

ПРИДНІПРОВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА
ТА АРХІТЕКТУРИ

ННІОТ

(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра експлуатації та ремонту машин

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: Дослідження впливу ремонтно-відновлюючих технологій на надійність вузлів тертя автомобілів

Виконав: здобувач вищої освіти

- другий (магістерський)

(рівень вищої освіти)

спеціальності

274 «Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

освітньої програми

ОПП «Автомобільний транспорт»

(вид і назва освітньої програми)

групи АТ-19мп

- Денис КОВАЛЬ

(ім'я та прізвище)

Керівник

Георгій ЗАЯЦЬ

(ім'я та прізвище)

Рецензент

Олександр ГОЛУБЧЕНКО

(ім'я та прізвище)

Оцінка захисту кваліфікаційної роботи

(сума балів, оцінка ECTS, оцінка за національною шкалою)

Секретар ЕК

(підпис)

/Віталій БОГОМОЛОВ /

(ім'я та прізвище секретаря ЕК)

Дніпро – 2020

ПРИДНІПРОВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА ТА
АРХІТЕКТУРИ

Інститут, факультет ННПОТ

Кафедра експлуатації та ремонту машин

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»

(шифр і назва)

Освітня програма ОПП «Автомобільний транспорт»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

к.т.н. Олександр ЛИХОДІЙ

“ ___ ” _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Денису КОВАЛЮ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження впливу ремонтно-відновлюючих технологій на надійність вузлів тертя автомобілів

керівник роботи доц. к.т.н. Георгій ЗАЯЦЬ ,

(ім'я та прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 06.10.2020 р. № 459-КС

2. Строк подання студентом роботи 10 грудня 2020 р.

3. Вихідні дані до роботи Літературний та патентний огляд існуючих безрозбірних ремонтно-відновлюваних технологій та засобів.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Вступ. 1. Вплив показників надійності вузлів тертя на життєвий цикл автомобіля. 2. Проблема створення «беззношувальних» вузлів тертя автомобілів. 3. Огляд та аналіз РВС при ремонті і експлуатації ДВЗ. 4. Дослідження ефективності РВС для автомобілів. Висновки. Список використаних джерел. Відомість кваліфікаційної роботи.

5. Перелік презентаційного матеріалу

1). Заголовний слайд-1 слайд.

2). Актуальність, мета, завдання об'єкт, предмет дослідження -1 слайд.

3). Фактори, що зумовлюють не зношуваність. Вибірковий перенос.- 1 слайд.

4). Графічні залежності інтенсивності відмов та витрати -1 слайд..

5). Графічні залежності змінення вірогідності роботи від напрацювання- 1 слайд.

6). Структура поверхневого та при поверхневого шару-1 слайд.

7). Графічні та аналітичні залежності -1 слайд.

8). Результати випробувань -1 слайд.

9). Використання ремонтно-відновлюючих технологій у вузлах тертя автомобіля. - 1 слайд.

10). Висновки - 1 слайд.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Розділ III</i>	<i>Старший викладач Віталій БОГОМОЛОВ</i>		

7. Дата видачі завдання _____ 17 жовтня 2020 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Розрахунково-пояснювальна записка:</i>	17.10.20 – 10.12.20	
1.1	<i>Вступ</i>	17.10.20-15.11.20	
1.2	<i>Вплив показників надійності вузлів тертя на життєвий цикл автомобіля.</i>	12.10.20 – 20.11.20	
1.3	<i>Проблема створення «беззношувальних» вузлів тертя автомобілів.</i>	18.10.20 – 25.11.20	
1.4	<i>Огляд та аналіз РВС при ремонті і експлуатації ДВЗ</i>	20.10.20 – 20.11.20	
1.5	<i>Дослідження ефективності РВС для автомобілів.</i>	17.10.20 – 15.11.20	
1.6	<i>Висновки</i>	05.12.20 – 08.12.20	
1.7	<i>Список використаних джерел</i>	05.12.20 – 10.12.20	
1.8	<i>Відомість магістерської роботи</i>	07.12.20 – 10.12.20	
2	<i>Презентаційний матеріал:</i>	15.11.20 – 10.12.20	
2.1	<i>Заголовний слайд</i>	05.10.20 – 09.10.20	
2.2	<i>Актуальність, мета, завдання об'єкт, предмет дослідження</i>	10.10.20. – 14.10.20	
2.3	<i>Фактори, що зумовлюють незношуваність. Вибірковий перенос</i>	15.10.20 – 20.10.20	
2.4	<i>Графічні залежності інтенсивності відмов та витрати</i>	22.10.20 – 25.10.20	
2.5	<i>Графічні залежності зміння вірогідності роботи від напрацювання</i>	25.10.20 – 02.11.20	
2.6	<i>Структура поверхневого та при поверхневого шару</i>	01.11.20 – 01.12.20	
2.7	<i>Графічні та аналітичні залежності</i>	01.11.20 – 09.11.20	
2.8	<i>Результати випробувань</i>	10.11.20 – 19.11.20	
2.9	<i>Використання ремонтно-відновлюючих технологій у вузлах тертя автомобіля.</i>	20.11.20 – 01.12.20	
2.10	<i>Висновки</i>	06.12.20 – 08.12.20	
3	<i>Оформлення магістерської роботи</i>	05.12.20 – 12.12.20	
4	<i>Підготовка до переддипломного захисту</i>	10.12.20 – 12.12.20	

Студент _____ *Денис КОВАЛЬ*
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник проекту (роботи) _____ *Георгій ЗАЯЦЬ*
(підпис) (ім'я та прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи на тему «Дослідження впливу ремонтно-відновлюваних технологій на надійність вузлів тертя автомобілів» складається із 65 сторінок, 10-ми рисунків, 1-таблиці, 15-ти джерел інформації.

Об'єкт дослідження – робочі процеси дії РВТ на показники надійності вузлів і агрегатів автотранспортних засобів.

Предмет дослідження – закономірності зміни основних параметрів спряжень тертя.

Метою роботи є дослідження впливу ремонтно-відновлюючих присадок на показники надійності найбільш навантажених вузлів тертя автомобілів.

Наукова новизна отриманих результатів. Запропоновано методику підвищення надійності автомобілів використанням різних видів присадок у моторні оливи, заснованих на ремонтно-відновлюваних технологіях.

За рахунок використання РВ-технологій, нанотехнологій і ін. зменшується вплив процесів тертя на показники надійності автомобілів.

Виконані теоретичні дослідження з обґрунтування використання РВ-технологій в умовах експлуатації автомобілів.

Показаний позитивний вплив РВС на роботу здатність мастильних матеріалів.

Розроблені рекомендації щодо особливостей використання РВ-технологій залежно від поточного стану агрегатів автомобіля.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АВТОМОБІЛЬ, НАДІЙНІСТЬ, ЗНОС, ТЕРТЯ, РЕМОНТНО-ВІДНОВЛЮВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ, ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 ВПЛИВ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ВВУЗЛІВ ТЕРТЯ НА ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ АВТОМОБІЛЯ.....	10
1.1. Основні поняття надійності.....	10
1.2. Характеристики надійності.....	16
1.3. Життєвий цикл автомобіля.....	19
1.4. Підтримка надійності автомобіля при експлуатації.....	22
1.5. Нормування показників надійності.....	24
Висновок по першому розділу.....	26
2 ПРОБЛЕМА СТВОРЕННЯ «БЕЗЗНОШУВАЛЬНИХ» ВУЗЛІВ ТЕРТЯ АВТОМОБІЛЯ.....	27
2.1. Вибірковий перенос.....	27
2.2. Будова поверхневих шарів тертя.....	33
2.3. Теоретичне обґрунтування підвищення надійності пар тертя ремонтно-відновлюючим складом.....	36
Висновки по другому розділу.....	43
3 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ РЕМОНТНО – ВІДНОВЛЮЮЧИХ СКЛАДІВ ПРИ РЕМОНТІ І ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ.....	44
3.1 Загальні положення.....	44
3.2. Різновиди РВС і методи застосування.....	45
3.2.1. Металоплакуючі склади (реміталізанти).....	45
3.2.2. Полімерзмістовні склади.....	46
3.2.3. Металокерамічні ремонтно – відновні склади.....	46
3.2.4. Геомодифікатори тертя- ГМТ.....	48
3.2.5. Епіламні і металоорганічні антифрикційні поновлюючі склади.....	50

Висновки по третьому розділу.....	51
4 ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕМОНТНО – ВІДНОВЛЮЮЧОГО СКЛАДУ ДЛЯ АВТОМОБІЛІВ.....	52
4.1. Умови проведення досліджень.....	52
4.2. Вибір ремонтно – відновлюю чого складу.....	53
4.3. Основні властивості і принп дії складу RVS Master.....	54
4.4. Фізико – механічні процеси відновлення деталей.....	55
4.5 Особливості застосування РВС залежно від стану двигуна.....	57
4.6. Практичне використання ремонтно-відновлюваних присадок RVS Master.....	59
4.7. Металокерамічна присадка Ceramic Engine Protector.....	60
Висновки по четвертому розділу.....	61
ВИСНОВКИ.....	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	63
ВІДОМІСТЬ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ.....	65

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

РВС - ремонтно-відновлюючий склад;

РВТ – ремонтно-відновлююча технологія;

ГМТ – геомодифікатор тертя;

ПАР – поверхнево-активна речовина;

ВП - вибірковий перенос;

ДВЗ –двигун внутрішнього згоряння;

КШМ – кривошипно-шатунний механізм;

ГРМ – газорозподільний механізм;

ЦПГ – циліндро-поршнева група.

.

ВСТУП

Актуальність теми: Використання автомобілів і устаткування за призначенням, як правило, характеризується перевищенням нормативного терміну служби, важкими умовами сучасної експлуатації, «задовільним» рівнем фінансування регламентних і ремонтних робіт. Велику кількість відповідальних деталей машин і устаткування випробовують взаємні переміщення, а отже тертя і пов'язані з ним явища - хімічні, гальванічні і структурні перетворення, механічний і термічний впливи, знос і контактну втому. Процеси, супроводжуючі тертя, змінюють такі властивості деталей і вузлів такі як міцність, надійність та довговічність. Наслідки відмов машин, технічних систем і об'єктів можна розділити на дві категорії:

-витрати за відмов і аварій (простій машин, виробництва, тобто невиконання заданих функцій, завдань, вплив на здоров'ї і життя людей, шкідлива екологічна дія);

-витрати на відновлення технічно справного та працездатного стану машин, агрегатів, механізмів, устаткування, пристроїв, що вийшли з ладу.

Завдання досліджень: Розглядаючи тему достатньо вузько, а не комплексно, не торкаючись питань необхідності постійного вдосконалення і адаптації до сьогоднішніх умов систем технічного обслуговування і ремонту автотранспорту, спецтехніки і устаткування, розробки нових і вдосконалення існуючих методів і засобів діагностики машин і устаткування, стисло сформулюємо нерозривно пов'язані з тертям і вимагаючі рішення науково-технічні завдання, а саме :

-завдання підвищення надійності (довговічності) вузлів тертя у існуючих умовах експлуатації;

-завдання мінімізації негативного впливу процесів тертя;

-завдання використання процесів тертя як джерело енергії для

відновлення (підвищення) експлуатаційних характеристик машин і устаткування.

Об'єкт дослідження: робочі процеси дії РВТ на показники надійності вузлів і агрегатів автотранспортних засобів.

Предмет дослідження: закономірності зміни основних параметрів спряжень тертя.

Мета досліджень: Метою роботи є дослідження впливу ремонтно-відновлюючих присадок на показники надійності найбільш навантажених вузлів тертя автомобілів.

РОЗДІЛ 1

ВПЛИВ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ

ВУЗЛІВ ТЕРТЯ НА ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ АВТОМОБІЛЯ

1.1. Основні поняття надійності

Надійність автомобіля – це властивість автомобіля виконувати задані функції, зберігаючи значення встановлених експлуатаційних показників в межах, відповідних заданим режимам і умовам використання, технічного обслуговування, ремонту, зберігання і транспортування.

Надійність є комплексною властивістю, яка залежно від призначення автомобіля і умов його експлуатації може включати безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність і збереженість окремо або певне поєднання цих властивостей як для автомобіля, так і для його агрегатів (систем, вузлів і деталей), направленим на виконання автомобілем робочих функцій зі встановленими показниками протягом ресурсу до капітального ремонту.

Надійність автомобіля не залишається постійною протягом всього терміну його служби. У міру зношування деталей, механізмів і агрегатів надійність зменшується, оскільки вірогідність виходу з ладу деталей збільшується. Нові автомобілі завжди надійніші в порівнянні з автомобілями, що мають великий пробіг або що пройшли капітальний ремонт. Отже, заданий ступінь надійності автомобіля розглядається у зв'язку з певним пробігом. Надійність залежить також і від того, в яких умовах працює автомобіль.

При роботі, наприклад, на дорогах з твердим вдосконаленим покриттям надійність автомобіля більша, ніж при роботі по бездоріжжю. Надійність влітку завжди вище, ніж взимку, за інших рівних умов. Тому, поняття «*Надійність автомобіля*» тісно ув'язується з умовами його

експлуатації. Надійність агрегатів і вузлів визначається головним чином довговічністю деталей. Тому перш за все необхідне широке експериментальне дослідження, що виявляє деталі, критичні по надійності.

