

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

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерії машин, споруд та технологій

(назва факультету)

Автомобілів

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на здобуття освітнього ступеня

Бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технологічного процесу технічного обслуговування та ремонту гідравлічної системи рульового керування автомобілів КамАЗ

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МАС-41
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Кавка Р.Р.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Подусовський Р.І.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Рогатинський Р.М.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Левкович М.Г.

(прізвище та ініціали)

Зав. кафедри

(підпис)

Цьонь О.П.

(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)

«24» січня 2023 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

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

студенту Кавці Роману Ростиславовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технологічного процесу технічного обслуговування та ремонту гідравлічної системи рульового керування автомобілів КамАЗ

Керівник роботи Рогатинський Роман Михайлович., д.т.н., професор.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 24 » січня 2023 року № 4/7-73

2. Термін подання студентом завершеної роботи 19 червня 2023

3. Вихідні дані до роботи Базовий технологічний процес технічного обслуговування та ремонту гідравлічної системи рульового керування автомобілів КамАЗ

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

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ.

4 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

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

Основні несправності і методи підвищення надійності гідросистем – А1;

Теоретичне обґрунтування підвищення ресурсу гідросистем – А1;

Методика і результати проведеного аналізу – А1;

Результати аналізу характеристик пластинчастого насосу – А1;

Технологічна карта – 2А1;

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.	к.т.н. доц. Сенчишин В.С.		

7. Дата видачі завдання 24.січня 2023р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	17.02.2023	
2	Технологічний розділ	10.03.2023	
3	Конструкторський розділ	15.04.2023	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	06.05.2023	
5	Оформлення графічної частини	24.05.2023	
6	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра	22.06.2023	

Студент

(підпис)

Кавка Р.Р.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Рогатинський Р.М.

(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)

«24» січня 2023 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

студенту Подусовському Роману Ігоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технологічного процесу технічного обслуговування та ремонту гідравлічної системи рульового керування автомобілів КамАЗ

Керівник роботи Рогатинський Роман Михайлович., д.т.н., професор.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 24 » січня 2023 року № 4/7-73

2. Термін подання студентом завершеної роботи 19 червня 2023

3. Вихідні дані до роботи Базовий технологічний процес технічного обслуговування та ремонту гідравлічної системи рульового керування автомобілів КамАЗ

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

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ.

4 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

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

Рульовий механізм автомобіля Камаз – А1;

Знімач універсальний трох лаповий – А1;

Електростатичний фільтр – А1;

Деталювання – А1;

Агрегатна ділянка – А1;

Реконструкція генеральний плану – А1;

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.	к.т.н. доц. Сенчишин В.С.		

7. Дата видачі завдання 24.січня 2023р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	17.02.2023	
2	Технологічний розділ	10.03.2023	
3	Конструкторський розділ	15.04.2023	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	06.05.2023	
5	Оформлення графічної частини	24.05.2023	
6	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра	22.06.2023	

Студент

(підпис)

Подусовський Р.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Рогатинський Р.М.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему: «Розроблення технологічного процесу технічного обслуговування та ремонту гідравлічної системи рульового керування автомобілів КамАЗ».

Робота виконана на кафедрі автомобілів Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи бакалавра д.т.н., професор Рогатинський Р.М.

Пояснювальна записка складається з п'яти розділів і 101 сторінка формату А4 та 6 аркушів формату А1 графічної частини 13 сторінок додатків.

Ключові слова: рульове управління, гідронасос, гідроциліндр, ремонт гідравлічної системи, робоча рідина

ЗМІСТ

Вступ	9
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	11
1.1 Призначення гідро підсилювача та його складові елементи.....	11
1.2 Аналіз технологічного процесу ремонту гідропідсилювача керма.....	16
1.3 Мета та основні задачі.....	19
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	22
2.1 Визначення основних причин зносу у відповідальних вузлах гідросистем.....	22
2.2 Фізичний зміст зносу золотникового механізму.....	23
2.3 Фізико-хімічний і кількісний склад продуктів зносу гідросистем.....	26
2.4 Енергія взаємодії поверхнево активних молекул оливи в адсорбційному шарі.....	27
2.5 Розроблення теоретичних основ підвищення ресурсу гідросистем.....	31
2.6 Опис техніки та висновки, отримані під час досліджень швидкості зношування при обробці робочої рідини з використанням зовнішнього електричного поля.....	35
2.7 Можливі несправності та методи усунення гідросистеми рульового керування.....	41
2.8 Способи виявлення несправностей гідросистеми рульового керування....	44
2.9 Технічне обслуговування гідропідсилювача рульового керування.....	47
2.10 Складання технологічних карт на ремонт рульового механізму.....	50
2.12 Розрахунок площ та підбір технологічного обладнання агрегатної дільниці.....	57
2.13 Розрахунок собівартості ремонту гідропідсилювача рульового керма....	64
2.14 Розрахунок вартості виготовлення нового електростатичного фільтру...	66
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	72
3.1 Фільтрація робочих рідин в гідросистемах.....	72
3.2 Фільтри для очистки робочих рідин.....	73
3.3 Технологія фільтрації в електростатичних фільтрах.....	75
3.4 Електричний розрахунок електростатичного фільтру.....	77

	8
3.5 Розрахунок товщини ізоляції корпусу.....	79
3.6 Втрати тиску в електрофільтру.....	79
3.7 Розрахунок міцності корпусу електрофільтру.....	81
3.8 Розрахунок болтових з'єднань корпусу.....	82
3.9 Розрахунок зварних з'єднань для корпусу.....	85
3.10 Нанесення гумового покриття на втулки і електроди.....	86
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	88
4.1 Прогнозування та планування роботи з охорони праці.....	88
4.2 Вимоги безпеки при ремонті гідро обладнання.....	91
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	98
БІБЛІОГРАФІЯ.....	99
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Розроблення технологічного процесу технічного обслуговування та ремонту гідравлічної системи рульового керування автомобілів КамАЗ є важливим аспектом підтримки надійності та безпеки експлуатації транспортних засобів. Гідравлічна система рульового керування відіграє ключову роль у забезпеченні ефективного керування автомобілем, забезпечуючи водієві необхідну контрольованість та маневреність під час руху.

Основна мета розроблення технологічного процесу технічного обслуговування та ремонту гідравлічної системи рульового керування полягає у забезпеченні оптимальної роботи системи, запобіганні виникненню поломок та забезпеченні максимальної безпеки для водія та пасажирів.

Розробка такого процесу включає кілька етапів. Першим етапом є аналіз гідравлічної системи рульового керування автомобіля КамАЗ, включаючи огляд системи, виявлення можливих проблем, визначення потреб у ремонті чи заміні деталей. Цей етап передбачає використання спеціального обладнання та діагностичних інструментів для виявлення несправностей і визначення їх причин.

Після аналізу системи переходиться до розроблення конкретного технологічного процесу обслуговування та ремонту гідравлічної системи. Цей процес включає такі етапи, як розбірка системи, перевірка стану деталей, очищення та заміна зношених компонентів, монтаж нових деталей, налаштування та перевірка роботи системи. У процесі розроблення технологічного процесу враховуються вимоги виробника, стандарти безпеки, рекомендації технічних документів та власний досвід.

Після розроблення процесу настає його впровадження та виконання. В цей період важливо враховувати регулярність обслуговування та ремонту гідравлічної системи рульового керування, а також використання високоякісних запасних частин і робочої рідини. Здійснення процесу повинно відбуватися відповідно до установлених процедур та з урахуванням технологічних вимог, що забезпечує належну функціональність гідравлічної системи та запобігає виникненню можливих неполадок.

Важливо також забезпечити навчання та підготовку фахівців, які здійснюватимуть технічне обслуговування та ремонт гідравлічної системи. Це включає ознайомлення зі специфікою гідравлічної системи автомобіля КамАЗ, навчання роботі з діагностичним обладнанням та інструментами, а також ознайомлення з безпековими вимогами та процедурами.

Завдяки розробленню технологічного процесу технічного обслуговування та ремонту гідравлічної системи рульового керування автомобілів КамАЗ можна досягти покращення надійності, продовжити термін служби системи та забезпечити безпеку під час експлуатації автомобіля. Це важливий аспект в автомобільній індустрії, оскільки забезпечується якість технічного обслуговування та ремонту гідравлічної системи, що є ключовим елементом ефективної та безпечної роботи автомобіля.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Призначення гідро підсилювача та його складові елементи

Рульове керування призначене для керування транспортним засобом, зокрема автомобілем. Воно включає в себе використання керма або руля для керування напрямком руху транспортного засобу. Рульове керування дозволяє водію змінювати курс транспортного засобу, поворачувати на поворотах, уникати перешкод та зберігати контроль над автомобілем.

Гідропідсилювач руля, також відомий як гідропідсилювач керма, виконує кілька важливих функцій для поліпшення процесу рульового керування автомобілем. Ось деякі з цих функцій:

Зменшення зусиль: Одна з основних функцій гідропідсилювача руля полягає в зменшенні зусиль, необхідних для повороту керма. Він допомагає водію легко поворачувати кермо навіть при низьких швидкостях і підвищує комфорт керування.

Покращення відчуття дороги: Гідропідсилювач руля здатний фільтрувати вібрації і удари, що передаються з дороги на кермо. Це допомагає водію отримувати більш чітке відчуття дороги і покращує контроль над автомобілем.

Корекція кермової реакції: Гідропідсилювач руля також допомагає коригувати кермову реакцію автомобіля. Він може компенсувати небажані рухи керма, спричинені вітром, нерівностями дороги чи некоректним керуванням водія.

Енергозбереження: Гідропідсилювач руля працює за допомогою гідравлічної системи, що дозволяє економити енергію водія. Він використовує мотор і насос, щоб створити потік рідини, яка підсилює зусилля водія при керуванні.

В цілому, гідропідсилювач руля значно поліпшує комфорт і ефективність керування автомобілем, зменшує зусилля водія та надає кращий контроль над рухом транспортного засобу.

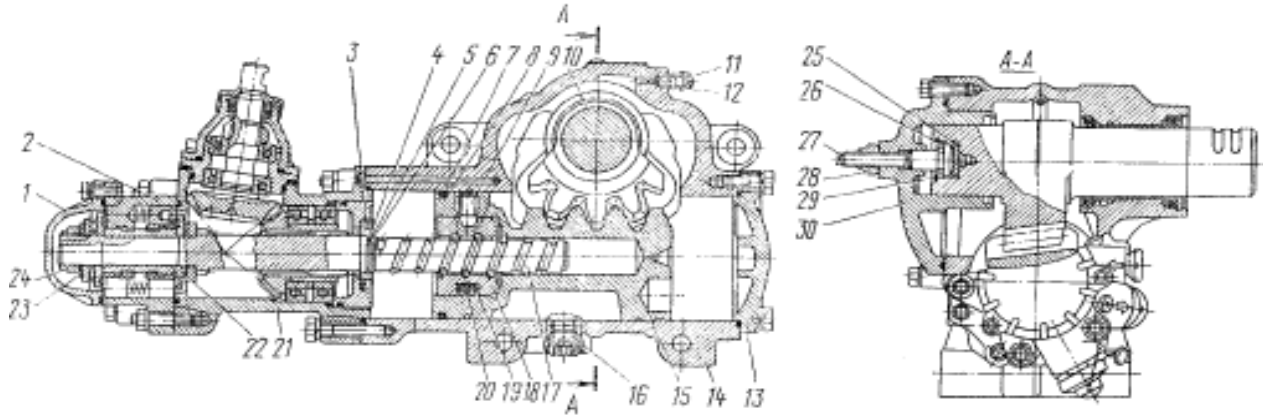


Рис.1.1. Рульовий механізм з гідро підсилювачем руля автомобілів сімейства КамАЗ.

Рульовий механізм автомобілів сімейства КамАЗ з гідропідсилювачем керма з'єднується з кронштейном, розташованим на передній лівій ресорі. Кронштейн, у свою чергу, кріпиться до рами автомобіля.

Картер 14 механізму рульового виконує роль робочого циліндра гідропідсилювача, в якому здійснюється переміщення поршня-рейки. Гвинт механізму рульового має шліфовану канавку гвинтову. У гайці також присутня шліфована канавка, а також два просвердлені отвори, які проходять через неї. Ці отвори з'єднуються за допомогою косоного пазу, який виготовлений фрезеруванням на зовнішній поверхні гайки.

У згаданих отворах встановлено два однакових напівкруглих жолоба 19. Ці жолоби утворюють обвідний канал, через який шарик 20 переміщаються з каналу гвинтового, утвореного нарізками гвинта та гайки, знову повертаючись у нього.

Щоб запобігти випаданню шариків із гвинтового каналу на зовнішню сторону, у кожному жолобу розміщений пимплек, який увіходить у гвинтову канавку гвинта та змінює напрямок руху шарика. В замкнутому гвинтовому каналі загалом є тридцять один рухаючийся шарик, при цьому вісім із них передують у обвідному каналі. Канавка гвинтова у середній зоні створена таким чином, що між гвинтом, гайкою та шариками виникає невеликий натяг. Воно потрібне для забезпечення безпеки з'єднання деталей у даному місці.

В процесі руху гайки вздовж гвинта, глибина канавки з середини до кінців поступово збільшується, що призводить до утворення певного зазору між

взаємодіючими частинами гвинта та гайки. Цей зазор потрібний щоб забезпечити більший тривалої служби середньої частини гвинта, і відповідно для повертання кермового колеса у середнє положення по закінченю маневру повороту та покращеної табільної експлуатації.

Крім цього, зменшення вільної посадки гайки шарикової на гвинту вздовж його канавки гвинтової спрощує вибір шариків та зборку шарико - гвинтової пари.

В процесі передачі осьового зусилля від гвинта до гайки відбувається за допомогою шариків, втрати від тертя у гвинтовій парі є мінімальними.

Після збирання гвинта, шариків та гайки, остання встановлюється в поршень-рейку 15 та закріплюється 2-ма болтами 9. Ці гвинти проходять через кільцеву проточку, яка виконана у поршні-рейці. Поршень-рейка взаємодіє із зубчастими секторами на валу сошки 10. Вал сошки крутиться у втулці виготовлені з бронзи, яка запресована у картері механізму рульового, а також в бічній кришці з алюмінію 30.

Товщина зубів сектора на валу сошки та поршні-рейки може змінюватися по довжині, що дає можливість налаштувати зазор у зчеплені шляхом регулювання за допомогою гвинта 27, який вкручується в бічну кришку. Кінець даного гвинта, який натискає на упорну шайбу 25, входить у виступ на валу сошки. Переміщення осьове гвинта який регулює на валу сошки підтримується в заданих межах в діапазоні 0,02-0,08 мм шляхом вибору регулювальних шайб 26 різного розміру.

Позиції під номером 27, 26 та 25 зберігаються в гнізді валу сошки за допомогою стопорного кільця 29. У середній впадині між зубами рейки встановлений зуб зубчастого сектору вала сошки, який має меншу ширину, ніж інші зуби. Це зроблено для запобігання заклинювання механізму зношеного по закінченю процесу регуліровки під час обертання валу сошки.

На корпусі кутового редуктора механізму рульового є шліці, нарізані на частині гвинта. Ці шліці використовуються для з'єднання гвинта з веденою шестернею редуктора кутового.

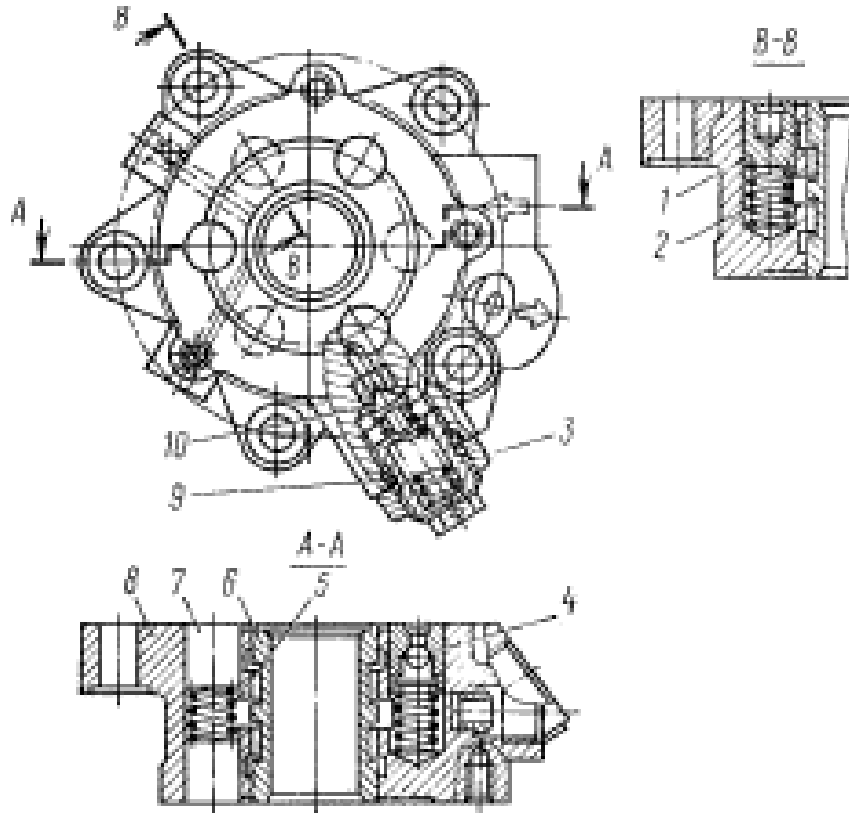


Рис. 1.2. Клапан керування гідропідсилювачем рульового керування

Клапан 7 керування гідравлічним підсилювачем рульового керування, фіксується до корпусу редуктора кутового відповідним болтом та 4-ох шпильок. Корпус 8 клапана має точний центральний отвір та 6 менших отворів 3 наскрізних та 3 глухих, розташовані вони по колу центрального отвору.

Золотник 6 клапану керування розташований у центральному отворі та закріплений за допомогою гвинта гайки 24. Буртик гайки 24 виступає в пазі гвинта 17. Під гайку розміщена конічна шайба пружинна 23, яка дозволяє регулювати силу затягування підшипників упорних. Шайба спрямована в'яте до підшипника. Велике кільце підшипника повернуте до золотника.

Гвинт механізму рульового та міцно закріплений розам золотник можуть рухатися в будь-якому напрямку від середнього положення на відстань 1 - 1,2 мм. Величина цього руху залежить від глибини виточок на торці корпусу клапана та обмежується великими кільцями підшипників, які прилягають до згаданих виточок.

У кожного 3-ох отворів наскрізних корпусу клапана розташовані два плунжера реактивних 7, які мають центровані пружини між собою.

Для забезпечення однакового реактивного зусилля на колесі рульовому під впливом масляного тиску, необхідно, щоб активна площа плунжерів у кожному із 3-ох глухих отворів була однаковою як при повороті вправо, так і вліво. Для досягнення цього, в кожному з цих глухих отворів, спрямованих до кутового редуктора, встановлено по одному плунжеру 1. Загальна площа цих 3-ох реактивних елементів рівна площі перерізу гвинта у місці його ущільнення в упорній кришці редуктора кутового.

У одному із плунжерів, що знаходяться у глухому отворі, встановлений шариковий клапан зворотний 4. Цей клапан з'єднує лінії високого та низького тиску гідросистеми рульового керування, коли гідросистема відмовляє. Це дає водієві можливість керувати автомобілем, при цьому рульове керування функціонує як звичайна механічна система без додаткового підсилення.

У корпусі клапана керування також встановлений клапан запобіжний 10, який з'єднує лінії нагнітання та зливання в тому випадку, коли тиск у системі перевищує діапазон 7357,5 - 7848 кПа (75-80 кгс/см²). Це запобігає перегріву насоса і захищає деталі механізму від надмірних навантажень.

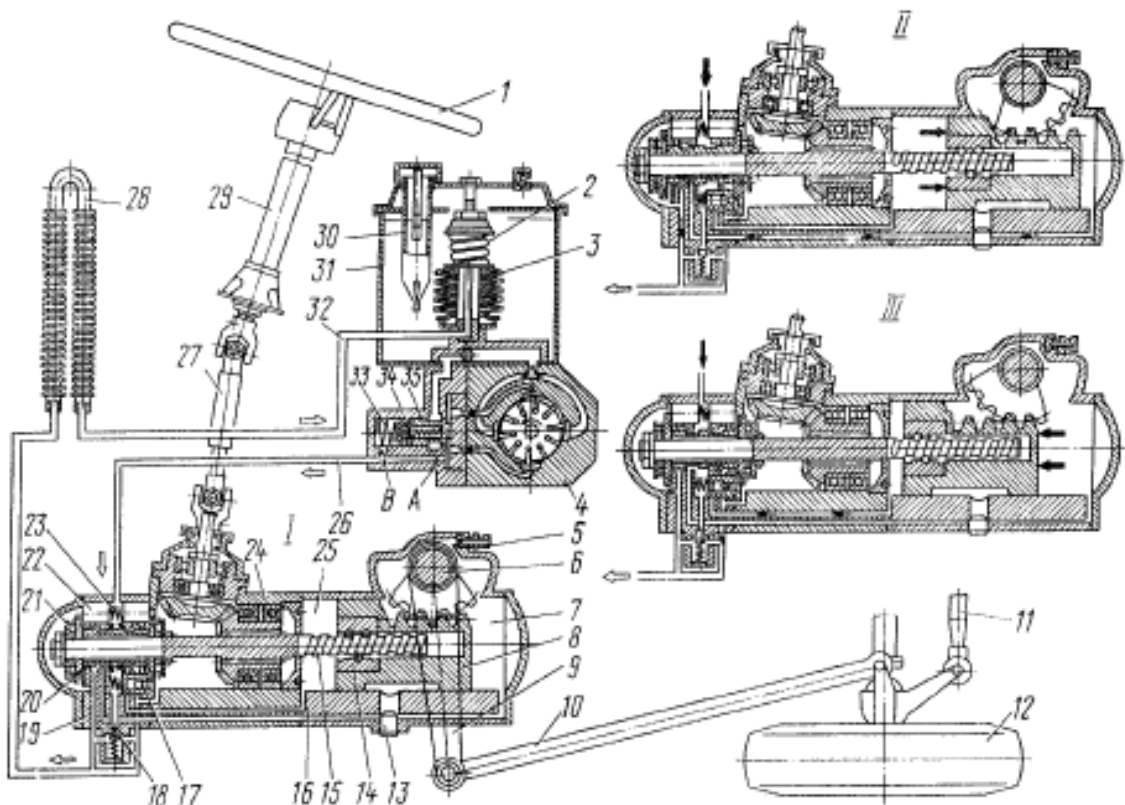


Рис. 1.3. Схема роботи гідро-підсилювача рульового керування автомобілів

Клапан запобіжний розміщений у відокремленій гільзі, що забезпечує можливість його перевірки, регулювання або заміни, якщо потрібно.

1.2 Аналіз технологічного процесу ремонту гідروідсилювача керма

Важливо запам'ятати, що при ремонті рульового механізму і інших складових частинах системи керування керма необхідно уникати відновлення деталей, які втратили свою працездатність через знос.

Перед проведенням перевірки і налаштування рульового механізму на автомобілі, відключіть рулеву тягу і вимкніть двигун. Попередньо переконайтеся у правильному балансуванні коліс, належному тиску повітря в шинах, наявності змащення в системі керування та підшипниках коліс, а також належному функціонуванні амортизаторів та коректному встановленні передніх коліс. Крім того, перевірте рівень масла в бачку гідроідсилювача, переконайтеся у відсутності повітря, відкладень та забруднень у системі, а також відсутності витіку масла на з'єднаннях трубопроводів масловідводу.

Не завжди можна виявити приховані несправності в системах керування автомобілів КамАЗ за допомогою звичайних методів. Серед найточніших і ефективних методів діагностики органів керування варто відзначити метод діагностики за фазовими портретами. Суть цього методу полягає у наступному. Органи керування з гідроідсилювачем, як динамічні системи, мають перехресні зв'язки між структурними параметрами (пошкодження та знос деталей) і вихідними параметрами (зміна зусиль при повороті). Залежно від технічного стану, взаємодіючі деталі органів керування можуть мати різну пружність (втрата пружності або поломка пружини), а їхнє взаємодіюче поведінка характеризується різними втратами внаслідок тертя (задири, пошкодження кульових пальців та вкладишів) і послідовним розвитком зазорів.

Неправильне налаштування з'єднань або наявність прихованих пошкоджень можуть впливати на зусилля повороту (на ободі кермового колеса) або тиск q в гідроідсилювачі (витік масла через нещільності або зазори), залежно від кута повороту кермового колеса. Тому, якщо записати залежність зміни зусиль P (або тиску) від кута φ на певній фазі (перед вибиранням всіх

зазорів і початку повороту коліс), то можна отримати циклічну діагностичну характеристику - фазовий портрет, розмір і форма якого будуть залежати від наявності прихованих несправностей. Наприклад, заїдання кермового механізму призведе до різкого зростання зусиль при невеликому тиску q , і навпаки, зазори у з'єднаннях механізму гідروпідсилювача і приводу спричинять збільшення кута повороту φ при незначному зусиллі, що буде діагностичним ознакою дефекту.

Для виявлення несправності механізму рульового слід виконати такі кроки по розбиранню: спочатку розкрутіть кріпильні болти і зніміть бокову кришку в зборі із валом сошки. Перед витягуванням вала сошки рекомендується попередньо очистити шліцьовий кінець валу.

Потрібно перевірити осьове зміщення регулюючого гвинта на валу сошки. Якщо зміщення перевищує 0,15 мм, виправте його, використовуючи регулюючу шайбу. Осьове зміщення регулюючого гвинта на валу сошки повинно бути в діапазоні 0,02 - 0,08 мм, і гвинт повинен плавно обертатися без заїдання. Кільце стопорне має повністю входити в канавку валу сошки. Це потрібно для надійної роботи з'єднання деталей цього механізму.

