

## **РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПАЛИВНО- МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ**

<sup>1</sup>Національний авіаційний університет, troffi@ukr.net

<sup>2</sup>Національний авіаційний університет.

*Досліджено вплив зовнішнього електромагнітного та електростатичного полів на експлуатаційні властивості паливно-мастильних матеріалів, обґрунтована можливість їх підвищення дією указаних полів. Розроблено пристрій для підвищення експлуатаційних властивостей паливно-мастильних матеріалів.*

**Вступ.** Підвищення надійності, довговічності і економічності теплових двигунів виступає комплексною проблемою і її вирішення досягається на всіх стадіях конструювання, виробництва і експлуатації виробів. Важливою умовою реалізації надійності і довговічності, покладених в конструкцію двигуна, являється підвищення експлуатаційних властивостей паливно-мастильних матеріалів (ПММ). Безперервне вдосконалення авіаційної та наземної техніки, забезпечення надійної, економічної і довговічної її роботи висувають високі вимоги до якості властивостей ПММ. Ресурс і надійність теплових двигунів визначаються сукупністю фізико-хімічних, експлуатаційних і екологічних властивостей палив та мастильних матеріалів (ММ). ММ повинен мати низьке випаровування і високу термоокислювальну стабільність.

Як відомо, найбільш розповсюдженою причиною погіршення рівня якості ММ є окислення з утворенням смол, лаків, нагару, карбонів, карбонатів і інших осадів, а також корозія нерозчинних продуктів.

На сьогодні вимоги до ММ, режиму і властивостей їх роботи в різних умовах визначають необхідність підвищення трибохімічних властивостей існуючих матеріалів та необхідність пошуку но-

вих напрямів і методів створення ММ для вузлів тертя машин і механізмів.

Питання щодо впливу силових полів на експлуатаційні властивості ММ залишається відкритим. По цій причині було прийнято рішення оцінити ступінь впливу електростатичного поля на вуглеводневі рідини, оцінюючи деякі матеріали на тертя та зношування.

В цей же час у зв'язку з різким подорожчанням природних ресурсів, відновлення та підвищення експлуатаційних властивостей ММ є актуальною науково-технічною проблемою. Питання зниження продуктів окислення, що погіршують умови тепловідводу від поверхонь тертя, підвищення експлуатаційних властивостей ПММ та розробка пристроїв для їх здійснення є одним з пріоритетних напрямів підвищення надійності роботи машин і механізмів.

**Постановка завдання.** Метою даної роботи є дослідження впливу зовнішнього електромагнітного та електростатичного полів на експлуатаційні властивості ПММ, обґрунтування можливості підвищення експлуатаційних показників ПММ за рахунок дії вказаних полів та розробка пристрою для підвищення експлуатаційних властивостей ПММ.

Робота виконувалася в рамках наукових тем: „Удосконалення енергозберігаючих технологій”, „Дослідження експлуатаційних властивостей біодизельного палива”.

*Об'єктом дослідження* був процес взаємодії сил електромагнітного та електростатичного полів з вуглеводневим середовищем і процес підвищення експлуатаційних властивостей ММ.

*Предмет дослідження* склали трибоелектричні та електролітичні параметри контакту поверхонь тертя „рідина — тверде тіло” та їх вплив на інтенсивність виникнення електромагнітного і електростатичного полів в мастильному середовищі, вплив параметрів електростатичного поля на закономірності формування триботехнічних характеристик ММ.

**Аналіз досліджень та публікацій.** Як показує аналіз робіт [1-3], проблема відновлення експлуатаційних властивостей ММ розглядалася неодноразово. У вказаних роботах за основу відновлення відпрацьованих ММ брались різноманітні технологічні операції, засновані на фізичних, фізико-хімічних і хімічних процесах з метою видалення з нього продуктів старіння і забруднення. В роботі [2] особливу увагу звернуто на рішення таких важливих проблем,

як захист від корозійно-механічного зношування, захист від корозії і окислення, опір ММ до виникнення піни, збереження експлуатаційних характеристик в широкому діапазоні температур.