Сучасна наука і техніка в області автомобілебудування дозволяють забезпечувати ресурс основних агрегатів, зокрема двигуна до капітального ремонту і більш, набагато збільшувати напрацювання на відмову інших агрегатів і механізмів. Підвищення надійності автомобілів, забезпечення зручного доступу до обслуговуваних агрегатів і вузлів, їх вдосконалення для полегшення обслуговування і ремонту, зменшення кількості точок змащування, збільшення періодичності технічного обслуговування дозволяють скоротити простої автомобілів в технічному обслуговуванні і ремонті і тим самим підвищити їх продуктивність.

Автомобіль, як правило, розраховується на тривалу роботу. Різноманітна стійкість сполучень тертя агрегатів автомобіля вимагає періодичних зупинок для його обслуговування і заміни найменш стійких деталей. Тому необхідно прагнути до того, щоб ці зупинки були рідше і вимагали мінімальних трудових і матеріальних витрат. Отже, надійність повинна містити не тільки вірогідність безвідмовної роботи протягом заданого часу, але і показники, що характеризують виконання робіт по технічному обслуговуванню і ремонту в найкоротші терміни з мінімальними трудовими і матеріальними витратами.

Зменшити об'єм робіт по технічному обслуговуванню і ремонту і їх трудомісткість можна або за рахунок збільшення довговічності деталей, або за рахунок пристосування конструкції автомобіля і його агрегатів до швидкої заміни сполучень, що зносилися, і вузлів, тобто за рахунок поліпшення ремонтпридатності, або за рахунок одночасного поліпшення показників довговічності і ремонтпридатності.

Довговічність деталей, вузлів і агрегатів і ремонтпридатність конструкції автомобіля – це два могутні важелі, за допомогою яких можна підвищити його надійність на стадії проектування і в процесі модернізації.

Проблема надійності забезпечується на чотирьох основних етапах:

- визначення початкових вимог до якості нової моделі з урахуванням рівня сучасної техніки, наявних аналогів, кон'юнктури ринку і інтересів споживачів;
- проектування, тобто розробка конструкторської документації, виконання комплексних стендових і дорожніх випробувань;
- робота із споживачами (збір інформації про всі відмови і несправності, що виникають в процесі експлуатації);
- спрощення і зниження трудомісткості технічного обслуговування і ремонтних робіт, забезпечення запасними частинами).

При конструюванні автомобілів повинне дотримуватися правило, ніж менше очікувана довговічність тієї або іншої деталі сполучення, тим більшою ремонтпридатністю повинна володіти конструкція автомобіля. Тому надійність автомобіля – категорія не тільки технічна, але і економічна. Вона повинна відображати витрати суспільно необхідної праці на створення автомобіля і підтримку його в працездатному стані в процесі експлуатації. Надійність залежить перш за все від рівня технічного оснащення заводу-виробника, заводів – постачальників сировини, якості матеріалів, напівфабрикатів і готових деталей. Вирішення складних проблем надійності сучасних автомобілів неможливе без глибокого теоретичного вивчення фізико-хімічних процесів, зухвалий знос і поломку деталей, і розробки на цій базі відповідних практичних рекомендації по конструюванню, виробництву і експлуатації автомобілів.

Прийняті на серійне виробництво автомобілі протягом всього часу знаходження їх на виробництві піддаються заводами-виробниками конструктивному поліпшенню з метою підвищення якості і

експлуатаційних показників. Якість виготовлення автомобіля визначається технічним і технологічним рівнями виробництва, кваліфікацією персоналу, вживаними матеріалами і рівнем організаційно-управлінського регулювання виробництва. В умовах серійного і масового виробництва виготовити бездефектні автомобілі практично неможливо, тому що завжди є випадкові чинники, які є причиною появи дефектів. Такими чинниками можуть бути погрішності технологічного устаткування, інструменту, пристосувань, режимів обробки, матеріалів (наприклад, неоднорідність структури), настройки вимірювальних засобів. Таким чином, дефекти і несправності нових автомобілів – об'єктивна закономірність їх виробництва. Проведення ж суцільного контролю якості автомобілів, що сходять з конвеєра заводів, практично неможливе і економічно недоцільно. Тому для визначення показників надійності необхідно здійснювати систематичне спостереження за роботою автомобілів в різних умовах експлуатації протягом всього гарантійного і міжремонтного пробігів. У цих цілях, а також для відпрацювання ін.13фарб них13 нормативів з технічного обслуговування і ремонту автомобілів, що найповніше відповідають умовам експлуатації в різних географічних і кліматичних зонах країни, організовується дослідна експлуатація автомобілів.

Для того, щоб дати оцінку надійності автомобіля, необхідно правильно класифікувати терміни надійності.

Справність – це стан автомобіля, при якому він відповідає всім технічним вимогам, встановленим нормативно-технічною документацією як відносно основних параметрів, що характеризують нормальне виконання заданих функцій, так верб відношенні другорядних параметрів, що характеризують зовнішній вигляд, зручність експлуатації і так далі

Несправність – це стан автомобіля, при якому він в даний момент часу не задовольняє хоч би одній з вимог, встановлених нормативно-технічною документацією.

Працездатність – це стан автомобіля, при якому він здатний виконувати задані функції, зберігаючи значення заданих параметрів в межах, встановлених нормативно-технічною документацією.

Отже, між працездатністю і справністю існує дуже важлива відмінність: справність припускає, що виконуються всі вимоги, що відносяться як до основних, так і до другорядних параметрів, встановлених нормативно-технічною документацією. Працездатність характеризує тільки вимоги, що відносяться до основних параметрів. Вимоги, що відносяться до другорядних параметрів, можуть не виконуватися. Так, наприклад, автомобіль залишається працездатним, коли у нього пошкоджені лакофарбові або антикорозійні покриття, згоріла лампочка освітлення щитка приладів і так далі.

Зупинка автомобіля із-за виниклих технічних несправностей або робота з неприпустимими відхиленнями від заданих робочих характеристик називається відмовою.

Відмову автомобіля можна також визначити як повну або часткову втрату ним працездатності.

Повна відмова – це відмова, що позбавляє автомобіль рухливості.

Часткова відмова – це зниження експлуатаційних якості автомобіля.

Несправності, що усуваються водієм в дорозі за допомогою індивідуального комплексу ЗІП і за час проведення щоденного технічного обслуговування, і несправності, що не впливають на працездатність автомобіля, у відмови не включаються.

Залежно від причини появи відмови підрозділяються на заводських і експлуатаційних.

Заводські відмови – це відмови, що з'явилися з вини заводу – виготівника автомобіля. Вони підрозділяються на конструктивних і виробничих.

Експлуатаційні відмови – це відмови, обумовлені порушенням правил експлуатації і зовнішніми діями, не свойст- венозними нормальній експлуатації. Експлуатаційні відмови і несправності при оцінці надійності автомобіля не враховуються.

Відмови і несправності, що враховуються при оцінці надійності автомобіля, можуть значно відрізнятися по ступеню впливу на його працездатність і складнощі їх усунення. Тому необхідно їх класифікувати і по цих ознаках.

За ознакою «ступінь впливу на працездатність» відмови і несправності розподіляються на три групи:

- що позбавляють автомобіль рухливості;
- знижуючі експлуатаційні якості;
- що не впливають на працездатність автомобіля.

До групи тих, що позбавляють автомобіль рухливості відносяться відмови, без усунення яких подальше його використання неможливе (відсутність подачі палива, поломка буксирного крюка тягача і ін..) або неприпустимо (відсутність тиску в системі мастила двигуна, відмова гальм і т. п.).

Несправності цієї групи є повними відмовами автомобіля. Їх поява викликає необхідність відновлювати автомобіль на місці виходу з ладу або буксирувати в автотранспортне підприємство.

До групи відмов, що знижують експлуатаційні якості, відносяться відмови і несправності, ін.15фарб н такі показники, як час підготовки до руху, середня швидкість руху, вантажопідйомність, прохідність, витрата ГСМ і т. д., але що допускають використання автомобіля за призначенням протягом деякого часу.

До групи несправностей, що не впливають на працездатність, відносяться несправності, не ін.15фарб н основні характеристики автомобіля, що не створюють незручності при його експлуатації і усунення яких може бути відкладене до чергового номерного технічного

обслуговування (незначні підтікання змащувального матеріалу через ущільнення, тріщини елементів облицювання, відшаровування ін.16фарбних покриттів і т. п.).

Відмови як випадкові події можуть бути незалежними і залежними. Незалежна відмова – це відмова, яка не приводить до відмови інших елементів автомобіля. Відмова, що виявилася в результаті відмови інших елементів, називається залежною. Відмова може бути раптовою, якщо пошкодження агрегатів автомобіля настають миттєво, і поступовим, в результаті тривалої, поступової зміни параметрів елементів (втома металу, зношування поверхні і ін.).

1.2. Характеристики надійності

Щоб оцінити якість продукції, автомобільною промисловістю, що випускається, стосовно конкретних умов експлуатаційних, необхідно вивчати надійність автомобілів після їх обкатки.

Порівняння надійності нових і капітально відремонтованих автомобілів, що працюють в однакових умовах, може дати об'єктивну оцінку якості ремонту.

Кількісні характеристики надійності одномарочних автомобілів, отримані різними автотранспортними підприємствами, але що працюють в однакових умовах, є достатньо точними характеристиками рівня технічної експлуатації автомобілів в конкретному автотранспортному підприємстві.

Аналіз характеристик надійності автомобілів дозволяє виявити вузькі місця в організації і технології технічного обслуговування і ремонту. Ці дані можуть бути використані для обґрунтованих заявок на запасні частини і матеріали.

Для характеристики надійності автомобіля залежно від конструктивно-технологічних і експлуатаційних чинників приймають

систему критеріїв, що дозволяють оцінювати надійність всього автомобіля або окремих його елементів в числових показниках.

Тільки в цьому випадку можна порівнювати надійність різних марок і моделей автомобілів і вести роботу по підвищенню їх надійності.

Для забезпечення надійності автомобілів необхідно, щоб показники надійності задавалися в технічному завданні на проектування і контролювалися при розробці конструкції, виготовленні і експлуатації. Отже, для кожного типу автомобілів залежно від умов їх експлуатації повинні встановлюватися деяка сукупність показників надійності, значення і методи їх кількісної оцінки.

Надійність автомобіля характеризується чотирма властивостями: безвідмовністю, ремонтпридатністю, довговічністю, збереженістю.

Безвідмовність - властивість автомобіля безперервно зберігати працездатний стан протягом деякого часу або деякого напрацювання.

Кількісно воно оцінюється вірогідністю безвідмовної роботи, середнім напрацюванням повністю, інтенсивністю відмов, середнім напрацюванням на відмову і параметром потоку відмов.

Ремонтпридатність - властивість автомобіля, що полягає в пристосованості до попередження і виявлення причин виникнення відмов, пошкоджень і підтримці і відновленню працездатного стану шляхом проведення технічного обслуговування і ремонтів.

Кількісно воно оцінюється середнім часом відновлення, середньою питомою трудомісткістю технічного обслуговування і поточного ремонту, вірогідністю відновлення працездатності в задане коефіцієнтом готовності, коефіцієнтом технічного використання час і коефіцієнтом складності відмов.

При порівняльній оцінці різних типів автомобілів необхідно мати на увазі, що час їх простою у зв'язку з проведенням технічного обслуговування або ремонту залежить від рівня організації цих робіт, їх

технічного оснащення, кваліфікації персоналу і ряду інших чинників експлуатаційного характеру.

Довговічність - властивість автомобіля зберігати працездатний стан до настання граничного стану при встановленій системі технічного обслуговування і ремонту.

Безвідмовність і довговічність - властивості автомобіля зберігати працездатний стан. Але безвідмовність - властивість автомобіля безперервна зберігати працездатний стан, а довговічність - властивість автомобіля тривала зберігати працездатний стан з необхідними перервами для технічного обслуговування і ремонту.

Визначення довговічності автомобілів, агрегатів, деталей повинно здійснюватися на стадії проектування одночасно з визначенням експлуатаційних витрат на їх технічний зміст.

Кількісно довговічність оцінюється середнім ресурсом автомобіля до капітального ремонту, середнім напрацюванням на відмову автомобіля за пробіг до капітального ремонту, середнім напрацюванням до капітального ремонту основного агрегату, g-процентним ресурсом.

Кожна нова модель автомобіля повинна бути досконалішою в порівнянні з попередньою і відповідати кращим світовим зразкам. Досконалість в даному випадку визначається зниженням сумарних питомих витрат на виготовлення і технічний зміст, а також структурою цих витрат, тобто можливим зниженням частки витрат в експлуатації. Одночасно визначаються показники довговічності, які мають, як правило, тенденцію до збільшення.

Довговічність автомобілів підвищується в результаті вдосконалення їх конструкції, технології виготовлення і поліпшення організації технічної експлуатації.

Збереженість - властивість автомобіля зберігати значення показників безвідмовності, довговічності і ремонтпридатності в течію і після зберігання і транспортування.

Основним показником збереженості автомобілів повинна бути вірогідність збереження безвідмовності. Цей показник характеризує готовність автомобілів до негайного виконання транспортної роботи після певного терміну зберігання.

Показником збереженості є також середній термін збереженості автомобілів при тривалому зберіганні.

Перераховані властивості відображають потенційні можливості конструкції автомобіля. Вони формуються при проектуванні і виробництві, є внутрішніми причинами, від яких залежить ступінь надійності автомобіля при його використанні за призначенням.

1.3. Життєвий цикл автомобіля

Автомобіль характеризується життєвим циклом. Життєвий цикл складається з наступних стадій: проектування, виробництво, експлуатація автомобіля. Кожна з цих стадій життєвого циклу впливає на надійність виробу.