Якщо потрібно, замінити ущільнювальні кільця гвинта регулюючого, використовуючи оправку. Після відкручування кришки бокової валу сошки повинен вільно обертатися руками, та регулюючий гвинт повинен залишатися нерухомим.

Розкрутіть кріпильні болти та зняти кришку передню. В процесі виконання наступних операцій з розбирання та збирання необхідно пам'ятати, що відвинчування рульового механізму з шарикової гайки на більш як два оберти від середнього положення може призвести до випадання шариків та застрягання гвинта.

Розкрутіть кріпильні гайки, які утримують корпус клапану керування гідропідсилювача, та витягніть корпус уперед настільки, щоб його можна було повернути навколо гвинта, уникнувши контакту з шпильками корпуса кутового редуктора.

Перевірте ступінь затяжки гайки, яка утримує опорні підшипники, а також плавність обертання корпуса клапану керування відносно гвинта. Потрібний момент для повороту корпуса клапану керування має знаходитися в

діапазоні від 98,1 до 122,6 Нсм. Під час експлуатації можливе зменшення моменту обертання до 34,3 Нсм. Якщо встановлений момент не відповідає заданому діапазону, потрібно відрегулювати натяг гайки опорних підшипників.

Коли обертання корпусу клапана не відбувається плавно, рекомендується замінити підшипники. В процесі регулювання моменту затягування або заміни підшипників потрібно витиснути прокладки із гайки, які ввібрані у пазі гвинта, та відкрутити гайку, зафіксувавши ведучу шестерню редуктора кутового, щоб уникнути її обертання.

При знятті корпусу клапана управління слідкуйте щоб золотник і реактивні плунжери не випали, бо при заводській збірці їх підбирали індивідуально. Нетреба змішувати кільця упорних підшипників, зберігайте їх комплектність.

При зніманні корпусу клапана керування важливо уникати випадання золотника та плунжерів реактивних, оскільки в процесі заводського збирання вони були підібрані індивідуально. Не змішуйте кільця підшипників опорних то потрібно їх зберігати комплектом.

Перевірити за допомогою руки, наскільки плавно переміщаються реактивні плунжери та золотник у корпусі клапана керування гідропідсилювача. Якщо ви помічаєте заїдання або зміну необхідного зусилля для переміщення даних деталей, по кроково виймайте застрягаючі деталі, видаліть причину застрягання, промийте їх і поверніть на місце.

Проведіть перевірку герметичності клапана зворотного, заливаючи масло у його отвір. Допустиме витікання масла повинно бути обмежене окремими краплями.

Повернувши кріпильні болти та 2-і гайки, зняти редуктор кутовий, включаючи гвинт та поршень - рейку.

Використовуючи щипці, вийміть стопорне кільце та акуратно зняти кутовий редуктор з гвинта.

Перевірити, чи відсутнє осьове переміщення шариків гайки відносно поршня-рейки. У разі у разі потреби необхідно підтягнути або замінити 2-а установочних болти та повернути.

Проведіть перевірку встановлення шарикової гайки у середню частину гвинтової канавки. Гайка має безперешкодно повертатися на гвинті, і осьовий зазор між ними не має бути більшим ніж 0.3 мм.

Для заміни комплекту шариків необхідно передбачити наступні кроки:

Зніміть кришку або оболонку, яка захищає доступ до шариків.

Акуратно вийміть старі шарики зі своїх положень. При цьому дбайте, щоб не втратити їх і не пошкодити.

Осмотріть новий комплект шариків і переконайтеся в його відповідності потрібним характеристикам і розмірам.

Очистіть поверхні, на яких будуть розміщуватися нові шарики, від будь-яких забруднень або залишків попередніх шариків.

Установіть нові шарики на відповідні місця, дотримуючись потрібної орієнтації і правильного положення.

Переконайтеся, що шарики правильно впорядковані і гарно встановлені.

Закрийте кришку або оболонку, щоб забезпечити захист і фіксацію шариків на місці.

Це загальні кроки, які можуть знадобитися при заміні комплекту шариків. Докладніші інструкції можуть варіюватися залежно від конкретного типу апаратури або механізму, на якому виконується заміна.

1.3 Мета та основні задачі

У сучасному світі спостерігається тенденція до все більш широкого використання гідросистем у різних сферах економіки. Ці системи виходять на зміну більш розмірним та громіздким механічним аналогам, що мали аналогічні характеристики.

Автомобільна індустрія є однією з перших галузей, де поширено та активно розвивається використання гідросистем. Зменшення ваги автомобілів та підвищення їхньої продуктивності стали ключовими факторами впровадження гідравлічних систем в цій галузі.

У сфері автомобільного транспорту, гідросистеми виконують критично важливі функції, такі як керування транспортним засобом (рульове управління

та гальмівні системи) і передача потужності від двигуна до різних механізмів (наприклад, підйом кузова). Крім того, вони надають можливість автоматичного керування деякими системами (наприклад, автоматична коробка передач). Ці важливі механізми потребують постійного вдосконалення для забезпечення безпеки під час експлуатації автомобілів та їхніх механізмів.

Також важливо зазначити, що відповідальні гідравлічні системи не можуть бути відновлені на СТО чи АТП, а лише на спеціалізованих ремонтних заводах. Від їхнього ресурсу залежить робочий стан автомобіля та тривалість простою під час ремонту або заміни агрегатів. Гідропідсилювачі вантажних автомобілів працюють під навантаженням, яке створюється з одного боку від керуючих коліс, а з іншого від гідронасосу, якому потрібно подолати опір керованих коліс. Робочий тиск в цьому агрегаті становить 6,0 – 7,0 МПа, який діє на золотниковий механізм, корпус гідропідсилювача та поршень рейки, яка переміщується в корпусі. Постійні рухи золотника в корпусі клапану керування гідропідсилювачем, поршня рейки в корпусі та пересування шариків по канавкам між гвинтом та поршнем рейки спричиняють знос цих рухомих деталей, що найчастіше призводить до несправностей гідросистеми.

Основними проблемами, які виникають у гідросистемах, є зниження об'ємного коефіцієнта корисної дії (ККД) нижче норм, встановлених технічними умовами, порушення регулювання та погіршення керованості, а також граничні зноси деталей. Зношування деталей і старіння гумових ущільнень агрегатів і вузлів призводять до зовнішніх і внутрішніх витоків робочої рідини, що призводить до зниження об'ємного коефіцієнта корисної дії гідравлічних систем.

Забруднення та інші непотрібні частинки, які потрапляють до гідравлічної системи, спричиняють знос робочих поверхонь всіх деталей. Сторонні дрібні частки можуть проникати до гідравлічної системи через зношені ущільнення під час проведення технічного обслуговування забрудненим інструментом або під час розбирання агрегатів в умовах, де є багато пилу або бруду.

Метою цього дослідження є покращення надійності гідравлічних систем вантажних автомобілів сімейства КамАЗ. Для досягнення цієї мети у нашій роботі ми маємо наступні завдання:

Вивчити взаємодію тертя між деталями системи та визначити рівень зносу в цих парах.

Розглянути теоретичні причини зносу в деталях гідросистеми.

Провести практичні дослідження причин зносу деталей гідросистеми.

Вивчити умови експлуатації деталей в робочому середовищі.

Визначити основні несправності, що виникають у гідравлічних системах.

Наша робота спрямована на розуміння проблем, пов'язаних зі зносом та несправністю гідравлічних систем, та на пошук шляхів вирішення цих проблем для поліпшення ефективності та надійності автомобільних систем.

-

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Визначення основних причин зносу у відповідальних вузлах гідросистем

Згідно зі статистикою, найбільш поширеними несправностями в гідравлічних системах є проблеми, пов'язані з недостатньою ефективністю прицевійних пар і елементів ущільнення. Більшість відмов, включаючи вихід з ладу гідроагрегатів, виникають через неправильну роботу регулювальних і розподільних пристроїв.

Однією з найпоширеніших причин збільшення тертя, яке призводить до заїдання і виходу з ладу деталей регулювальних пристроїв золотникового типу, є захоплення тертьових поверхонь та фретинг-корозія. Цей процес представляє собою комбінацію абразивного зносу і корозії, що виникають на поверхнях металевих деталей, які піддаються вібраціям.

Найчастішою причиною зносу золотникової пари є неправильна заміна розхідних матеріалів (фільтрів або робочої рідини) у гідророзподільчому механізмі. Це призводить до зниження тиску на робочих органах, що впливає на продуктивність машини і знижує ККД. Самовільні переміщення або неправильна робота виконавчого механізму гідроприводу спричиняють збільшення тертя в розподільному механізмі. Тому аналіз умов функціонування і встановлення причин порушення роботи прицевійних пар є надзвичайно важливим при розробці заходів для підвищення надійності гідравлічних агрегатів.

До прицевійних пар входять рухомі з'єднання, зокрема золотникові пари, що використовуються в гідророзподільниках. Ці деталі мають циліндричні або плоскі поверхні з'єднання, виготовлені з високою точністю і чистотою, і мають зазори, які забезпечують щільне безконтактне ущільнення, без застосування манжет або кілець у якості ущільнюючих елементів.

Основними вимогами до золотникових пар є забезпечення високої стабільності малих сил тертя та висока герметичність. Для досягнення цих вимог необхідно забезпечити чистоту робочої рідини та наявність мінімальних,

не перевищуючих допустимого рівня, витоків робочої рідини через зазори між деталями під час роботи.

2.2 Фізичний зміст зносу золотникового механізму

Золотниковий механізм має виконувати важливу роль у гідросистемі, забезпечуючи її надійну роботу. Він є керуючим органом, який відповідає за правильну роботу системи. Більш того, золотниковий механізм піддається значному навантаженню в гідросистемах, оскільки працює під високим тиском, що створюється насосом, і приймає циклічні коливання робочої рідини, що спричиняє знос в цьому механізмі.

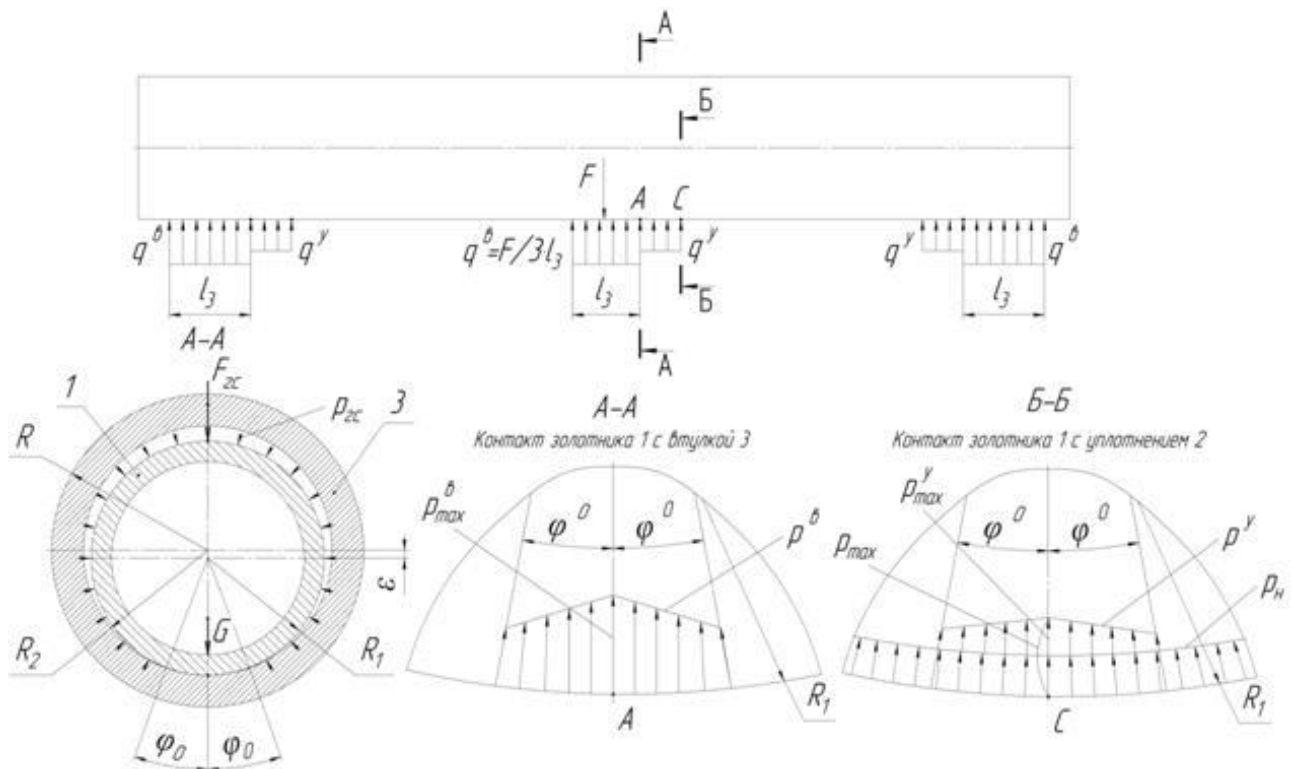


Рис. 2.1. Навантажувальна схема елементів гідро розподільника

Фретинг-корозія є пошкодженням, яке виникає на поверхнях металевих деталей через комбінацію механічного навантаження, мікроруку та корозійних процесів. Це особлива форма зносу, яка спостерігається у з'єднаннях, де сполучені поверхні піддаються невеликому амплітудному рухові або вібрації.

Процес фретинг-корозії відбувається на мікрорівні, де деталі зазнають циклічного навантаження. Навантаження може бути спричинене зовнішніми

факторами, такими як вібрація, мікрорух або навантаження, які виникають під час експлуатації системи.

Під дією навантаження на поверхні деталей відбуваються мікрорухи, що призводять до зниження окислювальної плівки, яка захищає метал від корозії. Це відкриває поверхню металу для корозійних процесів. В результаті утворюються окислові продукти, які заповнюють міжшарові проміжки і прикріплюються до поверхні, утворюючи абразивні часточки. Ці часточки подальше викликають знос і подряпини на поверхні деталей.

Фретинг-корозія може призвести до пошкодження поверхонь, виникнення тріщин та втрати механічної міцності деталей. Цей процес особливо активний в умовах високої вологості, наявності агресивних середовищ та в присутності корозійно активних матеріалів.

Для запобігання фретинг-корозії необхідно забезпечувати належну смазку, застосовувати захисні покриття на поверхнях, використовувати матеріали з високою міцністю та стійкістю до корозії, а також контролювати механічне навантаження та вібрацію в системі.

Гідроабразивне зношування є одним з видів зношування, яке виникає в результаті взаємодії рухомої рідини з поверхнею матеріалу. Цей процес відбувається у гідравлічних системах, де робоча рідина має велику швидкість та містить частинки твердих матеріалів (абразиви).

Під впливом рухомої рідини, абразивні частинки утворюють потік, який зішкрябає поверхню матеріалу. Цей процес може бути посилено обтіканням, ударом частинок або турбулентним рухом рідини. Гідроабразивне зношування може бути особливо інтенсивним у точках зіткнення рухомих деталей, кутах або ребрах, де зосереджена дія абразивних частинок.

Цей вид зношування може призводити до втрати матеріалу, зміни геометрії деталі, формування подряпин, тріщин або отворів. В результаті гідроабразивного зношування може знижуватись ефективність роботи гідравлічних систем, збільшуватись течі робочої рідини, погіршуватись керованість та зростати витрати на обслуговування та заміну деталей.

Для запобігання гідроабразивного зношування можуть застосовуватись різні заходи, такі як використання спеціальних абразивостійких матеріалів,

захисні покриття на поверхнях, оптимізація конструкції системи для зменшення турбулентного руху рідини, фільтрація робочої рідини для видалення абразивних частинок та регулярне обслуговування та очищення системи.

Гідроабразивне зношування є важливим аспектом, який потребує уваги при проектуванні, експлуатації та обслуговуванні гідравлічних систем, особливо в умовах, де робоча рідина містить абразивні частинки.

Абразивне зношування є процесом, при якому матеріал поверхні деталі поступово стирається або відшаровується в результаті взаємодії з твердими абразивними частинками. Цей процес може відбуватися в різних системах і механізмах, де присутні абразиви, такі як пил, пісок, частинки металу або інші тверді матеріали.

Абразиви взаємодіють з поверхнями матеріалів під впливом зовнішніх сил, таких як тертя, навантаження або вібрація. Ці сили сприяють руху абразивних частинок по поверхнях, що веде до поступового відшаровування або стирання матеріалу.

Процес абразивного зношування може мати кілька механізмів. Один з них - це механічне зношування, коли тверді абразиви діють як інструменти, стираючи матеріал з поверхні деталі. Цей механізм може бути подібним до дії шліфувального або поліруючого інструменту.

Крім механічного зношування, можливі інші механізми, такі як хімічне абразивне зношування або втомне абразивне зношування. У хімічному абразивному зношуванні хімічні реакції між абразивами і матеріалами можуть призводити до руйнування поверхні. Втомне абразивне зношування виникає в результаті повторюваних циклічних навантажень, які сприяють руйнуванню матеріалу.

Абразивне зношування може мати негативний вплив на працездатність і тривалість роботи деталей та механізмів. Воно може призводити до зниження точності роботи, зменшення ефективності, погіршення герметичності або навіть до виходу деталей з ладу.

Одним з методів боротьби з абразивним зношуванням є використання матеріалів з високою міцністю і зносостійкістю, а також застосування

спеціальних покриттів, які зменшують контакт між абразивами та поверхнею деталі. Також можуть застосовуватися системи змащення та фільтрації, що допомагають утримувати абразиви подалі від поверхні деталей.

2.3 Фізико-хімічний і кількісний склад продуктів зносу гідросистем

Фізико-хімічний і кількісний склад продуктів зносу гідросистем включає різноманітні речовини та частинки, які утворюються під час зношування матеріалів у гідравлічних системах. Ці продукти можуть бути різних типів і варіювати залежно від умов експлуатації та властивостей матеріалів, які зношуються. Деякі загальні типи продуктів зносу включають:

Абразивні частинки: Під час зношування матеріалів у гідросистемах утворюються мікроскопічні абразивні частинки. Це можуть бути тверді частинки, такі як пил, пісок або металеві фрагменти, які утворюються в результаті тертя і стирання поверхонь.

Металеві іони: Під час зношування металевих поверхонь можуть відшаровуватися металеві іони, які потрапляють у робочу рідину гідросистеми. Це може бути особливо помітним у випадку, коли зношуються металеві деталі, такі як поршні, втулки або вал.

Зносові фрагменти: Під час зношування можуть відбуватися відлущування або відшарування фрагментів матеріалів, що утворюють структурні частини деталей. Ці зносові фрагменти можуть бути різного розміру і форми, від мікроскопічних частинок до більших фрагментів.

Окиснення: Під дією робочої рідини та повітря у гідросистемі може відбуватися окиснення матеріалів, особливо металевих деталей. Це може приводити до утворення оксидних продуктів зносу, таких як ржавчина або інші окислі сполуки.

Кількісний склад продуктів зносу залежить від багатьох факторів, включаючи тип матеріалів, режим роботи гідросистеми, стан мастила та робочої рідини, а також умови експлуатації. Для визначення кількісного складу продуктів зносу можуть застосовуватися методи аналізу, такі як спектроскопія, мікроскопія, хроматографія та інші методи хімічного аналізу.

Розуміння фізико-хімічного і кількісного складу продуктів зносу гідросистем є важливим для діагностики стану системи, виявлення несправностей, оцінки тривалості роботи деталей та встановлення причин зношування. Також ця інформація може використовуватися для вдосконалення конструкцій, вибору оптимальних матеріалів та розробки стратегій підтримки та обслуговування гідросистем.

2.4 Енергія взаємодії поверхнево активних молекул оливи в адсорбційному шарі

В процесі, коли рідкі змащувальні середовища потрапляють в зону впливу силового поля поверхонь що труться, дивлячись інше фізичне явище. В процесі впливу силового поля пари тертя, що діють як диполі, будуть орієнтуватися вздовж вектора напруженості цих зовнішніх полів та адсорбувані на поверхні. Після утворення молекулярного шару, коли силове поле на поверхні тертя стає екранованим, головну роль відіграє взаємодія молекул у вигляді диполь-дипольного взаємодії, що може змінювати їх відносне розташування в різних напрямках. Фізичне уявлення про орієнтацію пар тертя буде подібне до того, що показано на рисунку 2.2.

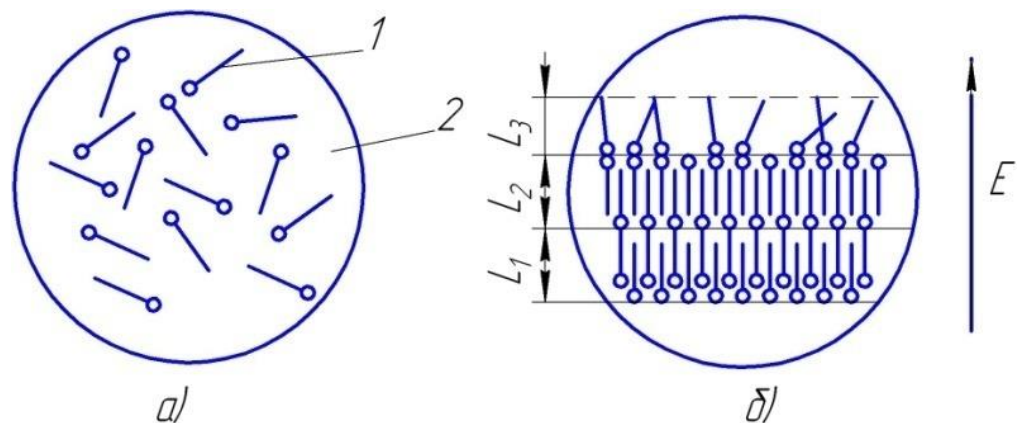
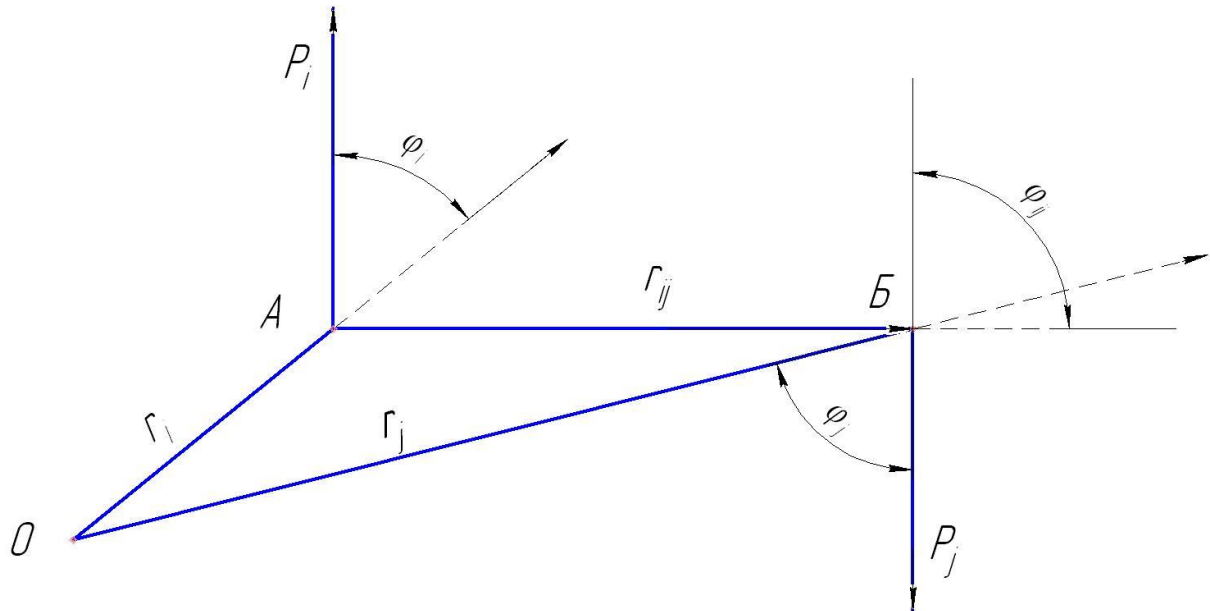


Рис. 2.1. У рідких змащувальних середовищах розташування пар тертя (диполів)

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.

Давайте проведемо енергетичну оцінку процесу взаємодії молекул тertia, коли вони піддаються впливу поля силового. Для того розберем процес взаємодії 2-ох диполів, позначених як і , які перебувають в точках А і Б, зображених на рисунку 2.2. Даний взаємозв'язок можливий як у випадку однаково спрямованих диполів, так і у випадку протилежного розташування.



2.2 Орієнтація ПАР в системі координат

Як раніше зазначав, що диполь електричний робить електростатичне поле в навколишньому просторі, має важливу оцінку енергії взаємодії при їх зближенні. Припустимо, що система двох диполів прагне досягти мінімального енергетичного стану. В даному випадку енергія цих 2-ох диполів може визначатися в векторним форматом, який має такий вигляд:

$$W_{ij} = -\vec{P}_i \cdot E_q(\vec{q}_j, \vec{r}_{ij}) = \frac{\vec{P}_i \cdot \vec{P}_j \cdot r_{ij}^2 - 3 \cdot (\vec{r}_{ij} \cdot \vec{P}_j) \cdot (\vec{r}_{ij} \cdot \vec{P}_i)}{r_{ij}^3} \cdot \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon \cdot \epsilon_0} \quad (2.1)$$

Використавши рівняння W_{ij} за зразком взаємодій 2-ох рівноцінних диполів в процесі, коли $|\vec{P}_i| = |\vec{P}_j| = |\vec{P}|$ та за умови, коли мають напрямок однаковим однаковим впливом силового поля поверхні тertia.

Тоді $\varphi_{ij} = \varphi_j - \varphi_i = 0$, (рис. 2.3.).