В роботі [4] показано, що одним із способів підвищення експлуатаційних властивостей ПММ виступає їх електрофізична обробка, яка відбувається при пропусканні палива через магнітне поле при одночасному накладенні високочастотного електромагнітного поля з частотою, рівною частоті прецесії протонів в даному магнітному полі. Швидкість протікання палива контролюється по максимальному сигналу ядерної абсорбції високочастотної енергії коливального контуру. В даній роботі також висвітлено, що процес окислення вуглеводнів з ростом температури характеризується різною швидкістю, яка росте до визначеної межі, після чого відбувається її зниження. Збільшення тангенса кута діелектричних втрат дизельних палив після електрофізичної обробки пов'язано з активуванням парамагнітного кисню при його взаємодії із збудженою молекулою вуглецю, тобто відбувається адсорбція розчиненого кисню на активному центрі, що частково обумовлено збільшенням електричного дипольного моменту молекули вуглецю. Проведені, авторами указаної роботи, дослідження спалаху дизельного палива показали, що після електрофізичної обробки відбувається ніби збільшення цетанового числа палива на 2-3 одиниці, тобто скорочується період затримки спалаху. Це в свою чергу сприяє виникненню активних центрів появи полум'я, що в подальшому дає початок ланцюговим реакціям горіння, що призводить до зменшення швидкості росту тиску в циліндрі та до більш м'якої роботи двигуна, до покращення його економічних і екологічних показників. Також електрофізична обробка дизельного палива зменшує часову та питому витрати палива на 2-4% при всіх частотах обертання колінчатого валу, хоча найбільший ефект спостерігався в режимі холостого ходу (часова витрата палива зменшилась на 8-12%). При дослідженні протизношувальних властивостей дизельних палив Л-0,2-40 і Л-0,5-40 було встановлено, що електрофізична обробка приводить до зменшення зношування пари тертя сталі ШХ 15 при терті ковзання на 40-45% і 33-38% відповідно. Ці експериментальні результати говорять про збільшення вмісту у паливі поверхнево-активних речовин, які здатні адсорбуватися на поверхнях тертя і запобігати

безпосередньому контакту деталей, а отже про збільшення зносостійкості деталей паливної апаратури.

Відомо, що паливам і мастильним матеріалам, як і іншим неполярним рідинам, властива трибоелектризація при їх русі [5]. Електризація діелектричних рідин пов'язана з появою подвійних електричних шарів на поверхнях розділу двох рідких середовищ, чи на межі поділу „рідина — тверде тіло”. Подвійний електричний шар — просторовий розподіл електричних зарядів різних знаків, „нерухомо” зв'язаних зі стінкою труби (шар Гельмгольца —  $10^{-6}$  м) і дифузійного шару іонів протилежного знаку (шар Гуї) [5]. За рахунок руху рідини відносно стінки труби і переміщення зарядів шару Гуї в ємність, виникає різниця потенціалів між трубою і ємністю. При терті рідин об метали в процесах течії чи розбризкування виникає електризація діелектричних рідин за рахунок електролітичного поділу зарядів на межі метал — рідина. Електризація при терті двох рідких діелектриків — наслідок існування подвійних електричних шарів на поверхні розділу рідин з різними діелектричними проникностями, рідина з більшої діелектричною проникливістю заряджається позитивно, а з меншої — негативно (правило Коена). Заряди статичної електрики спостерігаються при взаємному терті двох діелектриків, металів напівпровідників різного хімічного складу, чи однакового складу, але різної щільності; при терті металів об діелектрики, при терті рідких діелектриків один об одного, чи об поверхню твердих тіл і ін. При цьому електризуються обидва тіла, а їхні заряди однакові по величині і протилежні за знаком. У зв'язку з тим, що вуглеводневі палива та ММ за своєю фізичною природою мають низьку питому електропровідність, вони активно електризуються, зберігають і накопичують електричний заряд. При визначеній щільності електростатичного заряду напруженість електричного поля може досягнути критичних значень і виникне електричний розряд.

