

**ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ТА БУДІВЕЛЬНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ**

УДК 621.891

**КЕРУВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ І ВЛАСТИВОСТЯМИ МОТОРНИХ ОЛИВ
КОМБІНОВАНИМ МОДИФІКУВАННЯМ**

Канд. фіз.-мат. наук В.В. Аулін,
кандидати техн. наук О.В. Кузик, С.В. Лисенко

**УПРАВЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ И СВОЙСТВАМИ МОТОРНЫХ МАСЕЛ
КОМБИНИРОВАННЫМ МОДИФИЦИРОВАНИЕМ**

Канд. физ.-мат. наук В.В. Аулин,
кандидаты техн. наук А.В. Кузык, С.В. Лысенко

**MANAGEMENT BY DESCRIPTIONS AND PROPERTIES OF MOTOR OILS TO THE
COMBINED RETROFITTING**

Cand. of physics and mathematics sciences V.V. Aulin,
cand. of techn. sciences A.V. Kuzyk, S.V. Lysenko

У статті наведені експериментальні результати дослідження кінематичної в'язкості, лужного числа, змочування та поверхневого натягу моторної оливи після комбінованого модифікування присадкою гліцерата міді та магнітним полем МП. Виявлено, що збільшення кінематичної в'язкості композиційної оливи на 2,2...5,8% здійснюється по досягненню напруженості магнітного поля $(2,0...2,8) \cdot 10^4$ А/м. При цьому збільшується лужне число і магнітна проникність, зменшується кут змочування, коефіцієнт поверхневого натягу та діелектрична проникність оливи. Найменша величина зносу спостерігається при концентрації гліцерату міді 3,5...4,5%, а напруженості МП – $(2,0...2,8) \cdot 10^4$ А/м. Отримані результати пояснюються зміною структури та змащувальної здатності моторної оливи під дією присадки і магнітного поля.

Ключові слова: моторна олива, присадка, магнітне поле, в'язкість, лужне число, змочування, поверхневий натяг, діелектрична та магнітна проникність, знос.

В статье приведены экспериментальные результаты исследования кинематической вязкости, щелочного числа, смачивания и поверхностного натяжения моторного масла после комбинированного модифицирования присадкой глицерата меди и магнитным полем (МП). Выявлено, что увеличение кинематической вязкости композиционного масла на 2,2...5,8% осуществляется по достижению напряженности магнитного поля $(2,0...2,8) \cdot 10^4$ А/м. При этом увеличивается щелочное число и магнитная проницаемость, уменьшается угол смачивания, коэффициент поверхностного натяжения и диэлектрическая проницаемость масла. Наименьшая величина износа наблюдается при концентрации глицерата меди 3,5...4,5%, а напряженности МП - $(2,0...2,8) \cdot 10^4$ А/м. Полученные результаты объясняются изменением структуры и смазочной способности моторного масла под действием присадки и магнитного поля.

Ключевые слова: моторное масло, присадка, магнитное поле, вязкость, щелочное число, смачивание, поверхностное натяжение, диэлектрическая и магнитная проницаемость, знос.

In the articles resulted experimental results of research of kinematics viscosity, alkaline number, moistening and surface-tension of agile olive after the combined retrofitting by the additive of copper

glycerate and magnetic field (MF) in the range of concentration of additive of 0,1...6,0% and tension MF - (0,5...5,0)·10⁴ A/m.

It is educed that increase kinematics viscosity of composition olive on 2,2...5,8% comes true on the achievement of tension of magnetic-field (2,0...2,8)·10⁴ A/m on 2,1...4,0 % increases alkaline number, the corner of moistening and coefficient of surface-tension diminish. During the concentration of 3,5...4,5% and tension MF – (2,3...2,8)·10⁴ A/m, an inductivity diminishes on 1,0...5,0%, permeance of olive increases on an order.

