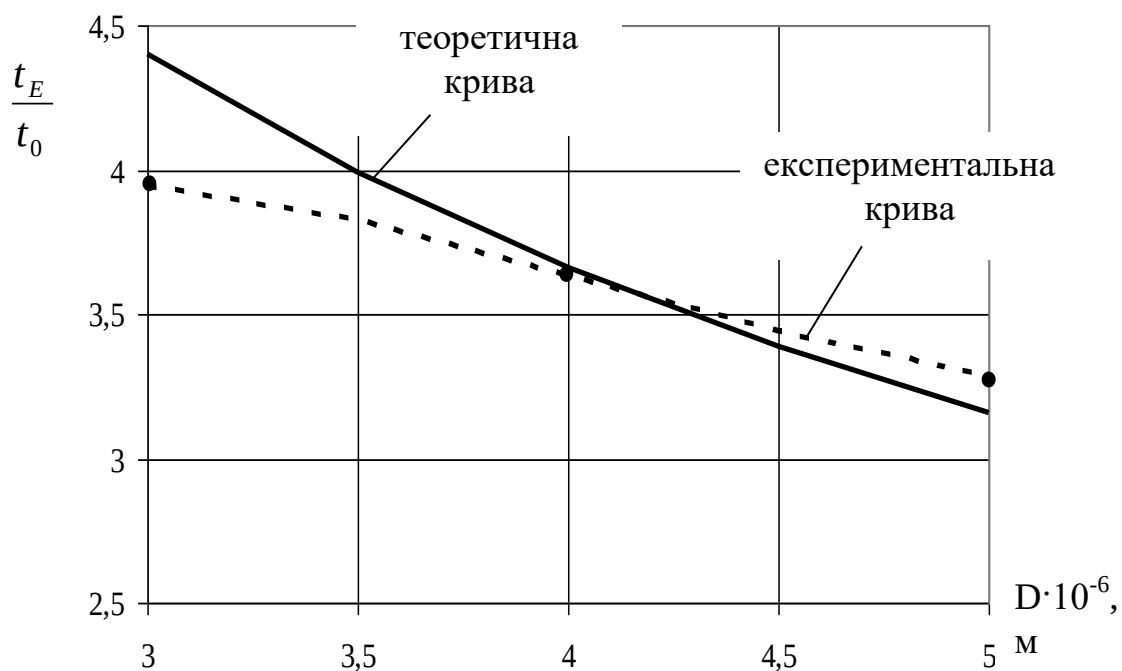


Рисунок 4.14. - зміна швидкості зношування пар тертя насосів залежно від товщини фільтрації при тиску в контакті $p = 8,33$ мпа

На рисунку 4.15 представлені результати теоретичних і експериментальних досліджень, що демонструють залежність швидкостей зношування від розмірів частинок зносу для робочої рідини, яка піддавалась обробці електричним полем, та без такої обробки.

Аналіз даних на рисунку 4.15 показує, що максимальне відхилення між теоретичними та експериментальними результатами не перевищує 12%. Це свідчить про високу точність математичної моделі, яка адекватно описує вплив розмірів частинок зносу і процесу електростатичної обробки на швидкість зношування пар тертя.



Рисунку 4.15. - порівняння теоретичних і експериментальних співвідношень швидкостей зношування

Для оцінки швидкості зношування зразків використовувався критерій втрати їхньої маси протягом випробувань. Зважування зразків проводилося з використанням високоточних вагів моделі ВЛР-200, що забезпечувало необхідну точність вимірювань і дозволяло визначати динаміку змін маси в процесі експерименту.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Вимоги пожежної безпеки при гасінні електроустановок

Пожежна безпека підприємств забезпечується шляхом проведення організаційно-технічних та інших заходів з попередження пожеж, забезпечення безпеки людей, зниження можливих матеріальних збитків, зменшення негативних екологічних наслідків, створення умов для швидкого виклику пожежних підрозділів та успішного гасіння пожеж, а також евакуації з зони виникнення та можливого розповсюдження пожежі людей, документів і матеріальних цінностей.

Особовий склад всіх караулів пожежних частин і підрозділів, які прибувають для гасіння пожежі, не рідше одного разу на рік повинен проходити спеціальний інструктаж з особливостей експлуатації енергетичних установок та техніки безпеки при пожежах.

Інструктаж проводиться інженерно-технічним персоналом об'єкта за узгодженою програмою.

