

**Українська державна академія
залізничного транспорту**

ШУЛКА ОЛЕКСАНДР СЕРГІЙОВИЧ

УДК 625.144.6:62-82.004.62

**ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ГІДРОПРИВОДІВ
ТРАНСПОРТНИХ МАШИН
ЕЛЕКТРООБРОБКОЮ РОБОЧИХ РІДИН**

05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків-2006

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Українській державній академії залізничного транспорту Міністерства транспорту та зв'язку України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Лісіков Євген Миколайович, Українська державна академія залізничного транспорту, професор кафедри будівельних, колійних та вантажно-розвантажувальних машин.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Кудряш Анатолій Петрович, інститут проблем машинобудування імені А.М.Підгорного НАН України, відділ поршневих енергоустановок, старший науковий співробітник;

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Аврунін Григорій Аврамович, казенне підприємство “Харківське конструкторське бюро з машинобудування імені О.О.Морозова”, заступник головного конструктора.

Провідна установа: Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені ак. В.А.Лазаряна, кафедра "Прикладна механіка", Міністерство транспорту та зв'язку України, м. Дніпропетровськ.

Захист відбудеться “22” червня 2006 року об 11 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д64.820.04 при Українській державній академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Української державної академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

Автореферат розіслано “ 19 ” травня 2006 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Ломотько Д.В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Вступ. На сучасному етапі розвитку України серед транспортних машин (ТМ) найширше розповсюдження отримав об'ємний гідропривід робочих органів і, як показує досвід експлуатації, на нього доводиться значна частка відмов, внаслідок чого знижується ресурс машин і збільшуються витрати на технічне обслуговування та ремонт.

В останні десятиріччя інтенсивно проводяться дослідження в області дії силових полів на протизносні властивості рідких змащувальних середовищ. Аналіз відомих науково-дослідних робіт показав, що протизносні властивості робочих рідин (РР) можна поліпшити шляхом їх обробки електростатичним полем (ЕП). В результаті в структурі РР відбуваються зміни, що сприяють ефективному формуванню адсорбційних плівок на поверхнях тертя основних вузлів гідроприводів робочих органів ТМ.

В роботі висунута гіпотеза про формування локальних електростатичних полів на продуктах зносу, значення напруженості яких багаторазово перевищують значення напруженості зовнішнього поля, що дозволяє інтенсифікувати процес покриття продуктів зносу оболонкою поверхнево-активних речовин (ПАР). В результаті цього знижується швидкість зносу, що приводить до підвищення ресурсу гідроприводів ТМ.

Актуальність теми. На сьогоднішній день однією з актуальних проблем є енергозбереження при експлуатації ТМ. Ця проблема може бути вирішена декількома шляхами, одним з яких, як показує аналіз відомих дослідницьких робіт в даній області, є підвищення ресурсу гідроприводів робочих органів ТМ. Ресурс можна підвищити за рахунок інтенсифікації адсорбційних процесів на поверхнях тертя гідроприводів обробкою РР зовнішнім ЕП.

Зв'язок з науковими програмами, планами і темами. Дисертаційна робота відповідає програмі «Підвищення надійності і довговічності машин і конструкцій», наведеної в постанові Верховної Ради України №2750 від 16.10.92 з подальшими доповненнями і злагоджена з Концепцією та Програмою реструктуризації на залізничному транспорті, затвердженої постановою Кабінету Міністрів України №769 від 02.06.1998; науковому напрямку Української державної академії залізничного транспорту, науково-дослідній роботі по державній бюджетній темі № 8/4 – 04Б від 01.01.2004 «Дослідження і розробка пристроїв для підвищення строків служби олив та протизносних властивостей дизельних палив», номер державної реєстрації – 0104U003234.

Мета і задачі дослідження. Метою даної роботи є підвищення ресурсу вузлів тертя гідроприводів транспортних машин обробкою робочої рідини електростатичним полем.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- встановити закономірність зміни ресурсу гідроприводів ТМ залежно від швидкості зношування вузлів тертя;

- розробити фізичні основи формування адсорбційних плівок на продуктах зносу в умовах обробки РР гідроприводів ТМ зовнішнім ЕП;
- розробити математичну модель формування оболонок ПАР на продуктах зносу в умовах інтенсифікації адсорбційних процесів під впливом ЕП;
- розкрити механізм формування граничних змащувальних шарів на поверхнях вузлів тертя гідроприводів ТМ при обробці РР зовнішнім ЕП;
- експериментальним шляхом встановити вплив обробки РР зовнішнім ЕП на ресурс вузлів тертя гідроприводів ТМ;
- встановити фактичне збільшення ресурсу гідроприводу в експлуатаційних умовах при обробці РР ЕП.

Об'єкт дослідження – вузли тертя гідроприводів ТМ з використанням РР на нафтовій основі.

Предмет дослідження – протизносні властивості РР в умовах їх обробки зовнішнім ЕП.

Методи дослідження - дослідження впливу обробки РР зовнішнім ЕП на ресурс гідроприводів ТМ проводилося на базі теорії надійності, математичної статистики, методу системного аналізу, сучасних положень фізики, триботехніки, механіки.

При проведенні експериментальних досліджень використовувалися основи теорії планування і обробки експериментальних даних, методи математичної статистики.

Наукова новизна отриманих результатів.

1. Встановлена закономірність підвищення ресурсу вузлів тертя гідроприводів ТМ при обробці РР зовнішнім ЕП залежно від розмірів продуктів зносу в діапазоні до 5мкм.
2. Розкрито механізм формування локальних полів на продуктах зносу при обробці РР зовнішнім ЕП.
3. Вперше розроблено механізм формування граничних змащувальних шарів на поверхнях тертя гідроприводів в умовах обробки РР ЕП.

Практичне значення отриманих результатів.

