

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

ТРОФІМОВ ІГОР ЛЕОНІДОВИЧ

УДК 621.891(042.3)

**ПІДВИЩЕННЯ ПРОТИЗНОСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ
ПАЛИВНО-МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ
ЕЛЕКТРИЧНИМ ПОЛЕМ**

Спеціальність 05.02.04 – тертя та зношування в машинах

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ-2011

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному авіаційному університеті на кафедрі хіммотології Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України (м. Київ)

Науковий керівник

заслужений діяч науки і техніки України,
доктор технічних наук, професор
Кравець Іван Андрійович,
Національний університет оборони України
Міністерства оборони України,
професор кафедри технічного забезпечення, м. Київ

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор
Ляшенко Борис Артемович,
Інститут проблем міцності ім. Г.С. Писаренка
НАН України, завідувач лабораторії зміцнення поверхні
елементів конструкцій, м. Київ;

кандидат технічних наук,
Любінін Йосип Абрамович,
Український науково-дослідний інститут
нафтопереробної промисловості «МАСМА»
Міністерства палива та енергетики України, заступник
директора з наукової роботи, м. Київ

Захист відбудеться «14» квітня 2011 р. о 15⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.062.06 в Національному авіаційному університеті за адресою: 03680, м. Київ, пр-т Комарова, 1, ауд. 11.220.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного авіаційного університету за адресою: 03680, м. Київ, пр-т. Космонавта Комарова, 1.

Автореферат розісланий

«_____» березня 2011 р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради,
кандидат технічних наук

О. Ю. Корчук

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Необхідність забезпечення високої надійності сучасних машин і механізмів безпосередньо пов'язана з підвищенням якості паливно-мастильних матеріалів (ПММ), що дозволяє не тільки зменшити витрати енергоносіїв, але й підвищити надійність, економічність та ресурс сучасної техніки.

Розроблення нових методів підвищення протизносних властивостей ПММ є актуальним науково-прикладним завданням сучасної трибології.

У дисертаційній роботі представлено результати теоретичних і експериментальних досліджень, спрямованих на підвищення протизносних властивостей ПММ шляхом використання електричного поля. Досліджено вплив електричного поля на основні процеси в трибоспряженнях.

Таким чином, у межах широкої наукової і практичної проблеми забезпечення високого рівня триботехнічних властивостей ПММ та надійності деталей механічної техніки постає актуальна *наукова технічна задача* розроблення методу підвищення протизносних властивостей ПММ електричним полем та дослідження закономірностей його впливу на пари тертя.

Зв'язок роботи з навчальними програмами, планами, темами. Роботу виконано згідно з планами наукових досліджень кафедри технологічного обладнання (від 1.11.2008 кафедра хімотології) Інституту міського господарства Національного авіаційного університету (ІМГ НАУ) у рамках реалізації тем № 27-Ф/К «Удосконалення енергозберігаючих технологій», № 27-С/10.02.03 «Дослідження протизносних властивостей біодизельного палива».

Виконана дисертаційна робота знаходиться у контексті комплексної державної програми енергозбереження України, планів державних науково-технічних програм «Економія пального та використання паливно-мастильних матеріалів» і «Економічні та технологічні перспективи розвитку енергетики», а також Державної програми розвитку авіаційного транспорту.

Мета і задачі дослідження. *Метою дисертаційної роботи* є підвищення протизносних властивостей ПММ та формування зносостійкості поверхонь тертя.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі *задачі досліджень*:

1. Провести аналіз теорій і механізмів тертя та зношування, а також аналіз сучасних теорій та експериментальних досліджень електризації вуглеводневих рідин.

2. Проаналізувати загально визнані методи досліджень процесу тертя та зношування, вибрати чи розробити методіку випробувань триботехнічних властивостей ПММ для досліджень в дисертаційній роботі.

3. Теоретично обґрунтувати фізичну сутність методу підвищення протизносних властивостей ПММ електричним полем.

4. Встановити закономірності впливу електричного поля на протизносні властивості ПММ, величину їх поверхневого натягу та формування зносостійкості

пар тертя. Розробити метод підвищення протизносних властивостей вуглеводневих ПММ електричним полем та пристрій для його здійснення.

5. Теоретично обґрунтувати та експериментально підтвердити можливість підвищення ресурсу робочих рідин шляхом їх очищення електричним полем. Узагальнити результати досліджень та розробити практичні рекомендації щодо застосування методу підвищення протизносних властивостей ПММ електричним полем.

Об'єкт дослідження – взаємодії сил електричного поля з вуглеводневими середовищами та процес підвищення протизносних властивостей ПММ.

Предмет дослідження – закономірності впливу електричного поля на формування триботехнічних характеристик ПММ, їх протизносних властивостей та формування зносостійкості контактуючих поверхонь.

Методи дослідження. У роботі використовувались методи: розрахунково-аналітичні, теоретичні, експериментальні. Протизносні властивості ПММ – методом випробувань на тертя та зношування в умовах граничного змащення; хімічний склад – методом рентгеноспектральної електронної мікроскопії; знос і вихідна шорсткість поверхонь тертя ковзання – методом контактної профілографії-профілометрії, а також диференційно-фазовим методом безконтактної лазерної профілографії-профілометрії; стан робочих поверхонь – методом металографії; обробка експериментальних даних, одержання кореляційних залежностей – методами математичної теорії планування інженерного експерименту. Достовірність одержаних результатів експериментальних випробувань встановлено методами математичної статистики з використанням комп'ютерної техніки.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Уперше встановлено закономірності впливу електричного поля на протизносні властивості ПММ. Від існуючих закономірностей відрізняються тим, що врахований вплив накладених зовнішнього електричного та природного електростатичного полів на величину зношування. Це дозволяє отримати збільшення товщини мастильної плівки та зменшення коефіцієнту тертя.

2. Уперше встановлено закономірність впливу електричної обробки ПММ на формування зносостійкості поверхонь тертя, що базується на особливостях зміни щільності, рівномірності та хімічного складу вторинних структур і дозволяє підвищити зносостійкість поверхонь тертя.

3. Набула подальшого розвитку фізична модель впливу електричного поля на протизносні властивості ПММ, яка відрізняється від існуючих врахуванням впливу зовнішнього електричного поля і явища трибоеклектризації на властивості ПММ, що дозволило обґрунтувати вагомість дії електричного поля на протизносні властивості ПММ.

4. Уперше одержано математичні залежності, які встановлюють взаємозв'язок між основними параметрами трибосистеми і електричним полем та дозволяють розрахувати потенціал електричного поля, що діє на одиницю поверхні

ПММ та середнє значення імовірності об'єднання молекул ПММ. Визначено, що зі збільшенням поверхневого натягу імовірність об'єднання молекул ПММ зменшується.

Практичне значення одержаних результатів.

1. Розроблено принципово новий метод підвищення протизносних властивостей ПММ (*пат. № 34918, Україна*).

2. Сконструйовано, виготовлено та апробовано пристрій для підвищення протизносних властивостей ПММ (*пат. № 31878, Україна*), який характеризується компактністю, простотою застосування, низькою вартістю виготовлення.

3. Для підвищення ресурсу ПММ та робочих рідин запропоновано використання розроблених гідроциклонів для очищення робочих рідин від механічних домішок (*пат. № 15975, Україна*) та пересувної установки для очищення робочих рідин електричним полем (*пат. 18337, Україна*).

Створений пристрій і застосування нового методу дозволяють використовувати їх на енергетичних установках різних типів, у гідравлічних системах, у металообробних верстатах, у трансмісійних передачах, механічних вузлах, теплових двигунах, тощо.

Практичне значення одержаних результатів підтверджено актами впровадження спільно з науково-виробничим підприємством «МІКРОНІНТЕР» (м. Київ) та «УкрНДНЦ хімотології і сертифікації ПММ і технічних рідин» (м. Київ).