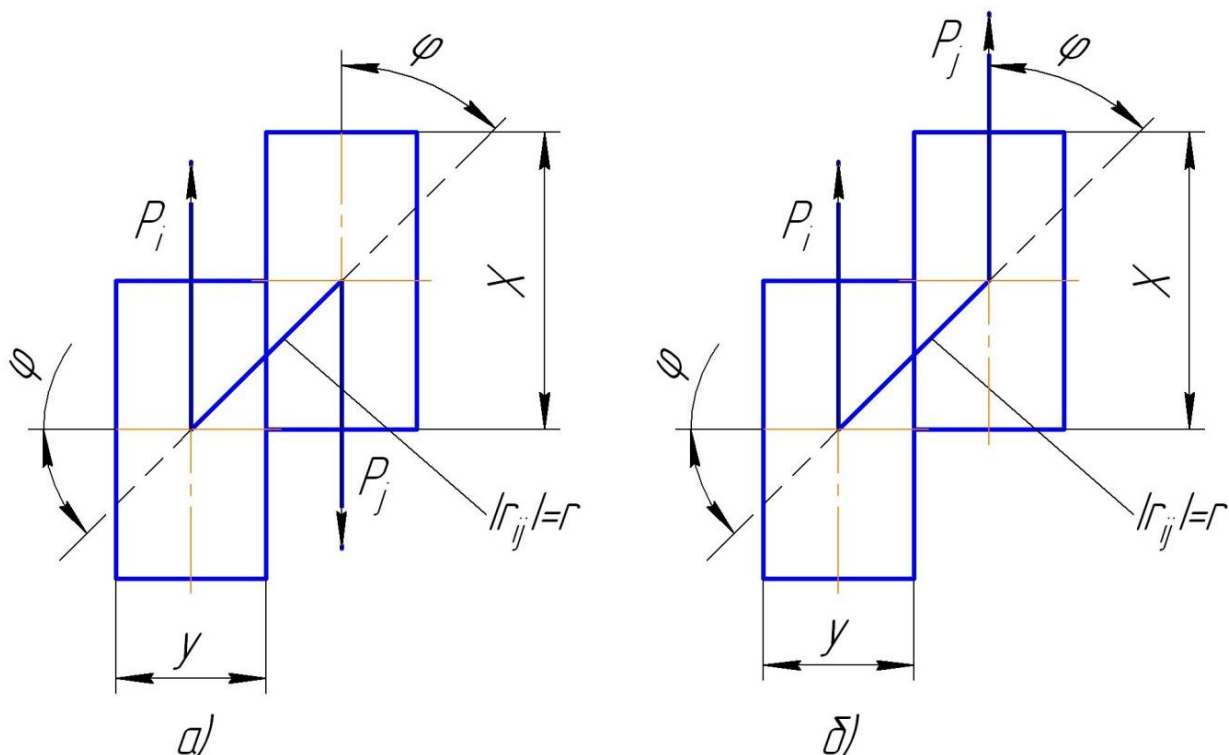


Рис. 2.3. Взаємодія 2-ох молекул тар тертя в процесі впливу поля силового.

а) одного напрямку.

б) різного напрямку.

Позначимо $|\vec{r}_{ij}| = r$, далі вираз для розрахунку енергії взаємодії 2-ох диполів матиме наступний вигляд:

Для диполів, котрі мають однаковий напрямок, розглянемо наступний випадок.

$$W_{ij}^1 = \frac{P^2 \cdot (1 - 3 \cdot \cos^2 \varphi)}{r^3} \cdot \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0} \quad (2.2)$$

Розглянемо випадок, коли диполі мають протилежний напрямок.

$$W_{ij}^2 = \frac{P^2 \cdot (1 - 3 \cdot \cos^2 \varphi)}{r^3} \cdot \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0} \quad (2.3)$$

Окрім попереднього із рис. 2.3. маємо $r = \frac{y}{\sin \varphi}$, і $\varphi_{\min} = \arctg Y/X$.

Провівши аналіз функцій $W_{ij}^1, W_{ij}^2 = W_{ij}(\varphi)$ на екстремум з інтервалом кута $\varphi = \varphi_{\min} \div \varphi_{\max}$, відповідно $\varphi_{\max} = \pi - \varphi_{\min}$, розрахували, що максимальне

значення функцій W_{ij}^1, W_{ij}^2 що має, при даному куті $\pi/2; 43,56^\circ$, та мінімум значень коли $43,56^\circ, \pi/2$.

Проведемо аналіз як змінюється енергія взаємодії молекул пар тертя при зміні кутів між ними. $\varphi = \varphi_{min} \div \varphi_{max}$, для 2-ох взаємних положень, як показано на рисунку 2.3, розглянемо значення дипольного моменту пар тертя, що приймається рівним 10^{-29} Кл·м.

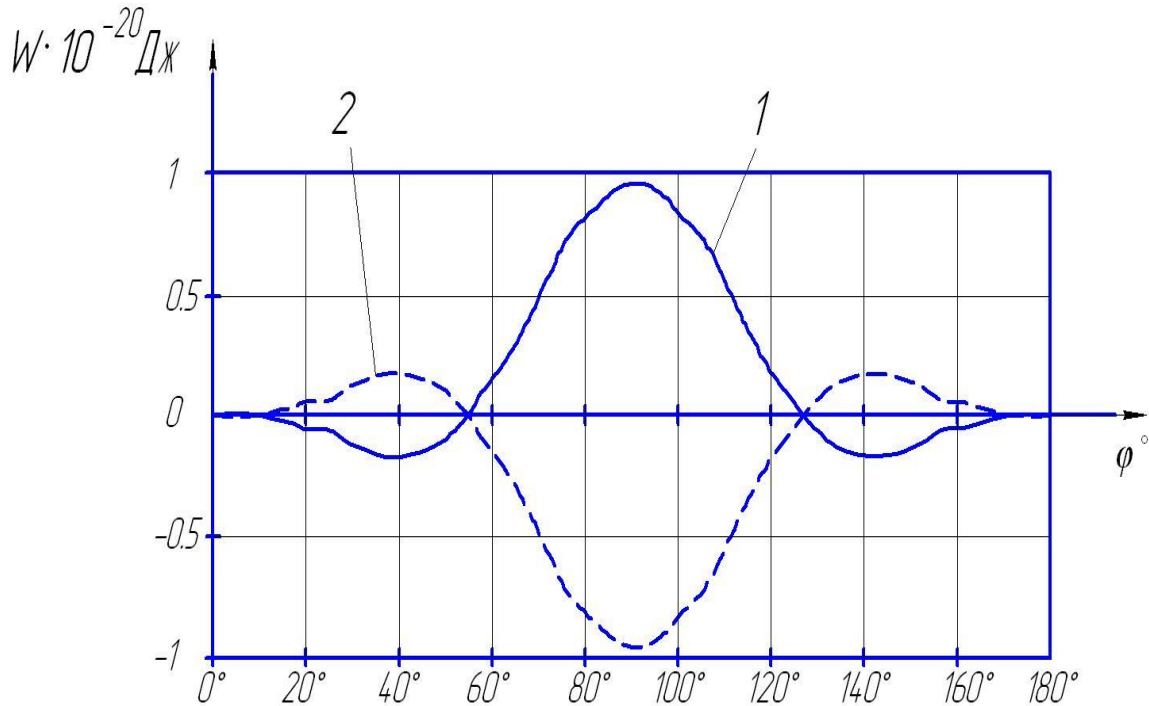


Рис. 2.4. Енергія взаємодії молекул пар тертя за кутом φ :

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

Як можна побачити на рис. 2.4, функція енергії взаємодії для двох ситуацій має змінний знак. Відповідно з класичною електростатикою, позитивне значення енергії будуть відповідати силі відштовхування молекул, а негативні значення вказують на притягання. У двох відносних положеннях функції енергії мають три характеристичні інтервали. Для першого відносного положення молекул існує один діапазон кутів, в якому спостерігається відштовхування молекул, а також два діапазони, в яких відбувається притягання молекул.

Для другого відносного положення функція дзеркально відображається. Енергія взаємодії молекул має максимальне абсолютне значення в обох

випадках при куті $\pi/2$. Однак, у другому положенні це значення відповідає притяганню молекул.

2.5 Розроблення теоретичних основ підвищення ресурсу гідросистем

Ресурс гідроагрегатів автомобіля будемо визначати шляхом оцінки швидкості зношування їх тертвних вузлів, і це можемо встановити з використанням даного рівняння:

$$T \approx \frac{\eta_0 - \eta_{\min}}{\operatorname{tg} \alpha} \approx \frac{2 \cdot S_{mp} \cdot (k_{\text{вз}} + 1) \cdot H_{\mu} \cdot (\eta_0 - \eta_{\min})}{N \cdot f_{mp} \cdot v_{\text{від}}}, \quad 2.4$$

На основі фізичного аналізу виявлено, що при обробці робочої рідини (оливу) з використанням зовнішнього електричного поля спостерігається збільшення адсорбційних процесів на поверхнях продуктів зносу та тертя. Це призводить до формування оболонки, що містить поглинні речовини (ПАР), на поверхні продуктів зносу. Схематичний розподіл силової лінії напруженостей на поверхні частина зносу під дією електростатичного поля. Цей процес призводить до перерозподілення поверхневого заряду і виникнення індукованого внутрішнього локального електричного поля. Значення напруженості даного поля можна визначити за допомогою закону Гаусса.

$$E_{\text{ін}} = -\operatorname{grad} \varphi_{\text{ін}} = \frac{E_{\text{зн}} (2R^3 \cos \theta + r^3)}{r^3}, \quad 2.5$$

В реальності поверхні частинок зношування не являються абсолютно гладкою, а мають мікронерівності, їх можливо представити у вигляді набору сходинок, розмір яких порівняний із розміром граней кристалів (див. рисунок 2.6). Для опису напруженості індукованого локального поля на поверхні частинки використовується вираз, базований на законі еквіпотенціальних поверхонь.

$$E_{in} = \frac{E_{зв} (2R^3 \frac{R}{r_{лок}} \cos\theta + r^3)}{r^3}, \quad 2.6$$

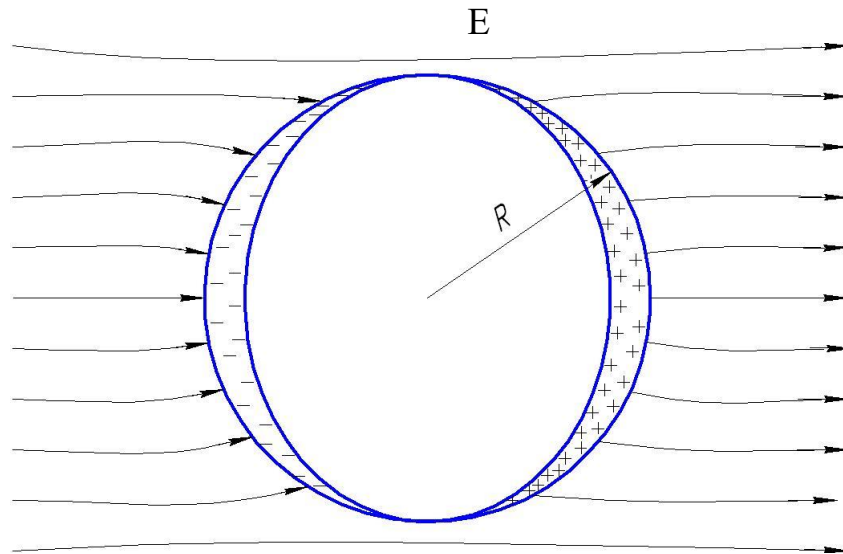


Рис. 2.5. Частинка зносу в електричному полі

Згідно з цією залежністю, на поверхнях частинок зносу виникають локальні поля, інтенсивність яких пропорційна відношенню $\frac{R}{r_{лок}}$.

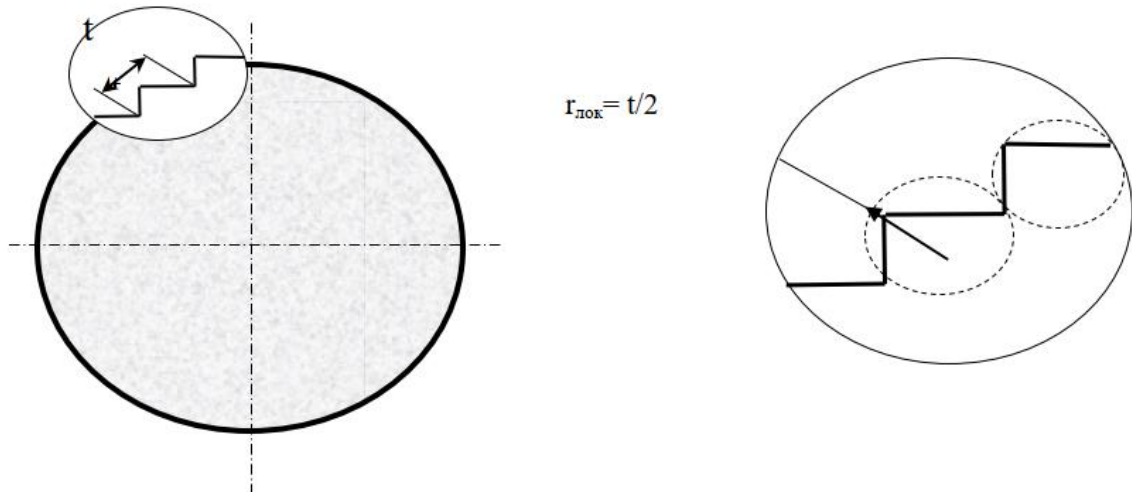


Рис.2.6. Частинка зносу має сферичну форму і поверхню з характерними ступінчастими переходами.

Рисунок 2.7 демонструє зміну напруження поля на поверхні частинки.

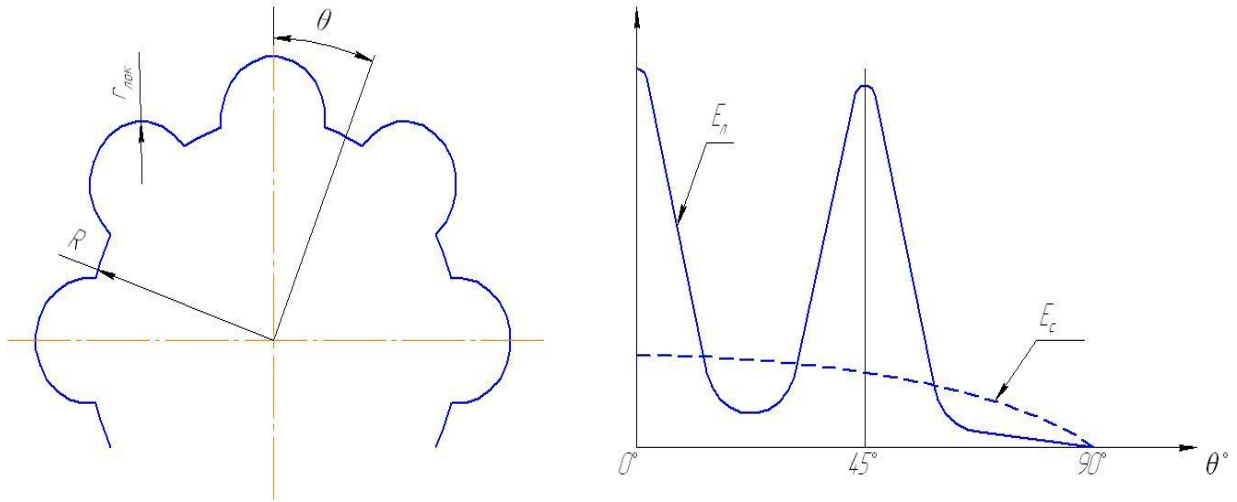


Рис. 2.7. Напруженість електричного поля на частинці зносу.

Залежність, яку ми отримали, дозволяє визначити електричний дипольний момент продукту зносу, що покритий оболонкою поверхнево активних речовин.

$$P_{\text{Н\AA}} = \frac{4 \pi \cdot q \cdot R^3}{S_{\text{і\AAР}}} \cdot \left[2 + \left\{ \sqrt[3]{\frac{2 \cdot \frac{R}{r_{\text{еі\AA}}} \cdot E_0 \cdot p}{kT - pE_0} - \left(1 + \frac{r_{\text{еі\AA}}}{R}\right)} \right\} \right], \quad 2.7$$

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

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

$$p \approx 10^{-29}, \text{ Кл}\cdot\text{м};$$

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

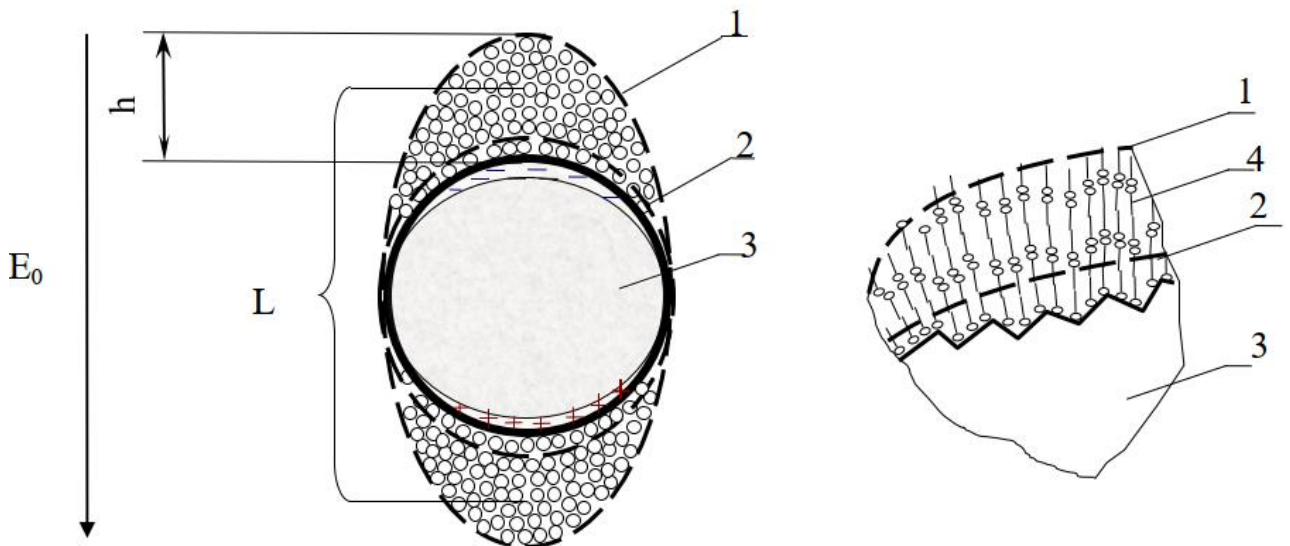


Рис. 2.9. Частинка зносу вкрита шаром молекул поверхнево-активних речовин.

Циркуючи разом з потоком робочої рідини, продукти зносу, покриті оболонкою поверхнево активних речовин, потрапляють в зазори вузлів тертя, і в умовах конкурентної фізичної адсорбції такі частинки в першу чергу адсорбуються на поверхнях тертя, що призводить до збільшення фактичної площі контакту пар тертя рисунок 2.10.

Рухаючись разом із потоком робочої рідини, продукти зносу, які мають оболонку поверхнево-активних речовин, потрапляють в зазори між тертями. В процесі фізичної адсорбції конкурентної, вони в першу першу чергу адсорбуються на поверхнях тертя, яке доводь для покращення ефективного контактної контакту пар тертя, як показано на рисунку 2.9.

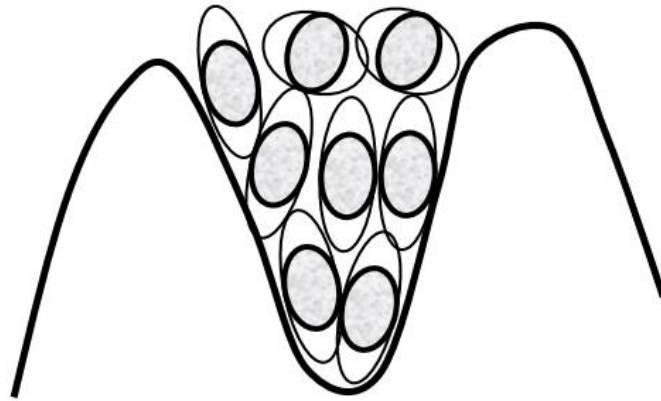


Рис. 2.9. В умовах електрообробки робочої рідини, змащувальний шар, що утворюється на поверхнях тертя, може бути впливований електричними засобами.

Можна виразити співвідношення ресурсу вузла тертя гідросистеми із використанням електро-обробки рідини робочої t_E і без неї t_0 , враховуючи залежність, таким чином:

$$\frac{t_E}{t_0} = \frac{2 \cdot S_{mpE} \cdot (k_{\epsilon z E} + 1) \cdot H_{\mu} \cdot (\eta_{0E} - \eta_{\min E}) \cdot N_0 \cdot f_{mp} \cdot v_0}{N_E \cdot f_{mpE} \cdot v_{\text{від}E} \cdot 2 \cdot S_{mp} \cdot (k_{\epsilon z} + 1) \cdot H_{\mu} \cdot (\eta_0 - \eta_{\min})} = \frac{S_{mpE}}{S_{mp}}, \quad 2.8$$

Залежність набуває вигляду, враховуючи площу фактичного контакту, а також мікрогеометрію поверхонь тертя та розміри продуктів зносу.

$$\frac{t_E}{t_0} = \frac{0,63 \cdot t^2}{\sqrt[3]{d^4 \cdot R_m^2}}, \quad 2.9$$

Згідно зі залежністю, впливає, що обробка робочої рідини з частинками зносу відповідного діапазону екстернальним електричним полем дозволяє збільшити ресурс пар тертя гідросистем в діапазоні від 1,9 до 4,4 разів.

На зображенні 2.10 зображено графік ресурсу пар тертя гідроагрегатів від розміру частинок зносу при обробці масла при допомозі зовнішнього електричного поля, при чому значення t дорівнює 11 мкм, а R_m - 8 мкм.

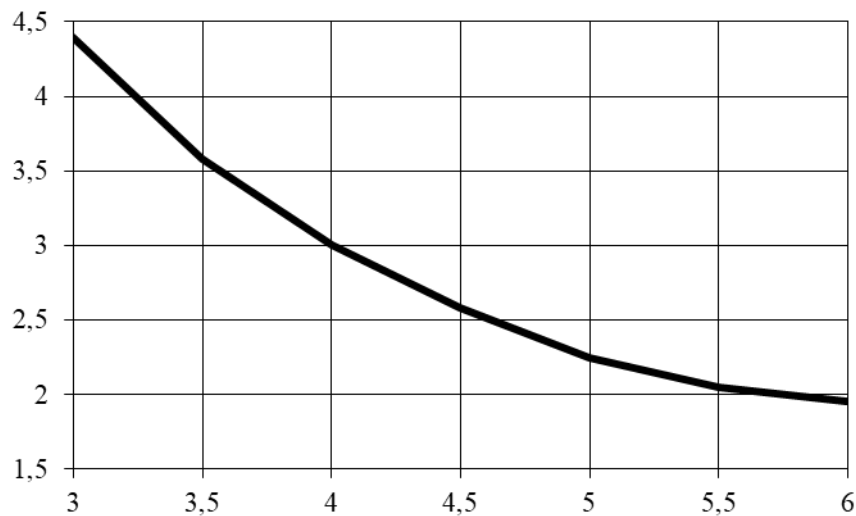


Рис.2.10. Залежність між ресурсами пар тертя гідроагрегатів в процесі обробки оливи з використанням електрообробки та без неї, враховуючи розміри частинок зносу.

2.6 Опис техніки та висновки, отримані під час досліджень швидкості зношування при обробці робочої рідини з використанням зовнішнього електричного поля

Для здійснення досліджень експериментальних було розроблено установка, яка відображена на рисунку 2.11. Ця установка забезпечує режим навантаження, які відповідають умовам роботи реальних гідроагрегатів, що застосовуються в технічних системах.

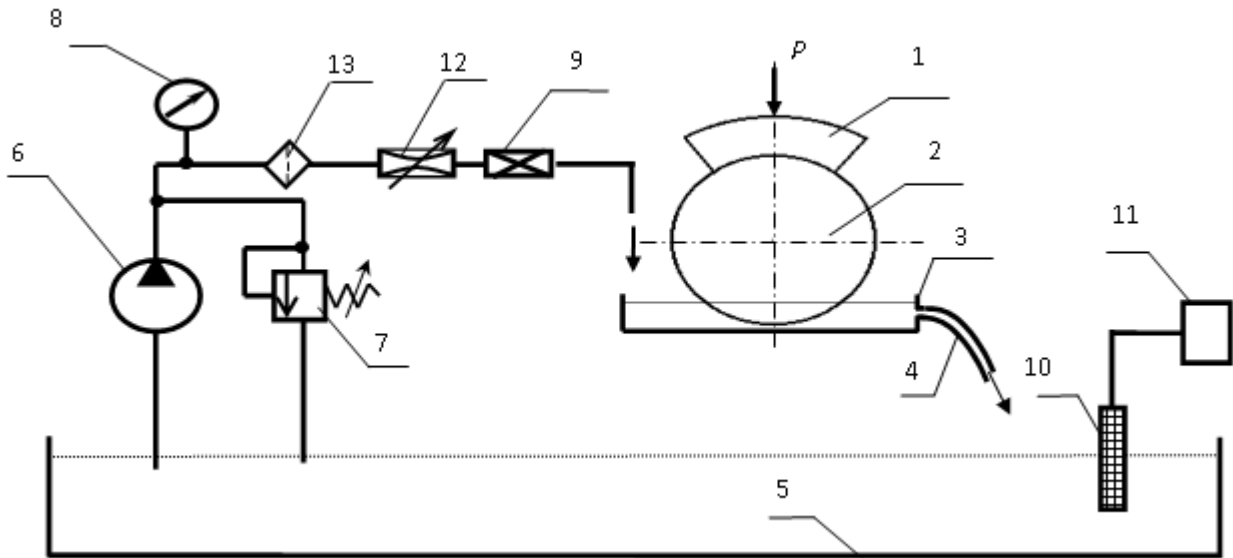


Рис. 2.11. Структура лабораторної установки для тестування зразків за схемою "ролик-колодка".