На поверхні поділу „тверде тіло — рідина”, у результаті процесів адсорбції утворюються подвійні електричні шари. Природа сил у кожному шарі різна і залежить від властивостей твердої поверхні і рідини. При фізичній адсорбції діють сили Ван-дер-Ваальса: індукційні, орієнтаційні чи дисперсійні [5]. Принципи електролітичного розподілу зарядів на межі розподілу „рідина — тверде тіло” є фундаментальною основою теоретичних і експери-

ментальних досліджень трибоелектричних процесів. Контактуюван-ня поверхонь тертя і діелектричних рідин в цілому, а їхніх атомів і молекул зокрема в трибоелектричних процесах розглядається з позиції електролітичної взаємодії.

На наш погляд, в даному випадку доцільно буде розглядати статичну електрику, точніше трибоелектрику, яка виникає в трубопроводах та технологічному обладнанні при терті об їх поверхні діелектричної рідини (в нашому випадку це: нафта, рідкі вуглеводневі палива, різного роду оливи, масла).

Відомо, що виникнення електростатичних зарядів обумовлене наступними умовами: наявність одного з механізмів утворення зарядів, течія, розпилення, дроблення і т.д.; наявність умов для їхнього нагромадження; утворення електростатичного поля з максимальною напруженістю на одній з ділянок, що перевищує пробивну напруженість середовища на цій ділянці; наявність вибухонебезпечної концентрації парів у місці пробою; утворення іскрового пробою з енергією, більшою мінімального значення енергії запалення даного середовища. Достатньою умовою є одночасне існування всіх зазначених вище умов.

Теорія трибоелектризації рідин, розвинена Гавісом, Козманом і Боровським, на сьогодні не задовольняє сучасних вимог. Зокрема, не досліджено додаткового впливу трибоелектризації на тверді частинки в поверхневих і об'ємних фільтрах паливних і мастильних систем мобільних машин.

Рядом дослідників доведено, що при трибоелектричній обробці палива на його краплі, окрім молекулярних сил, що визначають їх міцність, діють також аеродинамічні та електричні сили, направлені в протилежну сторону і умовно понижуючі поверхневий натяг краплі, що приводить до більш тонкого розпилення палива, кращого згорання і, як наслідок, пониженню токсичності відпрацьованих газів [6]. Доведено, що вплив електромагнітного поля на воду, моторні масла і робочі рідини викликає зміни їх поверхневого натягу, в'язкості та густини [6]. Значна зміна режиму течії (збільшення числа кількості крапель і зменшення їх розмірів) відбувається за рахунок пониження поверхневого натягу в результаті накладки на ПММ зовнішнього електричного поля високої напруженості. Зовнішні джерела високих напруг (котушки запалювання, високовольтні перетворювачі і збільшувачі напруги) в умовах екс-

платуації моторних машин великого ефекту не дають. Справа в тому, що за допомогою таких джерел можна впливати на ПММ лише на невеликій ділянці системи (наприклад на внутрішній поверхні паливного шлангу). Крім того, напруженість утворювального ними поля значно уступає природній електростатичній, яку отримують при трибоелектризації. При низькій напруженості поля ПММ наелектризується слабо і при русі до форсунки, чи вузла тертя, розраджується за рахунок втрати заряду (релаксації).

У відповідності до поставленої мети нами був розроблений пристрій для підвищення експлуатаційних властивостей паливно-мастильних матеріалів (надалі для зручності просто "Пристрій"). Пристрій містить (рис. 1): проточну камеру 1, на зовнішній поверхні якої розміщена обмотка 2, всередині проточної камери 1 нещільно розміщені металеві кульки 3. Проточна камера 1 з'єднана з вхідним 4 і вихідним 9 трубопроводами, при цьому їх відповідні ділянки, розміщені всередині проточної камери 1, мають поздовжні прорізи 7 і 8 відповідно. Всередині вхідного трубопроводу 4 встановлена одна-дві фільтраційні металеві сітки 5 і на ділянці ближче до входу в проточну камеру 1 на внутрішній поверхні трубопроводу 4 наклеєний смугастий електрет 6. Внутрішня поверхня вихідного трубопроводу 9 містить ізоляційне покриття.