На стадії проектування у автомобілі закладаються основи його надійності. На надійність, у широкому сенсі, впливають:

- вибір матеріалів (міцність матеріалів, зносостійкість матеріалів);
- запаси міцності деталей і конструкції в цілому;
- зручність збірки і розбирання (визначає трудомісткість наступних ремонтів);
- механічна і теплова напруженість конструктивних елементів;
- резервування найважливіших або найменш надійніших елементів і інші заходи.

На стадії виготовлення надійність визначається вибором технології виробництва, дотриманням технологічних допусків, якістю обробки поверхонь, що сполучаються, якістю використовуваних матеріалів, ретельністю збірки та регулювання.

На стадії проектування і виготовлення визначаються конструктивно-технологічні чинники, що впливають на надійність автомобіля.

Дія цих чинників виявляється на стадії експлуатації. Крім того, на даній стадії життєвого циклу об'єкту на його надійність впливають і експлуатаційні чинники.

Експлуатація вирішально впливає на надійність автомобілів, особливо складних. Надійність об'єкту при експлуатації забезпечується шляхом:

- дотримання умов і режимів експлуатації (мастило, навантажувальні режими, температурні режими і ін.);

- проведення періодичних технічних обслуговувань з метою виявлення і усунення виникаючих неполадок і підтримки автомобіля у працездатному та, що найголовніше, технічно справному стані;

- систематичної діагностики стану вузлів, агрегатів, систем і автомобіля цілому, виявлення і попередження відмов, зниження шкідливих і небезпечних наслідків відмов;

- проведення профілактичних відновних ремонтів.

Основною причиною зниження надійності в процесі експлуатації є знос і старіння компонентів об'єкту.

Знос приводить до зміни розмірів, порушення працездатності (наприклад за причин погіршення умов мащення), поломок, зниженню міцності і ін..

Старіння приводить до зміни фізико-механических властивостей матеріалів, що викликає непрогнозуємі поломки або відмови.

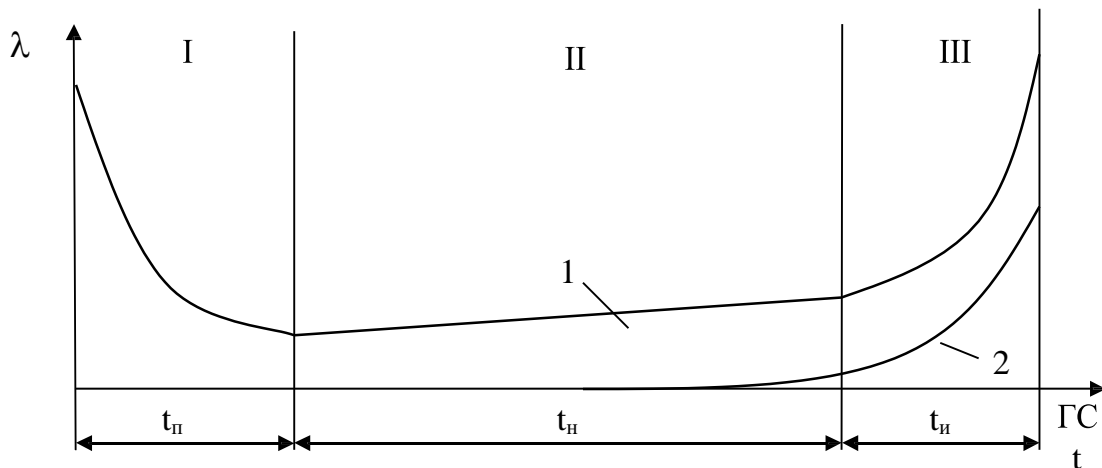
Умови експлуатації призначаються такими, щоб максимально знизити знос і старіння: наприклад, знос зростає в умовах дефіцита або низької якості мастила. Старіння зростає при виході температурних режимів за допустимих (наприклад, прокладки ущільнювачів, клапани і так далі).

Надійність об'єкту на стадії експлуатації ілюструється графіком типової залежності інтенсивності відмов автомобіля у цілому від часу (пробігу) експлуатації, представленому на рис. 1.1.

У період припрацювання t_n надійність, у першу чергу визначається конструктивно-технологічними факторами, що призводить до підвищеної інтенсивності відмов. У міру виявлення і усунення цих чинників надійність автомобіля у цілому приводиться до номінального рівня, який зберігається в тривалому періоді t_n нормальної експлуатації.

Протягом експлуатації у деталях та їх з'єднаннях агрегатів та систем автомобіля накопичуються прояви зноса і втоми, інтенсивність яких зростає із збільшенням терміну його експлуатації (зростаюча крива 2 на рис. 1.1). Наступає період t_i інтенсивного зносу, який завершується переходом складуючи автомобіля у граничний стан з вилученням його з експлуатації.

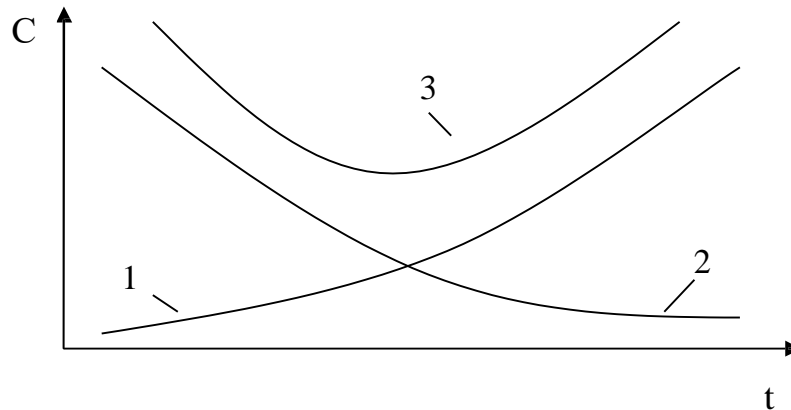
Щорічні витрати на експлуатацію характеризуються графіками (рис. 1.2).



I - інтенсивність відмов $\lambda(t)$; 2 – крива старіння; I – період припрацювання;

Π – період нормальної роботи; III – період зноса; $\Gamma\text{С}$ – ганичний стан

Рис. 1.1. Залежність інтенсивності відмов λ від напрацювання t



I - витрати на експлуатацію; 2 - витрати на амортизацію; 3 - сумарні витрати

Рис. 1.2. Залежність експлуатаційних витрат C від напрацювання t

З графіків видно, що існує оптимальний термін експлуатації автомобіля, при якому сумарні витрати на експлуатацію мінімальні. Тривала експлуатація, що істотно перевищує оптимальний термін, недоцільна за економічних міркувань. Але....

1.4. Підтримка надійності автомобіля при експлуатації

Підтримка необхідного рівня надійності технічних об'єктів в процесі експлуатації здійснюється шляхом проведення комплексу організаційно-технічних заходів. Сюди входять періодичні технічні обслуговування, профілактичні і відновні ремонти. Періодичні технічні обслуговування

направлені на своєчасні регулювання, усунення причин відмов, раннє виявлення відмов.

Періодичні технічні обслуговування проводяться у встановлені терміни і у встановленому об'ємі. Завданням будь-якого технічного обслуговування є перевірка контрольованих параметрів, регулювання у разі потреби, виявлення і усунення несправностей, заміна елементів, передбачена експлуатаційною документацією.

Порядок виконання нескладних робіт визначається інструкціями по технічному обслуговуванню, а порядок виконання складних робіт - технологічними картами.

В процесі технічних обслуговувань зазвичай здійснюється і діагностика стану експлуатованого об'єкту (у тому або іншому об'ємі).

Діагностика полягає в контролі стану об'єкту з метою виявлення і попередження відмов. Здійснюється діагностика за допомогою діагностичних засобів контролю, які можуть бути вбудованими і зовнішніми. Вбудовані засоби дозволяють здійснювати безперервний контроль. За допомогою зовнішніх засобів здійснюється періодичний контроль.

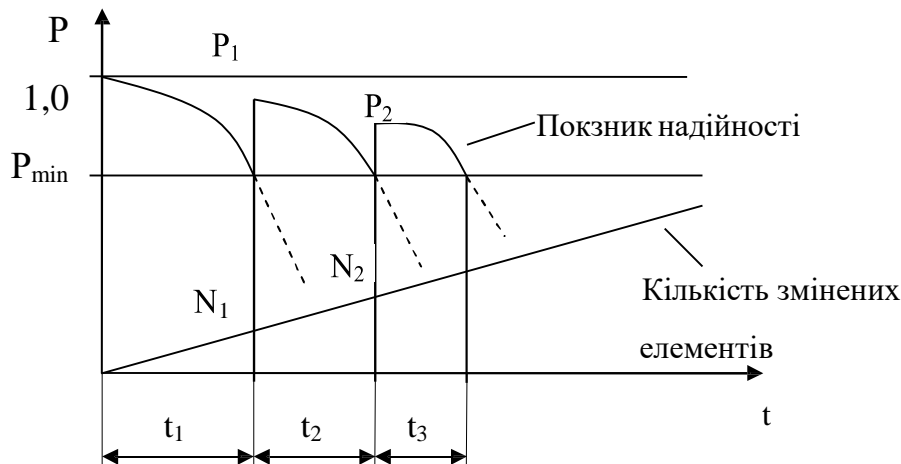
В результаті діагностики виявляються відхилення параметрів об'єкту і причини цих відхилень. Визначається конкретне місце несправності. Вирішується завдання прогнозування стану об'єкту і ухвалюється рішення про його подальшу експлуатацію.

Об'єкт вважається працездатним, якщо його стан дозволяє йому виконувати покладені на нього функції. Якщо в процесі експлуатації характеристики об'єкту або його структура неприпустимо змінилися, то це свідчить про те що в об'єкті виникла несправність. Виникнення несправності не можна ототожнювати з втратою об'єктом працездатності. Проте в непрацездатному об'єкті завжди матиме місце несправність.

Для відновлення показників надійності об'єкту при їх зниженні проводяться профілактичні і відновні ремонти. Відновні ремонти служать

для відновлення працездатності об'єкту після відмови і підтримки заданого рівня його надійності шляхом заміни деталей і вузлів, що втратили свій рівень надійності або що відмовили.

Кількість ремонтів визначається економічною доцільністю. Типова залежність вірогідності безвідмовної роботи ремонтovanого об'єкту від часу експлуатації показана на рис. 1.3.



P - вірогідність безвідмовної роботи об'єкту; P_{min} - мінімально допустимий рівень надійності; N - число замінюваних при ремонті елементів об'єкту

Рис. 1.3. Залежність вірогідності безвідмовної роботи ремонтovanого об'єкту від часу експлуатації

Черговий ремонт не дозволяє досягти початкового рівня надійності об'єкту, і термін експлуатації об'єкту після цього ремонту буде менший, ніж після попереднього ремонту ($t_3 < t_2 < t_1$). Таким чином, ефективність кожного подальшого ремонту знижується, що вабить необхідність обмеження загальної кількості ремонтів об'єкту. Але використання ремонтно-відновлюваних технологій може забезпечити зростання кожного значення t_i у середньому у 1,5 – 2 рази.

1.5. Нормування показників надійності

З метою створення високонадійних автомобілів необхідне нормування надійності - встановлення номенклатури і кількісних значень основних показників надійності складаючих елементів.

Номенклатуру показників надійності вибирають залежно від класу виробів, режимів експлуатації, характеру відмов і їх наслідків. Вибір показників надійності може визначатися замовником.

Всі вироби підрозділяються на наступні класи:

- неремонтуємі і невідновні вироби загального призначення. Складові частини виробів, невідновні на місці експлуатації і що не підлягають ремонту (наприклад, підшипники, шланги, кріпильні деталі, електронні деталі і ін.), а також невідновні вироби самостійного функціонального призначення (наприклад, електричні лампи, контрольні прилади і ін.);

- відновлювані вироби, що піддаються плановим технічним обслуговуванням, поточному і середньому ремонту, а також вироби, що піддаються капітальному ремонту;

- вироби, призначені для виконання короткочасних разових або періодичних завдань.

Режими експлуатації виробів можуть бути наступними:

- безперервними, коли виріб працює безперервно протягом певного часу;

- циклічними, коли виріб працює із заданою періодичністю протягом певного часу;

- оперативними, коли невизначений період простою змінюється періодом роботи заданої тривалості.

Зазвичай нормують вірогідність безвідмовної роботи $P(t)$ з оцінкою ресурсу T_p , протягом якого вона регламентується. Значення T_p повинне бути узгоджене із структурою і періодичністю ремонтних робіт і технічного обслуговування, а допустима вірогідність безвідмовної роботи є мірою небезпеки наслідків відмови.

Градація виробів по класах надійності представлена в табл.1.1.

Значення $P(t)$ задані для певного періоду експлуатації T_p за умови строгої регламентації і виконання режимів роботи і умов експлуатації.

Таблиця 1.1

Класи надійності

Клас надійності	0	1	2	3	4	5
Припустиме значення	$< 0,9$	$\geq 0,9$	$\geq 0,99$	$\geq 0,999$	$\geq 0,9999$	1

У нульовий клас входять маловідповідальні деталі і вузли, відмова яких залишається практично без наслідків. Для них хорошим показником надійності може бути середній термін служби, напрацювання на відмову або параметр потоку відмов.

Класи з першого по четвертий характеризуються підвищеними вимогами до безвідмовної роботи (номер класу відповідає числу дев'яток після коми). У п'ятий клас включаються високонадійні вироби, відмова яких в заданий період недопустима.