The least size of wear is observed during the concentration of copper glycerate of 3,5...4,5%, and to tension MF – (2,0...2,8)·10⁴ A/m got results are explained by the change of structure and lubricating ability of agile olive under the action of additive and magnetic-field.

Keywords: agile olive, additive, magnetic field, viscosity, alkaline number, moistening, surface-tension, dielectric and magnetic permeability, wear.

Вступ. Підвищення надійності машин удосконаленням конструкції, ефективним використанням їх в умовах експлуатації та раціональним застосуванням змащувальних матеріалів і на сьогодні залишається актуальною проблемою [1]. Це пов'язане передусім зі зміною режимів експлуатації машин і відсутністю у багатьох випадках розрахункових та експериментальних обґрунтувань процесів покращення якісних показників моторних олів та оптимізації режимів тертя основних спряжень дизелів [2,3].

Як показує практика, запланований ресурс машин не реалізується через відсутність ефективних методів керування зносостійкістю та надійністю агрегатів, вузлів та деталей машин. Найбільш доцільно здійснювати керування по параметрах працюючої моторної оливи та її властивостей.

Поліпшення параметрів та експлуатаційних властивостей моторних олів проводиться на стадії розробки, виробництва та застосування різноманітних як фізичних (очищення, дії електричним, магнітним, електромагнітним полем, ультразвуком і т.д.), так і хімічних (введенням присадок і добавок різних типів) методів модифікування [4,5]. Проте в практиці експлуатації машин методи модифікування мастильних матеріалів, особливо фізичні та комбіновані, поки не отримали належного розповсюдження в умовах безперервного контролю їх стану.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. Зміна характеристик і властивостей мастильних матеріалів модифікуванням речовиною та накладанням фізичних полів на деталі спряжень дизеля, дає можливість подовжити ресурс та підвищити надійність трибоспряжень

і в деяких випадках відновити зношені робочі поверхні деталей формуванням антифрикційних покриттів [4,5,6]. Не дивлячись на глибокі і ґрунтовні дослідження в цій області існує необхідність в розробці експериментальних методів комбінованого модифікування моторних олів присадками та фізичними полями з визначенням оптимальних режимів тертя.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. До вирішення проблеми комбінованого модифікування вагомих внесок зробили вчені: В.А. Аметов [8], Є.Є. Александров [7], І.А. Кравець [6,7], А.Б. Григоров [9,10], Є.М. Лисіков [7], Л.І. Погодаєв [5] та ін.

Аналіз робіт зазначених вчених показав, що для забезпечення техніко-економічної ефективності необхідне комплексне фізико-хімічне модифікування моторної оливи. Дія фізичних полів одночасно з введенням присадки дозволяє підвищити експлуатаційні властивості змащувального матеріалу. Це відбувається завдяки збільшенню об'єму присадки у вузлі тертя в процесі його роботи, кращому утриманню активної частини присадки на поверхні тертя під впливом фізичних полів та можливості багатократної подачі частинок присадки в зону тертя.

Показано, що ефективність дії фізичних полів на рідинні системи залежить від наступних чотирьох основних чинників: фізико-хімічного складу рідин, включаючи як основні компоненти, так і компоненти у вигляді функціональних добавок і присадок; структури фізичного поля, величини його характеристик; швидкості протікання рідини через систему, що створює поле. Разом з тим остаточно не виявлено механізму та фізичної природи комбінованого модифікування моторної оливи мідьвмісною присадкою та обробкою магнітним полем (МП).

Метою даної роботи є виявлення впливу комбінованого фізико-хімічного модифікування моторної оливи присадкою гліцерат міді і обробкою магнітним полем та розробка підходу керуваної зміни фізико-хімічних показників і властивостей модифікованої оливи з визначенням оптимальних режимів тертя в основних спряженнях деталей ЦПГ та ДВЗ покращення триботехнічних характеристик їх робочих поверхонь.