Енергетичні об'єкти виготовляють в необхідній кількості пристосування для заземлення пожежних стволів, піногенераторів і насосів пожежних машин з гнучкого мідного голого проводу перерізом не менше 25 мм², які забезпечуються спеціальними струбцинами для з'єднання з заземленими конструкціями (гідрантами водогінної мережі, металевими опорами повітряних ліній електропередач, обсадними трубами артезіанських свердловин тощо).

Місця приєднання до заземлених конструкцій визначаються спеціалістами енергетичних об'єктів спільно з представниками гарнізону пожежної охорони, позначаються знаком заземлення та вносяться до графічної частини плану пожежогасіння.

Для забезпечення безпеки персоналу та пожежників, які беруть участь у гасінні пожежі електроустановок під напругою, застосовуються індивідуальні ізолюючі електрозахисні засоби (діелектричні рукавиці, боти).

Кількість заземлень та індивідуальних ізолюючих захисних засобів і місця їх зберігання визначаються керівниками енергетичних об'єктів з розрахунку подачі вогнегасних засобів на електроустановки, які знаходяться під напругою.

Випробування електрозахисних засобів виконується енергетичним об'єктом в установленому порядку.

Забороняється використання заземлюючих пристосувань і електрозахисних засобів для інших цілей, крім випадків пожеж або проведення спільних з пожежними підрозділами ДПО тренувань (навчань) на об'єкті.

При виникненні пожежі на енергетичному об'єкті особа, яка першою виявила займання, зобов'язана негайно повідомити начальника зміни електростанції (диспетчера або чергового підстанції, підприємства електромереж), старшого зміни та приступити до гасіння пожежі засобами пожежогасіння, дотримуючись при цьому правил техніки безпеки.

Начальник зміни електростанції (диспетчер підстанції або підприємства електромережі) під час гасіння пожежі повинен забезпечити посилення охорони території об'єкта і не допускати до місця пожежі сторонніх осіб.

Старший у зміні особисто або за допомогою чергового персоналу зобов'язаний визначити місце осередку пожежі, можливі шляхи її поширення, загрозу діючому електрообладнанню, яке опинилося в зоні пожежі, можливість виникнення нових осередків горіння на іншому електрообладнанні, а також до прибуття пожежних підрозділів виконати такі роботи:

- особисто або з допомогою чергового персоналу перевірити ввімкнення автоматичної установки пожежогасіння (при її наявності), а у випадку відмови задіяти її в ручному режимі;

- вжити заходів із створення безпечних умов для персоналу і пожежних підрозділів для ліквідації пожежі;

- провести можливі операції на технологічних установках (вимкнення або перемикання на обладнанні, витіснення водню з генератора, зняття напруги з електроустановок, зливання мастила з мастилобаків турбогенераторів тощо);

- приступити до гасіння пожежі силами та засобами енергетичного об'єкта;

- виділити для зустрічі пожежних підрозділів особу, яка добре знає місця заземлення технічних засобів і розташування під'їзних шляхів та вододжерел;

- при необхідності вжити заходів для охолодження водою металевих ферм, колон будівлі за допомогою пожежних кранів або стаціонарно встановлених лафетних пожежних стволів з урахуванням дотримання заходів техніки безпеки;

- проінформувати керівника гасіння пожежі (КГП) про безпечні маршрути руху пожежних на бойові позиції.

Вимкнення або перемикання приєднань в зоні пожежі може проводитись за карткою пожежогасіння начальником зміни станції (диспетчером або черговим підстанції, підприємства електромережі) або за його розпорядженням черговим персоналом, з наступним повідомленням вищого оперативного керівництва (диспетчера енергосистеми) після закінчення операції вимкнення.

Старший начальник ДПО, який прибув на місце пожежі, зобов'язаний негайно зв'язатися зі старшим зміни енергетичного об'єкта, отримати від нього дані про обставини пожежі і письмовий допуск на проведення гасіння.

Зі старшого начальника енергетичного об'єкта або ДПО, які не взяли на себе керівництво гасінням пожежі, не знімається відповідальність за організацію гасіння пожежі. Пожежні підрозділи розпочинають гасіння пожежі на електроустановках після інструктажу старшим з присутніх технічних працівників або ОВБ.

Під час гасіння пожежі робота пожежних підрозділів (розміщення сил і засобів пожежогасіння, зміна позицій, перехід від одних засобів пожежогасіння до інших тощо) проводиться з урахуванням вказівок старшої особи з присутніх інженерно-технічних працівників енергетичного об'єкта або ОВБ.