У автомобілебудуванні зазвичай задаються значення коефіцієнта готовності K_z , середній час знаходження в працездатному стані T_p , напрацювання до першої відмови і середнє напрацювання на відмову.

Для транспортних машин дуже важливо виявити і кількісно оцінити відмови, які впливають на безпеку їх роботи. За американської методики FMESCA безпека системи оцінюється вірогідністю безвідмовної роботи з урахуванням двох паралельних показників: категорії наслідків і рівня небезпеки.

Категорія наслідків оцінює ступінь серйозності тих наслідків, до яких може привести відмову:

I клас - відмова не приводить до травмування персоналу;

II клас - відмова приводить до травмування персоналу;

III клас - відмова приводить до серйозної травми або смерті;

IV клас - відмова приводить до серйозних травм або смерті групи людей.

Висновки по першому розділу

1. Для транспортних машин дуже важливо виявити і кількісно оцінити відмови, які впливають на безпеку їх роботи.

2. У автомобілебудуванні зазвичай задаються значення коефіцієнта готовності K_s , середній час знаходження в працездатному стані T_p , напрацювання до першої відмови і середнє напрацювання на відмову.

3. Зазвичай нормують вірогідність безвідмовної роботи $P(t)$ з оцінкою ресурсу T_p , протягом якого вона регламентується. Значення T_p повинне бути узгоджене із структурою і періодичністю ремонтних робіт і технічного обслуговування, а допустима вірогідність безвідмовної роботи є мірою небезпеки наслідків відмови.

4. Значення $P(t)$ задані для певного періоду експлуатації T_p за умови строгої регламентації і виконання режимів роботи і умов експлуатації

РОЗДІЛ 2

ПРОБЛЕМА СТВОРЕННЯ «БЕЗЗНОШУВАЛЬНИХ» ВУЗЛІВ ТЕРТЯ АВТОМОБІЛЯ

2.1. Вибірковий перенос

До останнього часу генеральним напрямком боротьби зі зношуванням у машинобудуванні було підвищення твердості поверхонь деталей, що труться. В промисловості розроблена велика кількість методів підвищення твердості деталей: цементування, азотування, хромування, ціанування, поверхневе гартування, наплавлення твердими матеріалами та ін. Багаторічний досвід свідчить, що цей напрямок дав змогу великою мірою підвищити надійність деталей машин, що працюють на тертя. Наприклад, електролітичне хромування циліндрів двигунів внутрішнього згорання не тільки підвищує зносостійкість пари циліндр–поршневе кільце, але й значною мірою зменшує втрати на тертя в циліндро-поршневій групі двигунів. Без азотування або цементування зубчастих передач в наш час неможливо забезпечити надійну роботу важконавантажених редукторів. Розроблені методи підвищення твердості деталей, що труться, стали сильною зброєю у справі підвищення зносостійкості деталей, а звідси – і терміну служби машин.

Однак постійне прагнення до зменшення маси і підвищення інтенсифікації робочих процесів призвело до збільшення тисків у вузлах машин і швидкостей ковзання і погіршило умови змащування. Крім того, вимоги до підвищення ККД механізмів, а також застосування спеціальних змащувальних матеріалів і рідин призвело до того, що традиційні методи збільшення зносостійкості деталей, підвищення їхньої твердості в багатьох випадках перестали себе виправдовувати. Площа фактичного контакту поверхонь деталей при високій твердості матеріалу з багатьох причин (наявність можливого переносу, великої шорсткості й хвилястості поверхні)

складає незначну долю номінальної поверхні тертя. В результаті на ділянках фактичного контакту створюється високий тиск, що призводить до інтенсивного зношування тертя.

У процесі пошуку засобів підвищення зносостійкості деталей машин у СНД було відкрито явище вибіркового переносу при терті (Д.Н.Гаркуновим). Вибірковий перенос (ВП) – це комплекс фізико-хімічних явищ на контакті поверхонь при терті, який дозволяє подолати обмеженість ресурсу спряжень машин, що труться, і зменшити втрати на тертя. У ВП використовуються фундаментальні фізико-хімічні процеси. На відміну від тертя при граничному змащуванні, де основою є механічна взаємодія і ефект Ребіндера, майже не використовується.

Вибірковий перенос, його системи зменшення зношування і тертя, розроблені А.А.Поляковим, не впливають з раніше відомих уявлень про тертя і зношування. Складність ВП зумовлюється як сукупність різних хімічних і фізико-хімічних процесів, що носять кібернетичний характер. У зв'язку з цим доречно послатися на загальну теорію систем, де вказується, що традиційний розділ науки на класичні дисципліни не задовольняє потреби сучасного наукового пізнання, а складні системи будь-якого виду не піддаються опису в рамках однієї наукової дисципліни. Процеси, що складають сутність ВП знаходяться, як правило, на стиках розділів хімії, фізичної хімії, фізики, кібернетики і механіки.

Складність ВП полягає також у тому, що ряд його хімічних і фізичних процесів не зустрічаються в практиці досліджень тертя. До них слід віднести процеси, що відбуваються при терті в сервовитній плівці, коли накопичення дислокації при її деформації підтримується на дещо низькому рівні, тим самим забезпечуючи її неруйнування і беззношуваність контактуючих поверхонь. До цих явищ слід також віднести зворотний зв'язок між навантаженням і силою тертя, коли в певному діапазоні навантажень і швидкостей ковзання їх збільшення викликає зменшення сили тертя. Більшість хімічних реакцій ВП є гетерогенними, тому їх вивчення

ускладнене.

Сервовітна плівка – захисна металева плівка, що виникає на початковій стадії тертя в результаті вибіркового розчинення анодних компонентів поверхневого шару матеріалу.

Електричні явища супроводжують усі види зовнішнього тертя, бо процес утворення адгезійного зв'язку між поверхнями різнорідних твердих тіл, що дотикаються, призводить до утворення в контакті подвійного електричного шару. У ВП електричні явища відіграють певну роль. У початковій стадії ВП має місце вибіркоче (електрохімічне) розчинення в результаті роботи мікроелементів мідного сплаву, ускореного механодинамічною дією тертя. В результаті на поверхні утворюється шар міді – сервовітна плівка, яка пасивує поверхню мідного сплаву. Починає одночасно працювати елемент мідь–сталь. На поверхні тертя виникає два одночасно однойменно заряджені шари. Ця обставина має кардинальне значення – виникає кулонівське відштовхування цих шарів, що зменшує адгезійну взаємодію. Вступає в роботу третій елемент. Його дія полягає у втягуванні в зазор позитивно заряджених частинок. Напруженість поля ЕРС, що виникає, може сягати десятків мільйонів вольт на 1 см, і в зазор будуть втягуватись не тільки золі, але і частинки колоїдних розмірів, тобто виникає електрофорез.

Згідно з Д.Н. Гаркуновим ВП має в своїй основі описані вище та інші корисні фізико-хімічні явища і групи явищ, названі системами зношування і тертя. Вони стримують зношування, зменшують опірність зсуву і мають властивості самоорганізації, а іноді і здатність до оберненого зв'язку зі збуджуючою причиною. Їх основна цінність полягає в тому, що вони працюють диференційовано проти факторів, що ведуть до руйнування поверхні. Майже кожна з систем має глибокий зміст. Наприклад, система захисту від водневого зношування являє собою цілий трибологічний напрямок, а дифузійно- вакансійний механізм зменшення опірності зсуву являє собою нову фізичну проблему тертя, що зумовлює

беззношуваність.

Традиційною системою зношування і тертя є самостійне утворення шару змащувального матеріалу при терті з граничним змащенням у результаті адсорбції молекул мастила на поверхні. Є й інші дані використання фізико-хімічних явищ для захисту від зношування і для зменшення тертя.

Явище ВП зумовлено термодинамічними системами тертя. Властивості цих систем розкрив І.Р. Пригожин, котрий встановив можливість високої самоорганізації фізичних і хімічних систем за певних термодинамічних умов. Тертя є термодинамічно неврівноваженим процесом, який може існувати як в області, близькій до рівноваги, так і далі від неї, утворюючи різноманітні структурні класи, перехід до яких здійснюється стрибкоподібно. У зв'язку з цим можливе існування систем тертя, що не накопичують енергію у вигляді нагромадження дефектів у поверхневих шарах, а повністю передають енергію в навколишнє середовище. Прикладом такої системи є ВП.

Корисною є властивість ВП працювати в середовищах, де тертя при граничному змащуванні не може ефективно виконувати свою функцію. ВП проявляє здатність перебудови захисних систем, котрі змінюються залежно від

властивостей середовища, що є вихідним матеріалом для утворення системи зношування і тертя. Варіанти розглядаються як різні модифікації ВП, які отримали назви за принципом змащувальної дії – плазмоутворення мастила, металоплачука, іонна, траверсивна та ін.

При плазмоутворюючому змащуванні використовується група вуглецево-водневих мастил, що забезпечують виникнення ВП шляхом трибодеструкції частини своїх компонентів у зоні контакту при терті, хемосорбції продуктів деструкції на анодних компонентах сплаву вузла тертя й утворення поверхнево-активних речовин (ПАР) і сервовитної плівки. Таке мастило викликає ВП тільки у вузлах тертя, що містять

плівкоутворюючий матеріал – бронзу, мідь тощо.

Для здійснення ВП у парах тертя сталь–сталь, чавун–сталь та ін., що не містять плівкоутворюючого матеріалу, використовуються металоплачучі змащувальні матеріали. Вони мають у своєму складі плівкоутворюючі матеріали, або оксиди металу, що відновлюються при терті, або металоорганічне з'єднання, що виділяє метал при розкладі в зоні тертя. При цьому поверхнево-активні речовини повинні міститись у базовому змащувальному матеріалі або утворюватись при розкладі металоорганічного з'єднання.

«Металоплакуючі» пластичні змащувальні матеріали (наприклад, на основі ЦИАТИМ–201), що містять порошок бронзи або латуні, застосовуються у важконавантажених вузлах тертя типу гвинт–гайка та ін., де звичайні матеріали з добавками металоорганічних або комплексних з'єднань, працюють як у режимі ВП, так і в режимі граничного змащення.

У випадках, коли змащувальним матеріалом є середовище, що не містить поверхнево-активних речовин (наприклад, вода, водяні розчини сірчаної кислоти, солей), «металоплачуче» мастило переходить в іонне.

Іонне мастило засноване на властивості іонів металу, що знаходяться в розчині, втягуються у зазор між поверхнями тертя і розряджати в зоні контакту, утворюючи роздільну (дивідуальну) плівку.

Зносостійкість контактуючих поверхонь у соляних та інших агресивних розчинах істотно зростає, якщо в контакт ввести продукти деструкції пластмаси за допомогою підпружинених вставок або інших конструктивних заходів. Такі вставки істотно збільшують термін служби поверхонь тертя в морській воді. Продукти деструкції твердої пластмаси поводять себе в контакті аналогічно продуктам деструкції рідких вуглеводнів, тобто виключаючи окисно-відновний процес, і утворюють поверхнево-активні речовини, що істотно знижує інтенсивність зношування. Суміщення іонного мастила з підживленням поверхнево-активними речовинами називають траверсним мастилом.

Дослідження механізму вибіркового переносу, його закономірностей і областей раціонального використання призвело до деякої зміни поглядів, що склалися раніше, на ряд питань триботехніки – структуру і властивості тонких поверхневих шарів, деталей машин, що труться, механізм дії зношування і змащування, шляхи створення змащувальних матеріалів і присадок до них, оптимальну структуру і властивості зносостійкості й антифрикційних матеріалів і припрацювання покриттів та ін.

Наведені вище зведені дані про вибіркового перенос, його використання і ефективність, узагальнені з літературних джерел. На думку Д.Н. Гаркунова, можна вважати, що вибіркового перенос – особливий вид тертя, який зумовлений самовільним утворенням в зоні контакту неокисленої тонкої металічної плівки з низьким опором зсуву і нездатний наклепуватися. На плівці, в свою чергу, утворюється полімерна плівка, яка утворює додатковий антифрикційний шар.

ВП застосовується в машинах: літаках (вузли тертя, шасі), автомобілях (передня підвіска), металорізальних верстатах (направляючі, пара гвинт–гайка), парових машинах (циліндр–поршневе кільце), дизелях (підшипники кочення), редукторах (пара черв'як–колесо), обладнанні хімічної промисловості (підшипники, ущільнювачі), механізмах морських суден (підшипники), магістральних нафтопроводах (ущільнення), гідронасосах (вузли тертя), нафтопромислового обладнанні (вузли тертя). ВП застосовується також в приладах (електричні контакти) і може бути використаний для підвищення стійкості ріжучого інструменту при свердлінні, фрезеруванні, протягуванні і при нарізуванні різі.

Фактори, що зумовлюють незношуваність:

- контактування поверхонь проходить через м'який шар металу, основний метал має знижений (в 10 разів) тиск;
- металічна плівка при деформації в процесі тертя не наклепується і може багатократно деформуватися без руйнування;

– тертя проходить без окислення поверхонь, ефект Ребіндера реалізується значною мірою;

– продукти зношування переходять з однієї поверхні, що третя, на іншу і назад, а в зоні тертя продукти зношування утримуються електричними силами.