Основна частина досліджень. В якості мастильного середовища використовували оливу М-10Г_{2к} без присадки та з різною концентрацією присадки гліцерату міді $Cu_3(C_3H_5O_3)_2$ в межах 0,1...6,0% об'ємного вмісту. На спряження " гільза циліндра – поршневе кільце" подавали постійне електричне поле $I=0,5...1,0$ А; $U=0,2...1,2$ В, а також наводили постійне магнітне поле [11-14].

Триботехнічні випробування проводили на автоматизованому випробувальному комплексі, що складається з модернізованої 77МТ-1 машини тертя і системи автоматизованого керування для задання навантаження і фіксування результатів [11].

Поряд з лабораторними дослідженнями проводили випробування на модельній установці, що імітує реальні процеси, які спостерігаються при роботі вузлів і агрегатів машин. Модельна установка складається з поршневого компресора Forte FL - 24, масляної і пневматичної систем [11,12].

Використовуючи стандартні методики, визначали основні фізико-хімічні показники базової та композиційної оливи (КО) без обробки та із обробкою МП. Результати дослідження залежності кінематичної в'язкості від величини напруженості зазначених магнітних полів наведено на рис. 1.

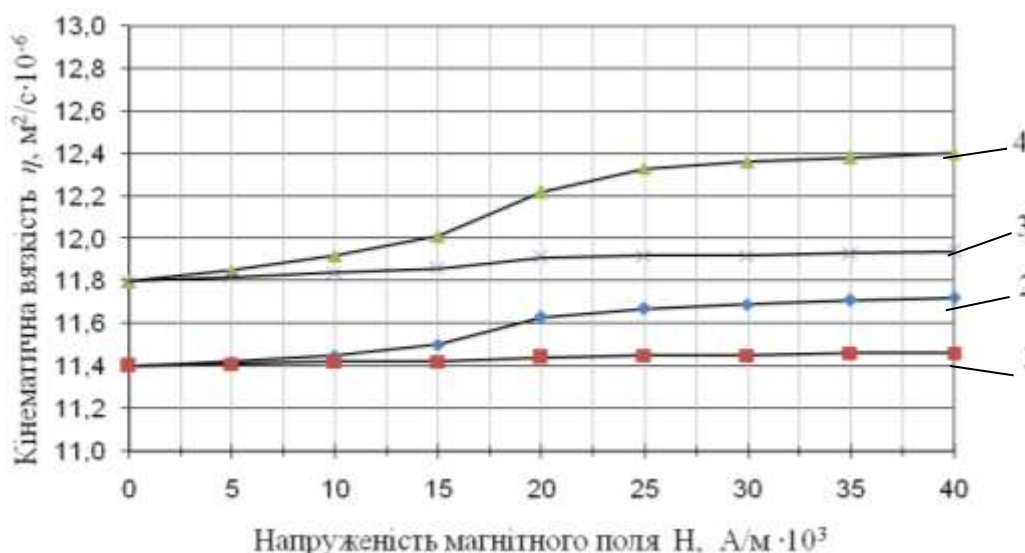


Рис. 1. Залежність кінематичної в'язкості оливи М10-ДМ від величини напруженості та характеру МП:

- 1, 3 – обробка поперечним МП базової М10-ДМ та КО ($c_v=4\%$) гліцерат міді;
- 2, 4 – обробка повздовжнім МП базової М10-ДМ та КО ($c_v=4\%$) гліцерат міді

Зазначимо, що величина в'язкості базової моторної оливи сама по собі залежить від вмісту в ній домішок як органічного, так і неорганічного походження, наявності хімічно-активних речовин. Магнітне поле активізує ці домішки, змінюючи властивості оливи. Отримані результати (рис. 1, криві 1,2) можна пояснити структуруючою дією МП на оливу як рідинного діелектрика, диполі якого

орієнтуються здебільшого в площинах перпендикулярних напрямку повздовжнього МП. Більш відчутний вплив МП на зміну кінематичної в'язкості моторної оливи при додаванні в неї присадки гліцерату міді (рис. 1, криві 3,4), оскільки її частинки будуть мати додаткові дипольні моменти, а отже можливість структуризації в базовій оливі.