1 – колодка; 2 – ролик; 3 – ємність з оливою; 4 – зливний патрубков; 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.

Перед початком досліджень експериментальних було зафіксовано незмінні значення факторів.

швидкість руху робочої рідини у пристрої – 6 м/с;

температура робочої рідини у резервуарі насосної станції – 70 °С;

тиск при контакті – 8 МПа;

швидкість, з якою ролик ковзає – 0,3 м/с.

Показник тиску у контакті та швидкості ковзання ролику забезпечить оптимальне змащування пар тертя усьому діапазоні експерименту.

Головною метою дослідження швидкості зносу з'єднань пар тертя гідроагрегатів було встановлення закономірності, яка може бути описана функцією, залежно від наробітку робочої рідини.

$$V_U = f(E, T) \quad (2.10)$$

На основі отриманих результатів досліджень було побудоване рівняння регресії, яке описує закономірність зміни швидкості зносу колодки в дослідному діапазоні, в залежності від напрацювання робочої рідини та напруженості зовнішнього електростатичного поля.

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

Графічне представлення рівняння регресії можна знайти на рисунку 2.12.

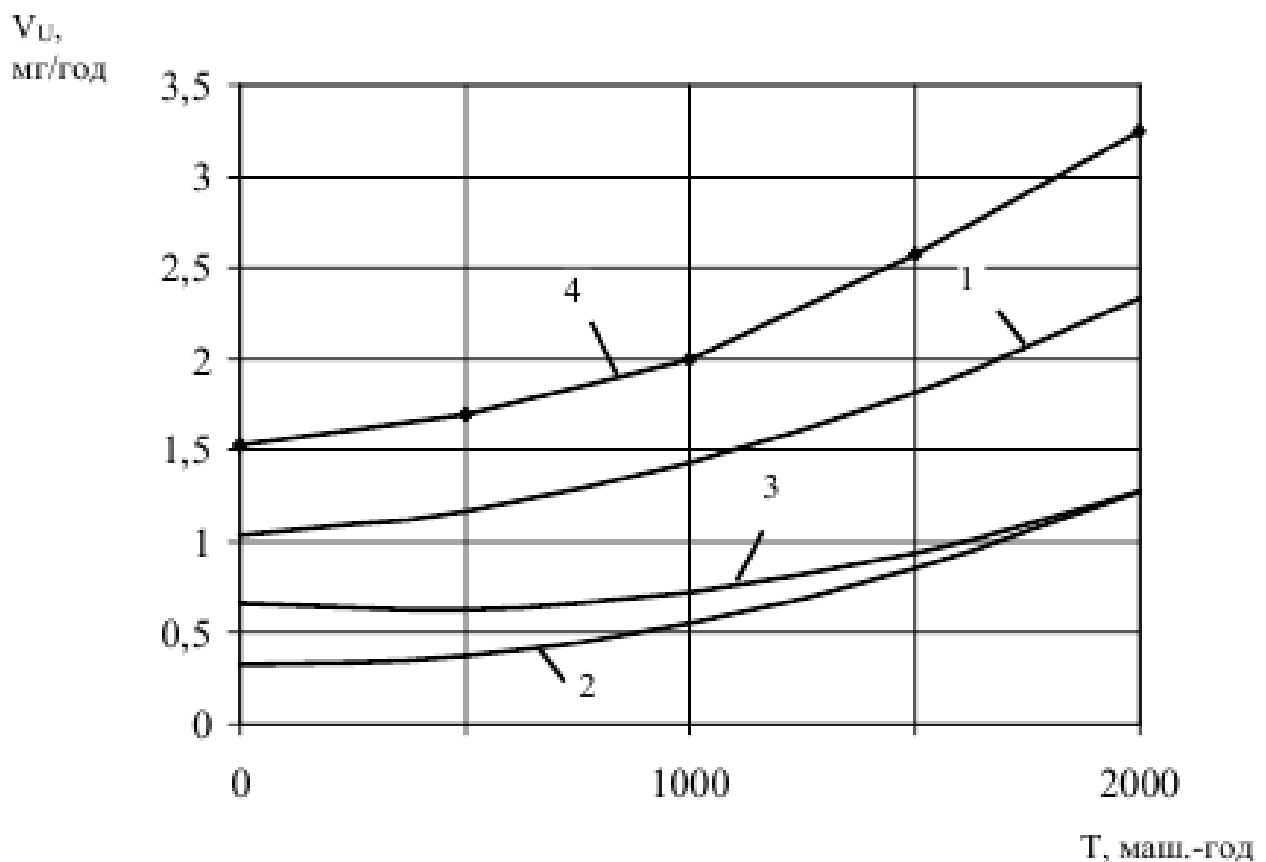


Рис. 2.12. Зміна швидкості зносу колодки в часі

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

Результати дослідження показали, що при зростанні наробітку робочої рідини швидкість зносу збільшується нелинійно як для необробленої, так і для обробленої робочої рідини, як показано на рисунку 2.12. При необробленій

робочій рідині швидкість зношування збільшується з 1,5 мг/год до 3,25 мг/год протягом періоду роботи 2000 маш.-годин, що виявляється зростанням більш ніж в 2 рази. Цей факт підтверджується кривою 4 на рисунку 2.12. Коли робоча рідина, на яку впливає електростатична обробка, зростання швидкості зношування у часі також залежить від напруженості зовнішнього поля.

При зовнішньому полі з напруженістю $0,5 \cdot 10^6$ В/м, спостерігається збільшення швидкості зносу в 2,3 рази протягом 2000 маш.-годин, що підтверджується графіком 1 на рисунку 2.13. Аналогічно, при зовнішньому полі з напруженістю $1,5 \cdot 10^6$ В/м.

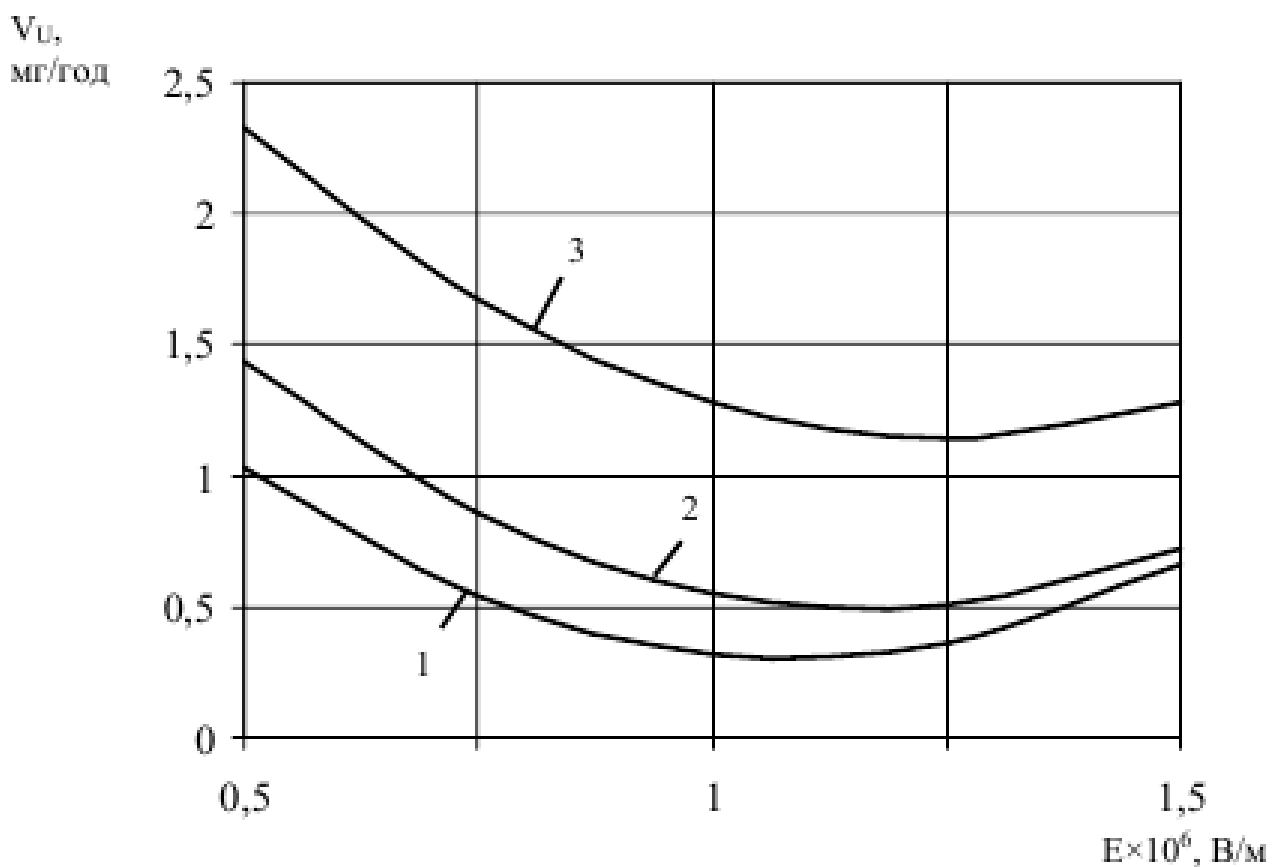


Рис. 2.13. Залежність швидкості зношування колодки від напруженості зовнішнього поля:

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

Цікавим фактом є те, що зі збільшенням контактного тиску зростає ефективність обробки робочої рідини ЕП.

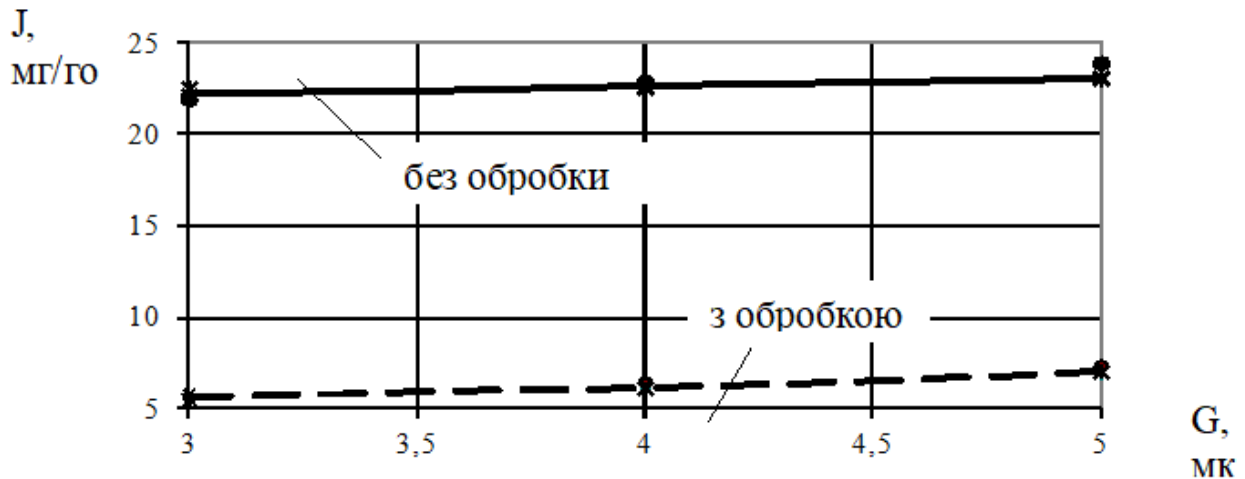


Рис.2.14. - Зміна швидкості зношування пар тертя насосів залежно від тонкості фільтрації при тиску в контакті $P = 8,33$ МПа

Експериментальні дослідження, що були проведені, підтверджують основні теоретичні принципи.

Рис. 2.14 відображає співвідношення швидкості зношування із обробкою робочої рідини електричним полем та без неї у залежності від розмірів часток зношування, відповідно до результатів теоретичних та експериментальних досліджень.

Рисунок 2.15 показує, що різниця між результатами теоретичних та експериментальних досліджень не перевищує 12%.

Для оцінювання швидкостей зношування зразку використовувався критерій втрати маси під час випробування, який був виміряний за допомогою терезів ВЛР-200.

В роботі була представлена методика та результати експлуатаційних досліджень пластинчастих насосів. Цей тип насосів широко застосовується в гідроприводі різних гідросистем автомобілів. Щоб здійснити випробування, було розроблено та встановлено пристрій для обробки робочої рідини зовнішнім електричним полем, який був вбудований у зливну магістраль гідропривода. Для оцінки впливу електричного поля на швидкість зношування пари тертя, було обрано швидкість зниження коефіцієнта подачі насосу як критерій. Вимірювання величини КП проводилися гідротестером через кожні 50 годин роботи насоса.

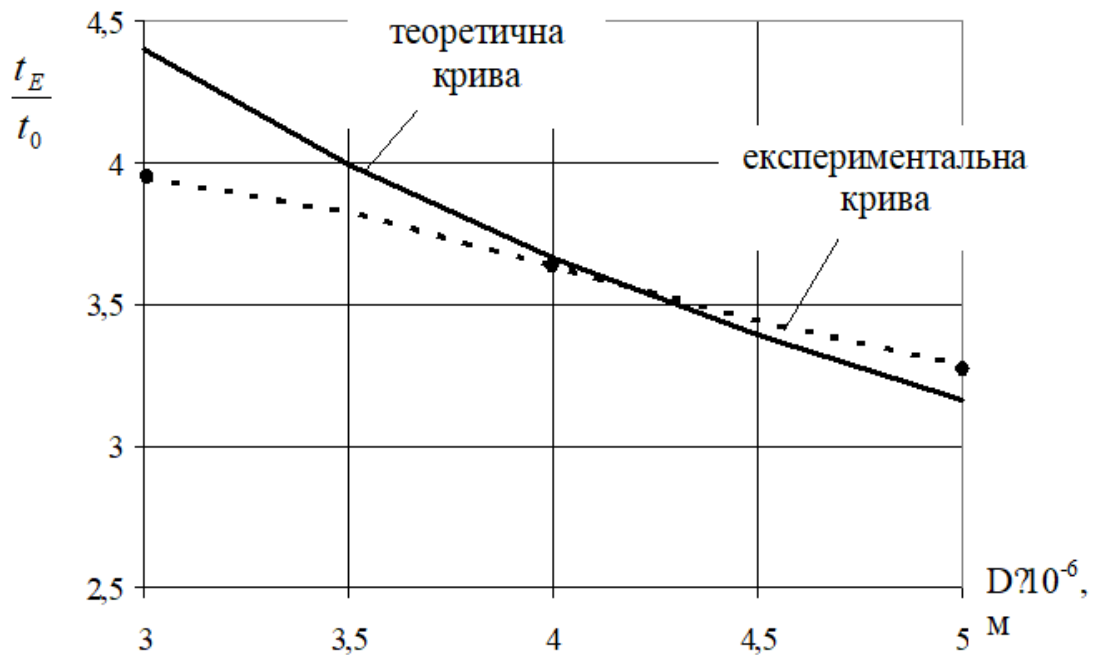


Рис. 2.15. Порівняння між теоретичними та експериментальними співвідношеннями швидкості зношування.

Рисунок 2.16 містить результати даних досліджень, з яких випливає, що по встановленню обладнання для опрацювання результатів електричного поля швидкість зниження КП зменшилася на 56,58%. Це в свою чергу призвело до збільшення ресурсу насоса у 1,74 рази. Цей ефект обумовлений зниженням швидкості зношування пари тертя.

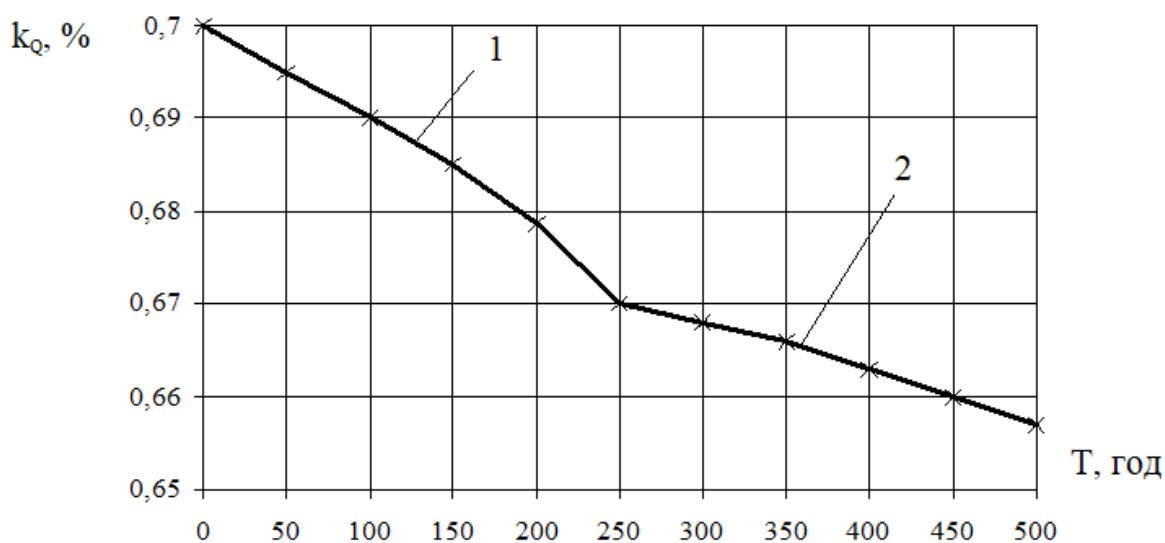


Рис. 2.16. Під час роботи насоса відбувається зміна коефіцієнта подачі.
1 - без опрацювання результатів електричного поля; 2 - з опрацюванням результатів електричного поля.

2.7 Можливі несправності та методи усунення гідросистеми рульового керування

У таких випадках важливо мати на увазі різноманітні методи усунення несправностей, щоб забезпечити безперебійну роботу гідросистеми та надійне керування автомобілем. У даному вступі ми розглянемо можливі несправності, з якими можна зіткнутися у гідросистемі рульового керування, а також ознайомимося з різними методами їх усунення, що дозволить забезпечити безпеку та надійність керування автомобілем.

Таблиця 2.1. – Несправності та методи їх усунення в гідро підсилювачі керма

Зовнішні признаки несправності	Причина несправності	Усунення несправності
1	2	3
Нестійкий рух автомобіля на дорозі	Великий вільний хід рульового колеса Зношені деталі гвинтової пари рульового механізму Заїдання золотника чи реактивних плунжерів в корпусі клапана керування гідропідсилювачем	Відрегулювати вільний хід рульового колеса Замінити комплект шариків пари Промити клапан
Повна відсутність зусилля гідропідсилювача	Зламана пружина клапана в насосі, відкрутилося сідло запобіжного клапана, несправність зворотного клапана	Розібрати насос, замінити пружину, закрутити сідло запобіжного клапана, промити насос, встановити негерметичність зворотного клапана

1	2	3
Зусилля на рульовому колесі не однакове при поворотах	Пошкоджені внутрішні ущільнення гвинта і поршня рульового механізму	Замінити несправні деталі ущільнювачів гвинта і поршня
Рульовий механізм заклинює при поворотах	Знос деталей з'єднання регулювального гвинта з валом сошки чи зубчастого зачеплення рульового механізму	Відрегулювати осьовий зазор в з'єднанні підбором регулювальних шайб, замінити рульовий механізм
Стук в рульовому механізмі	Підвищений зазор в зубчастому зачепленні Не затягнуті гайки болтів бокової кришки	Відрегулювати зазор регулювальним гвинтом Затягнути гайки
Стук в карданному валу рульової колонки	Не затягнуті гайки клинів кріплення вилок карданного вала чи зношено шліцьове з'єднання	Затягнути гайки, замінити зношені деталі
Підвищений шум в роботі насосу	Недостатній рівень масла в бачку Наявність повітря Забруднений фільтр	Долити масло в бачок до норми Видалення повітря Промити чи замінити фільтр
	Пошкоджені внутрішні ущільнення рульового механізму	Замінити несправні деталі ущільнення

1	2	3
Нерівномірна робота гідропідсилювача	Недостатній рівень масла Великий натяг в зубчастому зачепленні рульового механізму Насос не розвиває необхідної продуктивності	Долити масло в бачок до рівня Видалити повітря з системи За допомогою регульовального гвинта відрегулювати рульовий механізм Промити фільтр, розібрати насос, перевірити його деталі
	Підвищення витікання масла в рульовому керуванні	Розібрати механізм, замінити ущільнюючі кільця
	Періодичне зависання перепускнуго клапана	Розібрати насос промити ацетоном перепускнуий клапан і отвір в кришці насоса, очистити їхні робочі поверхні від задирів і зайвих частинок
	Ослабла затяжка гайки упорних підшипників гвинта рульового механізму	Відрегулювати затяжку гайки
	Порушене регулювання пружини запобіжного клапана	Відрегулювати клапан

1	2	3
Викидання масла через запобіжний клапан	Високий рівень масла Забруднений фільтр	Злити зайве масло Промити чи замінити фільтр
Постійне падіння рівня масла в бачку	Витікання масла в двигун в наслідок пошкодження манжети валу насоса	Зняти насос з двигуна і замінити манжету

2.8 Способи виявлення несправностей гідросистеми рульового керування

Застосування традиційних методів для виявлення прихованих несправностей у системі рульового керування автомобілів КамАЗ не завжди є ефективним. Однак, для точного і результативного діагностування рульового керування існують спеціальні методи і засоби, зокрема метод діагностування за фазовими портретами. Суть цього методу полягає в наступному.

Для системи рульового керування з гідропідсилювачем, яка є динамічною системою, характерні взаємозв'язки між структурними параметрами (спрацювання та пошкодження деталей) і вихідними параметрами (зміна зусилля на повороті). У залежності від технічного стану, спряжені деталі рульового керування мають різну пружність, таку як усадка або поломка пружини, а їхнє взаємодію характеризують різні втрати через тертя, такі як задирки, сколювання та спрацювання кулькових пальців, а також послідовне вибирання зазорів.

Неправильне налаштування з'єднань або наявність прихованих пошкоджень може призводити до зміни зусилля P повороту на ободі рульового колеса або тиску q в гідропідсилювачі, що може виникнути через протікання масла через нещільності або зазори, залежно від кута повороту рульового колеса. Тому, якщо зафіксувати явища за допомогою самописців і датчиків, залежність зміни зусилля P (або тиску) від кута j на певній фазі, до вибору всіх

зазорів і початку повороту коліс, можна представити у вигляді циклічної діагностичної характеристики - фазового портрету, розмір і форма якого будуть залежати від наявності прихованих несправностей. Наприклад, заїдання рульового механізму призведе до різкого зростання зусилля при невеликому значенні q , і навпаки, зазори в з'єднаннях механізму гідропідсилювача та зчленуваннях приводу призведуть до збільшення кута повороту φ при невеликому зусиллі, що буде діагностичним показником дефекту.

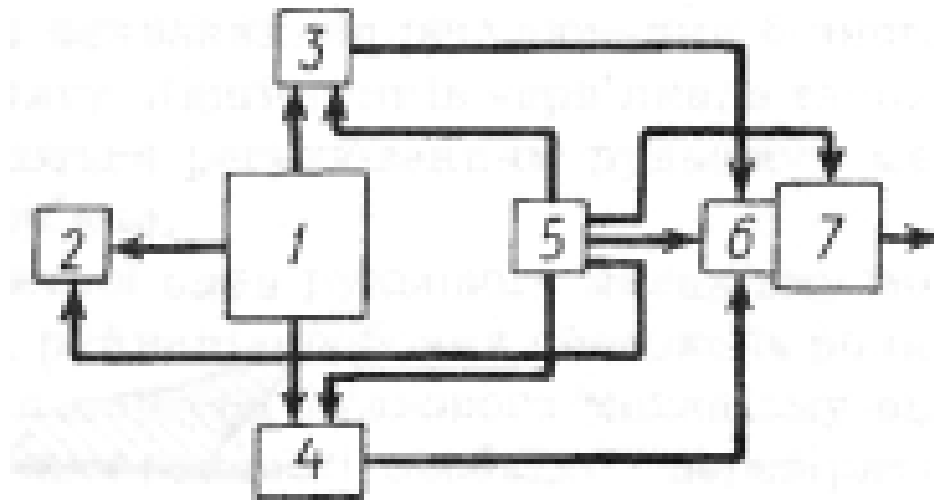


Рис. 2.16. Схема установки для діагностування рульового керування автомобілів КамАЗ:

1-рульове керування з гідропідсилювачем; 2-пристрій повороту рульового колеса; 3,4-датчики кута повороту і зусилля на рульовому колесі (або тиски робочої рідини гідропідсилювача); 5-блок живлення з випрямлячем і стабілізатором; 6-підсилювач; 7-двокоординатний самопис.

Схематичне зображення установки для діагностування рульового керування автомобілів КамАЗ можна побачити на рисунку 2.16. Для здійснення повороту рульового колеса з положення, що відповідає руху автомобіля по прямій, вліво та вправо (з заблокованим правим колесом), використовується давальний пристрій з певною швидкістю обертання, що забезпечує стабільні умови для запису характеристик. Зміна стану рульового керування відображена за допомогою фазових портретів, які представлені на рисунку 2.17.

Зміна площі, кута нахилу і параметрів форми фазових портретів вказує на значущі ознаки наближення до критичних станів перед відмовами, а також на незначні порушення регулювань [див. рисунок 2.17 б, в]. При обриві сошки, внутрішня енергія системи, яка прямо пропорційна площі фазового портрета, зменшується до нуля [див. рисунок 2.17 е]. Заїдання пошкодженої пружини шарнірного зчленування поперечної тяги, крім зміни форми фазового портрета, також призводить до "зародження" нового елемента [див. рисунок 2.18 б]. Варто особливо підкреслити, що поєднання пошкоджень і регулювань призводить до обертання фазового портрета за годинниковою стрілкою [див. рисунок 2.19 а, б].