В свою чергу, старший з присутніх інженерно-технічних працівників або ОВБ погоджує з КГП свою роботу і розпорядження, а також інформує під час

гасіння пожежі про зміни в стані роботи електроустановок та іншого обладнання.

Займання в електроустановках під напругою ліквідуються персоналом енергетичного об'єкта за допомогою ручних і пересувних вогнегасників.

Гасіння пожежі ручними засобами в дуже задимлених приміщеннях енергетичних об'єктів (з видимістю до 10 метрів), з проникненням в них без зняття напруги з електроустановок і кабельних ліній не допускається.

Під час гасіння пожежі компактними та розпиленими струменями без зняття напруги з електроустановок ствол повинен бути заземлений, а ствольник має працювати в діелектричних ботах, діелектричних рукавицях і знаходитись на відстані від вогнища пожежі не меншій ніж 4–10 м залежно від рівня напруги.

Гасіння пожежі в приміщеннях з електроустановками під напругою всіма видами піни, а також водою зі змочувачами за допомогою ручних засобів забороняється.

Особовому складу пожежних підрозділів категорично забороняється проводити будь-які переключення та інші операції з електротехнічним обладнанням на електростанції та підстанції.

Заходити до розподільчих улаштування та інших приміщень електротехнічних улаштувань з метою гасіння пожежі особовий склад пожежних підрозділів має право лише після одержання допуску та інструктажу персоналу, який обслуговує цей пристрій.

Основою безпечного гасіння пожежі електроустановок під напругою є суворе дотримання організаційно-технічних заходів, а також усвідомлена дисципліна пожежників, які зобов'язані суворо виконувати всі заходи із забезпечення безпеки гасіння.

Гасіння пожежі електроустановки під напругою КГП має право розпочати тільки після одержання відповідного письмового допуску та інструктажу персоналом, який обслуговує цю установку.

Гасіння пожежі електроустановок під напругою здійснюється за виконання таких обов'язкових умов:

- не допускається наближення пожежних до струмопровідних частин електроустановок на відстань менше 4 метрів;
- маршрути руху пожежних на бойові позиції КГП повинен погоджувати з черговим персоналом енергооб'єкта і конкретно вказувати кожному пожежнику під час інструктажу;
- пожежні і водії пожежних автомобілів, які забезпечують подачу вогнегасних речовин, повинні працювати в діелектричних рукавицях і взутті;
- подавання вогнегасних речовин необхідно проводити після заземлення ручних пожежних стволів і пожежних автомобілів;
- перестановку сил і засобів, зміну бойових позицій тощо КГП повинен виконувати після узгодження зі старшою посадовою особою з присутнього інженерно-технічного персоналу енергетичного об'єкта.

5.2 Розрахунок штучного освітлення для проектного цеху для ламп розжарювання

Мінімальне освітлення приміщення, в якому виконуються зорові роботи розряду IVв становить $E = 300$ лк. згідно ДБН-В.2.5-28-2006 – Природне і штучне освітлення. Як світлові пристрої приймаємо світильники типу ЛПОО1 (з двома лампами), які доцільно використовувати на ділянці по ремонту рульових рейок. Площа цеху становить 88 м^2 .

Оскільки світильники кріпляться до стелі, то їх висота над підлогою рівна висоті приміщення $h_0 = 3,8$ м, що не суперечить вимогам ДБН-В.2.5-28-2006, відповідно до яких $h_0 = 2,6 - 4$ м, коли у світильнику менше чотирьох ламп.

Визначаємо висоту світильника над робочою поверхнею:

$$h = h_0 - h_p, \text{ м}, \quad (5.1)$$

$$h = 3.8 - 0.7 = 3.1, \text{ м}.$$

Показник приміщення становить:

$$i = \frac{ab}{h(a+b)} , \quad (5.2)$$

$$i = \frac{10 \cdot 8}{3,1(10+8)} = 1,4.$$

При $i = 1,5$, $\rho_{стелі} = 70\%$, $\rho_{стін} = 50\%$ для світильників ЛПОО1 коефіцієнт використання дорівнює $\eta = 0,55$.

Визначаємо необхідну кількість світильників, для забезпечення необхідної нормованої освітленості робочих поверхонь, якщо відомо, що кожному світильнику встановлено по дві лампи, а світловий потік однієї такої лампи становить $\Phi_{л} = 3200\text{лм}$ [8]:

$$N = \frac{E \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{2\Phi_{л} \cdot \eta} , \quad (5.3)$$

$$N = \frac{300 \cdot 88 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{2 \cdot 3200 \cdot 0,55} = 12 \text{ штук.}$$

Приймаємо 12 світильників, які для забезпечення рівномірності освітлення розташовуємо у два ряди по 6 штук в кожному.