1. Поліпшення протизносних властивостей РР гідроприводів ТМ шляхом її обробки зовнішнім ЕП дозволило підвищити ресурс пар тертя аксіальнопоршневих насосів в 1,5–2 рази.
2. Основні положення дисертаційної роботи включені в плани реалізації ТОВ «МАСТ» шляхом використання обробки ЕП РР, які виробляє ТОВ «МАСТ» і що використовуються в гідроприводах та гідропередачах залізничного транспорту з метою поліпшення протизносних властивостей РР в процесі експлуатації.
3. Основні результати теоретичних і експериментальних досліджень використовуються в учбовому процесі за фахом 7.090214 “Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини і обладнання” Української державної академії залізничного транспорту.

4. Впровадження в експлуатаційних умовах розробленого способу підвищення ресурсу гідроприводів дозволяє отримати річний економічний ефект на одну колійну машину ПУМ-1М – 45354 тис. грн.

Особистий внесок здобувача. В роботах, опублікованих із співавторами, здобувачем особисто були отримані наступні розробки і наукові результати, які представлені до захисту: проведено аналіз складу продуктів зносу вузлів тертя гідроприводів ТМ [2], проведено аналіз формування адсорбційного шару залежно від топографії поверхонь тертя [1], розроблено математичну модель формування локальних електростатичних полів на продуктах зносу в умовах обробки РР зовнішнім ЕП [4], розкрито механізм формування оболонки молекул ПАР на продуктах зносу [5], розроблено фізичні основи формування у вузлах тертя змащувального шару, що включає продукти зносу з оболонкою ПАР [3].

Апробація результатів дисертації. Результати роботи докладалися і обговорювалися:

- на 65, 66, і 67-й міжнародних науково-технічних конференціях кафедр Української державної академії залізничного транспорту та фахівців залізничного транспорту і підприємств (Харків, 2003-2005);

- на Міжнародній науково-технічній конференції «Вібрація машин: вимірювання, зниження, захист» (Донецьк, 2005);

- повністю результати дисертаційної роботи докладалися на розширеному засіданні кафедри «Будівельні, колійні і вантажно-розвантажувальні машини», УкрДАЗТ в 2005р. з участю членів спеціалізованої вченої ради.

Публікації. По результатами дисертації опубліковано 5 наукових робіт в спеціалізованих виданнях, затверджених ВАК України. Отримано висновок державного департаменту інтелектуальної власності України про установку дати подачі заявки на винахід.

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається з вступу, п'яти розділів, основних результатів та висновків, списку використаної літератури і додатків. Загальний об'єм роботи - 150 сторінок, у тому числі: 102 сторінки основного тексту, 21 таблиці по тексту, 36 рисунків по тексту, список використаної літератури, що містить 131 найменувань, 11 додатків на 22 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність підвищення ресурсу гідроприводів ТМ шляхом інтенсифікації адсорбційних процесів на продуктах зносу і поверхнях тертя обробкою РР зовнішнім ЕП. Сформульовано мету і задачі дослідження, викладено наукову новизну та практичну цінність, подано загальну характеристику роботи.

В першому розділі проаналізовано вплив швидкості зношування вузлів тертя на ресурс гідроприводів ТМ. Вивчено склад і структуру продуктів зносу та їх вплив на ресурс гідроприводів ТМ. Встановлено, що одним з шляхів підвищення протизносних властивостей РР є її обробка зовнішнім ЕП.

Шляхом аналізу проведених досліджень встановлено, що значна частка відмов в роботі ТМ доводиться на гідравлічний привід. Причому, до 80% відмов гідроприводів доводиться на аксіальнопоршневі насоси. Ресурс таких насосів обмежений граничним значенням коефіцієнта подачі (КП), зниження якого обумовлено зношуванням поверхонь вузлів тертя. Пари тертя насоса працюють періодично в режимі граничного змащення, при якому швидкість зношування відносно велика. Вирішальна роль з погляду зносу в таких вузлах тертя належить не лише властивостям поверхонь тертя, але й адсорбційній плівці, що формується зі складу РР.

Склад РР є багатокомпонентним змащувальним середовищем, в яке входять: базова олива, присадки та продукти забруднень. Як показали результати досліджень, до 45% забруднень складають продукти зносу поверхонь тертя. По своєму мінералогічному складу ці продукти є металами (Fe, Cu, Mg, Ni, Zn), а також їх оксидами та окислами. Кількість частинок зносу може досягати 10^{12} од. в 1см^3 . Продукти зносу мають різноманітну форму, а їх розміри коливаються в широкому діапазоні. В роботі як допущення приймаються продукти зносу у формі кулі. Основну їх кількість складають частинки розміром до 5 мкм. Крім того, продукти зносу володіють підвищеною щільністю енергетичних центрів, тому вони адсорбують на своїй поверхні молекули ПАР. У ряді робіт відзначено, що частинки зносу відносяться до вторинних продуктів і виконують частково роль протизносних присадок.

Проведені дослідження в області використання силових полів з метою поліпшення протизносних властивостей РР показали, що позитивний ефект спостерігається при використуванні ЕП. Проте в цих дослідженнях не розкрито механізм дії таких полів на вторинні продукти (частинки зносу) пар тертя та їх впливу на ресурс гідроприводів ТМ.

В другому розділі розроблено теоретичні основи підвищення ресурсу вузлів тертя гідроприводів ТМ, а також механізм формування оболонки ПАР на частинках зносу в умовах обробки РР зовнішнім ЕП. Розроблено фізико-математичну модель взаємодії продуктів зносу, покритих оболонкою ПАР, з поверхнями тертя.

Ресурс гідроагрегатів ТМ визначається швидкістю зношування їх вузлів тертя і може бути встановлений з наступної залежності:

$$T \approx \frac{\eta_0 - \eta_{\min}}{\operatorname{tg} \alpha} \approx \frac{2 \cdot S_{\delta} \cdot (v + 1) \cdot HB \cdot (\eta_0 - \eta_{\min})}{N \cdot f \cdot v}, \quad (1)$$

де S_{ϕ} – фактична площа контакту в поршневій групі, м²;

$\operatorname{tg}\alpha$ – тангенс кута нахилу кривої, що характеризує швидкість зносу;

N – навантаження в контакті, Н;

ν – коефіцієнт, залежний від виду зносу;

HB – твердість матеріалу, що зношується;

η_0 – об'ємний ККД аксіальнопоршневого насоса на початку експлуатації, %;

η_{\min} – нижня межа об'ємного ККД, %;

f – коефіцієнт тертя;

v – відносна швидкість переміщення пар тертя, м/с.