Розроблений метод застосовується в лабораторії кафедри хімотології НАУ для проведення наукових досліджень, а також як кваліфікаційний (факультативно) у центрі випробування і сертифікації нафтопродуктів «УЦАХ СЕПРО».

Особистий внесок здобувача. Дисертація є самостійною науковою роботою. Основні наукові і практичні результати дисертації, що виносяться на захист, розроблені та одержані особисто здобувачем.

Постановку завдання та обговорення одержаних результатів виконано спільно з науковим керівником І.А. Кравцем. Автор самостійно спланував та провів експерименти з аналізу залежностей впливу електричного поля на протизносні властивості ПММ. Автору належать розробка методу підвищення протизносних властивостей ПММ електричним полем і розробка пристрою для його реалізації. В опублікованих разом зі співавторами наукових працях здобувач брав участь у постановці завдань, аналізі отриманих результатів.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідались на науково-технічних конференціях і семінарах: V – VIII Міжнародних конференціях студентів та молодих учених «Політ» (м. Київ, 2005 – 2008 рр.); Міжнародній науково-технічній

конференції «Прогрес в технології горючих копалин та хімотології паливно-мастильних матеріалів» (м. Дніпропетровськ, 2005р.); VI – X Міжнародних науково-технічних семінарах «Современные проблемы подготовки производства, заготовительного производства, обработки и сборки в машиностроении и приборостроении» (м. Свалява, Карпати 2006, 2008, 2009, 2010 р. р.); VI науково-технічній конференції «Поступ у нафтогазопереробній та нафтохімічній промисловості» (м. Львів, 2007 р.); I та II Міжнародних конференціях «Проблеми хімотології» (м. Київ, 2006, 2008 р. р.); VI, VIII, IX Міжнародних науково-технічних конференціях «Инженерия поверхности и реновация изделий» (м. Ялта, 2006, 2008, 2009 р. р.); XIII Міжнародній конференції «Ресурсоенергозбереження у ринкових відносинах» (м. Ялта, 2006 р.); VI – VIII Міжнародних наукових конференціях «Авіа» (м. Київ, 2005 – 2009 р. р.); науково-технічній конференції студентів та молодих учених «Наукоємні технології» (м. Київ, 2007 р.); VI Міжнародній науково-методичній конференція «Безпека життя і діяльності людини – освіта, наука, практика» (м. Київ 2007 р.); The 10th conference for lithuanian junior researchers «Science – lithuania's future» (с. Vilnius, Lithuania, 2007 year). Результати дисертації обговорювалися на наукових семінарах та засіданнях кафедри технологічного обладнання (НАУ, м. Київ, 2006 – 2008 р.) і кафедри хімотології (НАУ, м. Київ, 2008 – 2010 р.).

Робота в цілому доповідалася на науково-технічному семінарі зі спеціальності 05.02.04 – тертя та зношування в машинах у Національному авіаційному університеті 17.06.2010 р.

Публікації. Основні результати наукових досліджень щодо дисертаційної роботи опубліковано у 9 статтях фахових видань, 1 тезі доповідей наукових конференцій і 4 патентах України на корисні моделі та винаходи.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, основних висновків, списку використаних літературних джерел із 147 видань та 8 додатків. Загальний обсяг дисертації становить 207 сторінок комп'ютерного тексту. З них – 170 сторінок основного тексту, 20 таблиць та 56 рисунків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі викладено постановку наукової задачі й обґрунтовано актуальність її вирішення, визначено об'єкт і предмет досліджень, сформульовано мету та намічено шляхи її досягнення. Показані наукова новизна, практичне значення одержаних результатів та особистий внесок

дисертанта в розробку наукової задачі. Наведено відомості щодо апробації та реалізації досліджень, повноти їх викладень в публікаціях.

У першому розділі проведено аналіз літературних джерел, які висвітлюють сучасний стан експериментальних і теоретичних досліджень стосовно підвищення протизносних властивостей пар тертя та досліджень впливу різних факторів на електризацію вуглеводневих рідин. Розглянуто основні теорії виникнення електростатичних зарядів під час течії вуглеводневих рідин.

Дослідженню основних положень з підвищення протизносних властивостей ПММ присвячені роботи Л.І. Бершадського, М.О. Буля, Д.М. Гаркунова, Б.І. Костецького, І.А. Кравця, Р.М. Матвєєвського. Питання мастильної здатності, вивчення трибологічних властивостей ПММ і трибохімічних реакцій викладені в роботах О.Ф. Аксьонова, І.О. Буяновського, С.В. Венцеля, В.В. Запорожця, Ю.С. Заславського, Л.І. Куксьонової, Р.Г. Мнацаканова, Л.С. Рапопорта, Л.М. Рібакової, О.У. Стельмаха, Т.В. Тернової, Г.І. Фукса, Г. Хайніке, та ін.

Детальному дослідженню процесів електризації вуглеводневих рідин, що виникають під час взаємодії «рідина – тверде тіло» присвячені теорії Козмана, Гевіса, Гуї, Гемгольца, які в подальшому отримали розвиток у працях С.А. Боровського, А.У. Салімова, В.В. Татарнова та інших авторів.

У другому розділі з метою забезпечення відтворюваності початкових умов випробувань на тертя та зношування вибрано базові методики та експериментальні прилади, які застосовувались для проведення лабораторних досліджень, обґрунтовано вибір машини і приладу тертя. Вибрано методику для визначення поверхневого натягу крапель досліджуваних середовищ. Обґрунтовано вибір засобів вхідного контролю поверхонь тертя, середовищ та засобів вимірювання для подальшої статистичної обробки одержаних результатів.

Відповідно до поставлених завдань об'єктами дослідження були вибрані базові середовища: авіапаливо ТС-1, дизельне паливо, моторна олива М-20/5040.

Контроль фізико-хімічних властивостей матеріалів пари тертя та дослідження напрацьованих вторинних структур проводилось на растровому електронному мікроскоп-мікроаналізаторі РЕМ 106И. Фрактографічний аналіз поверхонь виконувався на мікроскопі МИМ-10. Контроль початкових параметрів шорсткості контактуючих поверхонь виконувався на лазерному скануючому профілографі-профілометрі ЛСПП-05. Для вимірювання зношування поверхонь тертя застосовувався профілограф-профілометр «Калібр М-201». Для підвищення точності вимірювання знімалось три профілограми за глибиною спрацьованого матеріалу вздовж доріжки ковзання і одна – поперек. За результатами вимірювання профілю доріжки

тертя визначалось середнє арифметичне значення лінійного зношування матеріалу.

З метою дослідження протизносних властивостей ПММ, оброблених електричним полем, було розроблено методику дослідження протизносних властивостей палив та малов'язких рідин за схемою «циліндр - площина» з трибоконтактом по твірній циліндра, матеріал зразків «сталь 9ХС– латунь ЛС59-1». Методику досліджень реалізовано на приладі тертя типу «ПТ-4Ц» та пояснено схемою випробувань ПММ, яку подано на рис. 1. До обертально рухомого контрзразка – циліндра притискається плоский зразок з заданим нормальним навантаженням у визначеному рідкому середовищі. У результаті тертя робоча поверхня зразка зношується і утворюється вироблення у вигляді лунки. Після випробування на зразку вимірюються геометричні розміри вироблення і розраховуються параметри лінійної та об'ємної інтенсивності зношування.

У якості відомої сертифікованої методики випробувань ПММ було вибрано чотирьохетапну методику та машину тертя для проведення досліджень за цією методикою, які розроблені в Національному авіаційному університеті. Машина тертя діє за схемою Тімена (диск – площина), яка реалізовує лінійний контакт та моделює трибопару «вал – втулка».