Оскільки довжина світильників мало що більша за довжину люмінесцентної лампи, встановленої в ньому, то загальна довжина усіх світильників у ряді становитиме:

$$\sum L_{CB} = 1,2 \cdot 6 = 7,2 \text{ м.}$$

Це значення менше довжини приміщення, тому між світильниками будуть розриви рівні 0,45 м.

Схема розташування світильників ЛПОО1 у дільниці ремонту рульових рейок показана на рисунку 5.1.

I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X – ділянки мережі;

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 – згини повітропроводів;

A – перехід; $d_1 = 0,6$ м; $d_2 = 0,1$ м;

Таблиця 5.1 Таблиця довжин ділянок труб витяжної мережі

$l_I = 1,5$ м	$l_{VI} = 3$ м
$l_{II} = 1,0$ м	$l_{VII} = 3$ м
$l_{III} = 0,5$ м	$l_{VIII} = 6$ м
$l_{IV} = 1$ м	$l_{IX} = 3$ м
$l_V = 3$ м	$l_X = 6$ м

Визначаємо продуктивність вентилятора:

$$W_B = K_3 \cdot W, \quad (5.5)$$

де K_3 – коефіцієнт запасу; $K_3 = 1,3 \dots 2$. Приймаємо $K_3 = 1,5$.

Для приміщень з нормальним мікрокліматом і при вмісті шкідливих речовин в межах норми повітрообмін визначаємо за формулою:

$$W = n \cdot W_0, \text{ м}^3/\text{год.} \quad (5.6)$$

Згідно пояснювальної записки дипломного проекту $n = 3$ чол.

У зв'язку з тим, що на одного працюючого припадає більше 20 м^3 об'єму приміщення приймаємо $W_0 = 20 \text{ м}^3/\text{год}$ [6].

Отже:

$$W = 3 \cdot 20 = 60, \text{ м}^3/\text{год.},$$

$$W_B = 1,5 \cdot 60 = 90, \text{ м}^3/\text{год.}$$

Враховуючи кратність повітрообміну $m = 12$, тоді

$$W = m \cdot W_B, \quad (5.7)$$

$$W = 12 \cdot 90 = 1080, \text{ м}^3/\text{год.}$$

Визначаємо втрати тиску на прямих ділянках труб

$$H_{\text{вп}} = \frac{\varphi_T \cdot l_T \cdot \rho_B \cdot v_{cp}^2}{2d_T}, \quad (5.8)$$

де φ_T – коефіцієнт, який враховує опір сталених труб (для сталених труб – 0,02)

v_{cp} – середня швидкість повітря на ділянці повітряної сітки, $v_{cp} = 8 \dots 12$ м/с.

l_T – довжина ділянки труби; d_T – діаметр труби; ρ_B – густина повітря, для даних кліматичних умов $1,2 \text{ кг/м}^3$.

$$H_{BPI} = \frac{0,02 \cdot 1,5 \cdot 1,2 \cdot 10^2}{2 \cdot 0,6} = 3 \text{ Па};$$

$$H_{BPII} = \frac{0,02 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 12^2}{2 \cdot 0,6} = 3,5 \text{ Па};$$

$$H_{BPIII} = \frac{0,02 \cdot 0,5 \cdot 1,2 \cdot 11^2}{2 \cdot 0,6} = 1,25 \text{ Па};$$

$$H_{BPIV} = \frac{0,02 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 10^2}{2 \cdot 0,6} = 2 \text{ Па};$$

$$H_{BPV} = \frac{0,02 \cdot 3 \cdot 1,2 \cdot 8^2}{2 \cdot 0,6} = 3,84 \text{ Па};$$

$$H_{BPVI} = \frac{0,02 \cdot 3 \cdot 1,2 \cdot 8^2}{2 \cdot 0,6} = 3,84 \text{ Па};$$

$$H_{BPVII} = \frac{0,02 \cdot 3 \cdot 1,2 \cdot 4^2}{2 \cdot 0,6} = 1,15 \text{ Па};$$

$$H_{BPVIII} = \frac{0,02 \cdot 6 \cdot 1,2 \cdot 2^2}{2 \cdot 0,6} = 0,48 \text{ Па};$$