Виявлено, що для запропонованої конструкції активатора оливи – джерела МП, його суттєвий вплив здійснюється по досягненню напруженості поля $(20...28) \cdot 10^3$ А/м [11,12], а при більших значеннях цієї величини рівень показника оливи практично не змінюється. При цьому середня кінематична в'язкість базової оливи М-10Г₂к унаслідок обробки МП збільшується на 2,2 %, а М-10ДМ – на 2,9% тобто модифікуючий вплив МП залежить від складу базової оливи. При додаванні присадки гліцерату міді ($c_V=4\%$) і обробці МП, кінематична в'язкість розглянутих

базових олив відповідно збільшується на 2,6% та 5,8%. Збільшення кінематичної в'язкості композиційної моторної оливи можна зв'язати зі зміною структури міцелоутворення частинок присадки під час магнітної обробки [4].

Аналогічні дослідження проведені і при вимірюванні таких показників оливи як лужне число та густина при її комбінованому модифікуванні. Зміна величини лужного числа базових олив марок М-10Г₂к і М-10ДМ, що відрізняються хімічним складом і в'язкісно-температурними характеристиками при комбінованому модифікуванні, наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Зміна лужного числа моторної оливи при обробці МП ($H= 2,5 \cdot 10^4$ А/м)

Моторна олива	Середнє лужне число, мг КОН на 1 г оливи		Зміна лужного числа, %
	до обробки МП	після обробки МП	
Базова М10-Г ₂ к	6,10	6,23	2,1
Базова М10-Г ₂ к + гліцерат міді ($c_V=4\%$)	6,50	6,75	3,8
Базова М-10ДМ	8,71	8,91	2,3
Базова М10-ДМ + гліцерат міді ($c_V=4\%$)	8,77	9,13	4,0

Спостерігається тенденція деякого зниження густини базової і КО під дією МП, але величина зміни в деяких випадках несуттєва.

Основним показником, пов'язаним з фізико-хімічними властивостями оливи, є здатність змочувати металеві поверхні. Цей показник оцінювали по зміні крайових кутів змочування КО, швидкості розтікання оливи по поверхні тертя та коефіцієнта поверхневого

натягу. Оскільки в процесі функціонування мідьвмісної присадки на робочих поверхнях деталей ЦПГ формується шар міді, то в роботі проведені дослідження змочуваності і для поверхонь зразків з попередньо нанесеним шаром міді [2].

Результати експериментальних досліджень зміни кута змочування вихідної базової та композиційної моторної оливи від напруженості МП наведені на рис. 2.

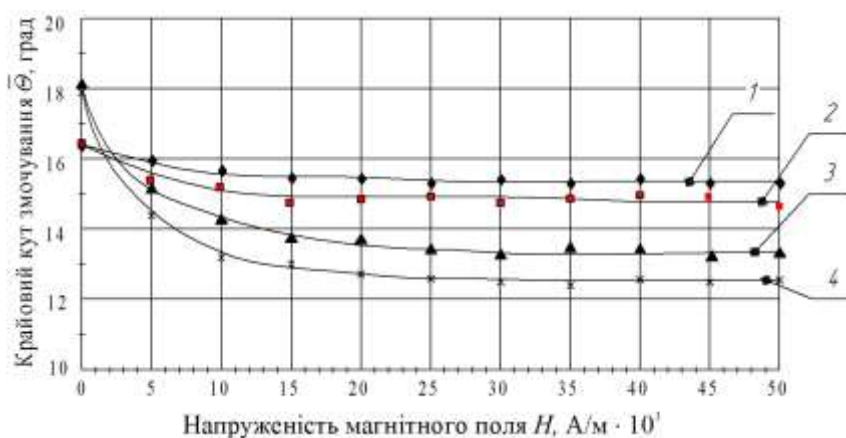


Рис. 2. Залежність крайового кута змочування від напруженості МП і концентрації присадки гліцерату міді в композиційній оливі М10-ДМ: 1,2 – $c_V=2\%$; 3,4 – $c_V=4\%$; 1,3 – зразок СЧ-18; 2,4 – зразок СЧ-18 з покриттям міді