Із залежності (1) виходить, що за інших рівних умов ресурс вузлів тертя гідроприводів ТМ пропорційний фактичній площі контакту S_{ϕ} . В умовах обробки РР ЕП відбувається інтенсифікація адсорбційних процесів на продуктах зносу і на поверхнях тертя, тому продукти зносу покриваються оболонкою ПАР. Схема розподілу напруженості по поверхні частинки зносу при її попаданні в електростатичне поле наведена на рис.1. В результаті перерозподілу поверхневих зарядів формується локальне ЕП. Використовуючи закон Гауса, знаходимо величину напруженості цього поля:

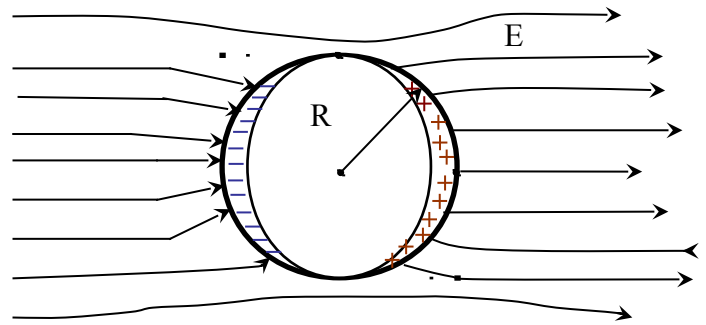


Рис. 1. Частинка зносу в ЕП

$$E = - \text{grad}\varphi = \frac{E_0(2R^3 \cos\Theta + r^3)}{r^3}, \quad (2)$$

де φ – потенціал напруженості локального поля;

E_0 – напруженість зовнішнього поля, В/м;

R - радіус сферичної частинки зносу, м;

r – радіус-вектор з початком координат в центрі сфери, м;

Θ – кут між лінією дії зовнішнього поля і радіус-вектором, град.

Проте реальні поверхні частинок зносу не є абсолютно гладкими. Вони мають мікронерівності, які можна надати у вигляді набору сходинок, розмір яких сумірний з розміром граней кристалів (рис.2). Використовуючи закон еквіпотенціальних поверхонь, напруженість локального поля на поверхні частинки описується виразом:

$$E_{\text{л}} = \frac{E_0(2R^3 \frac{R}{r_{\text{лок}}} \cos\Theta + r^3)}{r^3}, \quad (3)$$

де $r_{\text{лок}}$ - радіус локальної мікронерівності, м.

Із залежності (3) виходить, що на частках зносу формуються локальні поля,

напруженість яких пропорційна співвідношенню $\frac{R}{r_{\text{лок}}}$.

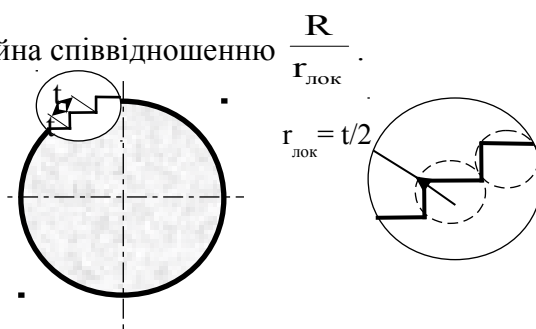


Рис.2. Сферична частинка зносу з східчастою поверхнею

На рис.3 показана зміна локальної напруженості поля на поверхні частинки відповідно до залежності (3).

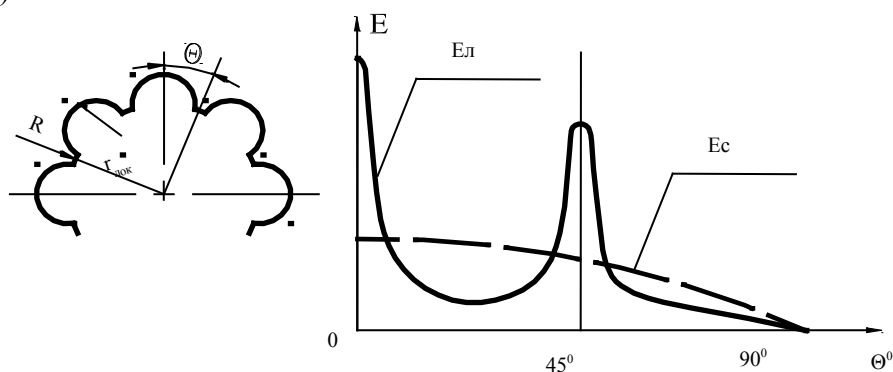


Рис. 3. Напруженість електричного поля на частинці зносу

В результаті можна зробити наступні висновки, що після обробки РР гідроприводів ТМ зовнішнім ЕП в її структурі відбуваються зміни: продукти зносу покриваються оболонкою ПАР (рис.4), і згідно адсорбційним процесам такі частинки можна уявити у вигляді диполів, дипольний момент яких достатньо великий.

Електричний дипольний момент продукту зносу, покритого оболонкою ПАР, можна визначити по отриманій залежності:

$$P_{\text{дип}} = \frac{4\pi \cdot q \cdot R^3}{S_{\text{ПАР}}} \cdot \sqrt{\frac{R}{2 \cdot E_0 \cdot p} \cdot \left(\frac{r_{\text{дип}}}{kT \cdot p E_0} \cdot \left(1 + \frac{r_{\text{дип}}}{R} \right) \right)}, \quad (4)$$

де q – заряд однієї молекули ПАР, $q \approx 1,61 \cdot 10^{-19}$, Кл;

$S_{\text{ПАР}}$ – площа, що займає одна молекула ПАР на поверхні, $S_{\text{ПАР}} \approx 21 \cdot 10^{-20}$, м²;

p – дипольний момент молекули ПАР, в середньому рівний 10^{-29} , Кл·м;

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

T – температура робочої рідини, К.