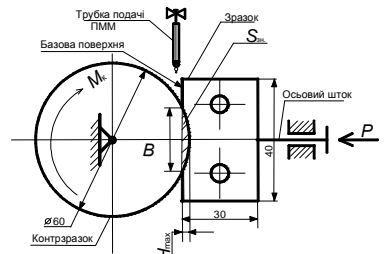


Рис. 1. Схема випробувань протизносних властивостей ПММ, реалізована на приладі тертя «ПТ-4Ц»

Для дослідження поверхонь тертя в динамічному режимі використано комплекс для вивчення трибологічних характеристик при корозійно-механічному зношуванні матеріалів. Технічні умови комплексу дозволяють робити фотографічні знімки та відео зйомку поверхневих перетворень у динамічному режимі.

Методика визначення поверхневого натягу крапель обраних ПММ зводиться до методу визначення максимального тиску для продавлювання бульбашки повітря крізь капіляр, який занурено в досліджувану рідину (ГОСТ 6867–77).

Для планування експерименту, проведення статистичної обробки результатів досліджень та оптимізації математичної моделі обрано методи математичної теорії планування експерименту та обробки результатів досліджень з використанням комп'ютерної техніки.

У третьому розділі теоретично обґрунтовано метод підвищення протизносних властивостей ПММ електричним полем, а також

проаналізовано основні принципи та механізми впливу електричного поля на протизносні властивості ПММ.

Розроблено та обґрунтовано гіпотези щодо можливості підвищення функціональних показників ПММ дією електричного поля.

Фізичну модель впливу електричного поля на протизносні властивості ПММ було розроблено і реалізовано у вигляді пристрою (рис. 2) для підвищення протизносних властивостей ПММ (*пат. № 31878 Україна*), який зберігає фізичну можливість відтворення впливу електричного поля на протизносні властивості мастильних середовищ. Зазначений пристрій дає можливість підвищувати протизносні властивості рідинних ПММ та понижувати величину їх поверхневого натягу.

На основі досліджень та розрахунків розроблено математичну модель впливу електричного поля на протизносні властивості ПММ.

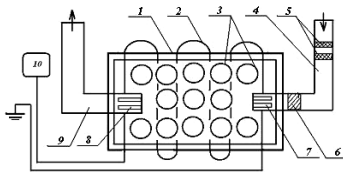


Рис. 2. Принципова схема пристрою для підвищення протизносних властивостей паливно-мастильних матеріалів: 1 – проточна камера; 2 – обмотка; 3 – металеві кульки; 4 – входний патрубок; 5 – фільтраційні металеві сіточки; 6 – смугастий електрет; 7, 8 – повздовжні прорізи; 9 – вихідний патрубок; 10 – високовольтне джерело живлення

Одержано модельні залежності, що пояснюють взаємозв'язок між основними фізичними параметрами трибосистем і електричним полем:

$$\begin{aligned}
 A &= f(U); & \text{де } A & - \text{робота, що витрачається на поляризацію та переорієнтацію заряду і яка} \\
 & & & \text{дозволяє оцінювати енергетичну взаємодію електричного поля і заряду, Дж;} \\
 \sigma &= f(\vec{E}, T); & U & - \text{напруга постійного струму від зовнішнього джерела, В; } \sigma & - \text{поверхневий натяг} \\
 P_{\text{об}}^E &= f(\sigma, T); & & \text{крапель ПММ (вільна енергія одиниці поверхні), ерг/см}^2; E & - \text{напруженість} \\
 I &= f(U, t); & & \text{електричного поля, В/м; } T & - \text{температура мастильного середовища, К; } \ddot{P}_{\text{об}}^E & - \\
 & & & \text{вірогідність злипання молекул базової оливи чи молекул ПАР; } I & - \text{величина} \\
 & & & \text{лінійного зносу; } t & - \text{час обробки мастильних середовищ електричним полем}
 \end{aligned}$$

Здійснено математичне планування проведення експериментів і обробку результатів під час випробувань на тертя та зношування з застосуванням методики математичної теорії планування експерименту. Як критерій оптимізації було обрано величину лінійного зношування; керовані фактори – час і напруга за яких здійснювалось оброблення ПММ електричним полем.

Перевірено адекватності подання результатів експерименту знайденому рівнянню регресії. Установлено відтворюваність результатів експериментальних досліджень під час випробувань на тертя та зношування і відносну похибку експериментів на лабораторних приладах.

Одержане вибіркоче рівняння регресії, тільки з урахуванням значущих коефіцієнтів, має вигляд:

$$M(Y)=6,443-0,746X_1-0,796X_2-0,738X_1X_2+0,0695 X_1^2 +0,0791 X_2^2 .$$

Четвертий розділ присвячено експериментальним дослідженням впливу електричного поля на протизносні властивості ПММ, на величину їх поверхневого натягу та формування зносостійкості поверхонь тертя. Експериментально встановлено закономірності впливу електричного поля на зменшення величин зношування випробувальних зразків. Результати основних експериментів оброблено за допомогою комп'ютерної техніки та викладено у вигляді графічних залежностей (рис. 3 – 11).

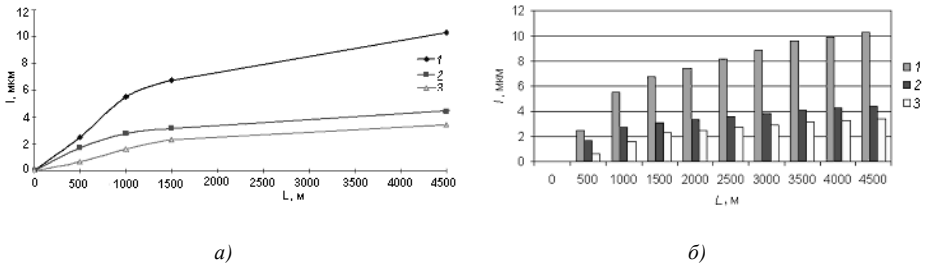


Рис. 3. Залежність величини зношування (а) та гістограма залежності сумарного зношування (б) від шляху тертя під час дослідження протизносних властивостей авіапалива ТС-1: 1 – базове (у стані поставки) авіапаливо марки ТС-1; 2 – авіапаливо ТС-1, оброблене електричним полем протягом 1 години за напруги $U = 500$ В та напруженості поля $E = 0,27 \cdot 10^6$ В/м; 3 – авіапаливо ТС-1, оброблене електричним полем протягом 1 години за напруги $U = 2000$ В та напруженості поля $E = 1,1 \cdot 10^6$ В/м

Як показують графіки (рис. 3 – 5) величина зношування значно знизилась (майже у 2,5 разу) в результаті оброблення електричним полем авіапалива ТС-1 і менше – внаслідок обробки указаним полем дизельного палива (у 1,3 разу) та оливи М-20/5040 «Азмол» (у 1,2 разу). На всіх наведених графічних залежностях спостерігається зменшення величини зношування у разі підвищення величини напруженості електричного поля.

Авіапаливо ТС-1 також було випробувано на комплексі для вивчення трибологічних характеристик при корозійно-механічному зношуванні матеріалів за схемою «палець-площина», матеріал зразків ШХ15 – фотографічне скло.