Отримані результати свідчать про те, що базова олива має меншу величину кута змочування, а композиційна – більшу. Разом з тим при магнітній обробці оливи спостерігається деяке зменшення кута змочування поверхні зразків і у першому, та у другому випадку. Спостерігається зменшення кута змочування на поверхнях зразків з нанесеним шаром міді як базової, так і композиційної оливами, обробленими МП, тобто спостерігали подальший позитивний ефект. Дані свідчать, що залежність величини кута змочування від напруженості МП має тенденцію до зменшення. Виявлено також, що при величині напруженості МП більшій за $(20...25) \cdot 10^3$ А/м суттєвого впливу поля

практично не спостерігається і кут змочування можна вважати сталим.

Крім цього зазначимо, що величина крайового кута змочування є функцією багатьох чинників: в'язкості та складу оливи, температури, тривалості роботи оливи; матеріалу деталей і нанесених на них покриттів та ін.

Досліджувана залежність коефіцієнта поверхневого натягу від концентрації присадки є складною (рис. 3,а). Найбільш сприятливим діапазоном концентрації присадки гліцерату міді є 3,5...4,5%. При цьому коефіцієнт поверхневого натягу є мінімальним. Зміна коефіцієнта поверхневого натягу базової і композиційної оливи від напруженості МП наведено на рис. 3,б.

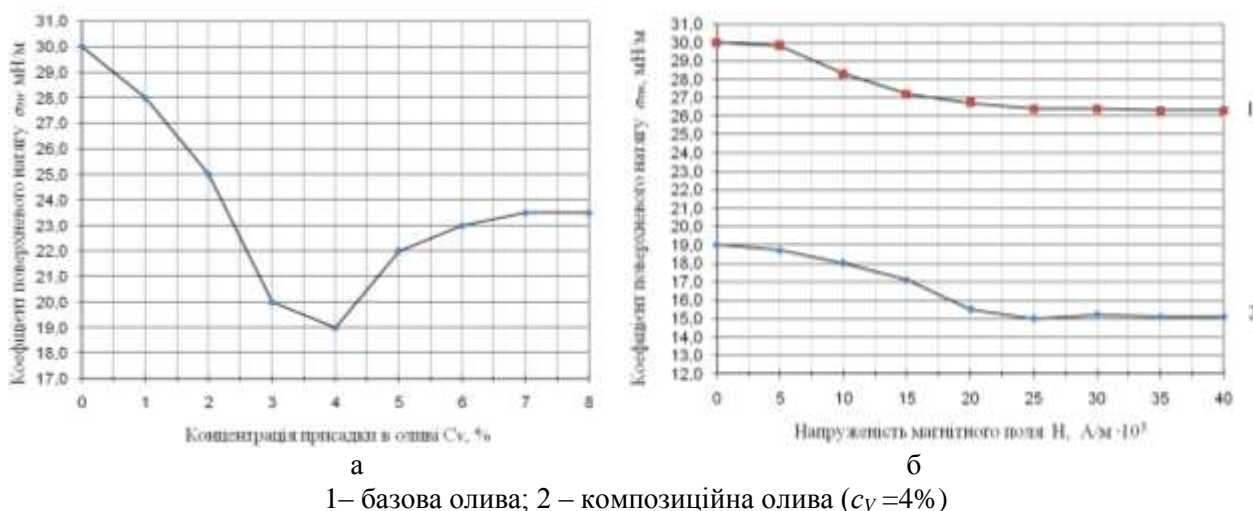


Рис. 3. Залежність коефіцієнта поверхневого натягу моторної оливи від концентрації присадки гліцерату міді (а) та напруженості МП (б)