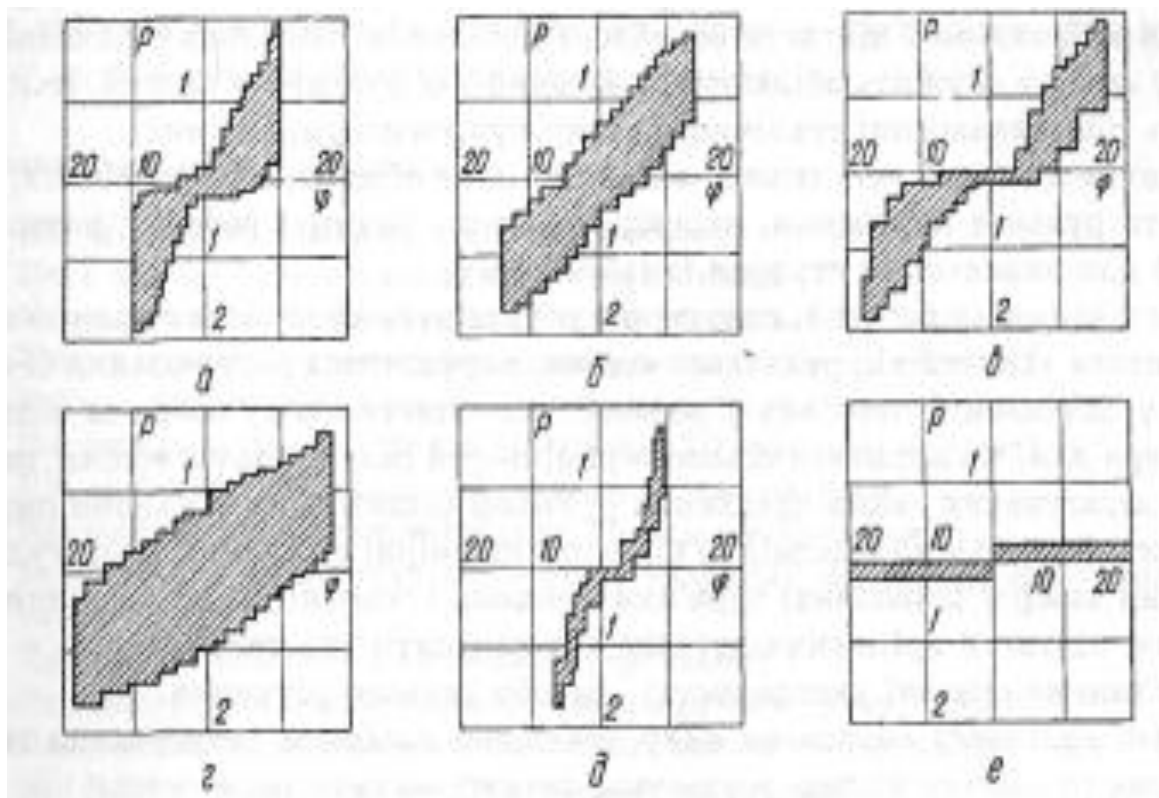


Рис. 2.18. Фазові портрети стану рульового керування:

а – несправний стан; б – поломка пружини поздовжньої тяги; в – збільшений люфт у карданній передачі; г – люфти в карданній передачі в шарнірах рульових тяг, підвищений зазор у зчленуванні «сектора – рейка»; д – заклинювання в рульовому механізмі; е – обрив сошки.

На стенді проводять запис узагальненої характеристики "зусилля - переміщення" рульового колеса, а також вимірюють співвідношення кутів

повороту керованих коліс. Автомобіль на стенді фіксується ручним гальмом. Спочатку визначають співвідношення кутів повороту керованих коліс, а потім, за допомогою швидкодіючого самопису при працюючому гідروпідсилювачі, реєструють узагальнену характеристику рульового керування. Шляхом порівняння з еталонною характеристикою встановлюється діагноз. Все це проводиться протягом не більше ніж 5 хвилин.

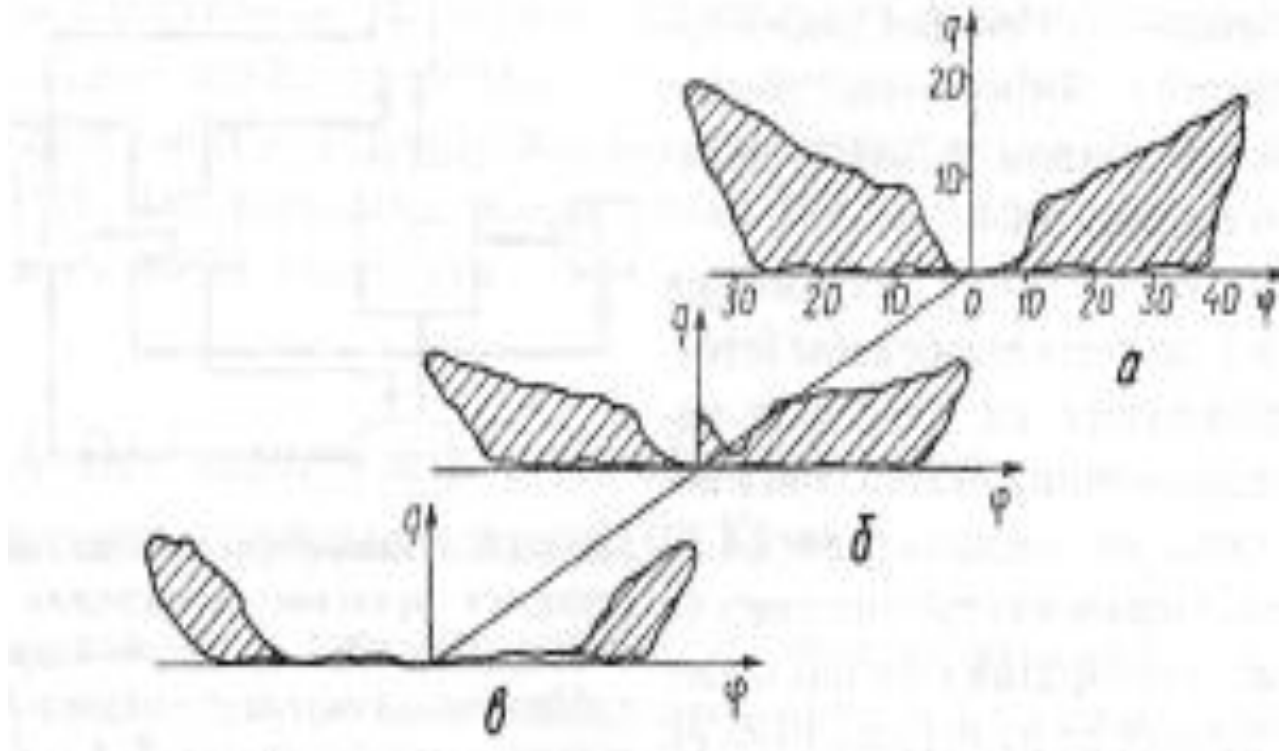


Рис. 2.19. – Фазові портрети рульового керування:

а - непрацездатний стан; б-роз регулювання у системі; в - відмова

2.9 Технічне обслуговування гідропідсилювача рульового керування

Технічне обслуговування гідропідсилювача рульового керування автомобіля КамАЗ включає ряд дій, які спрямовані на забезпечення надійної роботи цієї системи. Основна мета обслуговування полягає в забезпеченні безпеки, ефективності та тривалості роботи гідропідсилювача рульового керування.

Нижче наведено детальний опис технічного обслуговування гідропідсилювача рульового керування автомобіля КамАЗ:

Візуальний огляд: Перед початком обслуговування необхідно візуально оглянути гідропідсилювач рульового керування на предмет будь-яких видимих пошкоджень, витоків гідравлічної рідини або інших проблем.

Перевірка рівня гідравлічної рідини: Перевірте рівень гідравлічної рідини в резервуарі гідропідсилювача. Впевніться, що рівень знаходиться в межах рекомендованого діапазону, вказаного в посібнику з експлуатації автомобіля. Якщо рівень нижче, додайте відповідну кількість гідравлічної рідини відповідно до вказівок виробника.

Перевірка роботи на холостому ходу: Запустіть двигун автомобіля і перевірте роботу гідропідсилювача рульового керування на холостому ходу. Переконайтеся, що руль повертається рівномірно та без особливих зусиль.

Перевірка на виток: Огляньте гідропідсилювач рульового керування на предмет витоків гідравлічної рідини. Якщо виявлено будь-які ознаки витоків, необхідно з'ясувати причину і виправити проблему.

Перевірка роботи при русі автомобіля: Після перевірки на холостому ходу, візьміть автомобіль на короткий тест-драйв для оцінки роботи гідропідсилювача рульового керування при русі. Переконайтеся, що руль легко керується і не вимагає надмірних зусиль.

Перевірка роботи в різних режимах: Перевірте роботу гідропідсилювача рульового керування на повний оберт руля вліво та вправо. Переконайтеся, що руль повертається безперешкодно і без шумів.

Заміна гідравлічної рідини: Згідно з рекомендаціями виробника автомобіля, регулярно замінюйте гідравлічну рідину в гідропідсилювачі. Використовуйте рекомендовану гідравлічну рідину і дотримуйтесь вказівок щодо процедури заміни.

Регулювання системи: При потребі здійсніть регулювання системи гідропідсилювача рульового керування згідно з вказівками виробника автомобіля.

Заміна зношених деталей: Якщо в процесі обслуговування виявлено зношені або пошкоджені деталі гідропідсилювача рульового керування, необхідно замінити їх на нові, оригінальні запчастини.

Перевірка тиску: За допомогою спеціального приладу виміряйте тиск в системі гідروпідсилювача рульового керування. Переконайтеся, що тиск знаходиться в межах рекомендованого діапазону, вказаного в посібнику з експлуатації автомобіля.

Виконання регулярного технічного обслуговування гідропідсилювача рульового керування автомобіля КамАЗ допоможе забезпечити його надійну та безпечну роботу, а також підвищить тривалість його служби. Рекомендується дотримуватися рекомендацій виробника та проводити обслуговування відповідно до регламенту.

Детальний опис процедури зливу масла з гідропідсилювача рульового керування автомобіля КамАЗ наведено нижче:

Підготовка: Перш ніж розпочати процедуру, переконайтеся, що автомобіль знаходиться на рівній площині і двигун вимкнено. Забезпечте доступ до гідропідсилювача рульового керування, який зазвичай знаходиться в двигуновому відсіку автомобіля.

Зніміть захисний кожух: Деякі моделі автомобілів КамАЗ можуть мати захисний кожух над гідропідсилювачем. Зніміть цей кожух, якщо він присутній, для отримання доступу до гідропідсилювача.

Знаходження болтів зливного отвору: У гідропідсилювачі рульового керування є спеціальний болт зливного отвору, через який можна відведення масла. Знайдіть цей болт, він може бути розташований з боку або знизу гідропідсилювача.

Підготовка контейнера для зливу: Під гідропідсилювачем розмістіть підходящий контейнер для збору старого масла. Впевніться, що контейнер здатний вмістити увесь об'єм масла, який буде зливатися.

Розкрутіть болт зливного отвору: За допомогою відповідного ключа або гайковерта розкрутіть болт зливного отвору гідропідсилювача. Будьте обережні, оскільки масло може стікати з великою силою, тому впевніться, що контейнер правильно розміщений.

Злив масла: Ретельно дірку з болта зливного отвору направте над контейнером і дозвольте маслу стікати в контейнер до повного його випуску.

При потребі слід утримувати болт зливного отвору для кращого контролю процесу зливу.

Перевірка належності масла: Після того як масло повністю стекло, огляньте його на наявність бруду, відкладень або металевих частинок. Якщо масло має підозрілі ознаки, це може свідчити про проблеми з гідропідсилювачем, і рекомендується звернутися до фахівця для перевірки та діагностики.

Встановлення болта зливного отвору: Після повного зливу масла встановіть болт зливного отвору на місце і затягніть його з використанням відповідного ключа або гайковерта. Впевніться, що болт затягнутий належним чином, але не перетягнутий.

Перевірка рівня масла: Після зливу масла в гідропідсилювач, перевірте рівень масла за допомогою відповідної вимірювальної палички або маркера на резервуарі гідропідсилювача. Додайте необхідну кількість нового масла до досягнення правильного рівня.

Установка захисного кожуха (за наявності): Якщо ви знімали захисний кожух перед початком процедури, встановіть його на місце після зливу масла.

Важливо дотримуватися інструкцій виробника автомобіля та виконувати процедуру зливу масла з гідропідсилювача рульового керування КамАЗ з обережністю та уважністю, щоб уникнути пошкоджень і забезпечити правильну роботу системи керування.

2.10 Складання технологічних карт на ремонт рульового механізму

З метою ефективної організації праці працівників та забезпечення контролю якості технічного обслуговування (ТО) і ремонту автомобілів, їх агрегатів, вузлів, систем і механізмів розробляються та використовуються технологічні карти ТО і постові і оперативні картки ПР (періодичного ремонту). Ці карти містять послідовність операцій, процедури і вимоги, які слід дотримуватися під час виконання робіт з обслуговування і ремонту.

При здійсненні технічного обслуговування (ТО-1 або ТО-2) автомобілів, необхідно складати постові технологічні карти згідно з переліком операцій, що

наведений у "Положенні про ТО і ремонт дорожніх автотранспортних засобів автомобільного транспорту". Ці карти включають послідовність дій та процедур, які потрібно виконати під час проведення ТО, відповідаючи вимогам зазначеного положення.

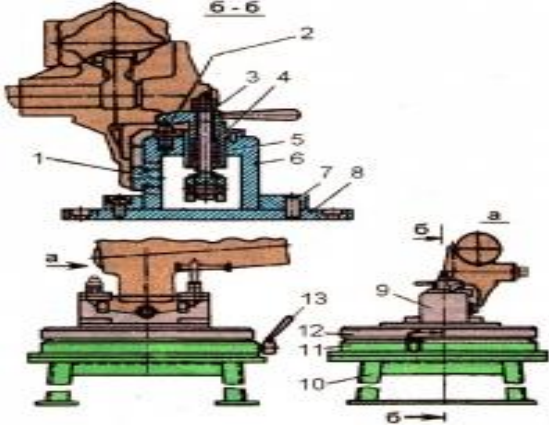
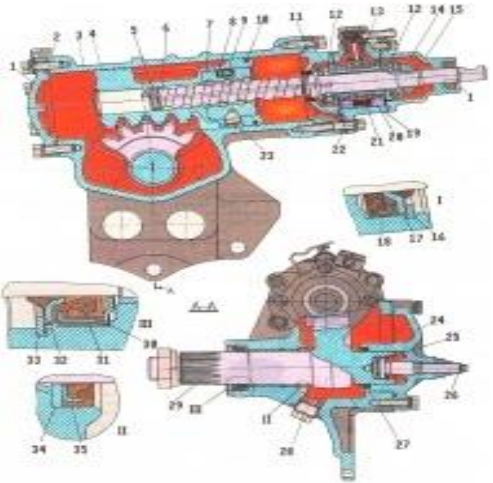
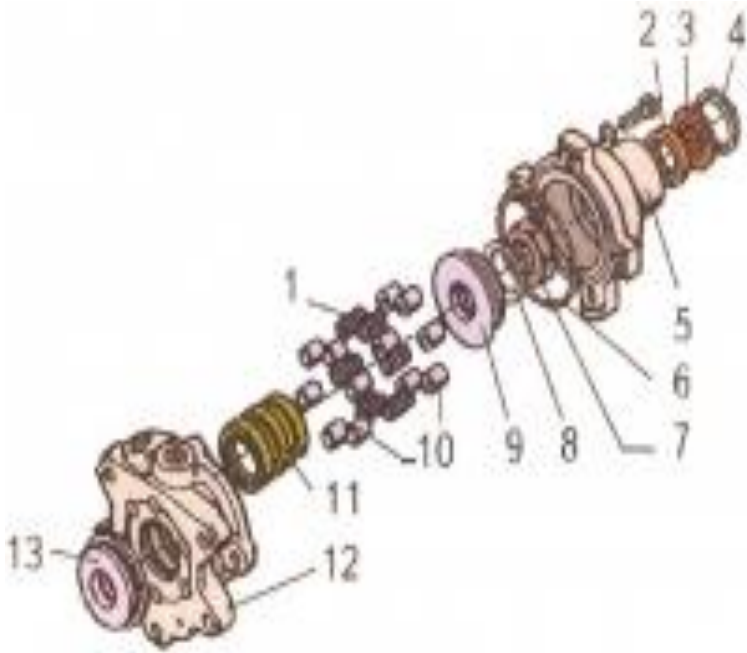
При розробці технологічних карт необхідно враховувати наступні аспекти: забезпечення зручності для встановлення, зняття та переміщення автомобіля або його агрегатів під час виконання операцій; використання високопродуктивного підйомно-транспортного та технологічного обладнання, пристроїв та інструментів; впровадження передових методів і засобів контролю якості робіт.

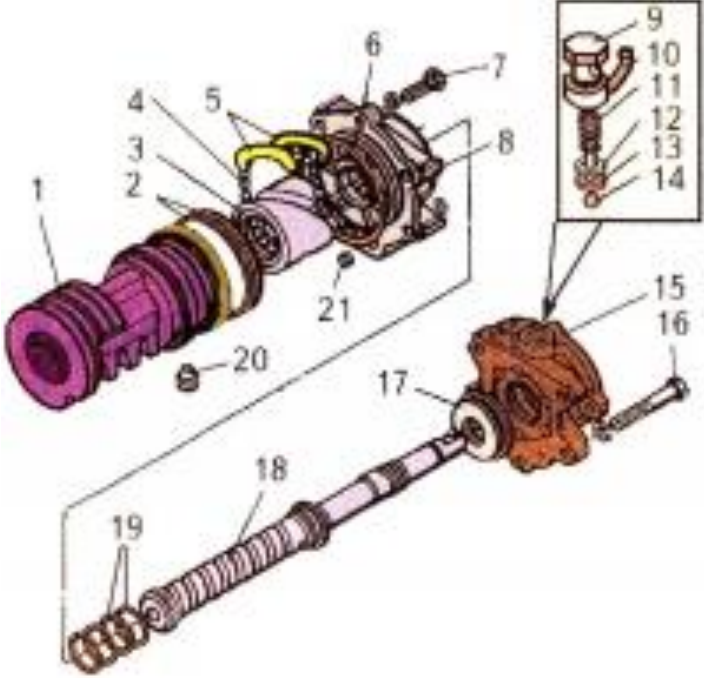
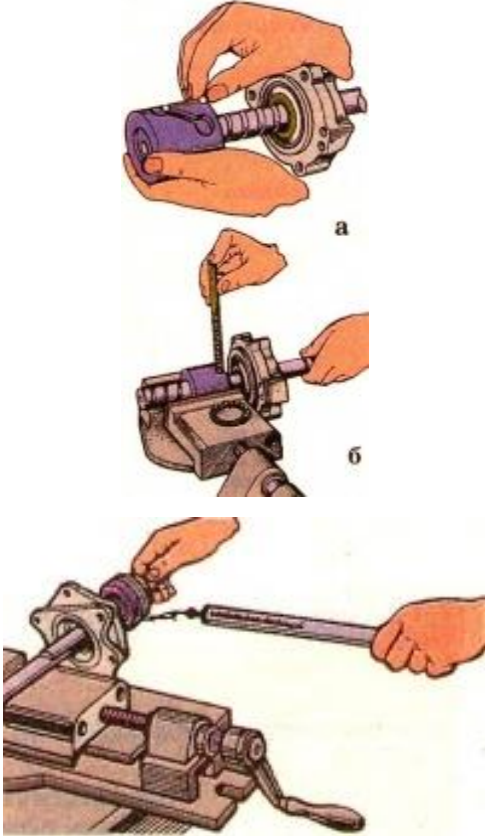
Технологічні карти містять наступну інформацію: послідовність операцій відповідно до технологічного процесу; перелік використовуваного технологічного обладнання та інструментів; технічні вимоги та інструкції для виконання операцій; спеціалізацію виконавця; розряд роботи та трудомісткість, пов'язані з виконанням даної операції.

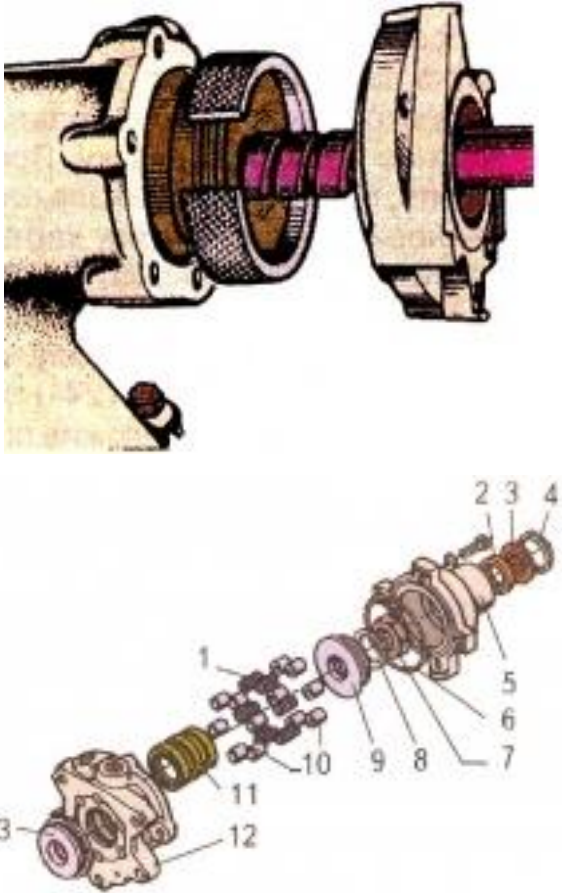
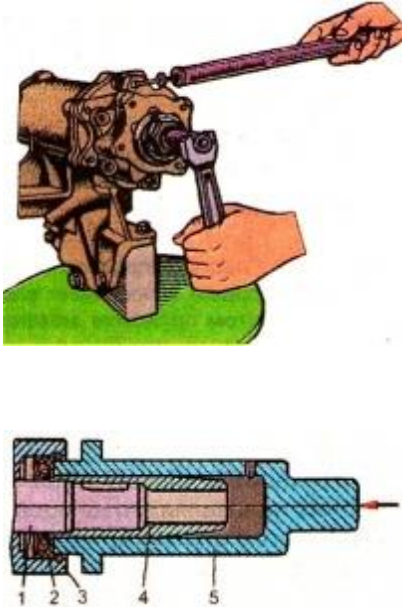
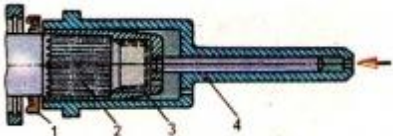
Якщо нормативні значення відсутні, орієнтовні трудові витрати на виконання кожної операції можна визначити враховуючи складність робіт та загальні витрати, пов'язані з відповідним технологічним процесом. Загальні витрати на технологічний процес можуть бути виражені у відсотковому співвідношенні до загальної трудомісткості відповідного виду обслуговування, такого як ТО-1, ТО-2, або виду робіт з періодичного ремонту (ПР) автомобілів в цілому або їх агрегатів.

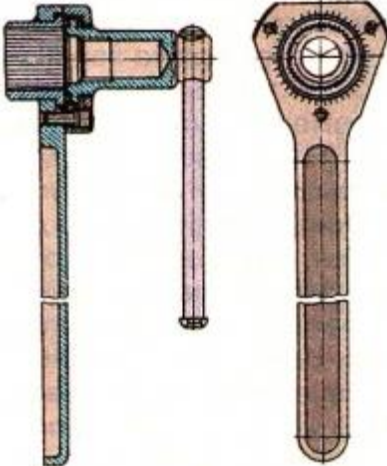
Таблиця 2.2. Приклад технологічної карти

№	Порядок виконання	Обладнання
005	Підготовка рульового механізму перед розбиранням	Тиски, Набір ключів, Щітка для очищення.

		
010	<p>Видалення бокової кришки під номером 24</p> 	<p>Ключ моделі И803.03.13, Рожковий ключ на 16.</p>
015	<p>Демонтаж передньої кришки</p> 	<p>Круглогубці, Рожковий ключ на 13, Гідравлічний прес ГАРО</p>
020	<p>Демонтаж гвинтової пари поршнів рейки гідропідсилувача.</p>	<p>Ключ моделі И803.03.13, Рожковий ключ на 13,</p>

		Круглогубці, Гідравлічний прес ГАРО
025	<p>Збирання та перевірка гвинта з шариковою гайкою.</p> 	Тиски, Динамометр
030	<p>Установка гвинта-поршнів пари в корпус рейки Збирання передньої кришки</p>	Моментоскоп, Ключ моделі И803.03.13, Рожковий ключ на 13,

		<p>Пристосування И803.00.005</p>
035	<p>Виконання перевірки динамометричного моменту обертання верхньої кришки. Встановлення сальника в корпус верхньої кришки шляхом запресування.</p> 	<p>Ключ моделі И803.03.13, Молоток, Мометноскоп, Оправка мод. И 806.03.004.</p>
040	<p>Встановлення манжети в корпус шляхом запресування. Перевірити кут обертання вала сошки.</p> 	<p>Молоток, Оправка мод. И 806.03.004., Спеціальний</p>

		важільний ключ, Ключ моделі И803.03.13.
--	---	---

2.11 Описання технологічного процесу на агрегатній дільниці

Агрегатна дільниця призначена для проведення ремонтних робіт та технічного обслуговування автомобілів. На агрегатній дільниці здійснюється розбирання, діагностика, відновлення та збирання окремих агрегатів, вузлів та систем автомобіля. Тут також виконуються роботи з регулювання, налагодження та перевірка роботи різних механізмів та систем автомобіля.