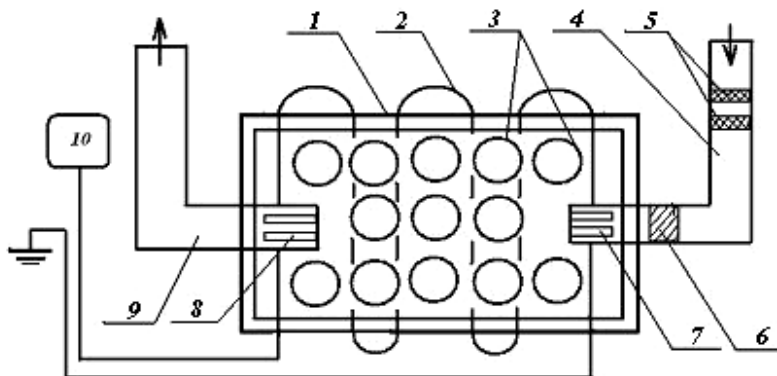


Рис. 1. Принципова схема пристрою для підвищення експлуатаційних властивостей паливно-мастильних матеріалів: 1 – проточна камера; 2 – обмотка; 3 – металеві кульки; 4 – вхідний патрубок; 5 – фільтраційні металеві сітки; 6 – смугастий електрет; 7, 8 – поздовжні прорізи; 9 – вихідний патрубок; 10 – високовольтне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

Джерело живлення 10 приєднане до обмотки 2. Проточна камера 1, металеві кульки 2, вхідний 4 і вихідний 9 трубопроводи виконані із матеріалів однакової поляризаційної орієнтації і з більшою діелектричною проникністю, чим у ПММ.

Пристій працює наступним чином: паливо, чи рідкий діелектричний мастильний матеріал від насосу поступає по трубопроводу 4 до проточної камери 1, отримуючи заряд в результаті трибоелектризації, ПММ підвищує його при проходженні фільтраційної сітки 5 та проходженні через смугастий електрет 6 (відбувається значне підвищення значення заряду та його стабілізація по всьому об'єму поперечного перерізу). Сильно наелектризований ПММ зберігає заряд при потраплянні в проточну камеру 1 по причині однакової поляризаційної орієнтації матеріалів трубопроводів 4 і 9, кульок 3 та самої проточної камери 1. Внаслідок живлення обмотки 2 струмом від джерела 10 в камері 1 наводиться електромагнітне поле, силові лінії якого перетинають вже заряджений ПММ, розподілений на поверхнях кульок 4 у вигляді тонкої плівки. Внаслідок цього напруженість поєданого електричного поля (у порівнянні з прототипом) підвищується, що створює високу електризацію палива, веде до високої степені стабілізації заряду і достатньому його вирівнюванню по всьому об'єму ПММ незалежно від його швидкості. Повздовжні прорізи 7 і 8 на відповідних ділянках трубопроводів 4 і 9 сприяють збільшенню сумарної площі контакту фаз „стінка трубопроводу — рідина”, тобто більша кількість іонів приймає участь в електролітичному механізмі збільшення електростатичного заряду. Також вказані повздовжні прорізи 7 і 8 на ділянках відповідних трубопроводів 4 і 9 сприяють зменшенню гідравлічних опорів, що дає можливість протіканню ПММ з більшою швидкістю, а отже його кращій трибоелектризації. Збереженню отриманого заряду до камери згорання, чи вузла тертя сприяє ізоляційне покриття на внутрішній поверхні вихідного трубопроводу 9.

Сукупність ознак описаного пристрою і технічний результат, що досягається, мають між собою причинно наслідковий зв'язок. Показники ефективності і токсичність відпрацьованих газів автомобільних і авіаційних двигунів багато в чому залежать від якості процесу сумішоутворення, яке в значній мірі визначається тонкістю і однорідністю розпилення палива, що досягається за допомо-

гою аеродинамічної дії повітряного потоку на струмінь палива, що витікає.