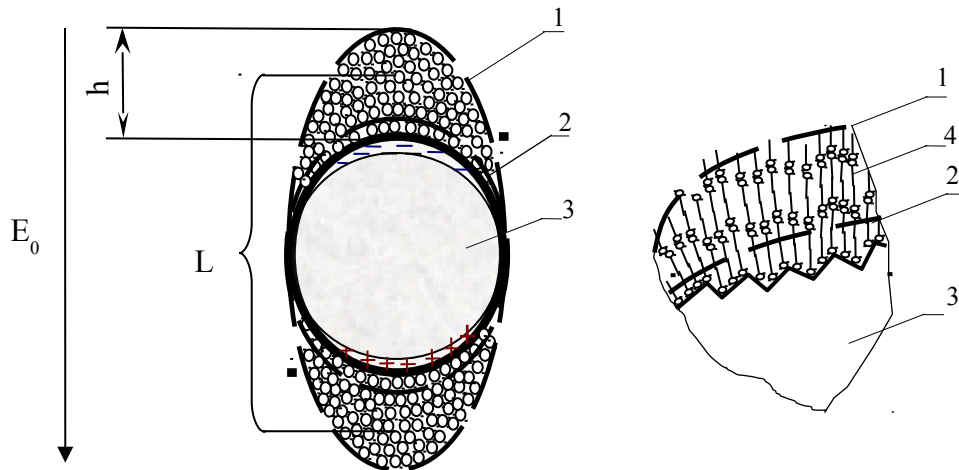


Рис. 4. Частинка зносу покрита оболонкою молекул поверхнево-активних речовин:

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

З розрахунків по залежності (4) виходить, що дипольний момент частинки зносу, покритої оболонкою, значно перевищує дипольний момент мономера ПАР. Циркулюючи разом з потоком РР, продукти зносу, покриті оболонкою ПАР, потрапляють в зазори вузлів тертя, і в умовах конкурентної фізичної адсорбції такі частинки в першу чергу адсорбуються на поверхнях тертя, що призводить до збільшення фактичної площі контакту пар тертя (рис.5).

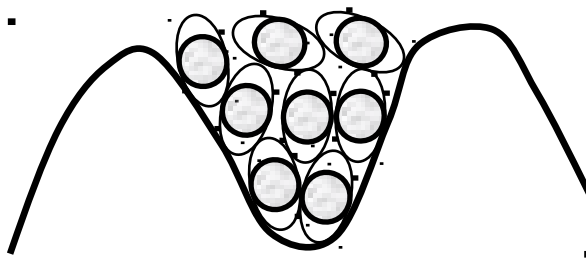


Рис. 5. Змашувальний шар на поверхнях тертя в умовах електрообробки робочої рідини

Враховуючи залежність (1), співвідношення ресурсів вузлів тертя гідроагрегатів з використанням електрообробки РР T_o та без неї $T_{\infty o}$ можна надати у вигляді:

$$\frac{T_o}{T_{\infty o}} = \frac{2 \cdot S_o \cdot (v+1) \cdot HB \cdot (\eta_0 - \eta_{\min}) \cdot N \cdot f \cdot v}{N \cdot f \cdot v \cdot 2 \cdot S_{\infty o} \cdot (v+1) \cdot HB \cdot (\eta_0 - \eta_{\min})} = \frac{S_o}{S_{\infty o}}, \quad (5)$$

де S_{60} , S_0 – фактична площа контакту до і після обробки РР ЕП відповідно, м².

В результаті електрообробки РР відбувається зміна фактичної площі контакту. Контакт поверхонь тертя у разі заповнення западин між мікронерівностями продуктами зносу (рис.5) відбувається в основному не по мікронерівностях, а по оболонках ПАР. Дане фізичне явище призводить до зменшення адгезійної складової тертя і питомого контактного тиску, що приводить до зниження швидкості зношування і підвищення ресурсу вузлів тертя гідроагрегатів ТМ.

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

$$\frac{T_0}{T_{60}} = \frac{0,63 \cdot t^2}{\sqrt[3]{d^4 \cdot R_m^2}}, \quad (6)$$

де t – крок між мікронерівностями, м;

d – діаметр частинки зносу, м;

R_m – радіус вершин мікронерівностей, м.

Із залежності (6) виходить, що обробка РР з частинками зносу досліджуваного діапазону зовнішнім ЕП дозволяє збільшити ресурс пар тертя гідроприводів ТМ в діапазоні 1,9–4,4 рази.

На рис. 6 показана залежність ресурсу поршневих пар гідроприводів ТМ від розмірів частинок зносу при обробці РР зовнішнім ЕП при значеннях $t = 11$ мкм, $R_m = 8$ мкм (усереднені значення для поверхні поршнів насосів).