Вибірковий перенос дає змогу:

1. При виготовленні машин економити метал (15...29%) за рахунок більшої вантажопідйомності (в 1,5...2 рази) пар тертя;

2. Збільшити термін роботи машини (в 2 рази), скоротити період припрацювання двигунів (в 3 рази) і редукторів (в 10 разів), відповідно скоротити витрати електроенергії;

3. В підшипниках кочення і ковзання зменшити витрати змащувальних матеріалів (до 2 разів);

4. Підвищити ККД глобоїдних редукторів з 0,7 до 0,85, гвинтової пари з 0,25 до 0,5;

5. Збільшити економію дорогоцінних металів (золота, платини, срібла) в приладах у 2...3 рази за рахунок великої надійності електричних контактів.

2.2. Будова поверхневих шарів деталі тертя

В процесі технологічної обробки в поверхневих шарах деталей тертя машин виникає дуже інтенсивна пластична деформація металу, локальні об'єми металу перебувають під впливом високих температур, фізико-хімічної дії робочих середовищ, змащувально-охолоджувальних рідин, кисню повітря.

При оцінці якості деформованої обробленої поверхні деталі розглядають дві зони: контактну (поверхневу) і підповерхневу (приповерхневу). Контактна зона безпосередньо прилягає до поверхні тертя і має глибину порядку кількох десятків або сотень тисячних мікрометрів. Ця

зона характеризується специфічними механізмами пластичної деформації і орієнтованою ультра- дисперсною будовою, яка зумовлює аномалію процесів адсорбції, дифузії, хімічних реакцій і руйнування. За цими прикметами контактну зону розглядають як тонкоплівковий об'єкт.

Критерієм тонкоплівкового стану служить критична товщина, нижче якої виникають аномалії властивостей, що розглядаються (механічних, хімічних, теплових, електричних, напівпровідникових, ультразвукових і т.д.), в порівнянні з "масивним" етапом. Специфіка напруженого стану і структури контактної зони є головним фактором, який зумовлює механізми структурно-енергетичної пристосовності матеріалів при терті.

Підповерхневі (приповерхневі) шари розташовані нижче контактної зони. Підповерхнева деформація може супроводжувати процеси нормального тертя, якщо деталі вузла тертя виготовлені з пластичних матеріалів, а напруження в спряженнях перевищує мікроскопічні границі текучості. Позитивний її вплив проявляється лише в деяких випадках, наприклад, у процесі припрацювання, коли за рахунок зношування поверхневих шарів дещо компенсуються відхилення від заданої макро- і мікрогеометрії, що дозволяє покращити прилягання спряжених деталей пари тертя. В умовах встановленого процесу тертя вплив підповерхневої деформації різко відрізняється, бо вона є джерелом недопустимих процесів пошкодження робочих поверхонь деталей. Розвиток деформаційних процесів у підповерхневих шарах є найнебезпечнішим для деталей, виготовлених з матеріалів з низькою температурною рекристалізацією і, внаслідок цього, не схильних до зміцнення при деформації.

Структурні зміни на поверхнях контактування в підповерхневих шарах і в поверхневих зонах впливу оцінюють методами оптичної мікроскопії і зворотного рентгенівського знімання за методом Лауе.

Глибина поверхневого (контактного або граничного) шару і якість поверхні залежать від основного матеріалу, виду обробки, основних параметрів інструменту, режимів обробки і виду змащувально-

охолоджувальної рідини.

Властивості поверхневих і при поверхневих шарів істотно відрізняються від об'ємних властивостей матеріалу. Відмінність поверхневих від і при поверхневих шарів ідеально твердого тіла від шарів, розташованих в основному об'ємі, зумовлено двома причинами: 1) несиметричністю сил, що діють на частинки, розміщені в при поверхневих; 2) некомпенсованістю зв'язків цих частинок. Поверхневий шар неоднорідний за будовою. Він складається з адсорбованої плівки, газів, вологи і змащувально-охолоджувальної рідини, яку можна усунути лише нагріванням деталі у вакуумі.

Підповерхнева зона складається з кількох шарів. Шар 2 сильно деформований, метал подрібнений з викривленою кристалічною ґраткою кристалів. У ньому знаходяться оксиди і нітриди, пустоти, надриви і тріщини.

Шар 3 складається з зерен сильно деформованих під дією тиску різального інструменту, в ньому містяться структурно вільний цементит, що утворюється під дією високих температур. Шар 4 – метал з вихідною структурою.

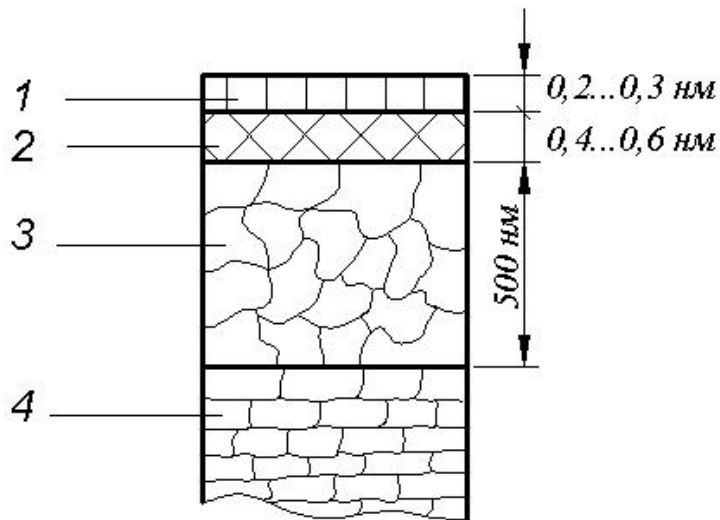
В умовах структурно-енергетичної пристосовності поверхні шари характеризуються іншою структурою, ніж основний матеріал виробу. Перехід від вихідного стану поверхні до робочого завершується утворенням вторинних структур.

Вторинні структури першого типу мають ультрадисперсну структуру пересичених твердих розчинів окислювачів у металах і різко відрізняються від структури, складу і властивостей глибинних об'ємів металу.

Вторинні структури другого типу мають ультрадисперсну будову і являють собою хімічне з'єднання окислювачів з металами нестехеометричного складу.

Вторинні структури при граничному терті оцінюються за інтенсивністю зношування, величинами сил тертя, трибо-електрорушійної

сили, що виникають при терті, вентельному ефекті й т. д.



1- поверхневий шар; 2- під поверхневий шар; 3- шар з деформованими зернами кристалічного ґрату; 4- метал з вихідною структурою

Рис. 2.1. Структура поверхневого шару шліфованої деталі

У вторинних структурах, при їх відділенні від поверхонь тертя, проходять процеси розпаду ультрадисперсної структури. Тому склад продуктів зношування не завжди відображає дійсний склад плівок вторинних структур, які утворилися на поверхнях тертя.

2.3. Теоретичне обґрунтування підвищення надійності пар тертя ремонтно-відновлюючими складами

У статиці кожний твердо фазний компонент компенсується двома шарами (рис. 2.2) різного походження.

У випадку синтезу компонентів РВС у окремому процесі та наступним переносом їх у інші умови (змінення середі тертя) проходить процес компенсації активної поверхні тертя деталі проміжними середами, (рис. 1,а),

зниження активності і зниження ефекта модифікування, що досягається.

При отриманні компонента безпосередньо у середині, що модифікується, склад компенсуючи шарів відповідає складу середини (рис.1,б), а структура і властивості поверхневого об'єму змінені у відповідності до специфіки дії компоненту.

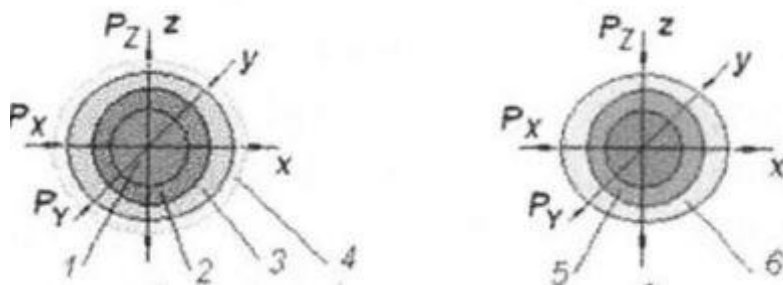
Для досягнення необхідного ефекту необхідно розповсюдити змінений за структурою поверхневий з компонентом шар середини на увесь її об'єм.

При відповідному рівні дотичних напружень відбувається відділення іонокомпенсуючого шару з утворенням об'єктів з ядрами на основі цього шару. Зв'язки цих ядер з зовнішніми їх шарами знаходяться на міжмолекулярному рівні і можуть руйнуватись при тепловому русі. Час існування у першому наближенні оцінюється у діапазоні $10^{-6} - 10^{-5}$ с.

Подальша деформація шарів, що компенсують, пов'язана з формуванням плоского напруженого стану, оскільки

$$P_x = P_y \ll P_z; \sigma_x = \sigma_y \ll \sigma_z. \quad (11)$$

При такому співвідношенні величина дотичних напружень визначається рівнем $\sigma_x = \sigma_y$ у відношенні до σ_z чи різницею $\sigma_2 = \sigma_3 \ll \sigma_1$.



1-компонент; 2,3 – компенсуючи шари проміжної середини; 4 – середина що модифікується; 5,6 – компенсуючи шари з матеріалу середини, що модифікується

Рис. 2.2. Схема при поверхневих шарів компонента

Разом з цим, рівень $\sigma_2 = \sigma_3$ визначає опір середини у площині ХУ. Величина опору буде залежати від швидкості прикладення навантаження по

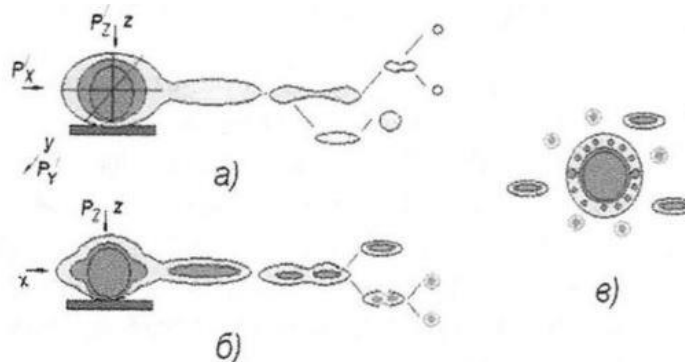
вісі Z , температури та ін.

Використання напружених станів і різних швидкостей, що змінюються, навкруги об'єкту РВС, може бути реалізована при зустрічі потоку масла з компонентами-перепонами, у випадку кавітаційних процесів, при дроселюванні, різькій зміні напряду навантаження. Розвиток уявлення про перенос компенсаційних шарів, що контактують з поверхнею об'єкта РВС, наведено на рис. 2.3.

Якщо упорядкованість більшої частини об'єму визначається об'єктами з ядрами на основі першого компенсаційного шару, а весь останній об'єм масла буде мати поляризацію другого шару, то такий ста можливо називати понадграти (ПГ) першого порядку.

Створення понадгратів вказаних рівнів пов'язано з послідовним розбавленням (розведенням) суспензії.

Моделювання процесу змінення дисперсійного складу домішок до масел, слід відмітити, дає можливість зменшення дисперсійного шару часточок металу їх розчиненням у деяких специфічних рідинах.



а- механізм переносу структурних з'єднань у об'ємі і формування об'єктів на базі першого компенсуючого шару; б- механізм переносу структурних з'єднань у об'ємі і формування об'єктів на базі другого компенсаторного шару; в- схема об'ємної компенсації РВС об'єктами з молекул моторної оливи

Рис. 2.3. Формування оливних молекулярних об'єктів під дією РВС і динамічних процесів у моторній оливі

Зафіксовано, що дисперсійний склад основної маси частинок зосереджений у діапазоні 0,5...1,0 мкм може бути зменшений до розмірів 0,01 мкм і нижче. Наприклад, взаємодія з гідроксидом аммонію структурної добавки «Кластер» призводить до змінення в'язкості середки, перетворюючи її з легко текучої рідини на гель.

У більшості теорій відновлення зношених поверхонь тертя деталей машин під дією різного роду складів і присадок, що знаходяться у маслах, саме масло є носієм визначених елементів металів та неметалів до деталей. При цьому склад масел і його властивості мають другорядне значення. Між цим необхідно, щоб моторна олива відповідала відповідним вимогам. Тобто олива виконує функції транспортера компонента і мастильного матеріалу.

Моторна олива, що працює у двигуні, може бути придатна для використання у разі, якщо показник Π_i буде обчислений за залежністю

$$\Pi_i = \frac{x_i - x}{x_0 - x}, \quad (1.2)$$

де Π_i – придатність оливи у момент часу i за одним з показників;

i – дискретний час ($i=1$ – момент першої операції контролю властивостей оливи; $i=2$ – момент другої операції контролю і т.д.);

x_0 – номінальне значення показника (на момент часу 0);

x_i – поточне значення показника (на момент часу i);

x – граничне значення.

На рис. 2.4. наведена схема прогнозованого змінення придатності оливи для уведення композита РВС.