$$H_{BPIX} = \frac{0,02 \cdot 3 \cdot 1,2 \cdot 1^2}{2 \cdot 0,6} = 0,06 \text{ Па};$$

$$H_{BPIX} = \frac{0,02 \cdot 6 \cdot 1,2 \cdot 1,21^2}{2 \cdot 0,6} = 0,2 \text{ Па};$$

$$H_{BPIXI} = \frac{0,02 \cdot 2 \cdot 1,2 \cdot 4^2}{2 \cdot 0,1} = 3,86 \text{ Па};$$

$$H_{BPIXII} = \frac{0,02 \cdot 2 \cdot 1,2 \cdot 2^2}{2 \cdot 0,1} = 0,96 \text{ Па};$$

$$H_{BPIXIII} = \frac{0,02 \cdot 3 \cdot 1,2 \cdot 1^2}{2 \cdot 0,1} = 0,36 \text{ Па};$$

$$H_{BPIXIV} = \frac{0,02 \cdot 3 \cdot 1,2 \cdot 1^2}{2 \cdot 0,25} = 0,36 \text{ Па}.$$

Розраховуємо місцеві втрати тиску в переходах та жалюзі

$$H_M = 0,5 \cdot \psi_M \cdot V_{CP}^2 \cdot \rho_B, \quad (5.9)$$

$$H_{M1} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 11^2 \cdot 1,2 = 80 \text{ Па};$$

$$H_{M2} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 10^2 \cdot 1,2 = 65,8 \text{ Па};$$

$$H_{M3} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 9^2 \cdot 1,2 = 53,5 \text{ Па};$$

$$H_{M4} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 9^2 \cdot 1,2 = 53,46 \text{ Па};$$

$$H_{M5} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 8^2 \cdot 1,2 = 42,2 \text{ Па};$$

$$H_{M6} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 8^2 \cdot 1,2 = 42,24 \text{ Па};$$

$$H_{M7} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 4^2 \cdot 1,2 = 10,6 \text{ Па};$$

$$H_{M8} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 2^2 \cdot 1,2 = 2,6 \text{ Па};$$

$$H_{M9} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 2^2 \cdot 1,2 = 2,64 \text{ Па};$$

$$H_{M10} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 1^2 \cdot 1,2 = 0,7 \text{ Па}.$$

Визначаємо втрати в переході

$$H_{MA} = 0,5 \cdot \psi_M \cdot V_{CP}^2 \cdot \rho_B, \quad (5.10)$$

$$H_{MA} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 11^2 \cdot 1,2 = 79,9 \text{ Па}.$$

Визначаємо втрати в жалюзі

$$H_{MXI} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 5^2 \cdot 1,2 = 16,5 \text{ Па};$$

$$H_{MXII} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 1^2 \cdot 1,2 = 0,7 \text{ Па};$$

$$H_{MXIII} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 6^2 \cdot 1,2 = 23,8 \text{ Па};$$

$$H_{MXIV} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 7^2 \cdot 1,2 = 32 \text{ Па}.$$

Визначаємо сумарні втрати тиску

$$H_{BII} = H_{BII I} + H_{BII II} + H_{BII III} + \dots + H_{BII XIV}, \quad (5.11)$$

$$H_{BII} = 3 + 3,5 + 1,25 + 2 + 2 \cdot 3,84 + 1,15 + 0,45 + 0,06 + 0,2 + 3,86 + 0,96 + 2 \cdot 0,36 = 24,86 \text{ Па}.$$

$$H_{BM} = H_{BM1} + H_{BM2} + H_{BM3} + \dots + H_{BM10} + H_{MA} + H_{MXI} + H_{MXII}, \quad (5.12)$$

$$H_{BM} = 80 + 65,8 + 53,5 + 53,46 + 42,2 + 42,24 + 10,6 + 2,6 + 2,64 + 0,7 + 79,86 + 16,5 + 0,66 = 450,76 \text{ Па}.$$

За номограмою (рис. 5.3) [7] вибираємо номер вентилятора: η_B -коефіцієнт корисної дії вентилятора, A – безрозмірне число.