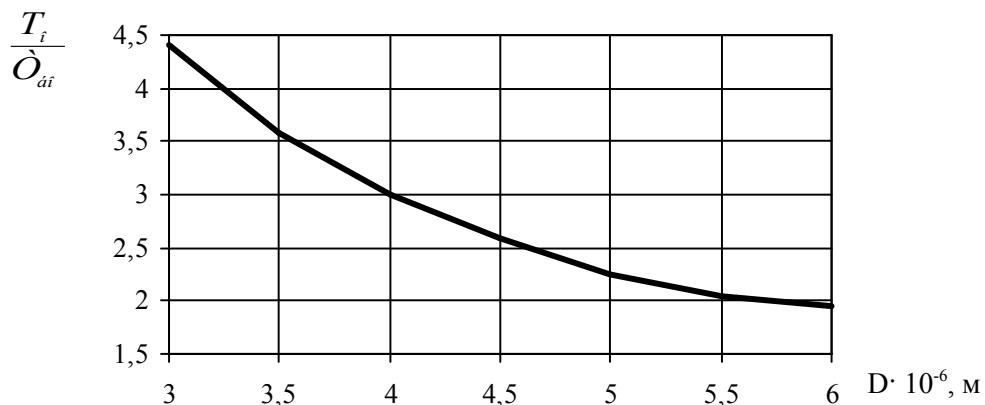


Рис. 6. Співвідношення ресурсів поршневих пар гідроприводів транспортних машин при електрообробці робочої рідини та без неї в залежності від розмірів частинок зносу

Третій розділ включає програму, методику та результати експериментальних досліджень швидкості зношування залежно від розмірів продуктів зносу в умовах обробки РР зовнішнім ЕП.

Для проведення експериментальних досліджень була розроблена установка (рис.7), що забезпечує режими навантаження, відповідні режимам роботи реальних пар тертя гідроагрегатів ТМ.

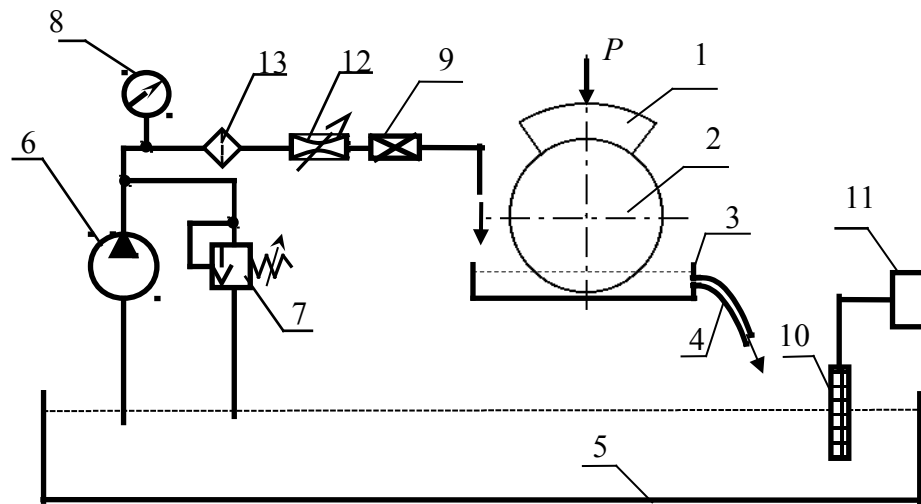


Рис. 7. Схема лабораторної установки для випробування зразків по схемі „ролик-колодка“:

1 – колодка; 2 – ролик; 3 – кювета з РР; 4 – зливний патрубок; 5 – бак; 6 – насос; 7 – перепусковий клапан; 8 – манометр; 9 – пристрій для обробки РР ЕП; 10 – нагрівальний елемент; 11 – терморегулятор; 12 – регульований дросель; 13 – гідрравлічний фільтр.

Матеріали зразків 1 і 2 (рис.7) при випробуваннях відповідали матеріалам реальних пар тертя (колодка - бронза Бр.АЖН10-4-4, ролик – сталь 18ХГТ). Обробка РР ЕП здійснювалася за допомогою пристрою коаксіального типу, параметри якого приймалися згідно рекомендаціям, розробленим раніше професором Є.М. Лисіковим. Тонкість фільтрації РР забезпечувалась за допомогою гідрравлічного та паливного фільтрів ФГМ-1 і ST-308. Клас чистоти РР - чотирнадцятий, як найбільш розповсюджений при експлуатації ТМ.

Програма досліджень передбачала проведення двохчинникового експерименту з обробкою РР ЕП і без неї відповідно до теорії планування експериментальних досліджень.

На рис.8 показана залежність, по якій видно, що електрообробка РР приводить до зниження швидкості зношування в цілому в 1,84 – 4,74 рази в залежності від розмірів продуктів зносу (в діапазоні 3-5мкм) і змін тиску в контакті (в діапазоні 7,29-8,33 МПа). Із збільшенням розмірів частинок зносу ефект від обробки знижується і в досліджуваному діапазоні складає 3,94 – 3,28 рази.

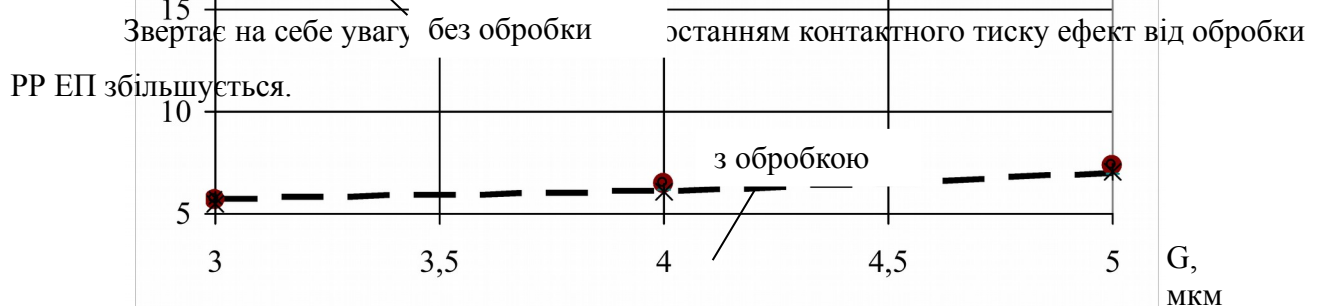


Рис.8. Зміна швидкості зношування залежно від тонкості фільтрації при тиску в контакті $P = 8,33$ МПа

Проведені експериментальні дослідження підтверджують основні теоретичні положення, розроблені в другому розділі.

На рис.9 згідно результатів теоретичних і експериментальних досліджень показані співвідношення швидкостей зношування з обробкою РР ЕП і без неї в залежності від розмірів часток зносу.