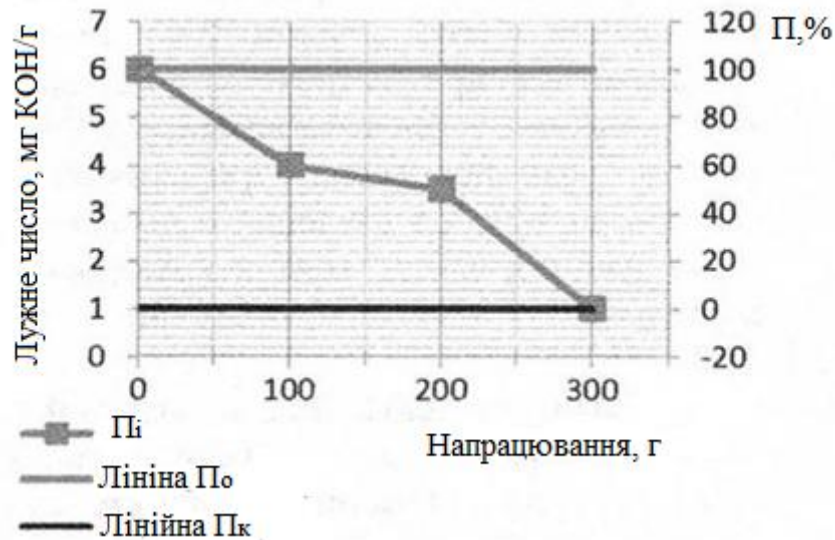


Рис. 2.4. Схема прогнозованого змінення придатності моторної оливи до введення композита РВС

Вихідна придатність оливи у двигуні $\Pi_o=1$ (або 100%). При першому контролі через напрацювання t_i олива у двигуні буде мати придатність Π_1 , що визначене з виразу

$$\Pi_1 = k_1 \cdot \Pi_o, \quad (1.3)$$

де k_1 – коефіцієнт зниження придатності оливи після першого напрацювання через період t_1 .

Після напрацювання t_2 придатність моторної оливи для проведення ремонтно-відновлюваної операції і подальше його використання в ДВЗ знизиться з Π_1 до Π_2 , яка дорівнює

$$\Pi_2 = k_2 \cdot \Pi_1, \quad (1.3)$$

де k_2 – коефіцієнт зниження придатності оливи після другого напрацювання через період t_2 . При цьому спрацьовується від 30% до 50% загальної маси протиокислюючих, протизносних, миюче-диспергуючих і інших присадок у працюючій моторній оливі. Звісно, що $k_2 \rightarrow 0$ при $\Pi_1 \rightarrow 0$:

$$k_2 = \lim_{\Pi_1'} f(\Pi_1'). \quad (1.4)$$

Видалення продуктів окислення підвищує ефективність роботи бази присадок, тим самим придатність працюючої моторної оливи з Π_2 до Π_2' , яка дорівнює

$$\Pi_2' = k_1 \cdot k_2 \cdot \beta_1 \cdot \Pi_0. \quad (1.5)$$

При проведенні аналізу прийняте припущення, що за весь період напрацювання середня швидкість змінення властивостей і придатність працюючої моторної оливи однакова і складає:

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{\Pi_0 - \Pi_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n} = \frac{\Pi_0 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \dots \cdot \beta_n \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot \dots \cdot k_n \cdot \Pi_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n} = \\ &= \frac{(1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \dots \cdot \beta_n \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot \dots \cdot k_n) \cdot \Pi_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n} \end{aligned} \quad (1.6)$$

де $t_1, t_2 \dots t_n$ – періоди напрацювання; β_n – коефіцієнт збільшення придатності працюючої моторної оливи після видалення продуктів окислення па домішок через напрацювання t_n ; k_n – коефіцієнт зниження придатності при n-му напрацюванні через період напрацювання t_n ; Π_n – величина придатності.

Графічна акономірність змінення домішок в оливі у процесі його очищення через штатний новий фільтр чи центрифугу представлена на рис.2.5.

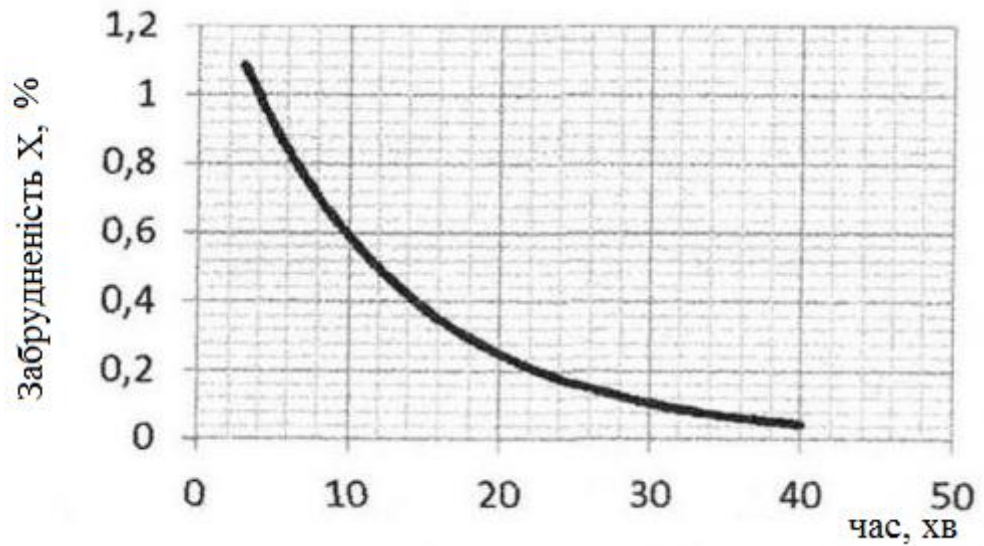


Рис. 2.5. Закономірність змінення концентрації домішок у маслі у процесі його очищення через новий фільтр чи центрифугу

Залежність зміни діаметру часток домішок d від часу T укрупнення наведена на рис. 2.6.

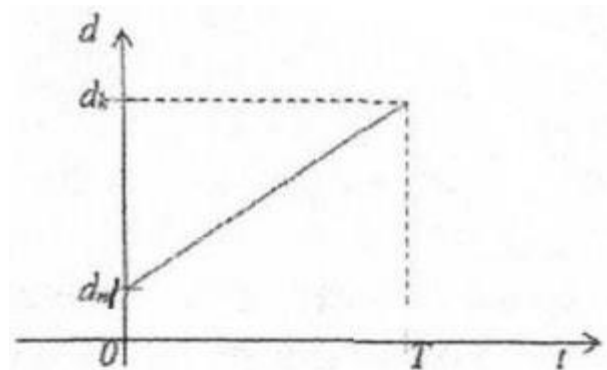


Рис.2.6. Залежність змінення діаметра часток домішок d від часу T укрупнення

У загальному випадку можливо припустити, що коагуляція часток продуктів окислення дозволить збільшити їх розмір у 10-15 разів.

Висновки по другому розділу

1. Виконане теоретичне обґрунтування процесу дії РВС.
2. Виявлені фактори, що зумовлюють незношуваність:
 - контактування поверхонь проходить через м'який шар металу, основний метал має знижений (в 10 разів) тиск;
 - металічна плівка при деформації в процесі тертя не наклепується і може багатократно деформуватися без руйнування;
 - тертя проходить без окислення поверхонь, ефект Ребіндера реалізується значною мірою;
 - продукти зношування переходять з однієї поверхні, що треться, на іншу і назад, а в зоні тертя продукти зношування утримуються електричними силами.
3. Вибірковий перенос дає змогу:
 - при виготовленні машин економити метал (15...29%) за рахунок більшої вантажопідйомності (в 1,5...2 рази) пар тертя;
 - збільшити термін роботи машини (в 2 рази), скоротити період припрацювання двигунів (в 3 рази) і редукторів (в 10 разів), відповідно скоротити витрати електроенергії;
 - у підшипниках кочення і ковзання зменшити витрати змащувальних матеріалів (до 2 разів);
 - підвищити ККД глобоїдних редукторів з 0,7 до 0,85, гвинтової пари з 0,25 до 0,5;
 - збільшити економію дорогоцінних металів (золота, платини, срібла) в приладах у 2...3 рази за рахунок великої надійності електричних контактів.

РОЗДІЛ 3

ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ РЕМОНТНО-ВІДНОВЛЮЮЧИХ СКЛАДІВ ПРИ РЕМОНТІ І ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ

3.1. Загальні положення

Відновлення працездатності автотракторних ДВЗ є найважливішим завданням. Більшість машин (85...90%) виходять з ладу унаслідок зносу деталей. Витрати на ремонт машин, устаткування і транспортних засобів складають в нашій країні десятки млрд. грн. в рік. Велика частина цих витрат доводиться на основний агрегат автомобіля - двигун. Двигуни внутрішнього згорання виходять з ладу головним чином (до 80%) в результаті зносу циліндрів і деталей шатуново-кривошипного механізму. Понад усе зношуються пари тертя, що веде до падіння потужності двигуна, збільшення витрати горючого і змащувального матеріалу, зростає загазованість шкідливими газами навколишнього середовища.

Процес тертя усунути не можливо, оскільки він пов'язаний з рухом тіла і природно з перетворенням механічної енергії на інших її види, але зменшити ефект зношування можна, не міняючи процесу тертя, підвищенням зносостійкості матеріалу поверхні тертя.

Сучасна наука і техніка розташовують поряд технологічних процесів відновлення працездатності пар тертя ДВЗ.

З відкриттям вченими Д. Гаркуновим, В. Крагельським, В. Шимановським і В. Лозовським ефекту виборчого перенесення при терті, яке лягло в основу безрозбірного відновлення поверхонь тертя, що зношуються, в процесі роботи машини. Суть такого процесу полягає в наступному. При роботі машини на парах тертя виникає навантаження, а в окремих місцях «понаднавантаження», при якому виділяється надмірна енергія, що викликає зношування. Якщо ж в зону посиленого зношування

ввести спеціальний матеріал, то енергія руйнування перетворюється на енергію творення, що викликає відновлення слідів зносу по ходу роботи механізму машини [2,3]. Такими спеціальними матеріалами, відомими в даний час є: металоплакуючі, металізанти і реметалізанти, кондиціонери і рекондиціонери, модифікатори і металокерамічні спеціальні ремонтвідновлюючі склади. Всі вони містять з'єднання металів, речовин що полімізуються, каталізатори і різні поверхнево-активні речовини [4].

3.2. Різновиди РВС і методи застосування

3.2.1. Металоплакуючі склади (реметалізанти). В даний час відомо більше 20 вітчизняних і декілька зарубіжних препаратів металоплакуючої дії. Найбільш поширені склади типу «LUBRIFILM metal», «Рімет», «СУРМ». «СУРАД» та ін. Близьким до «LUBRIFILM metal» по складу і технологічним властивостям є вітчизняний реметалізанти, розроблений інститутом металургії Уральського відділення академії наук - «Рімет» . У його склад входить ультрадисперсний порошок сплаву міді, олова і срібла на базовій нейтральній основі. За даними розробників Ріметом можна відновити компресію у циліндрах і тиск масла в системі мащення при зносі ДВЗ не більше 60% ресурсу. Для відновлення двигуна рекомендується високе «ремонтне дозування», після якого ефект виявляється протягом першої тисячі пробігу кілометрів і зберігається до 10 тис. км. Препарат застосовують при кожній зміні масла, що підвищує ефект до пробігу 30 тис. км.

Композиції типу СУРАД, СУРМ виробництва НВО «Пігмент» м. Санкт-Петербург містять маслорозчинні комплекси з'єднань міді, олова, алюмінію, заліза і утворюють на поверхні деталей металеву плівку, яка сприяє зменшенню тертя в сотні разів.

Змащувальна композиція «ЕРФОЛГ», пропонується Московським агроінженерним університетом, містить солі плакуючого металу (олеат і

гліцерат міді), органічну олеїнову кислоту, гліцерин і деякі інші речовини. Особливістю застосування є те, що порошковий реметалізатор слід вводити безпосередньо в систему мащення двигуна, а не в об'єми масла приготувані до заправки; не виключаються випадки випадання частинок порошку в осад або бути центрифугіруемими фільтром тонкого очищення.

3.2.2. Полімерзмістовні склади. Це група матеріалів, таких як політетрафторетилен (тефлон), перфторпропіленоксид, перфторполіетер карбонової кислоти (епілам), фторопласт-4 і ін.). Полімерзмістовні склади в процесі обробки покривають поверхні деталей, що труться, що замінює тертя металу об метал тертям полімеру по полімеру. В результаті цього збільшується термін служби двигунів. Проте, не дивлячись на ефект, що здійснюється, існують проблеми їх застосування. Тефлонове покриття поверхонь тертя поступово шаржується частинками зносу, в результаті утворюється подібність абразивного шару, сприяючого зношуванню деталей. Наголошується також на утворення смолянистих відкладень і нагари на днищі поршнів і поршневих кілець. Висока концентрація препарату в маслі, за даними розробників, може викликати зміну властивостей базового змащувального масла.

3.2.3. Металокерамічні ремонтно-відновні склади [3]. Це так звані трансформаційно-зміцнювані матеріали на основі діоксиду цирконію частково стабілізованого оксидом ітрію. Найбільш відомі імпортовані продукти голландської фірми «P.M.Ceramic» З металокерамічних препаратів знаходять застосування у ряді галузей промисловості «Трібо», «Живий метал», ремонтно-відновний склад «РВС» науково-виробничої фірми «Проблеми тертя і зносу» м. Харків, металокерамічний препарат, розроблений науково-виробничим об'єднанням «Руспромремонт», м. Санкт-Петербург у співдружності з українськими вченими з ХНАДУ, м. Харків, що іменується як «RVS technology»

Препарат «RVS technology» забезпечує вибіркоче нарощування металокерамічного шару в найбільш зношених місцях деталей двигунів [4,5]. По хімічному і фазовому складу препаратом є класичний магнезійно-залізистий силікат (серпентин), що є формою цілого ряду мінеральних руд класу олівінов, кінцевими фазами якого є форстерит (Mg_2SiO_4) і (Fe_2SiO_4).