Саме завдяки поєднанню зовнішнього електромагнітного поля і трибоелектризації вдалося отримати нове конструктивне рішення. Тоді при русі по трубопроводу ПММ електризується, тобто отримує заряд і, попадаючи в проточну камеру заповнену кульками, збільшує його під дією електромагнітного поля, отриманого від живлення обмотки. При збільшенні поверхні поділу фаз „стінка трубопроводу — рідина” адсорбується більша кількість іонів одного знаку, які приймають участь в електролітичному механізмі виникнення електростатичних зарядів. Тому повздовжні прорізи на краях вхідного і вихідного трубопроводів не лише зменшують гідравлічний опір, що сприяє покращенню протікання палива з більшою швидкістю, а й сприяють інтенсивнішій трибоелектризації.

Розроблений пристрій також доцільно використовувати не лише для обробки діелектричних палив перед їх подачею до камери згорання, а й для стабілізації експлуатаційних властивостей мастильних матеріалів. Як приклад можна привести результати наступних експериментів: обертові та нерухомі кільцеві зразки прижималися один до одного торцевими робочими поверхнями з заданим осьовим зусиллям. Як відомо в процесі взаємного переміщення між поверхнями тертя виникають сили, які приводять до зношування зразків. Під час експерименту вимірювалась сила тертя, середня об'ємна температура поверхні шарів, лінійне зношування дослідного зразка. По отриманим експериментальним даним розраховувалась інтенсивність зношування –  $J_h$ , і коефіцієнт тертя  $\mu$ .

Кільцеві зразки, було виготовлено з бронзи БрАНЖ 10-4-4, працюючі в парі з кільцевими зразками (контр тіло) із сталі 45, загартованої до значення HRC 52. Оцінка зносу зразків виконувалась з профілографуванням доріжок тертя і розрахунком результатів експериментів на комп'ютері.

Експерименти проводились в мастильному середовищі „МС-20” в наступних пробах ММ: проба № 1 – ММ в стані поставки; проба № 2 – ММ відібраний із лабораторного гідравлічного стенду в якому розміщені засоби електростатичної очистки (час напрацювання 2 год.); проба № 3 – ММ в стані поставки і оброблений протягом 40 хв. розробленим пристроєм. Результати експерименту, які



представлено в табл. 1, показують, що найменшому зношуванню піддаються зразки в середовищі ММ в стані поставки і обробленому поєднаним електростатичним та магнітним полями, а найбільшому – ММ відібраний із стенду.

Таблиця 1

Триботехнічні характеристики пари тертя БрАЖН-4-4 – сталь 45 в ММ „МС-20”

Середовище	$\mu$	T, К	$J_h \cdot 10^{-8}$
Проба № 1	0,20	353	4,4
Проба № 2	0,20	353	5,5
Проба № 3	0,18	353	1,8

На (рис. 2) зображено експериментальний графік впливу трибоелектризації бензину А-92 на величину поверхневого натягу його крапель.

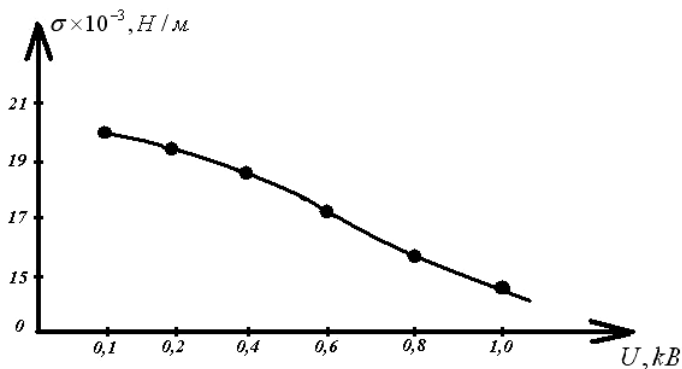


Рис. 2. Залежність поверхневого натягу  $\sigma$  краплі бензину А-92 від напруги  $U$ .