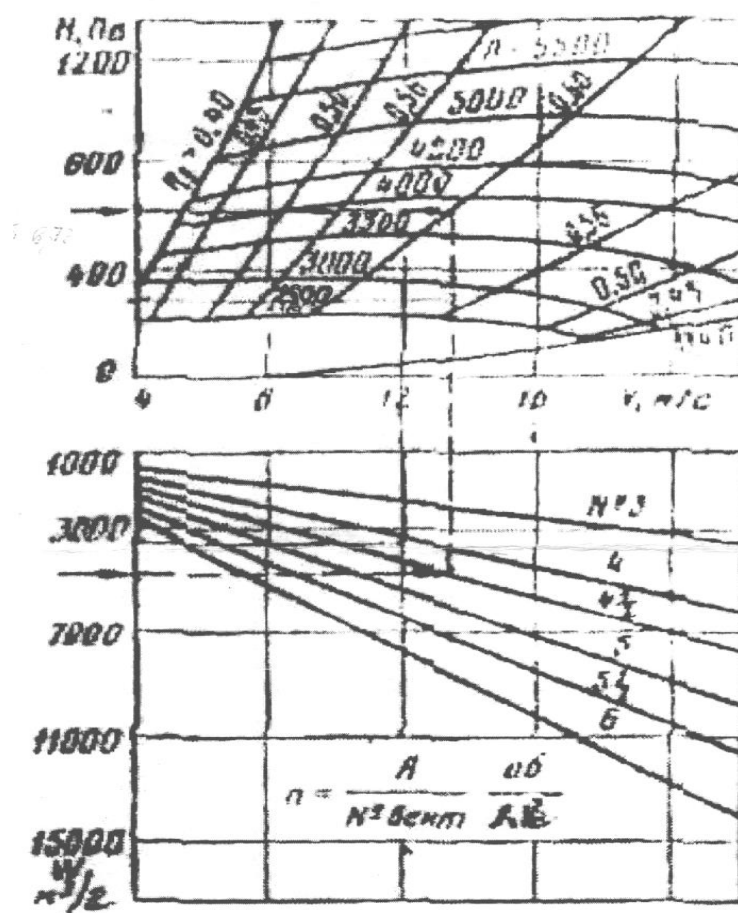


Рисунок 5.3 – Номограма вибору вентилятора.

Визначаємо загальні втрати:

$$H = H_{ВП} + H_{ВМ}, \quad (5.13)$$

$$H = 24,86 + 450,76 = 475,62 \text{ Па.}$$

Тому, приймаємо вентилятор № 3,2, з електродвигуном 4А80А4, частотою обертання $n = 1420 \text{ хв}^{-1}$, $N = 1,1 \text{ кВт}$, вентилятор серії В-ц14-46.

Отже, достатню кількість свіжого повітря на ділянці по ремонту рульових рейок забезпечено. Витяжну вентиляцію розраховано.

5.4 Загальні принципи превентивного і оперативного планування заходів ЦЗ

Кардинальне вирішення проблем захисту населення і територій України від НС, зменшення їх соціально-економічних і екологічних наслідків можливе лише шляхом проведення цілого комплексу заходів.

У значній мірі досягнення цієї мети залежить від уміння керівників усіх рівнів (від об'єктового до урядового) спрогнозувати усі можливі наслідки НС, чітко спланувати заходи щодо їх запобігання і ліквідації, організувати управління під час їх виконання та високого стану готовності до дій у НС органів управління, сил і населення.

Виконання всіх умінь, завдань, перш за все, залежить від якості планування та повноти виконання запланованих заходів на об'єктовому рівні.

Суть планування заходів ЦЗ на випадок НС полягає: в аналізі стану, оцінці обстановки, яка може скластися під час виникнення аварій, катастроф, стихійних лих та застосування противником сучасних засобів ураження; в розробці заходів, спрямованих на захист населення та підвищення стійкості функціонування промислових об'єктів в мирний час та особливий період; у встановленні послідовності, строків, способів здійснення намічених заходів, виконавців та визначенні необхідних ресурсів для їх проведення.

Головною метою планування заходів ЦЗ є створення умов для організованого і своєчасного проведення заходів щодо захисту робітників, службовців, членів їх сімей і населення, яке мешкає в зоні можливого ураження, та забезпечення успішного проведення рятувальних та інших невідкладних робіт (РІНР) під час ліквідації наслідків НС техногенного та природного характеру, а в особливий період, і участі в територіальній обороні та антитерористичній діяльності. Планування має бути також спрямоване на те, щоб запобігти або максимально знизити людські та матеріальні втрати, а також забезпечити життєдіяльність галузі, регіону, підпорядкованих ним об'єктів і населення у разі виникнення вищезазначених ситуацій.

При плануванні заходів ЦЗ на особливий період повинно забезпечуватися взаємне узгодження і ув'язка їх із заходами мобілізаційного розгортання народного господарства та заходами, які проводять військове командування та органи управління ЦЗ.