Агрегатна дільниця оснащена необхідними інструментами, обладнанням та пристроями для проведення ремонтних операцій. Вона забезпечує умови для ефективного та безпечного проведення робіт, зменшує час ремонту та підвищує якість виконання ремонтних операцій. Також на агрегатній дільниці забезпечується контроль якості виконаних робіт та дотримання технологічних норм та стандартів.

Агрегатна дільниця є важливою складовою частиною сервісного центру або авторизованого сервісного пункту, де здійснюються ремонтні та обслуговувальні роботи з автомобілями для забезпечення їхньої надійності, безпеки та ефективності.

Розміщення та транспортування агрегатів у агрегатній дільниці є важливою складовою частиною організації робочого простору та забезпечення ефективного виконання ремонтних робіт. Для цього використовуються спеціальні зони та пристрої, які дозволяють зручно розміщувати та переміщувати агрегати.

Розміщення агрегатів: Агрегатна дільниця розрахована на зручне розміщення агрегатів для ремонту. Зазвичай вона має спеціальні стелажі, полицьки або робочі столи, де агрегати можуть бути розміщені у відповідних секціях або позиціях. Розміщення здійснюється таким чином, щоб кожен агрегат був доступний для роботи, зручно знімався та встановлювався.

Транспортування агрегатів: Для транспортування агрегатів у межах агрегатної дільниці використовуються різні засоби транспортування, наприклад, ручні тачки, рейкові системи або електричні підйомники. Це дозволяє зручно переміщувати агрегати з одного робочого місця на інше без зайвого зусилля та ризику пошкодження.

Організація процесу дефектування у агрегатному відділенні включає в себе низку кроків та заходів, спрямованих на виявлення та оцінку дефектів агрегатів. Основні етапи організації процесу дефектування у агрегатному відділенні включають:

Планування: Перед початком дефектування необхідно скласти план робіт, визначити обсяг та послідовність дефектування агрегатів. Це включає призначення відповідальних осіб, встановлення термінів та визначення необхідного обладнання та інструментів.

Підготовка агрегатів: Для забезпечення ефективного дефектування агрегатів необхідно їх належним чином підготувати. Це включає очищення агрегатів від бруду, змащень та інших забруднень, а також виконання необхідних попередніх робіт, які можуть сприяти виявленню дефектів.

Виявлення дефектів: Під час дефектування агрегатів проводяться різні методи та процедури для виявлення дефектів. Це може включати візуальний огляд, вимірювання параметрів, діагностику за допомогою спеціального обладнання або використання тестових процедур. Отримані дані та результати фіксуються та документуються для подальшого аналізу.

Оцінка та класифікація дефектів: Виявлені дефекти підлягають оцінці та класифікації. Відповідно до встановлених критеріїв, дефекти можуть бути визначені як мінорні, середні або критичні. Це допомагає встановити пріоритетність ремонтних робіт та визначити необхідність заміни агрегатів або деталей.

Реєстрація та документація: Результати дефектування, включаючи виявлені дефекти, оцінки та класифікацію, фіксуються та документуються. Це дозволяє зберегти історію дефектів, провести аналіз та вдосконалення процесу дефектування, а також забезпечити належний контроль якості ремонтних робіт.

Планування ремонтних робіт: На основі результатів дефектування складається план ремонтних робіт. Визначається обсяг робіт, потрібні резервні частини, необхідне обладнання та інструменти, а також призначаються відповідальні особи та терміни виконання.

Виконання ремонтних робіт: Після планування ремонтних робіт агрегати передаються на відповідні ремонтні ділянки для виконання ремонтних операцій. Здійснюються необхідні ремонтні процедури, заміна деталей та компонентів, відновлюються пошкоджені елементи.

Контроль якості та тестування: Після виконання ремонтних робіт здійснюється контроль якості, включаючи перевірку роботи агрегатів та їх відповідність встановленим стандартам. Тестування може включати перевірку функцій, дослідження параметрів та виконання інших спеціальних випробувань.

2.12 Розрахунок площ та підбір технологічного обладнання агрегатної дільниці

При проектуванні АТП необхідно підбирати відповідне технологічне обладнання, яке використовується для виконання робіт з планового обслуговування і ремонту автомобілів. Вибір номенклатури та кількості основного технологічного обладнання, таких як верстати, стенди, підйомно-транспортне обладнання і т. д., для виробничих зон і дільниць ремонтно-обслуговуючої бази АТП здійснюється на підставі довідників та каталогів з технологічного обладнання, призначеного для планового обслуговування і ремонту автомобілів.

У загальному випадку, кількість одиниць обладнання можна визначити за допомогою наступної формули:

$$P_{об} = \frac{T_o}{\Phi_{од} \cdot \eta_3}, \quad (2.11)$$

$$\eta_3 = 0,85 \dots 0,95$$

Потрібно перефразувати текст з доповненням..

Тоді:

$$P_{об} = \frac{5280,939}{1902 \cdot 0,95} \approx 3. \quad (2.12)$$

Ми робимо прийом трьох одиниць основного обладнання.

Розраховане і прийняте обладнання перераховано в таблиці 2.3 для зручності.

При визначенні площі приміщення для ремонту паливної апаратури бензинових двигунів, використовується формула, що базується на площі, яку займає обладнання та перехідному коефіцієнту.

$$F = F_{об} \cdot k \quad (2.13)$$

$$F_{об} = 14,02 \text{ м}^2.$$

$$k = 3,5 \dots 4,0.$$

$$F = 14,02 \cdot 3,8 \approx 54 \text{ м}^2 \quad (2.14)$$

Освітлювальна система повинна забезпечувати середнє освітлення в діапазоні від 50 до 75 люменів на квадратний метр. Кількість ламп, необхідних для досягнення такого освітлення, можна розрахувати за допомогою наступної формули:

$$n = f_n \cdot E_\phi \cdot t_n / F_0 \cdot \eta, \quad (2.15)$$

$$t_n = 1,3 \dots 1,5.$$

$$\eta = 0,2 \dots 0,54.$$

Таблиця 2.3.- Відомість обладнання агрегатної дільниці

№ п/п	Найменування обладнання	Кіл.	Тип, марка	Габаритні розміри, мм	Займана площа, м ²	Потужність двигуна кВт
1	Слюсарний верстак	2	BC-1A	1400×800	2,24	-
2	Настільно-свердлильний станок	1	1A82	425×700	0,2975	2,1
3	Стелаж для деталей	3	BB	1500×550	2,475	-
4	Інструментальна тумбочка	2	Мод.239.0 429	730×600	0,876	-
5	Автоматична мийка для деталей	1	ТС-500	1250×800	1	2,4
6	Кран балка	1	ПТ-300	550×5200	2,86	7,0
7	Стенд для ремонту мостів і редукторів	1	К-592	1300×1000	1,3	-
8	Стенд для ремонту КПП	1	К-148	700×700	0,49	-
9	Гідравлічний прес	1	ГАР0	1200×700	0,84	-
10	Стенд для ремонту рульових механізмів і карданних валів	1	BB	962,5×500	0,48125	-
11	Ящик для відходів	2	BB	650×650	0,4225	-
12	Ящик для обдирочних матеріалів	1	BB	500×500	0,25	-
13	Пожежний щит	1	BB	200×1175	0,235	-
14	Ящик з піском	1	BB	500×500	0,25	-
	ВСЬОГО				14,02	11,5

Для агрегатної дільниці потрібно визначити кількість люмінесцентних ламп типу ЛДЦ з потужністю 30 Вт та напругою 220 В.

$$11n = 54 \cdot 50 \cdot 1,3 / 1110 \cdot 0,2 = 16 \text{ ламп,}$$

$$(2.16)$$

Таблиця 2.4. Світлова характеристика люмінесцентних прямолінійних ламп

Потужність ламп, Вт	Напруга, В	Розміри, мм		Світловий потік в люменах				
				Тип ламп				
		Діаметр	Довжина	ЛДЦ	ЛД	ЛХБ	ЛБ	ЛТБ
15	127	25	452	450	525	600	630	600
20	127	38	605	620	760	900	980	900
30	220	25	910	1110	1380	1500	1740	1500
40	220	38	1214	1520	1960	2200	2480	2200
80	220	38	1515	2720	3440	3840	4320	3840

Загальна потужність ламп складається з суми потужностей кожної лампи.

$$11P_{\text{осв}} = 30 \cdot 16 = 480 \text{ Вт}$$

При розрахунку вентиляційної системи виконується вибір вентилятора відповідно до технологічних характеристик.

Для забезпечення вимог щодо якості повітряного середовища, які встановлені санітарними і технологічними нормами, застосовується припливно-втяжна вентиляційна система з механічним надмірним тиском, розрахована на зменшення концентрації шкідливих (токсичних) речовин у приміщенні.

Розрахунок штучної вентиляції включає такі етапи:

Для заданого об'єму приміщення ($V = 270 \text{ м}^3$) і годинної кратності обміну повітря ($K = 2.0$), використовуючи формулу $W = V \cdot K$, знаходимо величину обміну повітря (W): $W = 270 \cdot 2.0 = 540 \text{ м}^3$.

Потрібно перефразувати текст з доповненням.

$$N_d = (1.2 \dots 1.5) \cdot \frac{W \cdot H_b}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_b \cdot \eta_n} = 1.3 \cdot \frac{540 \cdot 47}{3600 \cdot 102 \cdot 0.48 \cdot 0.7} = 0.21 \text{ кВт}$$

Де $H_b = 47 \text{ Па}$;

$\eta_b = 0.48$;

$\eta_n = 0.7$

Для даного випадку вибрано центробіжний вентилятор з серії ВЦ4-75-2,5, що працює зі швидкістю обертання 3000 обертів на хвилину. Вентилятор оснащений електродвигуном потужністю 0,37 кіловатт.

Розрахунок щорічної електроенергії, необхідної для задоволення потреб, проводиться шляхом визначення навантажень за допомогою коефіцієнта попиту.

Для кожної групи електричних пристроїв активна потужність визначається за наступною формулою:

$$P_a = \Sigma K_c \cdot P_{уст}, \text{ кВт}; \quad (2.18)$$

Обчислення річної споживання потужності електроенергії здійснюється шляхом використання наступної формули:

$$W = \Sigma P_a \cdot \Phi_{од} \cdot \eta_3, \text{ кВт} \cdot \text{год}, \quad (2.19)$$

$$\eta_3 = 0.75 \dots 0.8.$$

Таблиця 2.5. Середні величини коефіцієнту попиту за окремими групами споживачів.

Назва групи споживачів	Коефіцієнт попиту
Електродвигун металорізальних верстатів	0,2
Електродвигун кранів і тельферів	0,15
Стенди	0,10
Вентилятори санітарної техніки	0,7
Освітлення	0,8
Нагрівальні пристрої	0,6

Для визначення активної потужності електроприймачів на даній ділянці використовується наступний метод:

$$P_a = 2.1 \cdot 0.2 + 2.4 \cdot 0.6 + 7.0 \cdot 0.15 + 0,48 \cdot 0.8 + 0.37 \cdot 0.7 = 5,924 \text{кВт} \quad (2.20)$$

Розрахунок щорічної споживаної силової електроенергії виконується за наступною формулою:

$$W = 5.924 \cdot 1902 \cdot 0.8 = 9014 \text{кВт} \quad (2.21)$$

Для визначення річної потреби в парі і паливі на опалення і вентиляцію використовується формула, яка залежить від компенсації теплових втрат будівлі. Для будівель з природною вентиляцією втрати приймаються на рівні 15-20 ккал/год на 1 м³ будівлі. У разі наявності примусової вентиляції, теплові втрати приймаються сумарно за опаленням і вентиляцією і складають 25-35 ккал/год на 1 м³ будівлі. Приймається висота дільниці рівною 5 метрам. Розрахунок річної потреби в парі і паливі на опалення і вентиляцію виконується в тоннах.

$$Q_n = q_m \cdot H \cdot V / i \cdot 1000; \quad (2.22)$$

$$Q_t = q_m \cdot H \cdot V / k \cdot 1000 \cdot \eta_k; \quad (2.23)$$

$$H = 180 \cdot 24 = 4320 \text{ години};$$

$$i = 540 \text{ ккал / год};$$

$$k = 7000 \text{ ккал / кг};$$

$$\eta_k = 0.75.$$

$$Q_n = 25 \cdot 4320 \cdot 270 / 540 \cdot 1000 = 54 \text{ т}. \quad (2.24)$$

$$Q_t = 25 \cdot 4320 \cdot 270 / 7000 \cdot 0.75 \cdot 1000 = 5.55 \text{ т} \quad (2.25)$$

Організація зниження шуму і вібрації. Шум і вібрація у виробничих приміщеннях погіршують умови праці, знижують його продуктивність, приводять до професійних захворювань і є одною з причин виробничого травматизму. Тривала робота при шумі в 100 дБ викликає такі важкі

захворювання, як гіпертонія і вібраційна хвороба. Шум притупляє увагу, приводить до швидкого стомлення. Перевищення виробничого шуму всього на 15...20 дБ знижує продуктивність на 10..12 %.

Ось деякі деталі про заходи, які можуть бути прийняті для зниження шуму та вібрацій на ремонтній дільниці:

Вибір тихого обладнання: При обладнанні ремонтної дільниці варто враховувати рівень шуму та вібрацій, що генерується різними пристроями. Приділяйте увагу техніці з низькими рівнями шуму та вібрацій або встановлюйте засоби гасіння шуму, такі як амортизатори, акустичні панелі або ізоляційні матеріали.

Регулярне технічне обслуговування: Проводіть регулярні перевірки та обслуговування обладнання, щоб виявити можливі джерела шуму та вібрацій. Вчасно замінюйте зношені або пошкоджені деталі, що можуть призводити до збільшення рівня шуму та вібрацій.

Використання віброзахисного обладнання: Для зниження вібрацій можна використовувати спеціальні віброзахисні підкладки, амортизатори або гумові прокладки під обладнанням. Це допоможе поглинути та зменшити передачу вібрацій на стіни та підлогу.

Використання звукоізоляційних матеріалів: Застосовуйте звукоізоляційні матеріали на стінах, підлозі та стелях приміщень ремонтної дільниці. Це може включати в себе використання спеціальних панелей, звукоізоляційних плит або пінопластових матеріалів, які допомагають поглинути та зменшити розповсюдження шуму.

Організація раціональної робочої зони: Плануйте простір ремонтної дільниці таким чином, щоб максимально зменшити взаємодію між джерелами шуму та працівниками. Встановлюйте бар'єри або екрани між шумовими джерелами та робочими місцями, де це можливо.

Заходи індивідуального захисту: Забезпечуйте працівників засобами індивідуального захисту, такими як накладки для вушей, шумозахисні навушники або спеціальні рукавиці для захисту від вібрацій. Вони можуть допомогти зменшити вплив шуму та вібрацій на працівників.

Організація графіку роботи: Враховуйте необхідність забезпечення періодів відпочинку для працівників, особливо тих, хто постійно піддається впливу шуму та вібрацій. Розподіляйте завдання таким чином, щоб зменшити тривалість їх експозиції до шуму та вібрацій.

Важливо зазначити, що зниження шуму та вібрацій на ремонтній ділянці вимагає комплексного підходу та співпраці з фахівцями з охорони праці. Належне виконання рекомендацій може значно поліпшити робочі умови та забезпечити безпеку й комфорт працівників.

2.13 Розрахунок собівартості ремонту гідропідсилювача рульового керма

Для визначення собівартості відремонтованого агрегату використовується така формула:

$$C_e = Z_n + M_{o,e} + A_o + B_i + B_o ;$$

Заробітна плата виробничих робітників, з урахуванням різних нарахувань, визначається наступним чином:

$$Z_n = Z_o + Z_d + B_{соц}$$

$$\begin{aligned} Z_o &= \frac{\sum_1^n t_{шт} \cdot \Gamma_{тс}}{60} \cdot k_{пр} = \\ &= \frac{(2.4 + 7.8) \cdot 10.74 + (15 + 22 + 5 + 18 + 2 + 2) \cdot 11.82}{60} \cdot 1.15 = \\ &= 16.6 \text{ грн} \end{aligned}$$

$$k_{пр} = 1,12 \dots 1,18.$$

$$Z_d = Z_o \cdot k_d = 16.6 \cdot 0.2 = 3.32 \text{ грн}$$

$$k_d 0,15 \dots 0,2.$$

Сума відрахувань на соціальний захист, виражена в гривнях, є наступною:

$$B_{\text{соц}} = (Z_o + Z_d) \cdot k_{\text{соц}} = (16.6 + 3.32) \cdot 0.395 = 7.87 \text{ грн}$$

$$Z_n = 16.6 + 7.87 + 3.32 = 27.79 \text{ грн}$$

Сума витрат на матеріали визначається згідно наступного виразу:

$$M_{\text{об}} = (C_{\text{рк}} + C_{\text{кш}}) \cdot \kappa_T = (387 + 31) \cdot 1.12 = 468.16$$

$$\kappa_T = 1,12$$

Для визначення амортизаційних відрахувань на обладнання ми використовуємо наступний підхід:

$$A_0 = \frac{H_a \cdot \sum_{i=1}^n B_0 \cdot t_{\text{шти}i}}{\Phi_{\text{дрм}} \cdot 100} = \frac{24 \cdot 1350 \cdot 74.2}{1902 \cdot 100 \cdot 60} = 0.21 \text{ грн}$$

Витрати на придбання необхідного інструменту розраховуються за такою формулою:

$$B_i = \frac{C_i \cdot H_{ai}}{N_s \cdot 100} = \frac{980 \cdot 40}{34 \cdot 100} = 11.52 \text{ грн}$$

$$C_i = 9..15\% B_o,$$

$$H_{ai} \text{ — } 40\%$$

Таблиця 2.5. Вартість інструментів

Найменування інструменту	Вартість ,грн
Набір ключів	310
Тиски	270
Динамометр	450

Розрахунок витрат на капітальний, поточний ремонт і технічне обслуговування обладнання проводиться за такими параметрами:

$$B_p = \frac{H_p \cdot \sum_{i=1}^n B_0 \cdot t_{\text{шт}}}{\Phi_{\text{др}} \cdot 100 \cdot 60} = \frac{10 \cdot 1350 \cdot 74.2}{100 \cdot 60 \cdot 1902} = 0.09 \text{грн}$$

$$H_p = 10 \dots 15 \%$$

Для визначення собівартості відремонтованого агрегату використовується наступна формула:

$$C_B = 27.7 + 468.16 + 0.21 + 11.52 + 0.09 = 507.68 \text{грн}$$

2.14 Розрахунок вартості виготовлення нового електростатичного фільтру

Витрати, пов'язані з виготовленням пристосування, розраховуються за наступною формулою:

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{к,т}} + C_{\text{код}} + C_{\text{од}} + C_n + C_{\text{ск}} + C_n$$

Витрати, пов'язані з проектуванням пристосування, визначаються за наступною формулою:

$$\begin{aligned} C_K &= T_K \cdot Z_{\text{ст}} \cdot (1 + 0.01 \cdot K_{\text{соц}}) \cdot (1 + 0.01 \cdot K_H) = \\ &= 18 \cdot 22 \cdot (1 + 0.01 \cdot 39.5) \cdot (1 + 0.01 \cdot 125) \\ &= 1243 \text{грн.} \quad 7.43 \end{aligned}$$

Визначення витрат на розробку технології виготовлення пристосування проводиться згідно з такою формулою:

$$\begin{aligned} C_T &= T_T \cdot Z_{\text{ст}} \cdot (1 + 0.01 \cdot K_{\text{соц}}) \cdot (1 + 0.01 \cdot K_H) = \\ &= 12 \cdot 21 \cdot (1 + 0.01 \cdot 39.5) \cdot (1 + 0.01 \cdot 125) \\ &= 791 \text{грн.} \quad 7.44 \end{aligned}$$

Визначення витрат на виготовлення оригінальних деталей здійснюється згідно з наступною формулою:

Таблиця 2.6. Таблиця розрахунку вартості деталей

Найменування корпусних деталей	Кількість однакових деталей	Маса, кг	Площа прокату, м ²	Марка, вага одного м ² прокату, кг/м ²	Ціна, грн/кг	Вартість деталі, грн
Чаша корпусу	1	2.12	0.1353	Ст3, 15.7	8.8421	18.75
Фланець корпусу	4	0.378	0.025			13.35
Упор корпусу	4	0.0092	0.00059			0.33
Кріпильна пластина	2	0.091	0.006			1.609
Корпус нижньої кришки	1	0.073	0.00462			0.65
Корпус верхньої кришки	1	0.19	0.012			1.68
Електрод	10	2.3	0.015			20.14
Між електродна втулка	12	0.0043	0.00028			0.5
ВСЬОГО						

Заробітна плата основних робітників, які займаються виробництвом оригінальних деталей, визначається наступним чином:

$$\begin{aligned}
 z_{n.od} &= \sum_{i=1}^e t_i \cdot e_i \cdot (1 + k_{соц}) \cdot (1 + \kappa_n) = 62.76 \cdot (1 + 0.01 \cdot 39.5) \cdot \\
 &\quad \cdot (1 + 0.01 \cdot 125) \\
 &= 197 \text{ грн}
 \end{aligned}$$

7.45

Таблиця 2.7. Розрахунок основної заробітної плати основних робітників, які зайняті при виготовленні електростатичного фільтру

Вид робіт	Норма часу, год.	Серед. розряд робітника	Годинна тарифна ставка, грн/год.	Коеф-т умов праці, K_{yi} .	Розцінки в гривнях і-тої роботи
1. Підготовчі	0,15	II	10,74	1,0	1.611
2. Фрезерні роботи	2,2	IV	13.3	1,0	29.26
3. Свердлильні	0,3	III	11,82	1,0	3.545
4. Зварювальні роботи	1	IV	13.3	1,1	13.3
5. Складальні роботи:	1,4	II	10,74	1,0	15,04
ВСЬОГО					62.76

Визначення витрат на виготовлення здійснюється за наступною формулою/методом/підходом:

$$C_0 = Z_{\text{под}} + C_{\text{мод}} = 197 + 56.26 = 253.25 \text{ грн.}$$

Вартість придбаних деталей і вузлів визначається наступним чином: до категорії придбаних виробів входять стандартні вироби, які визначаються згідно зі специфікацією і ціною, встановленою згідно з актуальними прейскурантами. При цьому враховуються націнки торгових підприємств та транспортні витрати. Відомості про ці вироби заносяться до таблиці 2.8.

Таблиця 2.8. Визначення вартості покупних деталей

№	Найменування виробів	Кількість	Ціна од. грн.	Вартість (всього) грн..
1	Болти М8×30	16	0.29	4.64
2	Гайки М8	16	0.16	2.56
3	Шайби 8	32	0.3	9.6
4	Болти М10×10	1	0.33	0.33

5	Шайба 10А	2	0.5	1
6	Шпилька М 2.5×100	2	1.2	2.4
7	Гайка М2.5	3	0.2	0.6
8	Шайба 2.5А	5	0.3	1.5
	Всього			22.64

Потрібно перефразувати текст з доповненням. Вартість матеріалів, що йдуть на складання пристосування: — при зварюванні:

$$C_{см} = \frac{C_e \cdot K^2 \cdot L \cdot j \cdot a}{2} = \frac{25 \cdot 0.002^2 \cdot 1.076 \cdot 8960 \cdot 1.03}{2} = 0.49 \text{ грн}$$

$$a = 1,03 \dots 1,05.$$

Витрати матеріалів, пов'язані зі складальними роботами, визначаються шляхом розрахунку.

$$C_n = 22.64 + 0.49 = 23.13 \text{ грн}$$

Вартість виготовлення пристосування розраховується шляхом використання відповідного виразу.

$$C_{пр} = C_k + C_T + C_o + C_n = 1243 + 791 + 253.25 + 23.13 = 2310.4 \text{ грн}$$

Економічний приріст, що відбувається на річній основі внаслідок впровадження технології електростатичного фільтру, можна визначити як:

$$E_{\phi} = \left(\left(C_{\phi} \cdot \frac{T_p}{T_{\phi}} - C_{пр} \right) \cdot N_{об} - 0.15 \cdot B_{пр} \right) \cdot N_a$$

$$N_a = 30.$$

$$C_{\phi} = Z_{по} + C_m$$

Оплата праці працівника, який займається обслуговуванням, визначається шляхом розрахунку:

$$Z_{\text{по}} = C_{\text{тс}} \cdot T_p = 10.74 \cdot 2 = 21.48$$

$$C_{\text{тс}} = 10.74 \text{ грн / люд.год.}$$

$$T_p = 2 \text{ люд.год.}$$

$$C_m = 250 \text{ грн.}$$

$$C_{\text{б}} = 21.48 + 250 = 271.48 \text{ грн.}$$

Заробітна плата заміни масла складе

$$Z_{\text{по}}^{\text{пр}} = C_{\text{тс}} \cdot T_{\text{р.пр}} = 10.74 \cdot 0.2 = 4.475 \text{ грн}$$

$$C_{\text{тс}} = 10.74 \text{ грн / люд.год.}$$

$$T_p = 2 \text{ люд.год.}$$

Собівартість масла, яке замінюється в системі з електростатичним фільтром, становить:

$$C_m^{\text{пр}} = C_m \cdot V = 125 \cdot 0.3 = 37.5 \text{ грн}$$

$$11 C_m = 125 \text{ грн.}$$

$$V = 0.3 \text{ л.}$$

В такому випадку, вартість заміни масла з використанням електростатичного фільтру буде становити:

$$C_{\text{пр}} = Z_{\text{по}}^{\text{пр}} + C_m^{\text{пр}} = 4.475 + 37.5 = 41.97 \text{ грн}$$

Потрібно перефразувати текст з доповненням.

$$E_{\phi} = \left((271.48 \cdot \frac{6625}{2650} - 41.97) \cdot 2 - 0.15 \cdot 2310.4 \right) \cdot 30 = 27807 \text{ грн}$$

Величина періоду, необхідного для повного повернення додаткових капітальних інвестицій, розраховується згідно наступного виразу:

$$11T = B_{np} \cdot N_a / E_p = 2310.4 \cdot 30 / 27807 = 2.5 \text{ років}$$

Рекомендується впровадження електростатичного фільтра в гідросистему рульового керування вантажних автомобілів, оскільки значення T менше ніж T_n ($2.5 < 6.67$). В результаті застосування електростатичного фільтра в гідросистемі рульового керування отримано позитивний економічний ефект.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Фільтрація робочих рідин в гідросистемах

Робочі рідини можуть містити різноманітні забруднення, включаючи:

Частинки твердих речовин з різною гранулометриєю, фізичним і хімічним складом.