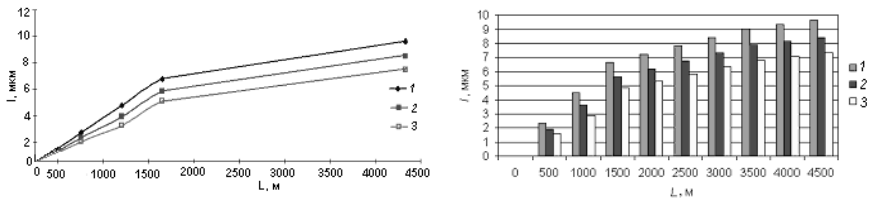


Рис. 4. Залежність величини зношування (а) та гістограма залежності сумарного зношування (б) від шляху тертя під час дослідження протизносних властивостей дизельного палива: 1 – базове (у стані поставки) дизельне паливо; 2 – дизельне паливо, оброблене електричним полем протягом 1 години за напруги $U = 500$ В та напруженості поля $E = 0,27 \cdot 10^6$ В/м; 3 – дизельне паливо, оброблене електричним полем протягом 1 години за напруги $U = 2000$ В та напруженості поля $E = 1,1 \cdot 10^6$ В/м

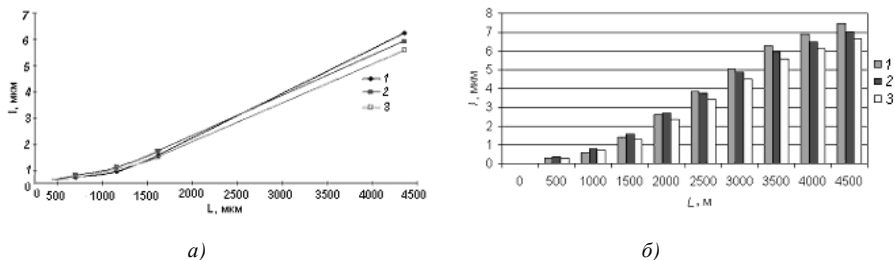


Рис. 5. Залежність величини зношування (а) та гістограма залежності сумарного зношування (б) від шляху тертя під час дослідження протизносних властивостей моторної оливи М-20/5040 «Азмол»: 1 – базова (у стані поставки) олива марки М-20/5040; 2 – олива М-20/5040, оброблена електричним полем протягом 1 години за напруги $U = 500$ В та напруженості поля $E = 0,27 \cdot 10^6$ В/м; 3 – олива М-20/5040, оброблена електричним полем протягом 1 години за напруги $U = 2000$ В та напруженості поля $E = 1,1 \cdot 10^6$ В/м

Зразок № 1 працював у базовому (не обробленому) середовищі авіапалива ТС-1. Зразок № 2 працював у середовищі авіапалива ТС-1, обробленого електричним полем протягом 1 години за напруги $U = 2000$ В та напруженості поля $E = 1,1 \cdot 10^6$ В/м. Масу дослідних зразків вимірювали на електронних вагах «WPS 210/C/1». Результати експериментів приведено в табл. 1.

Таблиця 1

Результати дослідів проведених на комплексі для вивчення трибологічних характеристик під час корозійно-механічного зношування матеріалів

Номер зразка	Маса зразка, m , г	Пройдений шлях, S , м	Швидкість тертя, ϑ , м/с	Навантаження, P , кг/см ²
Зразок № 1	2,478	0	0,630	5
	2,465	12000		
Зразок № 2	2,539	0		
	2,536	12000		
	2,529	22000		

За однакових умов проведення експерименту (табл. 1) та за однакового пройденого шляху тертя (12000 м) величина зношування за масою для зразка № 1 становила 0,013 г, для зразка № 2 – 0,003 г, різниця склала – 0,01 грама.

Результати дослідження коефіцієнта тертя викладено в графічних залежностях (рис. 6 – 7).

Рис. 6. Залежність коефіцієнта тертя в трибосприяженні «сталі ШХ15 – фотографічне скло» від напруженості електричного поля при швидкості ковзання $\vartheta = 0,6$ м/с:

1 – в авіапаліві ТС-1;
2 – в оливі М-20/5040

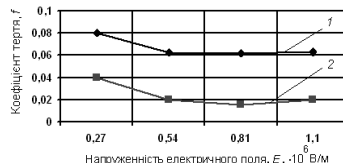
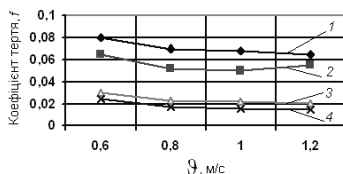


Рис. 7. Залежність коефіцієнта тертя сталі ШХ15 від швидкості ковзання при питомому навантаженні $P = 5$ кг/см²: 1 – в авіапаліві ТС-1 у стані поставки; 2 – в авіапаліві обробленому електричним полем протягом 1 години за напруги $U = 2000$ В та напруженості поля $E = 1,1 \cdot 10^6$ В/м; 3 – в оливі М-20/5040 у стані поставки; 4 – в оливі М-20/5040 обробленій електричним полем протягом 1 години за напруги $U = 2000$ В та напруженості поля $E = 1,1 \cdot 10^6$ В/м



Встановлено, що зі збільшенням напруженості електричного поля знижується коефіцієнт тертя ковзання (рис. 6). Це можна пояснити збільшенням рухливості частин молекул, викликане дробленням крупних, малорухливих молекул ПММ за допомогою електричного поля.

Встановлено зниження коефіцієнта тертя сталі ШХ15 із зростанням швидкості ковзання. При цьому коефіцієнт тертя у разі змащування контакту авіапалівом ТС-1 та оливою М-20/5040 обробленими електричним полем відповідно є у 1,3 та 1,4 разу меншим порівняно з коефіцієнтом тертя заміряним в цих ПММ у стані поставки. Зниження коефіцієнта тертя можна пояснити зменшенням величини поверхневого натягу ПММ у разі їх оброблення електричним полем та зменшенням вандерваальсових сил між мастильними середовищами та поверхнями тертя.

У разі випробувань протизносних властивостей ПММ за розробленою методикою встановлено, що характер залежностей об'ємного зношування від шляху тертя при різних швидкостях ковзання та різних нормальних навантаженнях для зразків напрацьованих в базовому авіапаліві ТС-1 та обробленому електричним полем є подібним, однак є і суттєві відмінності (рис. 8 – 9):

по-перше, за однакових значень швидкостей ковзання величини об'ємного зношування зразків напрацьованих у обробленому електричним полем авіапаліві ТС-1 є у 1,2...1,4 разів меншими ніж для зразків напрацьованих у базовому авіапаліві. А за однакових значень нормальних навантажень об'ємне зношування зразків напрацьованих у обробленому електричним полем авіапаліві ТС-1 є в середньому у 1,2 разу меншим ніж для зразків напрацьованих у базовому авіапаліві;

по-друге, підвищене зношування для зразків напрацьованих у базовому авіапаліві ТС-1 розпочинається при значеннях швидкості ковзання 0,55...1,38 м/с за сталого нормального навантаження, для зразків

напрацьованих у обробленому електричним полем авіапаліві – при 0,84...1,38 м/с. Відбувається збільшення зони сталості зносостійкості, яке призводить до розширення діапазону нормальної роботи деталей при підвищенні швидкостей ковзання.

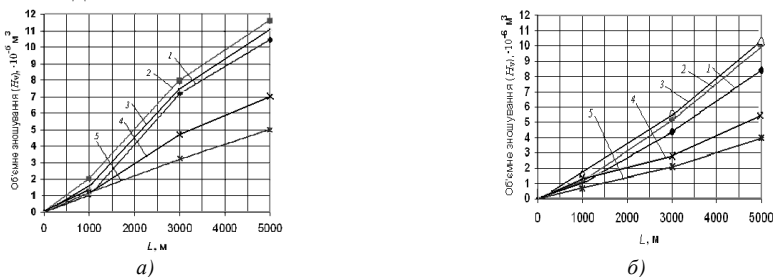


Рис. 8. Залежність величини об'ємного зношування від шляху тертя під час дослідження протизносних властивостей базового авіапаліва ТС-1 (а) та авіапаліва ТС-1 (б) обробленого електричним полем протягом однієї години за напруги $U = 2000 \text{ В}$ та напруженості поля $E = 0,27 \cdot 10^6 \text{ В/м}$, при нормальному навантаженні $P = 10 \text{ кг}$: 1 – $v = 0,550 \text{ м/с}$; 2 – $v = 0,847 \text{ м/с}$; 3 – $v = 1,38 \text{ м/с}$; 4 – $v = 2,196 \text{ м/с}$; 5 – $v = 3,36 \text{ м/с}$