Як видно із графіка, із збільшенням напруги на вході в пристрій (ефективніший трибоелектричний обробці бензину А-92) понижується коефіцієнт поверхневого натягу краплі, що призводить до більш мілкового розпилення палива і його ефективному згоранню. Тобто завдяки підвищенню поєднаних зовнішнього електромагнітного поля і трибоелектризації вдалося отримати більший ефект.

**Висновки.** У даній роботі здійснено теоретичне та експериментальне дослідження впливу зовнішнього електромагнітного та електростатичного полів на експлуатаційні властивості ПММ, на основі проведеного аналізу досліджень та публікацій обґрунтовано можливість підвищення експлуатаційних характеристик ПММ за рахунок дії вказаних полів. Розроблено та описано принцип дії пристрою для підвищення експлуатаційних властивостей ПММ.

Розроблений пристрій володіє наступними функціональними можливостями: дозволяє понижувати поверхневий натяг крапель палив та рідких ММ; сприяє створенню тонко-дисперсної паливно-повітряної суміші; розкриттю факела в камері згорання двигуна; за рахунок сприяння повному згоранню паливно-повітряної суміші понижує концентрацію СО та СН в відпрацьованих газах двигуна, що частково дозволяє зменшити витрати палива; підвищує експлуатаційні властивості рідких діелектричних мастильних середовищ.

Запропонований пристрій за рахунок його широкого функціонального призначення доцільно застосовувати на енергетичних установках різних типів, але переважно в двигунах внутрішнього згорання з ціллю підготовки палива та підвищення експлуатаційних властивостей діелектричних мастильних середовищ для вузлів тертя.

### Список літератури.

1. *Евдокимов А. Ю., Фукс И. Г., Шабалина Т. Н., Багдасаров Л. Н.* Смазочные материалы и проблемы экологии. -М.: ГУП Издательство «Нефть и газ», 2000. -424 с.
2. *Остриков В. В., Зозуля А. Н., Голубев И. Г.* Современные технологии и оборудование для восстановления отработанных масел.- М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2001.-64с.
3. *Кравец И.А.* Ремонтная регенерация трибосистем. Т.: Издательство Бережанского агротехнического института 2003. – 284 с.
4. *Морозов В.И., Белоконь Я.Е., Окоча А.И., Усатенко С.Т.* Влияние электрофизического воздействия на эксплуатационные свойства дизельного топлива // Исследования процессов подготовки, применения и контроля качества авиаГСМ и спецжидкостей. – Киев: КИИГА, 1992. –С. 94-98.
5. *Сканави Г. И.,* Физика диэлектриков (Область слабых полей). М.: Энергоатомиздат, 1991. – 253 с.

6. *Баженов Ю.В., Микипорис Ю.А., Павлов А.Н.* Трибоэлектризация масла и дизельного топлива // Трение и смазка в машинах и механизмах: Научно-технический и производственный журнал. – М.: «Машиностроение», 2006. – Вып. 10. – С. 24-27.
7. *Пристрій для обробки діелектричних паливно-мастильних матеріалів / І.Л. Трофімов, О.М. Зубченко, І.А. Кравець – Заявка У 2007 14003 на одержання патенту України від 13.12.2007.*

*И.Л. Трофимов, В.П. Захарчук*

**Разработка устройства для повышения эксплуатационных свойств горюче-смазочных материалов**

Исследовано влияние внешнего электромагнитного и электростатического полей на эксплуатационные свойства горюче-смазочных материалов, основана возможность их повышения действием указанных полей. Разработано устройство для повышения эксплуатационных свойств горюче-смазочных материалов.

*I.L. Trofimov, V.P. Zaharchyk*

**Development of device for the increase of operating properties combustion – lubrication materials**

Influencing is explored of external electromagnetic and electrostatic the fields on operating properties of combustion - lubrication materials, possibility of their increase by action of the indicated fields is founded. The device for the increase of operating properties of combustion - lubrication materials is developed.