Як видно з рис.9, максимальне відхилення результатів теоретичних і експериментальних досліджень не перевищує 12%.

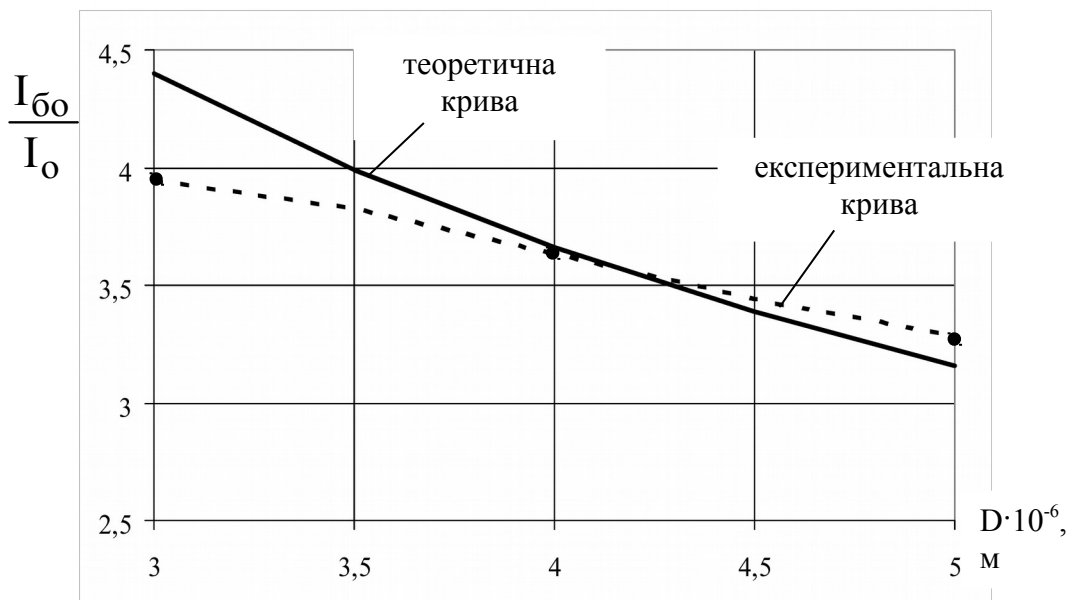


Рис.9. Порівняння теоретичних і експериментальних співвідношень швидкостей зношування

У четвертому розділі відображено методику та результати експлуатаційних випробувань аксіальнопоршневого насоса 313.56. Насоси такого типу найбільш часто використовуються в гідроприводах ТМ. Для проведення випробувань розроблено і вмонтовано в

гідропривід в зливній магістралі пристрій для обробки РР ЕП. У якості критерію оцінки впливу ЕП на швидкість зношування пар тертя було прийнято швидкість зниження коефіцієнта подачі (КП) насоса, величина якого визначалася гідротестером через кожні 50 годин напрацювання насоса. Результати цих випробувань наведені на рис.10, згідно яким встановлено, що швидкість зниження КП після установки пристрою для обробки РР ЕП знизилася на 56,57%, і як наслідок, ресурс насоса може бути збільшений в 1,73 рази. Це обумовлено зниженням швидкості зношування пар тертя.

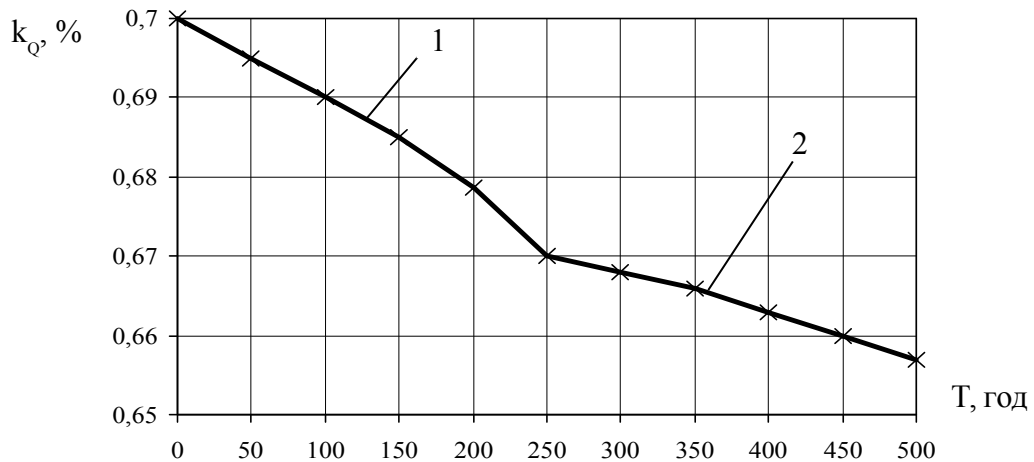


Рис. 10. Зміна коефіцієнта подачі насоса типу 313.56 в процесі його експлуатації:

- 1 - без обробки РР ЕП;
2 - після обробки РР ЕП.

П'ятий розділ включає техніко-економічне обґрунтування результатів дослідження. Стосовно колійної машини ПУМ-1М приріст економічного ефекту на одну машину в рік складає приблизно 45354 грн. Такий ефект забезпечується за рахунок скорочення витрат на технічне обслуговування та зростання продуктивності машини.

ВИСНОВКИ

На основі результатів теоретичних і експериментальних досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Ресурс гідроприводів ТМ зворотно пропорційний швидкості зношування їх вузлів тертя, яка в значній мірі визначається протизносними властивостями РР. РР представляє багатокомпонентне середовище на нафтовій основі і при дії ЕП в ній відбуваються структурні зміни.
2. На частинках зносу, що знаходяться в області дії ЕП, відбувається перерозподіл поверхневих зарядів і утворення локальних ЕП. Величина напруженості таких

полів багаторазово перевищує напруженість зовнішнього ЕП (на 1 – 2 порядки). В результаті обробки РР зовнішнім ЕП продукти зносу покриваються оболонкою ПАР і виступають як їх концентратори і транспортувальники на поверхнях тертя.