Вказані мінерали кристалізуються в ромбічній сингонії і є ізоморфними. При цьому у ряді серпентинів магній завжди частково заміщений закисом заліза. Відновлення і зміцнення рухомих з'єднань металокерамічними матеріалами здійснюється за рахунок формування на поверхнях тертя структур підвищеної міцності, придушення процесів водневого зношування і окрихчування металу, підвищення термодинамічної стійкості системи поверхня тертя - змащувальний матеріал. Поверхнево активні речовини металокерамічного відновника, наприклад, СПФ «Живий метал» після введення в системи двигуна готують поверхні тертя хімічно (каталіз) і фізично (суперфініш), очищаючи їх від нагару, оксидів і відкладень і створюючи умови утворення ювенільної, свіже створеної поверхні, при якій можливе утворення металевого зв'язку.

У очищену таким чином зону тертя упроводжуються разом з каталізатором металокерамічні частинки, зона контакту обідняється воднем, а поверхневі шари змінюють свою структуру, за рахунок чого міцність збільшується. З напрацюванням на поверхнях тертя формується органометалокерамічне покриття, яке частково усуває дефекти поверхні тертя. При цьому утворений шар має високі антифрикційні і протизношувальні властивості.

За даними джерел [3] при застосуванні вище описаних препаратів відмічається ряд характерних особливостей:

- за наявності в змащувальних маслах полімерзмістовних присадок або шаруватих матеріалів (дісульфіта молібдену, графіту та ін.) ефективність РВС різко знижується;

- позитивний ефект спостерігається в основному на високонавантажених сталевих поверхнях, що мають високу твердість;

- РВС можуть збільшувати знос хромованих поршневих кілець в парі тертя «хром-чавун» в два рази у порівнянні з базовим варіантом, а також знос пари тертя «вкладиш - шийка колінчастого валу» (дані досліджень триботехнічної лабораторії сумісної фірми «ВІМ-авто», м. Харків, м. Санкт-Петербург);

- при обробці двигуна спостерігається виділення вільної води, яка, розкладаючись, сприяє водневому зношуванню деталей;

- спостерігається порушення температурної стабільності обробленого двигуна, унаслідок додаткового теплового опору металокерамічного шару відведенню тепла від поршня через поршневі кільця;

- разом із зниженням концентрації окислу вуглецю і вуглеводня у відпрацьованих газах, спостерігається майже двократне збільшення викидів оксидів азоту.

Результати експериментів, проведених із застосуванням РВС типу «RVS technology» показують, що із збільшенням питомого навантаження на дослідні зразки і швидкості ковзання знос зростає; вплив температури масла на знос дослідних зразків з добавкою РВС- незначне.

3.2.4. Геомодифікатори тертя - ГМТ. Ремонтно-відновні препарати на базі мінеральних порошків (геомодифікатори тертя - ГМТ) один з перспективних на даний момент клас добавок в систему мащення автомобіля для підвищення зносостійкості ДВЗ. Дія РВС, що містять мінеральні присадки, базується на унікальних властивостях порошку серпантініта (змійовика). Теоретичні розробки в області класифікації природних мінералів, як модифікаторів тертя, провів один з ведучих мінерологов академік, професор В. Зуєв. На основі розробленої ним теорії енергощільності речовин він запропонував використовувати як ГМТ цілий ряд природних матеріалів, а також синтезувати штучні кристали.

Геомодифікатори, потрапляючи в зону тертя, вносять структурні зміни до поверхні тертя і здатні модифікувати її в тріботехнічно вигідному напрямі. Принципова відмінність ГМТ від інших добавок полягає в тому, що до тріботехнічної системи вноситься речовина, що ініціює процеси, які самоорганізуються [6,7]. Якщо решта добавок направлена на розділення поверхонь, що труться, третім тілом (м'якими металами, довгими вуглеводневими ланцюжками, синтезованою плівкою), то ГМТ допомагає тріботехнічній системі самій «визначитися», якою повинні бути структура поверхні, висота модифікованої структури, шорсткість, хвилястість і так далі. Ці складні трібохімічні процеси до кінця не вивчені, але ясно, що вони залежать від цілого ряду таких чинників, як режим роботи вузла тертя (питомі навантаження, швидкість ковзання, циклічність), матеріали пари тертя, характеристики змащувального матеріалу, характеристики геомодифікаторів. Результатом цих процесів повинен стати модифікований шар, який відрізняється від початкового оптимальною хвилястістю, шорсткістю, структурою з максимальним числом вільних зв'язків, що забезпечує значно велику маслоутримуючу здатність.

Основними перевагами геомодифікаторів тертя є:

- ✓ -здатність створювати динамічні захисні плівки, утворені тонкодисперсними продуктами зносу і самого геомодифікатора у вигляді квазізрідженого шару, що дозволяє багато разів знижувати швидкість зношування вузлів тертя;
- ✓ -зсув характеристик ближче до гідродинамічного тертя і, отже, зниження механічних втрат;
- ✓ -хімічна, електрична нейтральність і екологічна чистота природного продукту;
- ✓ -при незмінному спектрі режимів роботи вузла тертя модифікований шар зберігається аж до термоциклічного втомного руйнування.

Найбільш відмітною властивістю геомодифікаторів тертя є можливість відновлення вузлів тертя двигунів, механізмів і пристроїв за рахунок ініціації трибопроцесів, що самоорганізуються, у напрямі відновлення фізичних зв'язків поверхневого шару з тонкодисперсним середовищем основного матеріалу в змащувальному середовищі двигунів внутрішнього згорання, механізмів і пристроїв автомобіля.

3.2.5. Епіламні і металоорганічні антифрикційні поновлюючі склади. Дія епіламних (епіламоподобних) антифрикційних препаратів побудована на базі формування епіламних шарів на всіх поверхнях тертя двигуна. У зоні тертя під впливом високого контактного тиску і температур реалізується механізм локальних поверхневих реакцій, при якому «з'їдаються» виступи шорсткостей. Продуктами реакції (з'єднаннями металів) заповнюються западини шорсткостей і дефекти поверхні, що утворилися в процесі експлуатації силового агрегату. Випробування показали, що чистота поверхні після формування зміцненого шару на 60 - 80% вище, ніж до обробки, при цьому різко зростають поверхнева твердість і зносостійкість покриття [8,9]. Крім того, формується спеціальна мікрокомірчаста «стільниковка» структура, сприяюча утриманню масла. Дія епіламів давно відома в металообробці, де епіламостворюючі присадки використовуються для збільшення ресурсу металоріжучого інструменту і швидкості обробки деталей. Таким чином, епіламний зносостійкий антифрикційний шар формується на атомарному рівні і є, по суті, структурою кристалічної решітки металу, що визначає високу міцність шару. Він формується один раз, при початковій обробці, і надалі не вимагає присутності препарату в маслі. Аналогічний ефект може бути досягнутий за рахунок іведення до складу присадок поверхнево-активних речовин різної природи - галогенів (класична епіламостворююча речовина - фтор) або органічних сполук. У останньому випадку захисний шар утворюється металоорганічними сполуками, близькими по властивостях до класичних епілам. Препарати цієї групи

достатньо рідкісні в Україні, а також у ЄС. Вони істотно дорожчі за матеріали інших груп, проте, як показали дослідження, за винятком деякої нестабільності результатів обробки, ніяких негативних наслідків для двигуна застосування цих препаратів за собою не спричиняє.

Висновки по третьому розділу

1. Серед великої різноманітності препаратів, пропонуєваних виробниками, для багатьох прояв виборчого перенесення не характерний. Відновний ефект виявляється і зберігається обмежений час, препарат рекомендується застосовувати при кожній заміні масла. Полімерозмістовні препарати покривають поверхні деталей, що труться, яке поступово шаржується частинками зносу і приводить до посилення зношування.

2. Геомодифікатори тертя відновлюють вузли тертя двигунів, механізмів і пристроїв за рахунок ініціації трібопроцесів, що самоорганізуються, у напрямі відновлення фізичних зв'язків поверхневого шару з тонкодисперсним середовищем основного матеріалу в змащувальному середовищі двигунів внутрішнього згорання, механізмів і пристроїв автомобіля.

3. При використанні епіламних складів формується спеціальна мікрокомірчаста «стільникована» структура, яка сприяє утриманню масла, а зносостійкий антифрикційний шар формується на атомарному рівні і є структурою кристалічної решітки металу, що визначає високу міцність шару.

4. Ефективність застосування РВС підвищується при рівномірному розподілі частинок препарату в об'ємі моторного масла, яке можна створювати шляхом ультразвукової обробки масла. Препарат доцільно застосовувати на етапах припрацювання двигуна.

РОЗДІЛ 4

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕМОНТНО-ВІДНОВЛЮЮЧОГО СКЛАДУ ДЛЯ АВТОМОБІЛІВ

4.1. Умови проведення дослідження

Капітальний ремонт двигуна автомобіля за ступенем складності перевищує все інші види регламентних робіт.

З розвитком РВС-технологій на ринку з'явилася значна кількість засобів, що гарантують відновлення параметрів силового агрегату. Відносно даних препаратів думка автомобільного співтовариства неоднозначна, є достатньо численні партії прихильників і супротивників.

Як ремонтно-відновний склад розглядалися дві присадки: RVS Master Engine Ga4 і ARDINA Ceramic Engine Protector.

Попередній відбір проводився за наслідками вивчення матеріалів з доступних джерел. Перевага була віддана присадці російської розробки RVS Master Engine Ga4 (офіційний сайт rvsmaster.ru). Основні причини такого рішення чисто економічні.

Пояснення наступне: присадки застосовуються для зниження експлуатаційних витрат, отже, і присадка повинна бути не дуже вартісною.

Для чистоти експерименту використовувались два автомобілі приблизно одного віку, пробігу і класу:

- ✓ Kia Rio Luxe MT, 2010 року випуску, пробіг 105 тис. км.;
- ✓ Hyundai Accent 1.4 в експлуатації 5 років, пробіг 102 тис. км.

Обидва автомобілі оснащено механічними коробками передач, водії приблизно одного віку і мають схожу манеру водіння.

Перед проведенням експерименту була проведена діагностика двигунів і їх технічне обслуговування із заміною змащувальних матеріалів. У обидва силові агрегати було заправлено однаково синтетичне масло SAE 10W30, а

результати інструментального контролю зафіксовані в спеціальному протоколі.

Після цього в двигун автомобіля Kia Rio була залита присадка RVS Master Engine Ga4.

За умовами експерименту під час випробувань водіями фіксувалися експлуатаційні витрати:

- ✓ загальна кількість витраченого палива;
- ✓ марка заправленого у паливний палива;
- ✓ сумарні поточні витрати на ремонт силового агрегату.

Випробування тривали до наступного регламентного обслуговування автомобілів, після чого проводилась діагностику з обов'язковим порівняльним аналізом отриманих результатів.

4.2. Вибір ремонтно-відновлюючого складу

У роздрібному продажі і в інтернет магазинах є великий вибір продукції такого роду від різних виробників. У всьому цьому різноманітті складно розібратися навіть фахівцям, особливо якщо врахувати що велика частина інформації має рекламний характер.

В процесі підбору присадки колегами були вивчені велика кількість варіантів. Інформацію про них прагнули брати з незалежних джерел.

Основне призначення поновлюючих препаратів полягає в зміні лінійних розмірів деталей або вузлів до номінальних або ремонтних значень. Це дозволяє довести експлуатаційні характеристики до показників, встановлених нормативною документацією.

Відновлення деталей відбувається в результаті відкладення на поверхнях тертя деталей захисних покриттів на молекулярному рівні. Залежно від складу ці активні препарати діляться на три основні групи:

- ✓ композиції на основі металоплакуючих матеріалів;
- ✓ полімеровмісні склади;

- ✓ металокерамічні композиції.

Препарати останньої групи, на думку фахівців, найбільш перспективні, особливо для важко навантажених механізмів, вузлів і деталей. До них слід віднести поршневі кільця, поршні та поршневі пальці, гільзи гільзо-поршневої групи, розподільний вал і штовхачі газорозподільного механізму, корінні, шатунні шийки та вкладиші кровошипно-шатунного механізму, підшипники та шестерні коробок зміни передач і головної передачі автомобіля.

Склади RVS Master Engine Gab4 і ARDINA Ceramic Engine Protector відносяться до цієї ж категорії, яка по даним НАМИ (Московського Наукового автотранспортного інституту) мають найвищі показники за ефективності.

4.3. Основні властивості і принцип дії складу RVS Master

Даний препарат розроблений у науковій співдружності українськими (Харків) і російськими (Сакт-Петербург) вченими, а виробництво його налагоджене у Фінляндії. Ремонтно-відновний склад пройшов сертифікацію відповідно до вимог міжнародного і державних стандартів.

Він офіційно поставляється в Україну і країни Євросоюзу і рекомендований до застосування провідними автовиробниками.

До складу препарату входять складні з'єднання:

- ✓ комплекс мінеральних каталізаторів; органічні сполуки;
- ✓ мілкодисперсні металокерамічні частинки;
- ✓ поверхнево-активні речовини.

Основу препарату складають високоякісні продукти переробки вуглеводневої сировини, сумісні з мінеральними або синтетичними моторними маслами.

Відновлення контактних поверхонь в парах тертя відбувається за рахунок застосування особливого компонента вуглецю шунгиту.

Шунгит - це гірська порода, в основу якої колись лягли органічні відкладення, що перетворилися у вуглець за довгий час перебування на великій глибині під землею. По структурі камінь схожий з графітом.