Смолисті речовини.

Хімічно активні речовини, такі як кислоти, які можуть спричиняти окислення і корозію.

Рідкі речовини, які розчиняються у робочій рідині і сприяють старінню деталей машин.

Такі забруднення можуть бути присутні у робочих рідинах.

За допомогою фільтрації можна відокремити тверді і смолисті частинки речовин, а також коагульовані речовини, які знаходяться серед забруднень у робочих рідинах. Ці забруднення можуть потрапити в середину механізмів ззовні або утворитися під час їх роботи. Серед таких забруднень можуть бути частинки пилу або металу, залишені після монтажу, частинки пилу або піску, що потрапляють через заливну горловину, сажа, частинки нагару, вода, кислоти, продукти зносу, продукти полімеризації і окислення масла (такі як смоли, кислоти, безкисневі кислоти, асфальтени та інші). Забруднення утворюють суспензію мікродисперсних частинок у робочих рідинах або відповідний розчин.

Забруднення робочих рідин призводять до збільшення трибологічного зношування агрегатів і зменшення пропускної здатності гідросистемових трубопроводів.

Гранулометричний склад твердих частинок в робочій рідині має значний вплив на інтенсивність трибологічного зношування.

Припускається, що тверді частинки, розміри яких перевищують товщину оливної плівки між третювими поверхнями, призводять до абразивного зношування. З іншого боку, частинки, розмір яких менший за товщину масляної

плівки, можуть вільно рухатися разом з робочою рідиною, не спричиняючи зношування.

На інтенсивність трибологічного процесу впливає і фізичне старіння робочої рідини, яке спричиняється окисленням і полімеризацією вуглеводнів, формуванням кислот і смол, а також збільшенням механічних забруднень і зменшенням вмісту присадок. Фільтрація масла сприяє зниженню процесу його старіння.

3.2 Фільтри для очистки робочих рідин

Всі методи очищення робочих рідин в гідросистемах, незалежно від фізичних принципів, на яких вони базуються, можуть бути розділені на дві категорії:

Перша категорія включає методи очищення, які ґрунтуються на процесі відокремлення твердих частинок шляхом пропускання забрудненої робочої рідини через пористу перегородку (пористі фільтри).

Друга категорія включає методи очищення, в основу яких покладено вплив різних силових полів (силові фільтри).

Залежно від способу включення у систему, фільтри можна розділити на дві категорії: послідовні та паралельні. У послідовних фільтрах весь об'єм робочої рідини, що нагнітається в магістраль, проходить через фільтр. У паралельних фільтрах лише 5-10% повного об'єму робочої рідини прокачується через фільтр, за допомогою окремого насосу. За ступенем очищення, фільтри поділяються на грубого і тонкого очищення.

Залежно від способу утримання забруднюючих домішок, перегородчасті фільтри поділяються на три типи: поверхневі, глибинні та комбінованої дії.

Оскільки існує багато типів і конструкцій фільтрів, точна класифікація стає складною завданням, оскільки вона вимагає врахування багатьох критеріїв для оцінки їх ефективності та функціональності.

Існують різні типи масляних фільтрів з різними характеристиками. За способом затримання забруднюючих домішок перегородчасті масляні фільтри можна розділити на дві категорії: поверхневі і глибинні.

Поверхневі фільтри використовуються для утримання частинок дисперсної фази на поверхні фільтруючого елементу. Вони працюють на принципі сита, затримуючи тільки ті частинки, які мають лінійні розміри, що перевищують розміри порових каналів фільтруючого елементу. Ці фільтри характеризуються тонкою фільтруючою перегородкою. Для забезпечення високої ефективності фільтрації, тривалого часу роботи та низького гідравлічного опору, фільтруючий елемент повинен мати максимально можливу фільтруючу поверхню на одиницю об'єму фільтра. Поверхневі фільтри відрізняються великою поверхнею входу робочої рідини.

Сітчасті фільтри використовуються як фільтри попередньої очистки і представляють собою металеву сітку. Іноді зустрічаються сітчасті фільтри у вигляді циліндричного каркасу, який покритий металевою сіткою. Щоб збільшити поверхню фільтруючої сітки, фільтруючий елемент може мати форму зірки або бути виконаним у вигляді пакетів фільтруючих дисків. Тонкість очищення, яка визначається розміром комірки сітки і методом виготовлення фільтруючого елементу, становить від 20 до 220 мікрометрів.

Центробіжні фільтри мають важливу перевагу - вони можуть відділяти не лише тверді частинки, а й воду, яка присутня в робочій рідині. Очистка, яку ці фільтри досягають на практиці, становить 5-15 мікрометрів, що майже вдвічі гірше, ніж теоретично розрахована. Це пояснюється тим, що реальні умови процесу не повністю збігаються з передбачуваними, враховуючи критичне значення числа Рейнольдса, а також відсутність точного визначення форми ротора центрифуги і форми частинок забруднюючих домішок у розрахунках.

Магнітні очисники використовуються для фільтрації робочої рідини, переважно від феромагнітних частинок, за допомогою магнітних полів, що створюються постійними магнітами або електромагнітами. Ці очисники часто використовуються в поєднанні з сітчастим фільтром, що дозволяє контролювати траєкторію руху частинок у робочій рідині і затримувати немагнітні домішки.

У електростатичних очисниках тверді частинки забруднюючих домішок, які набули електричного заряду внаслідок тертя з робочою рідиною, притягуються до електродів з протилежним зарядом. Цей метод очищення

вимагає менших затрат на створення електричного поля і характеризується меншим гідравлічним опором у фільтрах такого типу.

3.3 Технологія фільтрації в електростатичних фільтрах

Технологія ґрунтується на математичних моделях, які описують рух мікрочастинок в реальних діелектричних рідинах. Принцип роботи полягає у взаємодії полів, в яких присутні частинки забруднень, з електричним полем. Під впливом зовнішнього електричного поля на поле забруднюючих частинок виникають комплексні сили, що сприяють видаленню частинок забруднень з потоку рідини до площини електродів.

Масло з механічними домішками пропускається через електростатичне поле, якщо діелектрична проникність частинок забруднення відрізняється від проникності рідини. Це призводить до поляризації частинок і формування індуктивних диполів з моментом, пропорційним напруженості поля. При вивченні впливу електричних полів з метою створення електрофільтрів було встановлено, що за певних параметрів напруженості зовнішнього електричного поля частинки забруднення рухаються до електрода. На електродах осаджуються не лише частинки металевго походження, а також частково полімери. В електростатичному полі частинки забруднення набувають об'ємного поверхневого заряду, що спричиняє їх взаємодію з електродом. У робочих рідинах діелектричних середовищах через дуже низьку концентрацію іонів поверхневий заряд на частинках є незначним і може не проявлятися порівняно з поверхневим польовим шаром, що виникає внаслідок впливу зовнішнього поля на фазові межі. Такий заряд перетворює частинки в диполь, який навіть при слабкому неоднорідному полі рухається в напрямку його градієнта. Крім того, в області сильних полів осадження на металевих електродах зазвичай не відбувається в вуглеводневих неполярних середовищах, таких як нафтові масла. Це запобігає перезарядці поверхні частинок, яка може відбутися при контакті їх з протилежно зарядженими електродами, що забезпечує рух частинок у простір між електродами.

Отже, важливо враховувати, що коли частинки виходять за межі поля, вони майже миттєво втрачають заряд, і для взаємодії між собою або силовим полем металу вони повинні мати джерело заряду.

Таким чином, при проходженні через послідовність електродів, частинки відділяються від потоку робочої рідини і осідають на електродах з протилежною полярністю, де вони утримуються до зняття напруги.

Для відновлення фільтрів необхідно розібрати блок електродів, очистити пластини за допомогою розчинника, а також випустити забруднену зону електрофільтра з відстійника. Після цього потрібно зібрати пакет електродів.

Електростатичне поле не може впливати на хімічний склад масел через свою низьку інтенсивність напруженості.

Однак, при впливі електростатичного поля на мінеральні масла спостерігаються наступні позитивні ефекти:

Збільшується товщина змащувального шару на поверхні тертя завдяки покращенню фізичної адсорбції поверхнево-активних речовин (ПАР), що призводить до зменшення зносу тертових поверхонь.

Продукти зносу, покриті молекулярним шаром робочої рідини, зношують поверхні тертя в меншій мірі, а також заповнюють шорсткість поверхонь тертя, знижуючи контактні тиски. Це сприяє зниженню зношування поверхонь.

Несуча здатність адсорбованого шару зростає завдяки збільшенню локальних концентрацій молекул ПАР безпосередньо на поверхнях тертя і більшому накопиченню молекул ПАР.

Збільшується коефіцієнт корисної дії в гідроприводах, оскільки зменшується інтенсивність зносу робочих поверхонь і витікання масла через збільшення граничного шару мастильного матеріалу у робочій рідині.

Продукти зносу, які мають меншу зазору пари тертя, покриті оболонками ПАР, що виконують функції протизносних і антифрикційних присадок. Це запобігає безпосередньому контакту тертових поверхонь і зменшує інтенсивність зносу пари тертя.

3.4 Електричний розрахунок електростатичного фільтру

Початкові параметри для обчислення електрофільтра:

Діаметри частинок відповідають діапазону 5-40 мікрметрів.

Рідина піддається об'ємному очищенню зі швидкістю 8.33×10^{-4} метр кубічних на секунду.

Під час очищення, ми приймаємо значення напруженості електричного поля E рівним 2 000 000 Вольт на метр. Зазначене значення напруженості електричного поля вибирається з діапазону від 15 до 20 Мегавольт на метр, що впливає з діелектричної міцності робочої рідини.

Швидкість потоку рідини в активному перерізі. $v_p = 5 \text{ м/с}$

Вимірюємо динамічну в'язкість рідини.

$$\mu = \vartheta \cdot \rho \quad (3.1)$$

$$\vartheta = 142 \text{ сСт} = 142 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с};$$

$$\rho = 896 \text{ кг/м}^3.$$

$$\mu = \vartheta \cdot \rho = 142 \cdot 10^{-6} \cdot 896 = 0.128 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Вимірюємо величину швидкості переміщення часток розміром в діапазоні від 5 до 40 мкм.

$$w_d(5) = 0.059 \cdot 10^{-10} \cdot (nE)^2 \cdot \frac{d_{\text{ч}}}{\mu} = 0.059 \cdot 10^{-5} \cdot (10 \cdot 2000000)^2 \cdot 5 \cdot \frac{10^{-3}}{0.128} = 92.18 \text{ мм} \quad (3.2)$$

Вимірюємо тривалість осадження частинок.

$$\tau_{\text{ос}} = \frac{\delta}{w_d(5)} = \frac{7}{92.18} = 0.076 \text{ с} \quad (3.3)$$

$$\delta = 7 \text{ мм.}$$

Час осадження $\tau_{\text{ос}}$ повинен завжди бути коротшим, ніж загальний час перебування частинки в рідинному потоці, який проходить через електрофільтр $\tau_{\text{п}}$. Це є необхідною умовою для нормальної роботи електрофільтру. $\tau_{\text{ос}} \geq \tau_{\text{п}}$.

$$\tau_{oc} \geq \tau_n = \frac{l}{v_p} \quad (3.4)$$

$$v_p = 5 \text{ м/с.}$$

$$l = \tau_{oc} \cdot v_p = 0.076 \cdot 5000 = 380 \text{ мм} \quad (3.5)$$

Визначаємо необхідний розмір активного перерізу електрофільтру.

$$S = \frac{Q}{v_p} = 8.33 \cdot \frac{10^{-4}}{5} = 1.666 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 = 166.6 \text{ мм}^2 \quad (3.6)$$

Визначаємо розмір ширини пластин.

$$b = \frac{S}{\delta} = \frac{166.6}{7} = 23.8 \text{ мм} \quad (3.7)$$

Вимірюємо розмір площі електродів.

$$F = b \cdot l = 23.8 \cdot 380 = 9044 \text{ мм}^2 = 9.044 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \quad (3.8)$$

Виміряємо значення напруги, що присутня на пластинах.

$$U = E \cdot \delta = 2000000 \cdot 0.007 = 14000 \text{ В} \quad (3.9)$$

Розраховуємо середню силу струму, яку споживач одержує від одного поля електрофільтру, шляхом перемноження загального струму на поверхні пластини на площу осаджувальних електродів.

$$I_{cp} = n \cdot i \cdot F = 20 \cdot 40 \cdot 10^{-3} \cdot 9.044 \cdot 10^{-3} = 7.2352 \cdot 10^{-3} \text{ А} \quad (3.10)$$

$$i = 0.5 - 0.6 \text{ мА/л.}$$

Розраховуємо потужність електрофільтру, яка визначається як добуток напруги на пластинах і середньої сили струму, що протікає через нього.

$$N = U \cdot I_{cp} \cdot K_{\phi} \cdot \frac{\cos \varphi}{1.4 \cdot \eta \cdot 10^3} = 14000 \cdot 7.2352 \cdot 10^{-3} \cdot 1.5 \cdot \frac{0.9}{1.41 \cdot 0.8 \cdot 10^3} = 0.122 \text{ кВт} \quad (3.11)$$

$$K_{\phi} = 1.2 - 1.5;$$

$$\cos = 0.8 - 0.9;$$

Для забезпечення нормального функціонування електрофільтру необхідно нанести діелектричний шар на пластини. Це запобігає контакту забруднюючих частинок робочої рідини з металевою частиною електродів та їх перезарядженню під час процесу очищення. Якщо частинки торкаються електродів, вони заряджаються протилежними знаками до електрода і постійно переміщуються від одного електрода до іншого, що заважає ефективній фільтрації рідини.

3.5 Розрахунок товщини ізоляції корпусу

Щоб забезпечити нормальні умови роботи для очищення рідини, необхідно ізолювати корпус електростатичного фільтру.

Для цього вибирається ізоляційний матеріал з властивостями, що задовольняють вимогам. Робоча температура матеріалу повинна бути 50°C, а його електростатична міцність - більше 20МВ/м.

Найкращим варіантом для ізоляції електрофільтру є гума. Вона має робочі температури в діапазоні 40-90°C, а її електростатична міцність становить $E_{пр}=25\text{МВ/м}$.

$$h_{min} = \frac{U}{E_{пр}} = \frac{14000}{25000000} = 0.7 \text{ мм} \quad (3.12)$$

Щоб забезпечити краще закріплення електродів в корпусі електрофільтру, ми визначимо товщину діелектричного шару, яка складатиме 3 мм.

3.6 Втрати тиску в електрофільтру

Щоб забезпечити більш ефективну роботу гідросистеми та знизити витрату енергії, необхідно мінімізувати гідравлічний опір у цій системі.

При постійних значеннях в'язкості та швидкості робочої рідини, втрати тиску залежать від внутрішнього діаметра трубопроводу, його довжини та конструкції з'єднань.

Втрати тиску в гідролініях складаються з втрат на тертя в трубопроводах (жорстких, металевих і гнучких рукавах високого та низького тиску) та втрат на місцевий опір, де змінюється напрямок руху робочої рідини.

Величина втрат тиску в гідролініях залежить від режиму протікання робочої рідини, який визначається числом Рейнольдса.

$$Re = \frac{4 \cdot F \cdot v_p}{P \cdot v} = \frac{4 \cdot 1.666 \cdot 10^{-4} \cdot 5}{0.0616 \cdot 142 \cdot 10^{-6}} = 381 \quad (3.13)$$

У електрофільтрі спостерігається ламінарний режим протікання рідини, оскільки число Рейнольдса $Re=380$, що менше за критичне значення 2200.

Втрати тиску, пов'язані з тертям під час руху робочої рідини в електрофільтрі, складаються з:

$$\begin{aligned} \Delta p_{\text{тр}} &= \frac{64 \cdot L \cdot v_p^2 \cdot \rho_p}{2 \cdot Re \cdot \frac{F}{P} \cdot g} = \frac{64 \cdot 0.38 \cdot 5^2 \cdot 896}{2 \cdot 381 \cdot \frac{0.0001666}{0.0616} \cdot 9.81} = 259317.2 \frac{\text{кгс}}{\text{м}^2} = \\ &= 0.264 \text{МПа} \end{aligned} \quad (3.14)$$

Втрати тиску, що виникають на місцевих опорах, включають в себе:

$$\begin{aligned} \Delta p_{\text{м.о.}} &= (\zeta_1 + \zeta_2) \cdot b \cdot v^2 \cdot \frac{\rho_p}{2 \cdot g} = \\ &= (0.15 + 0.15) \cdot 180 \cdot 5^2 \cdot \frac{896}{2 \cdot 9.81} = \frac{61651,4 \text{кгс}}{\text{м}^2} = 0.61 \text{МПа} \end{aligned} \quad (3.15)$$

Загальний гідравлічний опір, що виникає у електрофільтрі, складається з суми:

$$\Delta P = \Delta p_{\text{тр}} + \Delta p_{\text{м.о.}} = 0.264 + 0.61 = 0.868 \text{МПа} \quad (3.16)$$

3.7 Розрахунок міцності корпусу електрофільтру

Припускаємо, що корпус електрофільтру повинен мати малу товщину, і для таких тонкостінних корпусів повинно виконуватися відношення $\frac{\delta \cdot P}{F} \leq 0.625$.

З цього відношення можна визначити необхідну товщину корпусу.

$$\delta = 0.625 \cdot \frac{F}{P} = 0.625 \cdot \frac{1.666 \cdot 10^{-4}}{0.0616} = 1.69 \cdot 10^{-3} \text{ м} \approx 2 \text{ мм} \quad (3.17)$$

З метою вибору матеріалу для корпусу електрофільтру необхідно розрахувати межу допустимої міцності, враховуючи умови роботи електрофільтру. Розглянемо таке співвідношення:

$$[\sigma] = 0.3 \cdot \sigma_{\text{кр}} \quad (3.17)$$

Приймається, що допустимий тиск в електрофільтрі має бути рівним.

$$P = 1.3 \cdot P_{\text{роб}} = 1.3 \cdot 9 \cdot 10^6 = 11.7 \text{ МПа} \quad (3.19)$$

Проведемо розрахунок для визначення допустимого значення міцності електрофільтру.

$$[\sigma] \geq P \cdot \frac{F}{P \cdot \delta} = 11.7 \cdot 10^6 \cdot \frac{1.666 \cdot 10^{-4}}{0.0616 \cdot 0.002} = 15.8 \text{ МПа} \quad (3.20)$$

Виконуємо обчислення для визначення критичного значення міцності матеріалу.

$$\sigma_{\text{кр}} = \frac{[\sigma]}{0.3} = 15.8 \cdot \frac{10^6}{0.3} = 52.7 \text{ МПа} \quad (3.21)$$

За допомогою довідкових таблиць відбираємо матеріал, у якого гранична міцність перевищує розрахункове значення для корпусу електрофільтру. В

даному випадку вибираємо матеріал Сталь 3, оскільки його гранична міцність складає 220 МПа, що задовольняє розрахункові вимоги.

3.8 Розрахунок болтових з'єднань корпусу

Виконуємо розрахунок болтів, які використовуються для з'єднання кришок електрофільтру з корпусом при розрахунковому тиску 11.7 МПа. Враховуємо внутрішню ширину електрофільтру, яка омивається робочою рідиною $B=23.8\text{мм}$, внутрішню довжину електрофільтру, яка омивається робочою рідиною $D=70\text{мм}$, кількість активних перерізів у фільтрі $n=10$, кількість болтів $z=8$. Товщина фланця кришки складає $h_1=6\text{мм}$, товщина фланця корпусу - $h_2=6\text{мм}$, товщина прокладки - $h_3=4\text{мм}$. Матеріал для корпусу і кришок використовується сталь 3, а для прокладки - поліетилен.

Беремо до уваги болти нормальної точності, які виготовлені зі сталі 3. У даному з'єднанні необхідно правильно затягнути болти, щоб уникнути розтиску прокладки і запобігти просочуванню масла під прокладку. Болти в з'єднанні є з'єднаними і піддані однаковому навантаженню.

Сила, що діє ззовні:

$$F_{зв} = B \cdot D \cdot n \cdot P = 23.8 \cdot 7 \cdot 10 \cdot 11.7 = 19492.2\text{Н} \quad (3.22)$$

Сила, що прикладається до кожного болта ззовні:

$$F = \frac{F_{зв}}{z} = \frac{19492.2}{8} = 2436.53\text{Н} \quad (3.23)$$

Подальше визначення осьової розтягувальної сили болта F_a , яка діє на нього після попередньої затяжки та зовнішньої сили F .

Беручи до уваги, що для забезпечення герметичності з'єднання між кришкою і корпусом фільтру використовується поліетиленова прокладка, прийmemo коефіцієнт зовнішнього навантаження як $\chi = 0.5$. Для болта прийmemo коефіцієнт затяжки $k=3$.

Визначаємо величину сили розтяжки вздовж осі болта:

$$F_a = [k \cdot (1 - \chi) + \chi] \cdot F = [3 \cdot (1 - 0.5) + 0.5] \cdot 2436.53 = 4873.06 \text{ Н} \quad (3.25)$$

Прийmemo по ГОСТ-1050-74 для сталі Ст30 границя текучості $\sigma_t = 294 \text{ МПа}$, границя міцності при розтягу $\sigma_p = 490 \text{ МПа}$. Допускається коефіцієнт запасу міцності для болтів $[s]=3$, по формулі визначимо для них допустиме напруження на розтяг:

$$[\sigma_p] = \frac{\sigma_t}{[s]} = \frac{294}{3} = 98 \text{ МПа} \quad (3.25)$$

Для визначення внутрішнього діаметра різьби болта використовується така формула:

$$d_1 = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{F_a}{[\sigma_p]}} = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{4873.06}{98}} = 7.9 \text{ мм} \quad (3.26)$$

В даному випадку, для болтів приймається різьба М8 з кроком різьби 1.25 мм.

При використанні розміру різьби болтів і товщини скріплення деталей ми вибрали болти М8×30 (згідно з ГОСТ 7798-70) та гайку М8 (згідно з ГОСТ 5915-70). Згідно з ГОСТ 5915-70, зовнішній діаметр опорної поверхні гайки становить $a=14.2$ мм. Тепер перейдемо до розрахунку болтів на втомну міцність. Застосуємо формулу для обчислення сили початкової затяжки болта:

$$F_3 = k \cdot (1 - \chi) \cdot F = 3 \cdot (1 - 0.5) \cdot 2436.53 = 3654.8 \text{ Н} \quad (3.27)$$

Навантаження, яке змінюється і діє на болти:

$$\chi \cdot F = 0.5 \cdot 2436.53 = 1218.3 \text{ Н} \quad (3.28)$$

Площа поперечного перерізу болта через внутрішній діаметр різьби:
 $A_1 = 0.0005625 \text{ м}^2$

Напруженість початкової затяжки обчислюється за допомогою наступної формули:

$$\sigma_3 = \frac{F_3}{A_1} = \frac{3654.8}{0.0005625} = 65 \text{ МПа} \quad (3.29)$$

Амплітудне напруження циклу обчислюється за наступною формулою:

$$\sigma_a = \frac{\chi \cdot F}{2 \cdot A_1} = \frac{0.5 \cdot 2436.53}{2 \cdot 0.0005625} = 1.1 \text{ МПа} \quad (3.30)$$

Максимальне амплітудне напруження циклу

$$\sigma_{max} = \sigma_3 + 2 \cdot \sigma_a = 65 + 2 \cdot 1.1 = 67.2 \text{ МПа} \quad (3.31)$$

Границя втомної міцності при розтягу σ_{-1p} для матеріалу болта визначимо по формулі:

$$\sigma_{-1p} = 0.35 \cdot \sigma_p = 0.35 \cdot 490 = 171.5 \text{ МПа} \quad (3.32)$$

Для розрахунку болтів на втомлену міцність з урахуванням запасу міцності за амплітудою використовується наступна формула, де $K_d = 0.9$ представляє значення коефіцієнта впливу абсолютних розмірів поперечного перерізу, а $K_\sigma = 6$ є ефективним коефіцієнтом концентрації напружень.

$$S_a = 0 \frac{K_d \cdot \sigma_{-1p}}{K_\sigma \cdot \sigma_a} = \frac{0.7 \cdot 171.5}{6 \cdot 1.1} = 20 > [S] = 3 \quad (3.33)$$

Проводимо перевірку, чи є достатнім коефіцієнт запасу міцності болтів з урахуванням максимального напруження.

$$S = \frac{\sigma_t}{\sigma_{max}} = \frac{294}{67.2} = 4.375 > [S] = 3 \quad (3.34)$$

Значення показників запасу міцності відповідають вимогам, тому можна вважати, що вибрані болти підходять для з'єднання.

3.9 Розрахунок зварних з'єднань для корпусу

Проводимо розрахунок зварного з'єднання між фланцем корпусу та корпусом електростатичного фільтру. Маємо товщину матеріалу корпусу $h=2\text{мм}$ і розрахунковий тиск $P=11,7\text{МПа}$, який призведе до виникнення розтягуючих зусиль. В якості матеріалу корпусу використовується Сталь 3 ($\sigma_T = 220\text{МПа}$), застосовується процес ручного зварювання з використанням електрода Є42.