3. Розроблена математична модель формування локальних ЕП навкруги продуктів зносу показала, що при обробці РР гідроприводів ТМ зовнішнім ЕП продукти зносу, покриті оболонкою з молекул ПАР, є диполями, величина дипольного моменту яких значно перевищує величину дипольного моменту мономерів молекул ПАР. Це явище дозволяє стверджувати, що енергетичний зв'язок такого диполя з поверхнею тертя багаторазово перевищує зв'язок мономера ПАР при адсорбційних процесах. Таке явище приводить до зниження питомого контактного тиску і, як наслідок, до збільшення ресурсу гідроприводів ТМ за рахунок зниження швидкості зношування його елементів.

4. Розроблений механізм взаємодії продуктів зносу, покритих оболонкою ПАР, з поверхнею тертя з урахуванням їх мікрогеометрії. На основі цього запропонована математична модель даного процесу, яка дозволяє кількісно оцінити ресурс вузлів тертя гідроприводів ТМ. Згідно теоретичним дослідженням ресурс вузлів тертя гідроагрегатів ТМ після обробки РР зовнішнім ЕП збільшується в 1,9 – 4,4 рази залежно від розмірів частинок зносу.

5. Застосування обробки РР зовнішнім ЕП підтвердили результати теоретичних досліджень. В умовах електрообробки швидкість зношування пар тертя знизилася в 1,84-2,26 рази для РР без забруднювача. Істотне значення має діапазон розмірів продуктів зносу. З розширенням діапазону розмірів до 5 мкм швидкість зношування знижується в 2,75 - 3,94 рази. При збільшенні тиску співвідношення швидкостей зношування росте, а отже, ефект від застосування обробки РР ЕП збільшується. Для діапазону частинок розміром до 5 мкм такий ефект зростає і змінюється із збільшенням тиску в контактні від 2,75 до 3,94 разів.

6. Проведені експлуатаційні випробування аксіальнопоршневого насоса показали, що інтенсивність зниження КП насоса протягом 250 годин при обробці РР зовнішнім ЕП в порівнянні з необробленою РР склала 56,67%.

7. Згідно результатам теоретичних і експериментальних досліджень швидкість зношування вузлів тертя гідромашин ТМ при обробці їх РР зовнішнім ЕП знижується в 1,84-3,94 рази. У зв'язку з цим слід чекати збільшення ресурсу. Ресурс аксіальнопоршневого насоса за наслідками експлуатаційних спостережень при обробці РР зовнішнім ЕП збільшується в 1,73 рази в результаті електрообробки РР. Ці дані задовільно узгоджуються з результатами експериментальних досліджень по критерію швидкості зношування поверхонь тертя.

8. Проведений техніко-економічний розрахунок показав, що застосування пристрою для обробки РР ЕП приводить до скорочення трудомісткості ТО і ремонтів і

збільшенню річної фундації роботи. Приріст річного економічного ефекту на прикладі колійної машини ПУМ – 1М складає 45354 грн/рік на одну машину.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Лысыков Е.Н., Косолапов В.Б., Шулика А.С. Влияние микронеровностей поверхностей трибосопряжений на процессы адсорбции. // Сборник научных трудов ХНАДУ. Автомобильный транспорт. Совершенствование машин для земляных и дорожных работ. Харьков, РИО ХНАДУ 2003г. Вып. 11. С.61-64.

2. Лисіков Є.М., Шуліка О.С. Роль продуктів зносу трибосполучень гідроприводів в умовах обробки робочої рідини електростатичним полем. // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. Техніка та технологія виконання будівельних, колійних та перевантажувальних робіт на транспорті. Харків 2004. Вип. 58. С. 54-58.

3. Лысыков Е.Н., Воронин С.В., Шулика А.С. Физические основы интенсификации процесса самоорганизации узлов трения гидроприводов путевых и строительных машин в режиме граничной смазки. // Вісник НТУ „ХПІ”. Автомобіле та тракторобудування. Харків 2005р. Вип.10. С.83-86.

4. Формування локальних електричних полів на продуктах зносу поверхонь тертя гідроприводів колійних та будівельних машин / Є.М. Лисіков, С.В. Воронін, О.С. Шуліка, Є.А. Бобров. - Збірник наукових праць УкрДАЗТ. Удосконалення управління експлуатаційною роботою залізниць. Харків 2005р. Вип.66. С.112-117.

5. Состав и структура жидких смазочных сред в условиях эксплуатации технических систем / Е.Н. Лысыков, А.С. Шулика, В.А. Стефанов и др. - Збірник наукових праць УкрДАЗТ. Довговічність, надійність, працездатність деталей рухомого складу залізниць та спеціальної залізничної техніки. Харків 2005р. Вип.69. С. 125 – 130.

АНОТАЦІЯ

Шуліка Олександр Сергійович. Підвищення ресурсу гідроприводів транспортних машин електрообробкою робочих рідин. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за фахом 05.22.20 – експлуатація і ремонт засобів транспорту – Українська державна академія залізничного транспорту, Харків, 2006р.

Дисертаційна робота присвячена рішення актуальної проблеми – підвищенню ресурсу гідроприводів транспортних машин.

Встановлено закономірність зміни ресурсу гідроприводів транспортних машин від швидкості зношування вузлів тертя. Розроблена математична модель формування оболонки поверхнево-активних речовин на продуктах зносу в умовах інтенсифікації адсорбційних процесів електростатичним полем. Розкрито механізм формування граничних змашувальних шарів на поверхнях вузлів тертя гідроприводів транспортних машин при електрообробці робочої рідини.

Експериментальні дослідження показали, що швидкість зношування в результаті електрообробки робочої рідини знижується в 2,75 - 3,94 рази і залежить від розмірів продуктів зносу. Експлуатація гідроприводів транспортних машин з пристроєм для електрообробки робочої рідини дозволила підвищити ресурс їх роботи.