Вперше гірська порода була описана декілька століть назад: спочатку в 1792 році академіком Н. Я. Озерцовським, а потім в 1848 році про них заговорив гірський інженер Н. До. Комарів. Відкритий шунгит був в заонежському селі Шуньга, на честь якого і отримав свою назву. Остаточну назву дав мінералу відомий геолог професор О. О. Іностранцев.

У 1928 році був створений державний трест під назвою «Шунгит» і до 1937 року проводилося вивчення цієї гірської породи. Спочатку передбачалося, що вона має схожими властивостями з кам'яним вугіллям.

Даний матеріал в умовах високих температур має виняткову активність в хімічних реакціях. Завдяки цьому препарат здійснює очищення поверхні деталей від нагару, оксидних плівок, парафінових відкладень і інших нашарувань.

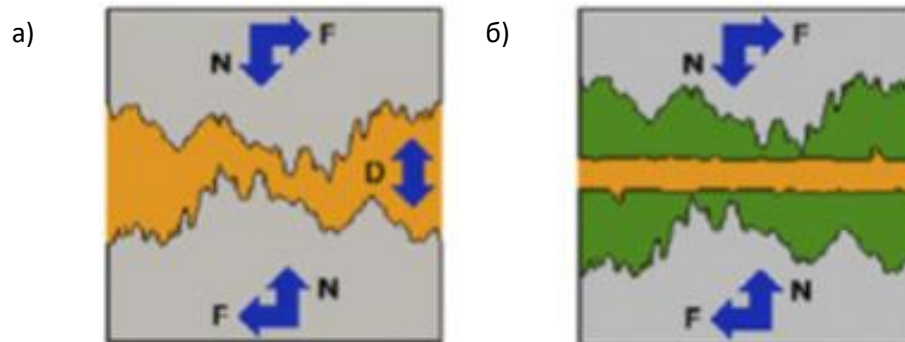
У зону сполучення рухомих деталей поступає відновний склад, відбувається адгезія мілкодисперсних металокерамічних частинок в кристалічну структуру. Даний процес протікає за участю комплексу каталізаторів значною мірою його прискорюючих.

4.4. Фізико-хімічні процеси відновлення деталей

Приповерхневі шари сталі, чавуну, інших металів і сплавів, використовуваних при виготовленні деталей двигуна і агрегатів автомобіля, змінюють будову.

При тривалому використанні присадок відбувається трансформаційне зміцнення матеріалів і насичення їх структури металокерамічними частинками. На поверхнях тертя утворюється шар природного композиту з

унікальними властивостями. На рис. 4.1 наведені ділянки поверхні тертя до і після дії ремонтно-відновлюючого складу.



а) шліф поверхні тертя до обробки РВС; б) шліф поверхні тертя після обробки РВС

Рис. 4.1. Зразок ділянки поверхні тертя деталей шатунних шийок колінчастого валу КШМ ДВЗ

В першу чергу даний склад здатний в процесі роботи двигуна проводити відновлення форми деталей.

Дефекти, що утворюються в результаті природного зносу: раковини, борозди, подряпини і інші пошкодження поступово заповнюються. Нове покриття характеризується значно вищими антифрикційними властивостями і стійкістю до зношення.

У місцях сполучення пар тертя відбувається підвищення температури понад 1000°C і створюються умови для активації мікрометалургійних процесів. Частинки металокераміки, що містяться у складі Rvs-master, сплаваються з кристалічною решіткою металу.

На поверхні утворюється композитний шар, товщина якого залежить від кількості теплової енергії і маси відновника, що осаджується в даному конкретному місці (точці поверхні).

Композитне металокерамічне покриття, що утворюється на поверхнях пар тертя, має наступні позитивні властивості:

-збільшену стійкості металів до таких явищ, як механічний знос, корозійні процеси і утворення оксидів; витіснення водню перешкоджає процесу старіння металів, розтріскуванню поверхонь і підвищенню їх крихкості;

-зниження коефіцієнта тертя на значну величину до 50% залежно від початкових матеріалів.

Температура при якій відбувається руйнування композитів знаходиться в межах 1575 - 1600° С.

В процесі роботи двигунів відбувається зменшення зазорів між деталями циліндропоршневої групи, газорозподільного механізму, шийками колінчастого валу і вкладишами.

Це призводить до зниження вібрації, збільшенню показників двигуна за показниками потужності і моменту що крутить, зменшенню споживання палива і моторного масла до паспортних значень.

4.5. Особливості застосування РВС залежно від стану двигуна

Деталі силових агрегатів автомобіля в період інтенсивної експлуатації випробовують серйозні механічні і термічні навантаження. Через особливості конструкції кривошипно-шатунового механізму виникають знакозмінні сили з великою частотою зміни вектора.

Це викликає природний знос деталей, припинити який частково вдається за рахунок утворення шару змащуючої рідини в проміжках між поверхнями в парах тертя.

Максимальне зношення деталей пар тертя відбувається у момент запуску холодного двигуна: моторне масло під впливом гравітаційних сил стікає в піддон і деталі залишаються фактично сухими.

З початком руху і до моменту надходження мастила нерівності мікрорельєфу (хон) поверхні циліндра і поршня стикаються, і утворюється

вироблення. Продукти зносу, у свою чергу, знаходяться у зазорі, ще більш підсилюючи знос.

Застосування ремонтно-відновлюючих складів, уведених в масло, дозволяє зменшити тертя між деталями. Зі зростанням часу напрацювання на поверхнях пар тертя утворюються покриття, які за параметрами твердості перевершують хромування.

Воно є додатковим захистом від зносу при холодному запуску двигуна, не допускаючи збільшення зазорів посилення деструктивних явищ.

Проте не слід рахувати відновні склади RVS Master, як і будь-які інші, панацеєю і повноцінною заміною капітальному ремонту.

При перевищенні визначених значень зазору між деталями тертя створеного металокерамічного шару може бути недостатньо для компенсації цього зазору.

У такому разі необхідно проводити повне розбирання двигуна, дефектацію деталей, розточування циліндрів під ремонтний розмір з наступним хонінгування поверхонь.

Ремонтно-відновні склади мають високу ефективність при невеликих і середніх показниках зносу двигуна.

Так, навіть одноразове застосування препаратів забезпечує утворення металокерамічного шару, який навіть після заміни масла зберігає свої властивості при пробігу автомобіля від 70 до 120 тисяч км. Таке збільшення ресурсу силового агрегату дозволяє заощадити чималі кошти і значно відсунути терміни капітального ремонту.

Практика використання складів RVS Master дозволила накопичити величезний масив даних. На підставі статистичної інформації встановлено, що збільшення компресії в циліндрах двигуна від 10 до 50 % відбувається вже після 15 - 20 тисяч км. пробігу автомобіля. Тиск масла в системі мащення зростає унаслідок зменшення зазору в насосі і між шийками колінчастого і розподільного валів і вкладишами.

4.6. Практичне використання ремонтно-відновних присадок RVS Master

Було вивчено і проаналізовано велику кількість матеріалів, що відносяться до застосування препаратів РВС автовласниками і підприємствами. В процесі аналізу інформації утворилася досить цікава картина.

Багато промислових підприємств і транспортні компанії використовують присадки для збереження і відновлення ресурсу двигунів внутрішнього згорання і інших механізмів, в яких передбачені системи мащення.

У цьому списку майже два десятки організацій, розташованих не тільки у Україні, але і у країнах ближнього і дальнього зарубіжжя. Серед них і провідні підприємства, крім автотранспорту, у різних галузях промисловості.

Це свідчить про визнання високої ефективності ремонтно-відновлюючих технологій використанням РВС особливо з урахуванням того факту, що препарати в даному випадку застосовуються на вантажному транспорті, де і навантаження вищі, ніж на легкових автомобілях, та і умови експлуатації далекі від ідеальних.

За даними фахівців, економічний ефект від застосування ремонтно-відновлюваних технологій, таких як використання присадок RVS Master, як прямий, так і непрямий досить значний.

По-перше, виключається простій транспорту на час капітального ремонту, виключаються витрати на закупівлю запасних частин.

По-друге, помітне зниження експлуатаційних витрат унаслідок зменшення витрат на експлуатаційні матеріали:

- ✓ пальне,
- ✓ моторні оливи.

4.7. Металокерамічна присадка Ceramic Engine Protector

Даний препарат відноситься до тієї ж групи що і ремонтно-відновний склад RVS Master. Проводиться він в Голландії і експортується в нашу країну російськими і зарубіжними компаніями для реалізації приватним особам і підприємствам.

Препарат має відмінний від присадки RVS Master склад і як наслідок інші фізико-хімічні властивості і ефективність.

Металокерамічний відновник Ardina Ceramic Engine Protector відноситься до вищої цінової групи. По заявах виробника, препарат пройшов порівняльні випробування на вантажних автомобілях компанії Volvo, за підсумками яких були отримані задовільні результати.

Тестування протягом 6 тижнів показало, що при русі по хороших дорогах було зафіксовано зменшення витрати палива і споживання моторного масла у середньому на 22-27 відсотків.

При рішенні питання про вибір препарату між RVS Master Engine Ga4 і ARDINA Ceramic Engine Protector враховувалися різні чинники і в першу чергу їх вартість.

При всіх інших практично однакових характеристиках вартість першого значно нижча. Не менше значення має і той факт, що препарат RVS Master ефективний вже при одноразовому застосуванні і його дія зберігається після заміни масла в двигуні.

Висновки по четвертому розділу

Практичне використання РВ-технологій надає можливість:

По-перше, максимально зменшити простій транспорту на час капітального ремонту, виключаються витрати на закупівлю запасних частин.

По-друге, помітно знизити експлуатаційні витрати унаслідок зменшення витрат на експлуатаційні матеріали:

- ✓ пальне,
- ✓ моторні оливи.

ВИСНОВКИ

Мету кваліфікаційної роботи досягнуто.

1. Запропоновано методика підвищення надійності автомобілів використанням різних видів присадок у моторні оливи, заснованих на ремонтно-відновлюваних технологіях.
2. За рахунок використання РВ-технологій, нанотехнологій і ін. зменшується вплив процесів тертя на показники надійності автомобілів.
3. Виконані теоретичні дослідження з обґрунтування використання РВ-технологій в умовах експлуатації автомобілів.
4. Показаний позитивний вплив РВС на роботу здатність мастильних матеріалів.
5. Розроблені рекомендації щодо особливостей використання РВ-технологій залежно від поточного стану агрегатів автомобіля.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки до виконання та захисту кваліфікаційної роботи студентів другого (магістерського) рівня освіти спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» денної та заочної форм навчання / Укладачі: Заренбін В. Г., Лиходій О. С., Колеснікова Т. М. – Дніпро: ДВНЗ ПДАБА, 2020, 48 с.
2. Крагельский И. В. Трение и износ / И. В. Крагельский. – М.: Машиностроение, 1968 -480 с.
3. Гаркунов Д. Н. современные проблемы триботехники и ее общественная значимость/ Ремонт, восстановление, модернизация. 2007. №6. С. 2-4.
4. Балабанов В. И. Нанотехнологии. Наука будущего / В. И. Балабанов.-М.: Эксмо. 2009.-256с.
5. Евдокимов Ю. А. Планирование и анализ эксперимента при решении задач трения и износа.
6. Погодаев Л.И. Кузьмин В.Н., Дудко П.П. Повышение надежности трибосопряжений. СПб.: Академия транспорта РФ, 2001. -304 с.
7. Заславский Ю.С., Заславский Р.Н. Механизм действия противоизносных присадок к маслам. М.: Химия, 1978. — 167 с.
8. Закалов, О.В. Основи тертя і зношування в машинах: Навчальний посібник / О.В. Закалов, І.О. Закалов. – Тернопіль: Видавництво ТНТУ ім. І.Пулюя, 2011. – 322 с.
9. Гаркунов Д.К. Износ и безызносность. М.: Машиностроение, 2001.- 616 с.
10. Балабанов В.И., Беклемышев В.И., Махонин И.И., Филиппов В.К. Ремонтно-восстановительные препараты для техники // Сельский механизатор. М., 2005. № 11. С. 40-41.
11. Беклемышев В.И., Махонин И.И., Ле-тов А.Ф., Филиппов В.К., Балабанов В.И. Влияние металлоорганических присадок RENOM на

поверхности трения и показатели автомобильной техники // Вестник машиностроения. 2004. № 10. С. 51- 55.

12. Экспертиза присадок к маслам. Режим з экрану: <https://www.zr.ru/content/articles/798459-ekspertiza-prisadok-k-maslam-teoriya-chudes/>.

13. Трибологические основы безразборного ремонта судовых двигателей. Режим з экрану <http://tekhnosfera.com/view/327041/d?#?page=11>.

14. Дроздов Ю.Н., Буяновский И.А., Гостев Ю.В., Заславский Р.Н., Новиков В.И. Повышение антифрикционных и противоизносных свойств смазочных материалов путем введения композиций присадок различной природы и происхождения. Доклады межд. конгр. «Механика и трибология транспортных систем - 2003» в двух томах. Ростов на Дону, РГУПС, 2003.

15. Чечет В.А. Избирательный способ ремонта узлов и агрегатов машин. Труды ГОСНИТИ, т. 107, М., 2011 13.SUPERLUBRICITY. Edited by Ali Erdemir. Argonne National Laboratory. Argonne, USA, and Jean-Michel Martin. Ecole Centrale de Lyon. Lyon, France- Amsterdam.