Планування повинно бути реальним, цілеспрямованим, конкретним, точним, гнучким, перспективним, базуватися на глибоко продуманих рішеннях,

обґрунтованих розрахунках та враховувати специфіку і особливості діяльності. Воно повинно здійснюватися завчасно та забезпечувати своєчасне введення планів ЦЗ в дію, особливо під час раптового виникнення НС техногенного та природного характеру і в особливий період.

Реальність — одна з головних вимог до планування. Вона забезпечується всебічним і глибоким аналізом стану системи ЦЗ підпорядкованої ланки, правильною оцінкою обстановки, яка може скластися, точними розрахунками, урахуванням людських і матеріальних можливостей, специфіки місцевих умов, а також часу, необхідного для виконання поставлених завдань.

Цілеспрямованість у плануванні полягає в умінні виділити головні завдання, визначити особливо важливі заходи, на вирішенні яких повинні бути зосереджені основні зусилля керівників, органів управління та служб ЦЗ. При цьому особлива увага звертається на вирішення питань, пов'язаних із забезпеченням високої готовності органів управління, надійності захисту робітників, службовців, членів їх сімей та населення, що мешкає в зоні можливого ураження, стійкості систем оповіщення і зв'язку, а також створення угруповання сил цивільного захисту для проведення рятувальних та інших невідкладних робіт.

Конкретність планування передбачає, що всі заплановані заходи і дії повинні мати певний обсяг, зміст та бути узгоджені між собою за метою, місцем, часом, складом сил та способами їх виконання. Крім того, в планах повинні бути визначені конкретні посадові особи, які відповідальні за виконання заходів та здійснення контролю.

Ці та інші вимоги до планування ЦЗ слід застосовувати в тісному взаємозв'язку, тому що всі вони спрямовані на повне та ефективне забезпечення дій органів управління, застосування сил та засобів під час виконання заходів ЦЗ.

Планування заходів для запобігання НС і зменшення (мінімізації) їх можливих наслідків здійснюється з урахуванням вірогідності і прогнозованих ризиків виникнення та можливих масштабів наслідків НС.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Загально-технічний забезпечує необхідну теоретичну основу для подальших досліджень. Проте доцільно було б додати сучасні приклади застосування різних конструкцій рульового управління у конкретних моделях автомобілів.

Технологічний розділ добре структурований і орієнтований на практичне застосування. Варто акцентувати увагу на інтеграцію сучасних автоматизованих технологій для підвищення точності та продуктивності ремонтних операцій.

Конструкторська частина демонструє інженерний підхід до вирішення задачі. Проте додатковий акцент на вибір інноваційних матеріалів для виготовлення пристосувань міг би підвищити загальну ефективність розробок.

Науково-дослідний розділ є сильним аспектом роботи, адже включає як теоретичні, так і експериментальні підходи. Рекомендується більш детально представити порівняльний аналіз ефективності запропонованих рішень.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. О.Л. Ляшук, М.Г. Левкович, Д.В. Міронов, В.О. Тесля. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи магістра за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» галузі знань 27 «Транспорт». – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2023. – 60 с.
2. Підручник з будови автомобіля. Видання третє. Виправлене й доповнене – Моноліт 2021 – 288 с.
3. Сукач М.К. Технічний сервіс машин. Навч. пос.. Гриф МОНМСУ - Ліра-К, 2017 – 288 с.
4. Форнальчик Є. Ю., Качмар Р. Я. Основи технічного сервісу транспортних засобів - Львівська політехніка 2017, - 324 с.
5. Шапко В.Ф. Автомобільні двигуни. Основи теорії та характеристики поршневих двигунів внутрішнього згоряння: Навчальний посібник. - Кременчук: КНУ, 2011. - 194 с.
6. Коробочка О.М. Основи розрахунків, проектування і експлуатації технологічного обладнання для автомобільного транспорту: Навч. посібник / Коробочка О.М., Скорняков Е.С., Сасов О.О. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2007 – 252 с.
7. Кукурудзяк, Ю. Ю. Технічна експлуатація автомобілів. Організація технологічних процесів ТО і ПР навчальний посібник / Ю. Ю. Кукурудзяк, В. В. Біліченко. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 198 с.
8. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. – К.: Мінтранс України, 1998. – 16 с. – (Нормативний документ Мінтрансу України).
9. Андрусенко С. І. Технологічне проектування автотransпортних підприємств: навч. посіб. / Андрусенко С. І., Білецький В. О., Бортницький П. І.; за ред. проф. С. І. Андрусенка. – К. : Каравела, 2009. – 368 с.