Ключові слова: транспортна машина, гідропривід, ресурс, продукти зносу, робоча рідина, адсорбований шар.

АННОТАЦИЯ

Шулика Александр Сергеевич. Повышение ресурса гидроприводов транспортных машин электрообработкой рабочих жидкостей. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.20 – эксплуатация и ремонт средств транспорта – Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков, 2006г.

Диссертационная работа посвящена решению актуальной проблемы – повышению ресурса гидроприводов транспортных машин.

Как известно, ресурс гидроприводов транспортных машин снижается в результате изнашивания его узлов трения. Ресурс гидропривода ограничен предельным значением коэффициента подачи, снижение которого обусловлено изнашиванием поверхностей узлов трения. Режимы работы гидроприводов таковы, что его пары трения работают периодически в условиях граничной смазки, при которой скорость изнашивания относительно велика. В этом случае ключевым звеном, обеспечивающим снижение износа поверхностей трения, является адсорбционная пленка, формирующаяся из рабочей жидкости (РЖ).

В диссертации исследована структура рабочей жидкости, являющаяся многокомпонентной средой. В состав рабочей жидкости входят продукты износа поверхностей трения, оказывающие значительное влияние на все процессы, происходящие в узлах трения. Проанализированы минералогический и фракционный состав продуктов износа, а также их форма и количество.

Проведен обзор существующих методов воздействия на рабочие жидкости силовых полей и установлено, что одним из путей повышения противоизносных свойств рабочих жидкостей является ее электрообработка.

Разработаны теоретические основы повышения ресурса узлов трения гидроприводов транспортных машин и установлено, что при прочих равных условиях ресурс пропорционален фактической площадке контакта поверхностей.

Разработана математическая модель формирования оболочки поверхностно-активных веществ вокруг продуктов износа. В электростатическом поле на продуктах износа происходит перераспределение поверхностных зарядов, что приводит к формированию локальных полей, величина напряженности которых многократно превышают величину напряженности внешнего поля, в результате чего интенсифицируется процесс адсорбции молекул поверхностно-активных веществ (ПАВ) на частицах износа. Эти частицы, покрытые оболочкой ПАВ, представляют собой диполь, дипольный момент которых многократно превышает величину дипольного момента мономера ПАВ. В работе также разработана математическая модель взаимодействия продуктов износа, покрытых оболочкой ПАВ, с поверхностями трения. Циркулируя вместе с потоком РЖ, продукты износа, покрытые оболочкой ПАВ, попадают в зазоры узлов трения. В условиях конкурентной физической адсорбции эти частицы в первую очередь адсорбируются на поверхностях трения, что приводит к увеличению фактической площади контакта пар трения и, соответственно, снижению контактных давлений и скорости изнашивания. В результате теоретических расчетов установлено, что обработка рабочей жидкости с частицами износа исследуемого диапазона внешним электростатическим полем позволяет увеличить ресурс пар трения гидроприводов транспортных машин в диапазоне 1,9 – 4,4 раза.

Испытания на машине трения показали, что электрообработка рабочей жидкости МГЕ-46В с частицами износа в диапазоне до 5мкм позволила снизить скорость изнашивания испытуемых образцов в 2,75 - 3,94 раза. При увеличении давления в контакте соотношение скоростей изнашивания растет, а следовательно, эффект от применения электрообработки РЖ увеличивается.

Проведены эксплуатационные испытания аксиально-поршневого насоса. Установлено, что интенсивность снижения коэффициента подачи насоса в течение 250 часов при электрообработке по сравнению с необработанной рабочей жидкостью составила 56,67% и ресурс, соответственно, увеличился в 1,73 раза.

Согласно проведенному технико-экономическому расчету применение устройства для электрообработки РЖ приводит к сокращению трудоемкости технических обслуживаний и увеличению годового фонда работы. Прирост годового экономического эффекта на примере путевой машины ПУМ – 1М составляет 45354 грн/год на одну машину.

Ключевые слова: транспортная машина, гидропривод, ресурс, продукты износа, рабочая жидкость, адсорбированный слой.

ANNOTATION

Shulika Alexander. Increase of resource of vehicle hydraulic actuator by working liquids electro-treatment. – Manuscript.

Dissertation on competition of graduate degree of candidate of engineering sciences on speciality 05.22.20 – exploitation and repair of vehicles – the Ukrainian state academy of railway transport, Kharkiv, 2006.

Dissertation work has been devoted to issue of the day decision – to increase of resource of vehicle hydraulic actuator.

Regularity of change of vehicle hydraulic actuator resource from speed of tribology application wear has been established. The mathematical model of forming of surface-active substance shell round wear products in the conditions of intensification of adsorption processes by the electrostatic field has been developed. The mechanism of forming of scope lubricating layers on the surfaces of tribology application of vehicle hydraulic actuator at electro-treatment of working liquid has been disclosed.

Experimental researches have shown that speed of wear as a result of working liquid electro-treatment was reduced in 2,75 - 3,94 times and depended on wear products sizes. Exploitation of vehicle hydraulic actuators with the device of working liquid electro-treatment has allowed promoting the resource of their work.

Keywords: vehicle, hydraulic actuator, resource, wear products, working liquid, adsorbed layer.

Шуліка Олександр Сергійович

**ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ГІДРОПРИВОДІВ
ТРАНСПОРТНИХ МАШИН
ЕЛЕКТРООБРОБКОЮ РОБОЧИХ РІДИН**

05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Відповідальний за випуск

к.т.н. Кравець А.М.

Надруковано згідно з оригіналом автора

Підписано до друку “___” _____ 2006 р.

Формат паперу 60x90/16. Папір офсетний.

Авторських арк. 0,8. Обл.-вид. арк. 1,1.

Замовлення №____. Тираж 100 примірників.

Видавництво УкрДАЗТу, свідоцтво ДК №112 від 06.07.2000 р.

Друкарня УкрДАЗТу: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.