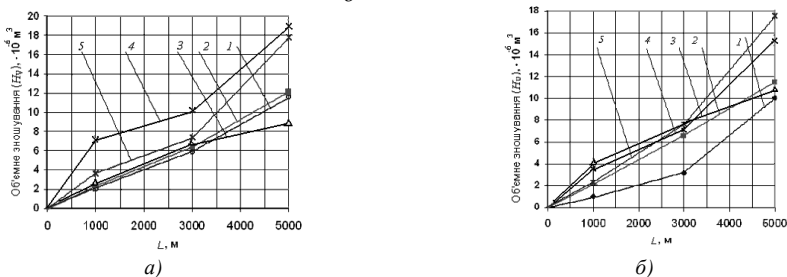


Рис. 9. Залежність величини об'ємного зношування від шляху тертя під час дослідження протизносних властивостей базового авіапаліва ТС-1 (а) та авіапаліва ТС-1 (б) обробленого електричним полем протягом однієї години за напруги $U = 2000 \text{ В}$ та напруженості поля $E = 0,27 \cdot 10^6 \text{ В/м}$, при швидкості ковзання $v = 0,847 \text{ м/с}$: 1 – $P = 10 \text{ кг}$; 2 – $P = 15 \text{ кг}$; 3 – $P = 20 \text{ кг}$; 4 – $P = 25 \text{ кг}$; 5 – $P = 30 \text{ кг}$

Аналіз залежностей інтенсивності об'ємного зношування зразків від швидкості ковзання (рис. 10) показав, що за однакових значень швидкостей ковзання інтенсивність об'ємного зношування на 1000 м шляху зразків напрацьованих у авіапаліві ТС-1 обробленому електричним полем є у 1,3...2,3 разів меншою ніж для зразків напрацьованих у базовому авіапаліві.

Залежності інтенсивності об'ємного зношування зразків від нормального навантаження (рис. 11) показують, що за однакових значень нормальних навантажень інтенсивність об'ємного зношування на 1000 м шляху тертя зразків напрацьованих у авіапаліві ТС-1 обробленому електричним полем є при $P = 10; 15; 25; 30 \text{ кг}$ відповідно у 1,9; 1,3; 1,7; 1,6 разів меншою та при $P = 20 \text{ кг}$ у 1,9 разу більшою ніж для зразків напрацьованих у базовому авіапаліві.

Рис. 10. Залежність інтенсивності об'ємного зношування зразків від швидкості ковзання при нормальному навантаженні $P = 10$ кг: 1 – базове (у стані поставки) авіапаливо марки ТС-1; 2 – авіапаливо ТС-1, оброблене електричним полем протягом 1 години за напруги $U = 2000$ В та напруженості поля $E = 0,27 \cdot 10^6$ В/м

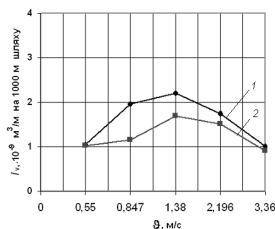
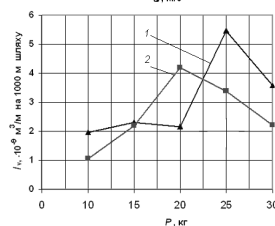


Рис. 11. Залежність інтенсивності об'ємного зношування зразків від нормального навантаження при швидкості ковзання $v = 0,847$ м/с: 1 – базове (у стані поставки) авіапаливо марки ТС-1; 2 – авіапаливо ТС-1, оброблене електричним полем протягом 1 години за напруги $U = 2000$ В та напруженості поля $E = 0,27 \cdot 10^6$ В/м



Зовнішній вигляд поверхонь тертя дослідних зразків, що працювали у базових ПММ та оброблених електричним полем зображено на рис. 12, де спостерігається рівномірне формування ВС у процесі триботехнічних випробувань авіапалива ТС-1 та дизельного палива оброблених електричним полем протягом години за напруги $U = 2000$ В та напруженості поля $E = 1,1 \cdot 10^6$ В/м.

Загальний вигляд поверхонь тертя показує, що напрацьовані ВС зразків, які працювали в оброблених електричним полем ПММ, є більш рівномірними і щільними порівняно з аналогічними параметрами зразків працюючих в цих ПММ у стані поставки.

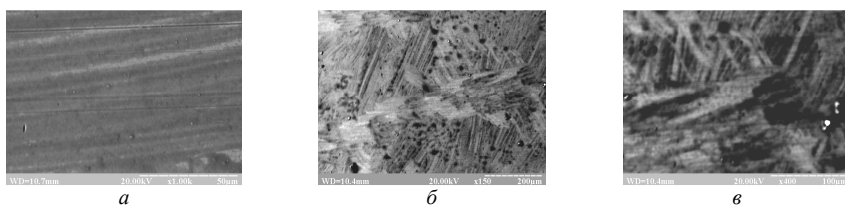


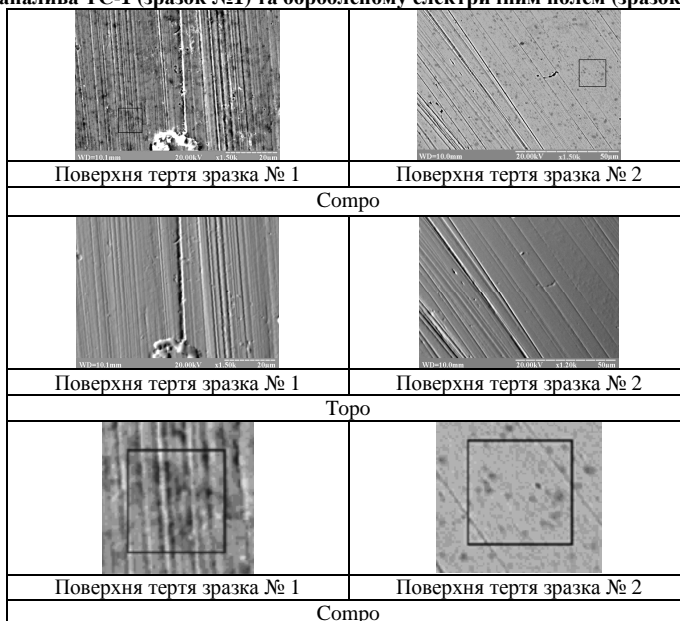
Рис. 12. Електронні мікрофотографії поверхонь зразків, напрацьованих у авіапаливі ТС-1 в умовах граничного тертя: а – напрацьованих у базовому авіапаливі ТС-1 ($\times 1000$); б, в – напрацьованих в авіапаливі ТС-1, обробленому протягом години електричним полем за напруги $U = 2000$ В та напруженості поля $E = 1,1 \cdot 10^6$ В/м ($\times 150$; $\times 400$)

Для порівняльного аналізу стану поверхонь тертя зразків пальців у табл. 2 наведено їх мікрофотографії, виконані за однакових режимів роботи мікроскопу РЕМ 10БІ та за однакових збільшеннях.

Динаміка утворення – руйнування окисних плівок показала, що цикл від появи плівок до початку їх руйнування для зразка напрацьованого у базовому авіапаліві становить 2000 м, для зразка напрацьованого у авіапаліві обробленому електричним полем – 4000 м.