10. Methodology of Force Parameters Justification of the Controlled Steering Wheel Suspension. B. Sokil, O. Lyashuk, M. Sokil, Y. Vovk, I. Lebid, I. Hevko, M. Levkovych, R. Khoroshun, A. Matviyishyn. - COMMUNICATIONS, 2022. - Vol. 24, № 3, P. 247-258. (Scopus).

11. Sakhno, V.P., Yashchenko, D.M., Marchuk, R.M., Marchuk, N.M., Lyashuk, O.L.. Research of a truck train movement when driving semi-trailer by slow downing wheels of one axis pin on the mode. International Journal of Automotive and Mechanical Engineering Open Access Volume 17, Issue 1, 1 January 2020, Pages 7749-7757 <https://www.scopus>.

12. Information Technologies Use in the Study of Functional Properties of Wheeled Vehicles. Lyashuk O., Stashkiv M., Lytvynenko Iaroslav, Sakhno V., Khoroshun R. CEUR Workshop Proceedings. 3rd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems, ITTAP 2023. Ternopil 22 November 2023 до 24 November 2023. 3628, с. 370-381. <https://www.scopus>.

13. Міронов Д.В., Ляшук О.Л., Гевко І.Б., Гупка А.Б., Слободян Л.М., Гевко Б.Р., Хорошун Р.В. Розробка моделі узагальненого діагностичного показника технічного стану ходової частини автомобіля з використанням математичних методів теорії планування експерименту. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. – № 2 (21). Луцьк: 2023. - С. 135 – 144.

14. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : Навчальний посібник / укладачі : Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Луциків І.В., Плекан У.М., Клендій В.М. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 276 с.

15. Comprehensive Assessment Of Technical Condition Of Vehicles During Operation Based On Harrington's Desirability Function. Aulin V., Rogovskii I., Lyashuk O., Titova L., Hryniv A., Mironov D., Volianskyi M., Rogatynskyi R., Solomka O., Lysenko S. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Technology Center. Ukraine. Том 1. Випуск 3(127), 2024. с. 37-46.

16. Rogatynskyi, R., Lyashuk, O., Hevko I., Horoshyn, R., & Shevchuk, V. (2023). Модель руху автомобіля по криволінійній трасі. Вісник Львівського

державного університету безпеки життєдіяльності, 28, 115-122.
<https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20784643.28.2023.11>

17. Ляшук О. Л., Рогатинський Р. М., Гевко І. Б., Хорошун Р. В., Кашканова Г. Г., Антонюк О. П. Модель проходження повороту автомобілем . Вісник машинобудування та транспорту, ВНТУ.- No2(18) 2023.- С. 91-97.

18. Синтез підвіски автотранспортних засобів/ І.Б. Гевко, О.Л. Ляшук, Р.М. Рогатинський, А.Й. Матвіїшин, Р.В. Хорошун/ Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. -№ 8(39)_I, 2023.-С. 153-164.

19. Liashuk O., Hevko I., Hud V., Khoroshun R., Hevko B., Matviishyn A., Sipravska M. Stands for car suspension research. Bulletin of Lviv National Environmental University. Agroengineering Research, No. 26 (2022). С 93-103.

20. Lyashuk, O., Levkovych, M., Vovk, Y., Gevko, I., Stashkiv, M., Slobodian, L., Pyndus, Y. The study of stress-strain state elements of the truck semi-trailer body bottom. Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport. 2023, 118, 161-172. ISSN: 0209-3324. DOI: <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2023.118.11>. (Scopus).

21. Ляшук О. Л., Клендій В. М., Хорошун Р. В. Конспект лекцій з дисципліни «Технічна експлуатація автомобілів» для студентів спеціальності 274 «Автомобільний транспорт». Тернопіль: Вид. ТНТУ, 2018. 302 с.

22. В.В. Аулін, О.Л. Ляшук, А.В. Гриньків, С.В. Лисенко, Д.В. Міронов, Л.М. Слободян, Р.М. Рогатинський Оптимальний комплекс операцій технічного обслуговування і ремонту для підвищення надійності вузлів, систем та агрегатів мобільних машин Збірник наукових праць. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. Випуск № 8(39)_II. - Кропивницький. - 2023. - С. 175-189.

23. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / укл.: Стручок В. С. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. 156 с.