Розраховуємо величину розтягуючої сили, яка діятиме.

$$F = P \cdot A = 11.7 \cdot 10^6 \cdot 1200 \cdot 10^{-6} = 14040\text{Н} \quad (3.35)$$

Встановлюємо граничне значення напруження для даного з'єднання.

$$\sigma_d = \frac{0.9 \cdot \sigma_T}{n} = \frac{0.9 \cdot 220}{1.4} = 141.43\text{МПа} \quad (3.26)$$

$$\sigma_T = 220\text{МПа}.$$

$$n=1.4.$$

Для забезпечення достатньої міцності зварного шва необхідно, щоб була задоволена нерівність. $\sigma_d \geq \sigma_p$

Розрахункове значення напруження на розтяг у зварному з'єднанні визначається за допомогою наступної формули:

$$\sigma_p = \frac{P}{h \cdot l} \quad (3.37)$$

Оскільки важливо, щоб електростатичний фільтр був герметичним, то довжина шва буде рівна периметру його корпусу.

$$l = 2 \cdot (a + b) = 2 \cdot (93 + 47) = 280\text{мм} \quad (3.38)$$

Розрахункове значення напруження на розтяг у зварному з'єднанні буде рівне.

$$\sigma_p = \frac{14040}{0.002 \cdot 0.28} = 25.07 \text{ МПа} \quad (3.39)$$

Необхідно, щоб умова не рівності була задоволена $141.43 \text{ МПа} = \sigma_d \geq \sigma_p = 25.07 \text{ МПа}$ тому, можна стверджувати, що умова міцності є виконаною.

3.10 Нанесення гумового покриття на втулки і електроди

Нанесення гумового покриття на втулки і електроди є процесом, який застосовується для покращення їх властивостей і захисту від зношування. Таке покриття може бути використане в різних галузях, включаючи промислове виробництво, автомобільну промисловість, медичні пристрої, електроніку та інші.

Процес нанесення гумового покриття на втулки і електроди включає наступні кроки:

Підготовка поверхні: Перед нанесенням покриття необхідно підготувати поверхню втулки або електрода. Це включає очищення від бруду, жиру або інших забруднень, а також може включати шліфування або обробку поверхні для поліпшення адгезії.

Вибір гумового матеріалу: Вибір правильного гумового матеріалу є важливим кроком. Різні гумові матеріали мають різні характеристики, такі як міцність, еластичність, стійкість до хімічних речовин і температурні межі. Вибір матеріалу залежить від конкретних вимог до деталі.

Нанесення покриття: Гумове покриття може бути нанесене на втулки і електроди різними способами, включаючи ручне нанесення, розпилення, обливання або застосування за допомогою спеціального обладнання. Конкретний метод залежить від розміру і форми деталі, а також від обсягу виробництва.

Висихання та затвердіння: Після нанесення покриття деталі потрібно залишити на повітрі або в спеціальних умовах для висихання і затвердіння гумового матеріалу. Час висихання може варіюватися залежно від типу гуми та умов навколишнього середовища.

Перевірка якості: Після висихання гумового покриття проводиться перевірка якості, включаючи оцінку адгезії, рівномірність покриття, стійкість до зношування та інші властивості.

Застосування: Після успішного нанесення гумового покриття втулки або електроди готові до використання у відповідних застосуваннях. Вони можуть використовуватися для забезпечення кращого захисту, зниження тертя, покращення ізоляції або інших функцій, залежно від конкретного застосування.

Важливо враховувати, що нанесення гумового покриття на втулки і електроди вимагає досвіду і відповідних навичок. Професіональний підхід і використання високоякісних матеріалів є ключем до досягнення оптимальних результатів і тривалої експлуатації зварних втулок і електродів.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Прогнозування та планування роботи з охорони праці

Прогнозування - це ймовірне визначення перебігу дальших подій. Планування не може бути успішним без прогнозування як важливого елемента перед планової роботи. Прогнозування дає змогу складати цільові програми з охорони праці з певних напрямів роботи (боротьба з травматизмом, зниження рівня захворювань, поліпшення мікроклімату в приміщеннях, боротьба з шумом тощо). Такі цільові програми є основою для складання планів роботи з охорони праці.

Якщо в процесі управління охороною праці чітко сформульована мета роботи і вона визначає характер дії управління, то виникає цільове управління. Якщо управління здійснюється на основі детально розроблених завдань, виникає програмне управління. Поєднання цільового і програмного управління, тобто програмно-цільове управління, є найефективнішим.

Цільове управління базується на підставі прогнозування роботи з охорони праці. План є засобом досягнення встановленої мети.

Якщо в процесі управління охороною праці мета роботи не з'ясована, то виникає ситуаційне управління, тобто управління за відхиленнями. Тоді, фактично, зникає управління, залишається тільки поточне регулювання, дотримання стану охорони праці на існуючому рівні, що веде до послаблення роботи.

Праце охоронна політика підприємства розробляється на основі державної політики і конкретних зобов'язань підприємства щодо охорони праці, затверджується керівником підприємства і вивішується на видному місці.

Праце охоронна політика повинна визначати зобов'язання щодо:

- запобігання виробничим травмам і профзахворюванням;
- поліпшення умов праці;
- виконання нормативно-правових актів з охорони праці;
- подальше вдосконалення діяльності з охорони праці;

- забезпечення необхідних засобів і заходів щодо впровадження політики;
- підвищення кваліфікації і посилення відповідальності працівників у галузі безпеки праці.

Під час перед планового аналізу вивчається ефективність функціонування існуючої системи управління охороною праці. При цьому визначається:

- наявність чинних законодавчих та нормативно-правових актів з охорони праці;
- наявність небезпек і ризиків, що загрожують здоров'ю працівників;
- виконання заходів, зазначених в актах про нещасні випадки, профзахворювання, аварії і пожежі, приписів органів нагляду, комплексних планів та інших документів;
- на основі результатів прогнозування та аналізу роботодавець забезпечує розроблення комплексних заходів, спрямованих на доведення умов і охорони праці до нормативних вимог, підвищення рівня охорони праці, забезпечення їх відповідними фінансовими, матеріальними, людськими та інших ресурсами.

Проектування виробничих об'єктів, розроблення нових технологій, засобів виробництва, засобів колективного та індивідуального захисту працюючих повинно виконуватися з урахуванням вимог щодо охорони праці. Не допускаються будівництво, реконструкція, технічне переоснащення виробничих об'єктів, інженерних інфраструктур об'єктів соціально-культурного призначення, виготовлення і впровадження нових для даного підприємства технологій і засобів без попередньої експертизи робочого проекту або робочої документації на їх відповідність нормативно-правовим актам з охорони праці. Фінансування цих робіт може здійснюватися лише після одержання позитивних результатів експертизи.



Рисунок 4.1. Планування заходів з охорони праці

Технологічні процеси, машини, механізми, устаткування, транспортні засоби, хімічні речовини та їх сполуки, а також інша небезпечна продукція, придбані за кордоном, допускаються в експлуатацію (до застосування) лише за умови проведення експертизи на відповідність їх нормативно-правовим актам з охорони праці, що чинні на території України.

Уведення в експлуатацію нових і реконструйованих виробничих об'єктів відбувається за участі представників професійних спілок.

Не допускається застосування у виробництві шкідливих речовин у разі відсутності їх гігієнічної регламентації та державної реєстрації.

Фінансування охорони праці здійснюється роботодавцем. Фінансування профілактичних заходів з охорони праці, виконання загальнодержавної, галузевих та регіональних програм поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища, інших державних програм, спрямованих на запобігання нещасним випадкам і професійним захворюванням, передбачається, поряд з іншими джерелами фінансування, визначеними

законодавством, у державному та місцевих бюджетах і виділяється окремим рядком.

Для підприємств, незалежно від форм власності, або фізичних осіб, які використовують найману працю, витрати на охорону праці повинні становити не менш як 0,5 % від суми реалізованої продукції. На підприємствах, що утримуються за рахунок бюджету, витрати на охорону праці передбачаються у державному або місцевих бюджетах і становлять не менш ніж 0,2 % від фонду оплати праці.

4.2 Вимоги безпеки при ремонті гідро обладнання

Робочі місця забезпечують комплектом необхідного робітника і мірильного інструменту, а також відповідними підйомно-транспортними пристроями. Тут передбачають достатньо вільного місця для частин розібраних гідроагрегатів.

В приміщеннях з холодними підлогами, а також в сирих приміщеннях на робочих місцях під ноги робітників встановлюють дерев'яні настили.

Робочі місця, на яких за умов технології виконують операції, небезпечні для оточуючих, повинні мати огорожі.

Для обтирання устаткування застосовують чисті санітарно-годні обтиральні матеріали, що не містять стружки, або інших гострих предметів, які можуть пошкодити руки. Використані обтиральні матеріали складають в металеві ящики з кришками.

Адміністрація майстерні зобов'язана забезпечувати робітників пристосуваннями для прибирання стружки і інших відходів (гачками, совками, щітками і т. д.). Прибирати стружку руками забороняється.

Інструмент групують за розміром і призначенням. Інструменти, пристосування, знімачі, деталі, які зручно брати правою рукою, розташовують праворуч, ті, які легше брати лівою рукою, — ліворуч.

Стенди, вживані для розбирання і збірки гідроагрегатів, повинні бути міцно встановлені на підставах і мати стійке положення.

Вимоги безпеки до інструменту. Адміністрація майстерні зобов'язана забезпечувати працюючих справним, незношеним, правильно заточеним інструментом, що відповідає умовам роботи, а також забезпечити ретельний систематичний огляд і відбір інструменту, що зберігається в коморі. Інструмент і пристосування видають з комори тільки в справному стані.

Молотки повинні бути насаджений на дерев'яні ручки, розклинені сталевими клинами, мати поверхню бойка злегка опуклу, гладку, не збиту, без задирок, вибоїн, вм'ятин, тріщин, наклепів. Вісь ручки повинна знаходитися під прямим кутом до подовжньої осі інструменту.

Ручки інструменту виготовляють з сухого дерева твердих порід з гладкою, рівно зачищеною, без тріщин, задирок і сучків поверхнею.

Рукоятка повинна мати довжину відповідно до розміру інструменту, але не менше 150 мм і бути стягнута металевими бандажними кільцями.

Гайкові ключі використовують суворо за розмірами гайок і головок болтів. Вони не повинні мати тріщин, забоїн, задирок. Забороняється нарощувати або подовжувати ключ іншими ключами або трубами. Розсувні ключі використовують без люфту в рухомих частинах.

Гострогубці і плоскогубці не повинні мати вищерблених рукояток. Губки гострогубців повинні бути гострими, а плоскогубців — із справною насічкою.

Верстатні лещата повинні бути в повній справності, міцно захоплювати затискні вироби і мати на губках неспрацьовану насічку.

При роботі з пневматичним інструментом подачу повітря здійснюють тільки після установки його в робоче положення. Шланги до інструменту і трубопроводу кріплять способом, що не допускає зриву їх тиском повітря. Для кріплення шлангів застосовують кільця, хомутики, затиски. Користуватися дротом забороняється.

На розбірно-складальних роботах гідроагрегатів для полегшення праці і підвищення його безпеки використовують універсальних або спеціальних знімачів і настановні пристосування. Знімачі повинні бути без тріщин і не деформовані, без зірваного або зім'ятого різьблення. Зрив знімача при сильному натягненні його робочих частин може викликати травмування робітників.

Вимірювальні прилади повинні знаходитися в чистому стані, також вони повинні задовольняти певну вимірювальну здатність, вони не повинні мати будь-яких дефектів на своїх поверхнях також їх потрібно перевіряти на еталонних деталях, для контролю за точністю вимірювання інструментів.

Вимоги до миття гідроагрегатів і їх деталей. Для миття агрегатів на ділянці використовується механізована мийна машини МП-217 в ній розташований електродвигун і елемент для підігрівання розчину для миття деталей. Потрібно вчасно проводити технічний огляд цих елементів мийки, щоб уникнути ураження робітників електричними струмом і уникнути можливість замикання електропроводки в мийці. Дуже важливо оглядати мийку на протікання рідини з мийного баку, щоб миюча рідина не потрапляла на електродвигун і електропровід.

В даний час промисловість поставляє для миття машин, вузлів і деталей нові миючі засоби у вигляді білого порошку «Лабомід-101», «Лабомід-102» і «Лабомід-203». Вони нетоксичні, негорючі і вибухобезпечні. Їх використовують у вигляді водних розчинів концентрацією в межах 10...30 г/л при температурі +70...85°C в будь-яких машинах струменевого типу. Миючий засіб «Лабомід-203» застосовують у вигляді водних розчинів концентрацією в межах 25...35 г/л при температурі - 80,..100°C в машинах занурювального типу з різними засобами збудження миючих розчинів.

Ці миючі засоби не надають несприятливої дії на організм людини. Але при користуванні ними необхідне все ж передбачати засоби індивідуального захисту, оскільки при засипці можливо утворення «пилової хмари», а при розмішуванні — розбризкування і попадання розчину на слизисту оболонку очей.

В мийних відділеннях травми можуть відбуватися унаслідок опіків і зіткнення з отруйними речовинами, бути у вигляді ударів і поранень. Тому обов'язково передбачають запобіжні пристосування і огорожі у небезпечних частин механізмів мийних установок, ванн і іншого устаткування і використання захисних засобів: мазей, паст і спецодягу.

Під час миття агрегатів гарячим розчином під тиском необхідно стежити, щоб мийну камеру ніхто з обслуговуючого персоналу не відкривав, щоб уникнути опіків і ураження дихальних шляхів.

Перед початком миття агрегату і деталей гідросистем робітник перевіряє стан мийної установки (машини), переконується в справності душового пристрою, вентиляції, надійності кріплення трубопроводів, сальників, підігрівачих пристроїв, і пристосувань, прикладених до мийної машини. Лише після цього, надівши прогумований фартух, гумові рукавички і нанісши на шкіру рук захисну мазь або пасту, він приступає до роботи. Перед подрібненням і завантаженням каустичної соди мийник зобов'язаний надіти гумову маску із захисними окулярами. Для підтримки в чистоті робочого місця на початку зміни він посипає тирсою підлогу біля мийної машини, а в кінці зміни ретельно прибирає його.

Забороняється прати одяг миючим розчином і мити ним руки.

Розконсервовування деталей в гасі, дизельному паливі або в струмені пари дозволяється тільки в спеціальних закритих ваннах. Забороняється застосовувати відкритий вогонь для підігріву розчину.

Вимоги до розбірно-складальних робіт гідроагрегатів. Розбірні і складальні роботи виконують у суворій технологічній послідовності, порушення якої створює незручності, примушує застосовувати додаткові прийоми, іноді небезпечні і тому приводять нерідко до травм.

При розбірно-складальних роботах застосовують гайкові ключі тільки відповідного розміру. Розлучними ключами користуються при невеликому зусиллі для відкручування або загортання. В незручних місцях застосовують ключі з «тріскачкою» і з шарнірними рукоятками — торцеві.

У викрутки лезо повинне бути з рівними плоскими бічними гранями, а кінець — злегка затупленим. Розмір леза повинен відповідати ширині паза і розмірам головки гвинта, рукоятка — міцно з'єднана зі стрижнем викрутки і бути гладкою — без ребер і заусениців.

При випресуванні або знятті окремих деталей рекомендується застосовувати знімачі або преси. Якщо їх немає, дозволяється використовувати вибиванки з наконечниками і молотки з мідними бойками.

Встановлюючи знімач на вузол, що розбирається, стежать, щоб його лапки достатньо повно заходили в пази, прорізи і поглиблення або надійно захоплювали деталь, що знімається, а силовий гвинт мав добрий упор по осі вузла. Обертають силовий гвинт плавно і без великих зусиль. Під час натягу деталей знімача уважно стежать за положенням лапок і знімача в цілому, щоб він не зірвався з вузла.

На складальних роботах для перевірки поєднання отворів двох різних вузлів користуються борідками або спеціальними настановними пристосуваннями. Робити це пальцями не можна.

Стенди мають пристрої, що дозволяють повертати вузол на кут, що забезпечує зручний доступ до окремих деталей. Це полегшує умови праці, але може виявитися і небезпечним, якщо робітник забув укріпити вузол на стенді або застопорити пристосування або сам стенд у встановленому положенні.

Після закінчення збірки агрегату, механізму або вузла і перед перевіркою його у дії стежать, щоб в них не опинилося сторонніх предметів, які можуть стати причиною поломки або бути небезпечними для працюючих.

Вимоги до діагностування гідроагрегатів. Гідроагрегати працюють при високих тисках, що можуть бути небезпечні при недбалому приєднанні гідроагрегату до діагностичного стенду. Потрібно завжди перевіряти місця з'єднання трубопроводів, як гнучких так і жорстко закріплених. Для діагностування відремонтованих механізмів потрібно добре їх закріпити на діагностичному стенді, щоб уникнути при перевірці вібрацій, які можуть пошкодити і стенд, і завдати шкоди робітнику. Також не можна торкатися рухомих деталей гідроагрегатів під час діагностування це може привести до травматизму робітника.

За виявленням щонайменшого просочування рідини повинна слідувати негайна зупинка насоса. Найсуворішим чином забороняється здійснювати будь-які операції по затисканню або підтяжки сполук, поки гідросистема знаходиться під тиском. Здійснюючи діагностування гідро обладнання гідросистем робітнику необхідно уважно слідкувати за тим щоб рукава і шланги не закручувалися. Виявивши навіть найменші розширення

трубопроводів потрібно зупинити насос і замінити пошкоджену ділянку на нову.

Вимоги безпеки до в'їзду і виїзду з підприємства. Загальні вимоги щодо улаштування в'їздів на територію підприємства встановлює розділ 5.8 Правил охорони праці на автомобільному транспорті (НПАОП 60.21.2897).

- Ворота основного в'їзду розташовують на відстані не менше ніж найбільша довжина автомобілів, що експлуатуються на підприємстві, включаючи автопоїзди, від основного проїзду вулиці, дороги;

- Ширину в'їзних воріт необхідно приймати по найбільшій ширині автомобілів, що використовуються, плюс 1,5 м, але не менше 4,5 м;

- Стулчасті ворота виробничих приміщень повинні відчинятися назовні, а для в'їзду на територію підприємства і виїзду з неї – усередину, при цьому ворота повинні бути обладнані пристроями, що виключають їх самовільне зачинення або відчинення. Підйомні ворота повинні бути обладнані уловлювачами (фіксаторами), що забезпечують утримання воріт у піднятому положенні при обриві тросів або несправності механізму підйому;

- Виїзд (в'їзд) автомобілів із цокольних чи підвальних поверхів будівлі через перший поверх не допускається (дозволяється) тільки через зовнішні ворота.

- Територія при в'їзді в темний час доби повинна освітлюватися, бути рівною, без виступаючих частин, очищеною, спланованою таким чином, щоб забезпечити відведення стічних вод до водостоків. В'їзний ухил повинен бути не більше 5%.

- Для організації безпечного руху по території підприємства його власник розробляє та затверджує схему (маршрути) руху транспортних засобів із зазначенням дозволених та заборонених напрямків руху, розташування основних і допоміжних будівель, запасних в'їздів виїздів, розворотів, місць вантажно-розвантажувальних робіт, стоянки тощо. Плакат зі схемою руху вивішується на видному місці при в'їзді на територію. Згідно з цією схемою встановлюють відповідні знаки на території підприємства. Швидкість руху транспортних засобів по території підприємства не повинна перевищувати 10 км/год, а в приміщеннях – 5 км/год.

- Проїзна частина та межі майданчиків, призначених для стоянки транспортних засобів, позначаються відповідною дорожньою розміткою, яка повинна відповідати вимогам Правил дорожнього руху, затверджених постановою Кабінету Міністрів від 10.10.2001 р. № 1306 та безпосередньо ДСТУ 2587:2010 «Розмітка дорожня. Загальні технічні вимоги. Методи контролювання. Правила застосування».

- Для проходу працівників на територію підприємства повинна бути влаштована прохідна. Прохід працівників через ворота забороняється.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У процесі розроблення технологічного процесу технічного обслуговування та ремонту гідравлічної системи рульового керування автомобілів КамАЗ було проведено детальне дослідження та аналіз функціональних особливостей цієї системи. В результаті були розроблені технологічні процеси, що дозволяють забезпечити ефективне технічне обслуговування та ремонт гідравлічної системи рульового керування автомобілів КамАЗ.

В процесі технічного обслуговування були визначені основні етапи та послідовність виконання робіт. Це включає перевірку рівня рідини в системі, інспекцію гідроприводу та гідравлічних шлангів, перевірку наявності витоків, а також діагностику роботи насоса та гідропідсилювача руля. При виявленні проблем проводиться ремонт або заміна несправних деталей.

Ремонт гідравлічної системи рульового керування включає в себе розбірку та очищення компонентів, заміну несправних деталей, відновлення герметичності системи та перевірку правильності налаштування. В процесі ремонту важливо дотримуватися вимог безпеки та використовувати спеціальні інструменти та обладнання.

Розроблені технологічні процеси дозволяють забезпечити ефективне технічне обслуговування та ремонт гідравлічної системи рульового керування автомобілів КамАЗ з використанням оптимальних ресурсів та забезпеченням високої якості виконання робіт. Виконання розроблених технологічних процесів допоможе підтримувати надійну та безпечну роботу гідравлічної системи рульового керування автомобілів КамАЗ і зберігати їх у гарному технічному стані.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. О.Л. Ляшук, Ю.І. Пиндус, М.Г. Левкович, Гупка А.Б., Хорошун Р.В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за освітнім рівнем «бакалавр галузі знань 27 «Транспорт» спеціальність 274 «Автомобільний транспорт» – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2022. – 61 с.
2. Конспект лекцій з курсу «Технології обслуговування автотранспортних засобів». / Р.В. Хорошун, О.Л. Ляшук, Н.Т. Навроцька. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ, 2021. – 194 с.
3. Ляшук О.Л. Конспект лекцій з дисципліни «Технічна експлуатація автомобілів» для студентів спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» / О.Л. Ляшук, В.М.Клендій, Р.В.Хорошун. – Тернопіль: Вид. ТНТУ – 2018. – С. 302.
4. Конспект лекцій (частина І) з дисципліни «Транспортні засоби» для студентів усіх форм навчання першого рівня освіти за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт», 275 «Транспортні технології» галузі знань 27 «Транспорт» / О.Л. Ляшук, Т.Д.Навроцька., Р.Р. Заверуха., Л.М. Слободян., Р.В. Хорошун. – Тернопіль, ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 132 с.
5. Конспект лекцій (частина ІІ) з дисципліни «Транспортні засоби» для студентів усіх форм навчання першого рівня освіти за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт», галузі знань 27 «Транспорт» / О.Л. Ляшук, Т.Д. Навроцька., Л.М. Слободян., Р.В. Хорошун. – Тернопіль, ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 184 с.
6. Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д Конспект лекцій з дисципліни «Відновлення деталей» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «автомобільний транспорт».-Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль.: ТНТУ, 2021. – 136 с.
7. Левкович М.Г., Кищун В.А., Гандзюк М.О. Конспект лекцій з дисципліни «Аналіз конструкцій, робочі процеси та основи розрахунку автомобілів» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «автомобільний транспорт».-Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль.: ТНТУ, 2021. – 242 с.

8. Sokil, B., Lyashuk, O., Sokil, M., Vovk, Y., Dzyura, V., Aulin, V., Khoroshun, R. Interpreting the main power characteristics choice of the wheel vehicles guided cushioning system (2021) Communications - Scientific Letters of the University of Zilina, 23 (2), pp. B139-B149. (Scopus).

9. Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гевко І.Б., Хорошун Р.В. Модель руху автомобіля по криволінійній трасі. Науковий вісник Херсонської державної морської академії : науковий журнал. Херсон: Херсонська державна морська академія, 2021. № 2 (25). С. 72–81.

10. 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.

11. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гудь В.З., Левкович М.Г., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. - Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 544 с.

12. Sokil, B., Lyashuk, O., Sokil, M., Vovk, Y., Lebid, I., Nevko, I., Khoroshun R Matviyishyn, A. (2022). Methodology of Force Parameters Justification of the Controlled Steering Wheel Suspension. Communications, 24(3), B247-B258.

13. Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Левкович М.Г., Клендій В.М., Гупка В.В. Структурний синтез гальмівних систем з техніко-економічним обґрунтуванням // Міжвузівський збірник "Наукові нотатки". Вип. 71. Луцьк. Ред.-вид. відділ ЛТНУ.- 2021. – С. 228-233.

14. Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гевко І.Б., Хорошун Р.В. Модель руху автомобіля по криволінійній трасі. Науковий вісник Херсонської державної морської академії : науковий журнал. Херсон : Херсонська державна морська академія, 2021. № 2 (25). С. 72–81.

15. Ляшук О., Серілко Л., Гевко І., Кондратюк О., Цьонь О., Галан Ю. Investigation of the operation of vibration-centrifugal installation for automobile parts machining (Дослідження роботи вібраційно-відцентрової установки для обробки деталей автомобілів). Вісник ТНТУ, Тернопіль, 2021. № 1 (101), с. 80-89.

16. Конспект лекцій з дисципліни «Відновлення деталей» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» / Укладачі: Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2021. – 136 с.

17. 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>.

18. Технічний контроль стану дорожніх машин / Малишев В., Кущевська Н., Петренко Т, Докуніхін В. - Університет "Україна", 2022. 252 с.

19. Сукач М.К. Технічний сервіс машин. Навч. пос.. Гриф МОНМСУ - Ліра-К, 2017 – 288 с.

20. Форнальчик Є. Ю., Качмар Р. Я. Основи технічного сервісу транспортних засобів - Львівська політехніка 2017, - 324 с.

21. Per Enge (Author), Nick Enge (Author), Stephen Zoepf Electric Vehicle Engineering 1st Edition, Kindle Editio McGraw Hill; 1st edition (January 24, 2021) - 209 pages.

22. Tom Denton Electric and Hybrid Vehicles 2nd Edition, Kindle Edition Routledge; 2nd edition (June 29, 2020)- 222 pages.

23. 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.

24. 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.

25. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. – К.: Мінтранс України, 1998. – 16 с. – (Нормативний документ Мінтрансу України).