Таблиця 2

Мікрофотографії поверхонь тертя зразків «пальців» напрацьованих у базовому середовищі авіапаліва ТС-1 (зразок №1) та обробленому електричним полем (зразок №2)



Дослідження впливу електричного поля на величину поверхневого натягу ПММ підтвердили гіпотезу щодо її зниження у разі оброблення ПММ електричним полем. Результати експериментів наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Вимірювання поверхневого натягу крапель досліджуваних середовищ

Назва	Вимірювання різниць висот досліджуваної і еталонної рідин в манометричній трубці			Значення поверхневого натягу, $\sigma \cdot 10^{-3}$, Н/м
	ΔH_x , м	$\Delta H_{ет}$, м	$\frac{\Delta H_x}{\Delta H_{ет}}$	
Вода (еталон)	-	-	-	еталон (72,75)
Авіапаліво ТС-1	0,15	0,401	0,374	27,19
Авіапаліво ТС-1*	0,124	0,401	0,309	22,5
Дизельне паливо	0,183	0,420	0,435	31,65
Дизельне паливо*	0,156	0,420	0,371	27,09

* Палива оброблялись протягом однієї години електричним полем в розробленому пристрої за $U = 500 \text{ В}$, $E = 0,27 \cdot 10^6 \text{ В/м}$

Експериментально встановлено, що для авіапалива ТС-1 поверхневий натяг порівняно з вимірами у базовому середовищі та після оброблення електричним полем зменшився у 1,3 разу, для дизельного палива у 1,2 разу. Встановлено, що зі збільшенням напруженості електричного поля, інтенсивніше зменшується значення величини поверхневого натягу авіапалива ТС-1 та дизельного палива.

Для підвищення ресурсу рідинних ПММ та робочих рідин шляхом їх очищення силовими полями запропоновано використання, розроблених разом з авторським колективом кафедри хімотології, гідроциклону для очищення рідин від механічних домішок (*пат. № 15975 Україна*) та пересувної установки для очищення робочих рідин (*пат. № 18337 Україна*) електричним полем.

У результаті триботехнічних випробувань встановлено, що очищення авіапалива ТС-1 та моторної оливи М-20/5040 за допомогою електричного поля знижує зношувальну здатність змулених нерозчинних твердих домішок. Результати експериментів подано на рис. 13 та 14.

Рис. 13. Залежність величини зношування від шляху тертя під час дослідження протизносних властивостей авіапалива ТС-1: 1 – базове (у стані поставки) авіапаливо марки ТС-1; 2 – авіапаливо ТС-1 штучно забруднене ($C = 0,016 \text{ мас.}$); 3 – авіапаливо ТС-1 штучно забруднене і очищене електричним полем ($U = 3000 \text{ В}$); 4 – авіапаливо ТС-1 штучно забруднене і очищене електричним полем та оброблене розробленим пристроєм протягом 1 години за напруги $U = 2000 \text{ В}$ та напруженості поля $E = 1,1 \cdot 10^6 \text{ В/м}$

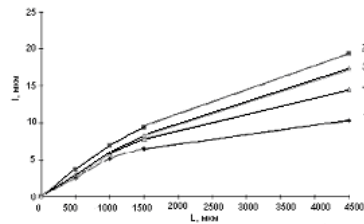
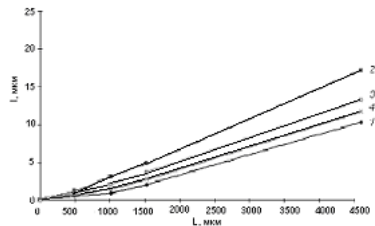


Рис. 14. Залежність величини зношування від шляху тертя під час дослідження протизносних властивостей моторної оливи М-20/5040 «Азмол»: 1 – базова (у стані поставки) олива М-20/5040; 2 – олива М-20/5040 штучно забруднена ($C = 0,016 \text{ мас.}$); 3 – олива М-20/5040 штучно забруднена і очищена електричним полем ($U = 3000 \text{ В}$); 4 – олива М-20/5040 штучно забруднена і очищена електричним полем та оброблена розробленим пристроєм протягом 1 години за напруги $U = 2000 \text{ В}$ та напруженості поля $E = 1,1 \cdot 10^6 \text{ В/м}$



Зниження величини лінійного зносу після очищення рідин електричним полем пояснюється тим, що при наявності електричного поля у вуглеводневому середовищі утворюється значна кількість реакційно активних молекул, які адсорбуються на твердих змулених частках і тим самим захищають поверхні тертя від безпосереднього контакту з абразивними частинками.

У п'ятому розділі проведено порівняння здобутих теоретичних та експериментальних результатів наукових досліджень із раніш одержаними іншими авторами. Результати теоретичних досліджень одержані автором роботи, які є новими порівняно з відомими:

1. Розроблено та обґрунтовано гіпотези щодо можливості підвищення протизносних властивостей ПММ впливом електричного поля.

2. Розроблено та обґрунтовано гіпотези щодо зміни поверхневого натягу ПММ внаслідок їх обробки електричним полем.

3. Побудовано фізичну та математичну моделі впливу електричного поля на протизносні властивості ПММ.

Результати експериментальних досліджень підтверджують позитивний вплив електричного поля на протизносні властивості ПММ. Аналіз наукових праць інших авторів свідчить, що чіткої теорії впливу електричного поля на протизносні властивості ПММ, підтвердженої експериментальними даними на сьогодні не існує. У роботах вітчизняних і закордонних науковців приводяться лише експериментальні дані, які одержано в лабораторних умовах.

Одержані результати експериментальних досліджень не суперечать аналогічним дослідженням інших авторів. Автором вперше проведені дослідження протизносних властивостей ПММ, оброблених електричним полем, із повним обґрунтуванням одержаних експериментальних результатів.

Розроблено рекомендації щодо застосування метода підвищення протизносних властивостей ПММ електричним полем. Розроблений метод запропоновано застосовувати для підвищення протизносних властивостей ПММ, які використовуються в механотермодинамічному навантаженому устаткуванні (теплових двигунах, металообробних верстатах, трансмісійних передачах, редукторах, підшипникових вузлах) та в гідравлічних системах для підвищення зносостійкості паливно-гідравлічних агрегатів (насосів, запірно-регулюючої апаратури, золотникових плунжерних та пластинчастих пар). Для досягнення кращого ефекту, за цим методом бажано оброблювати ПММ у процесі припрацювання пар тертя указаних машин та механізмів.

У додатках приведено паспорти якості досліджуваних середовищ (авіапалива ТС-1, дизельного палива); акти упровадження спільно з науково-виробничим підприємством «МІКРОНІНТЕР» (м. Київ) і «Українським науково-дослідним та навчальним центром хімотології і сертифікації ПММ і технічних рідин» (м. Київ); копії патентів на пристрій та спосіб підвищення експлуатаційних властивостей ПММ електричним полем, гідроциклону для очищення забрудненої рідини та пересувної установки для очищення робочих рідин електричним полем.

ВИСНОВКИ

У дисертації вирішена актуальна науково-технічна задача, яка полягала в розробленні методу підвищення протизносних властивостей ПММ електричним полем. У дисертаційній роботі представлено результати теоретичних і експериментальних досліджень щодо можливості підвищення протизносних властивостей ПММ шляхом використання електричного поля. Установлено закономірності впливу указанного поля на основні процеси, що супроводжують тертя та зношування в трибоспряженнях. Запропоновано підвищення ресурсу рідинних ПММ шляхом їх очищення електричним полем.

Одержані результати комплексних досліджень дозволили зробити такі основні висновки:

1. На основі опрацьованих вітчизняних та зарубіжних літературних джерел виконано аналіз теорій і механізмів тертя та зношування. Проаналізовано сучасні теорії та експериментальні дослідження електризації вуглеводневих рідин. Встановлено, що сучасні способи підвищення протизносних властивостей ПММ не повною мірою задовольняють вимоги, які світовий ринок ставить до них. На сьогодні, у наукових працях недостатньо інформації щодо проведення випробувань ПММ, оброблених електричним полем, на тертя та зношування, відповідно замало експериментальних даних.

2. Проаналізовано загальновізані методи дослідження тертя та зношування, вибрано сертифіковану та розроблено власну методики випробувань триботехнічних властивостей ПММ для досліджень дисертаційної роботи.

3. Розроблено фізичну модель та визначено математичні залежності впливу електричного поля на протизносні властивості ПММ. Фізичну модель впливу електричного поля на протизносні властивості мастильних середовищ спроектовано і реалізовано у вигляді пристрою для підвищення протизносних властивостей ПММ, який зберігає фізичну можливість відтворення впливу електричного поля на протизносні властивості ПММ.

4. Установлено закономірності впливу електричного поля на протизносні властивості рідинних ПММ при їх випробуваннях на тертя та зношування і на величину поверхневого натягу досліджуваних середовищ. У результаті чого:

– уперше встановлено, що внаслідок оброблення електричним полем авіапалива ТС-1 величина лінійного зношування зразків знизилась до 2,5 разу, внаслідок оброблення дизельного палива – до 1,3 разу та оливи М-20/5040 «Азмол» – до 1,2 разу);

– уперше встановлено, що за однакових значень швидкостей ковзання величини об'ємного зношування зразків напрацьованих у обробленому

електричним полем авіапаливі ТС-1 є у 1,2...1,4 разів меншими ніж для зразків напрацьованих у базовому авіапаливі;

– уперше встановлено, що за однакових значень нормальних навантажень об'ємне зношування зразків напрацьованих у обробленому електричним полем авіапаливі ТС-1 є в середньому у 1,2 разу меншим ніж для зразків напрацьованих у базовому авіапаливі;

– уперше встановлено зменшення інтенсивності об'ємного зношування у 1,3...2,3 разів на 1000 м шляху за однакових значень швидкостей ковзання порівняно для зразків напрацьованих у авіапаливі ТС-1 обробленому електричним полем та у базовому авіапаливі;

– уперше встановлено зниження коефіцієнта тертя сталі ШХ15 із зростанням швидкості ковзання у разі змащування контакту авіапаливом ТС-1 та оливою М-20/5040 обробленими електричним полем відповідно у 1,3 та 1,4 разу порівняно з коефіцієнтом тертя, замірним в цих ПММ у стані поставки.

– уперше встановлено вплив електричної обробки ПММ на зміну фазового складу та формування зносостійкості поверхонь тертя;

– уперше встановлено, що для авіапалива ТС-1 поверхневий натяг, порівняно з вимірами у базовому середовищі та після обробки електричним полем, зменшився у 1,3 разу, для дизельного палива у 1,2 разу;

5. Розроблено принципово новий метод підвищення протизносних властивостей ПММ (*пат. № 34918, Україна*). Сконструйовано, виготовлено та апробовано пристрій для підвищення протизносних властивостей ПММ (*пат. № 31878, Україна*). Для підвищення ресурсу рідинних ПММ шляхом їх очищення силовими полями запропоновано використання розроблених гідроциклону для очищення робочих рідин від механічних домішок (*пат. № 15975, Україна*) та пересувної установки для очищення робочих рідин електричним полем (*пат. № 18337, Україна*).

Розроблено практичні рекомендації щодо застосування методу підвищення протизносних властивостей ПММ електричним полем, які упроваджені на підприємствах «МІКРОНІНТЕР» (Київське науково-виробниче підприємство) та «УкрНДНЦ хімотології і сертифікації паливно-мастильних матеріалів і технічних рідин» (Український науково-дослідний та навчальний центр, м. Київ).

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Кравец І.А. Стабилизация эксплуатационных свойств органических масел для газотурбинных двигателей методом воздействия внешним электромагнитным полем / И.А. Кравец, И.Л. Трофимов, Е.Л. Матвеева, В.В.

Бурыкин // Проблемы тертя та зношування. – К.: НАУ, 2006. – Вип. 46. – С. 201–209.

Автором проведено літературний пошук за поставленою проблемою. Виявлено недостатньо висвітлені сторони та запропоновано можливі нові рішення.

2. Зубченко О.М. Дослідження поведінки діелектричних рідин в сильних електричних полях / О.М. Зубченко, І.Л. Трофімов // Проблемы тертя та зношування. – К.: НАУ, 2007. – Вип. 47. – С. 95–104.

Автором проаналізовано сучасний стан проблеми, одержано основні експериментальні дані.

3. Трофімов І.Л. Пересувна установка для очистки робочих рідин, що використовуються в технологічних цілях / І.Л. Трофімов, О.М. Зубченко, В.В. Бурикін // Технологические системы. – 2007. – Вип. №3 (39)/2007. – С. 80–85.

Автором проаналізований сучасний стан проблеми та одержано основні експериментальні дані. Пересувну установку, яку описано в роботі, спроектовано і виготовлено з безпосередньою участю провідних фахівців Захарчука В.П., Зубченка О.М.

4. Трофімов І.Л. Метод підвищення експлуатаційних властивостей мастильних матеріалів дією електростатичного поля / І.Л. Трофімов // Вісник Національного технічного університету України «КПІ» (Машинобудування). – 2008. – вип. №53/2008, ч.1 – С. 134–144.

5. Трофімов І.Л. Розробка пристрою для підвищення експлуатаційних властивостей паливно-мастильних матеріалів / І.Л. Трофімов, В.П. Захарчук // Проблемы тертя та зношування. – К.: НАУ, 2008. – Вип. 49. – Т.2. – С. 8–17.

Автором одержано основні експериментальні дані. Особисто розроблено пристрій для підвищення експлуатаційних властивостей паливно-мастильних матеріалів.

6. Трофімов І.Л. Підвищення ресурсу триботехнічних систем шляхом використання електростатичного поля / І.Л. Трофімов, С.П. Шимчук, О.Д. Коваль // Промислова гідравліка і пневматика. – 2009. № 1(23). – С. 3–8.

Автором одержано основні експериментальні дані. Розроблено метод підвищення експлуатаційних властивостей ММ дією електростатичним полем. Лабораторний прилад тертя, який описано у роботі, спроектовано і виготовлено провідним фахівцем Шимчуком С.П.

7. Трофімов І.Л. Дослідження електризації вуглеводневих палив / І.Л. Трофімов, О.Л. Матвеева, Л.С. Верягіна // Вопросы химии и химической технологии, – №4/2009. – С. 130–137.

Автором одержано основні експериментальні дані. Особисто розроблено та запропоновано пристрій для отримання електричної енергії високих напруг внаслідок електризації вуглеводневих рідин.

8. Boychenko S.V. Stabilization of lubricating materials operational properties by the treatment with electrostatic field / S.V. Boychenko, I.L. Trofimov, M.M. Radomska // Вісник НАУ, – №4(41)/2009. – С.84-88.

Автором одержано основні експериментальні дані. Теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено підвищення протизносних властивостей ПММ і, як наслідок, пар тертя шляхом обробки МС електричним полем.

9. Трофімов І.Л. Підвищення триботехнічних властивостей палив і олів електричним полем / І.Л. Трофімов // Вопросы химии и химической технологии, – №3/2010. – С. 132–137.

10. Пат. 31878 Україна. МПК (2006) F02M 27/00. Пристрій для обробки діелектричних паливно-мастильних матеріалів / І.Л. Трофімов, О.М. Зубченко, І.А. Кравець. – № 31878; заявл. 13.12.2007; опубл. 25.04.2008. Бюл.№ 8, 2008р.

За безпосередньої участі здобувача розроблено пристрій для підвищення протизносних властивостей паливно-мастильних матеріалів електричним полем.

11. Пат. 34918 Україна. МПК (2006) F02M 27/00. Спосіб обробки діелектричних паливно-мастильних матеріалів / І.Л. Трофімов, В.В. Бурикін, П.П. Захарчук – № 34918; заявл. 10.03.2008; опубл. 26.08.2008. Бюл. № 16, 2008 р.

За участі здобувача розроблено спосіб обробки паливно-мастильних матеріалів з метою підвищення їх протизносних властивостей.

12. Пат. 15975 Україна. МПК (2006) B04C 5/00. Гідроциклон для очистки рідин від механічних домішок / О.М. Зубченко, І.Л. Трофімов, Л.В. Бурдюженко. – № 15975; заявл. 13.02.2006; опубл. 17.07.2006, Бюл. № 7, 2006. – 6 с.

За участі здобувача розроблено гідроциклон для очистки робочих рідин силовими полями.

13. Пат. 18337 Україна. МПК (2006) B03C 5/00. Пересувна установка для очистки забрудненої діелектричної рідини / І.Л. Трофімов, О.М. Зубченко, О.Л. Матвеева, П.П. Захарчук. – № 18337; заявл. 13.03.2006; опубл. 15.11.2006, Бюл. № 11, 2006. – 8 с.

За участі здобувача спроектовано, виготовлено та апробовано пересувну установку для очистки забрудненої діелектричної рідини.

14. Кравець І.А. Вплив електрообробки на формування протизносних властивостей мастильних середовищ / І.А. Кравець, І.Л. Трофімов, В.В. Бурикін // Міжнар. науково-техн. конф. «Сучасні проблеми трибології» (19 – 21 травня, м. Київ); Тези доп. – К.: ІВЦ АЛКОН НАН України, 2010. – С. 115.

Здобувачем проведено основні експерименти та встановлено закономірності впливу електричного поля на формування протизносних властивостей мастильних середовищ та зносостійкості контактуючих поверхонь тертя деталей машин.

АНОТАЦІЯ

Трофімов І.Л. Підвищення протизносних властивостей паливно-мастильних матеріалів електричним полем. – Рукопис.

Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.04 – тертя та зношування в машинах. – Національний авіаційний університет, Київ, 2011.

Дисертація присвячена вирішенню науково-технічної задачі, яка полягає у підвищенні протизносних властивостей ПММ шляхом застосування методу підвищення їх протизносних властивостей електричним полем.

У дисертаційній роботі представлено результати теоретичних і експериментальних досліджень щодо можливості підвищення протизносних властивостей ПММ шляхом використання електричних полів. Установлено закономірності впливу електричного (електростатичного) поля на величину зношування пар тертя та на процес формування ВС поверхонь тертя. Розроблено новий метод підвищення протизносних властивостей ПММ електричним полем та пристрій для його здійснення. Запропоновано підвищення ресурсу рідинних ПММ шляхом їх очистки електричним полем, для чого спроектовано і виготовлено в металі гідроциклон для очистки рідин від механічних домішок та установку для очищення робочих рідин електричним полем від забруднень будь-якої природи.

Експериментально встановлено, що величина напруженості електричного поля і інтенсивність природної електризації змінюють трибологічні характеристики ПММ та істотно змінюють величину їх поверхневого натягу.

Розроблено практичні рекомендації щодо застосування методу підвищення протизносних властивостей ПММ електричним полем. Рекомендовано значення величин напруги зовнішнього джерела струму, напруженості електричного поля та швидкості руху оброблюваних рідких ПММ за яких експериментально одержано найвищий ефект.

Ключові слова: тертя, зношування, протизносні властивості, паливно-мастильний матеріал, електричне поле, зносостійкість, триботехнічні випробування, поверхня тертя, вторинні структури.

АННОТАЦИЯ

Трофимов И.Л. Повышения противоизносных свойств горюче-смазочных материалов электрическим полем. – Рукопись.

Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.02.04 – трение и изнашивание в машинах. – Национальный авиационный университет, Киев, 2011.

Диссертация посвящена решению научно-технической задачи, которая заключается в улучшении противоизносных свойств горюче-смазывающих материалов путем разработки и применения метода повышения их противоизносных свойств электрическим полем.

В диссертационной работе представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований возможности повышения противоизносных свойств смазывающих сред путем использования электрического поля. Установлены закономерности влияния электрического поля на величину изнашивания пар трения и на процесс формирования вторичных структур поверхностей трения. С целью повышения ресурса горюче-смазочных материалов и рабочих жидкостей были спроектированы и изготовлены гидроциклон и установка для очистки рабочих жидкостей от загрязнений любой природы.

Разработаны гипотезы механизма влияния электрического (электростатического) поля на структуру жидких смазывающих сред в условиях граничного трения. Полученные результаты теоретических исследований в большинстве случаев не противоречат исследованиями других авторов.

При обработке электрическим полем авиатоплива ТС-1 величина линейного изнашивания снизилась (почти в 2,5 раза), величина изнашивания за массу (почти в 2,3 раза), менее снизилась величина линейного изнашивания в результате обработки дизельного топлива (в 1,3 раза), и масла М-20/5040 «Азмол» (в 1,2 раза). Установлено, что при одинаковых значениях скоростей скольжения величины объемного изнашивания образцов наработанных в обработанном электрическим полем авиатопливе ТС-1 есть в 1,1...1,4 разов меньшими чем для образцов наработанных у базовом авиатопливе. А при одинаковых значениях нормальных нагрузок объемное изнашивание образцов наработанных в обработанном электрическим полем авиатопливе ТС-1 есть при $P = 10; 15; 25; 30$ кг соответственно в 1,2; 1,1; 1,3; 1,15 раза меньшим чем для образцов наработанных в базовом авиатопливе.

Для авиатоплива ТС-1 поверхностное натяжение капель в сравнении с измерениями в базовой среде и после обработки полями уменьшилось в 1,3 раза, для дизельного топлива в 1,2 раза. Установлено, что с увеличением

напряженности электрического поля интенсивнее понижается коэффициент поверхностного натяжения исследуемых жидких сред.

Разработаны практические рекомендации по применению метода повышения противоизносных свойств горюче-смазывающих материалов электрическим полем.

Практическое значение результатов подтверждено актами внедрения совместно с научно-производственным предприятием «МІКРОНІНТЕР» (г. Киев), «УНІУЦ сертифікації ГСМ і РЖ» (г. Киев). Разработанный новый метод используется в лаборатории кафедры химмотологии НАУ, в центре испытания и сертификации нефтепродуктов «УЦАХ СЕПРО» (г. Киев).

Ключевые слова: трение, изнашивание, противоизносные свойства, горюче-смазочный материал, электрическое поле, износостойкость, триботехнические испытания, поверхность трения, вторичные структуры.

ABSTRACT

Trofimov I.L. Of increase antiwear properties of combustion-lubricating materials by the electric field. – Manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of Cand.Tech.Sci. on a specialty 05.02.04 – friction and wear in machines. – National aviation university, Kiev, 2011.

Dissertation is devoted the decision of scientific-practical task which consists in the improvement of antiwear properties combustion-lubricating materials by application method of increase them antiwear properties by the electric field.

In this dissertation work the results of theoretical and experimental researches are presented in relation to possibility of increase antiwear properties combustion-lubricating material by the use of the imposed electric fields. Conformity to the law influence of the electric (electrostatic) field is set on the size of wear pair friction and on the process forming of second structures on the surfaces friction. The increase resource of liquid combustion-lubricating materials is also offered by their cleaning by the electric fields, for what it is projected and made in a metal gidrociklon for cleaning of liquids from mechanical admixtures and fluidizer cleaning of workings liquids from contaminations of any nature.

The new method of increase antiwear properties of combustion-lubricating materials is developed by the electric field and device for his implementations. It is experimentally set that size of tension the electric field that intensity of natural electrization in hydrocarbon lubricating environment change tribological descriptions of liquid mineral lubricating material and substantially change a size them superficial pull. Practical recommendations are developed on application of method increase antiwear properties of combustion-lubricating materials by the

electric field. The value sizes of tension outsourcing current, tension of the electric field and rate movement of processed liquid combustion-lubricating materials is made to order which the greatest effect is experimentally got at.

Keywords: friction, wear, antiwear properties, combustion-lubricating materials, electric field, wearproofness, tribotechnical test, surface of friction, second structures.