Результати досліджень свідчать, що обробка МП базової і КО зменшує коефіцієнт поверхневого натягу. Причому при додаванні присадки спостерігається більший ступінь зменшення. В даному випадку також існує певний рівень концентрації присадки ($cV = 3,5...4,5\%$) та напруженості магнітного поля ($H=(2,3...2,8) \cdot 10^4$ А/м), після яких практично досліджувана величина не змінюється.

При дослідженні фізико-хімічних показників та властивостей оливи були виміряні їх діелектрична і магнітна (рис. 4) проникності.

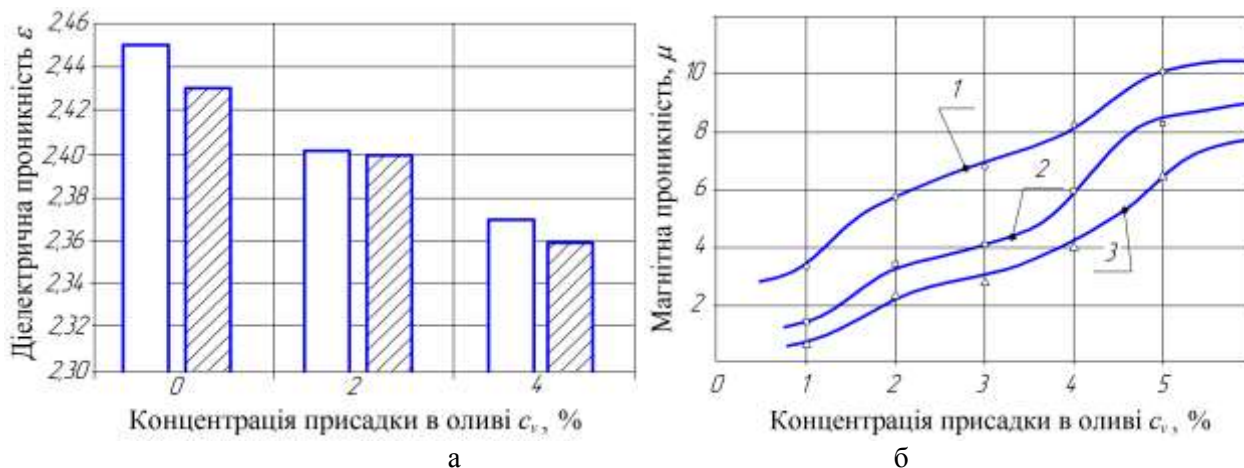
Можна бачити, що обробка МП базової оливи зменшує діелектричну проникність

оливи на 0,5...1,0%. Додавання присадки гліцерату міді зменшує значення діелектричної проникності оливи в залежності від її концентрації на 1,0...4,5%, а комбіноване модифікування КО МП знижує її діелектричну проникність на 1,3...5,0%. Це пояснюється покращенням електричних властивостей модифікованої оливи.

Виявлено, що магнітна проникність КО збільшується від свого початкового значення при збільшенні величини напруженості МП та зміни концентрації присадки. Магнітна проникність дисперсних фаз присадки різної концентрації в оливі, при однакових значеннях

напруженості МП, відрізняється більше ніж при його відсутності. Через це в першому випадку (рис. 4, крива 1) крива залежності $\mu(c_v)$ проходить вище, а в другому (рис. 4, крива 2) -

нижче. Цим і пояснюється згладжування концентраційної залежності магнітної проникності дослідженої оливи.



□ – без обробки МП; ■ – оброблена МП ($H=2,5 \cdot 10^4$ А/м);
 1 – $H = 2,5 \cdot 10^4$ А/м; 2 – $H = 1,2 \cdot 10^4$ А/м; 3 – $H = 0$

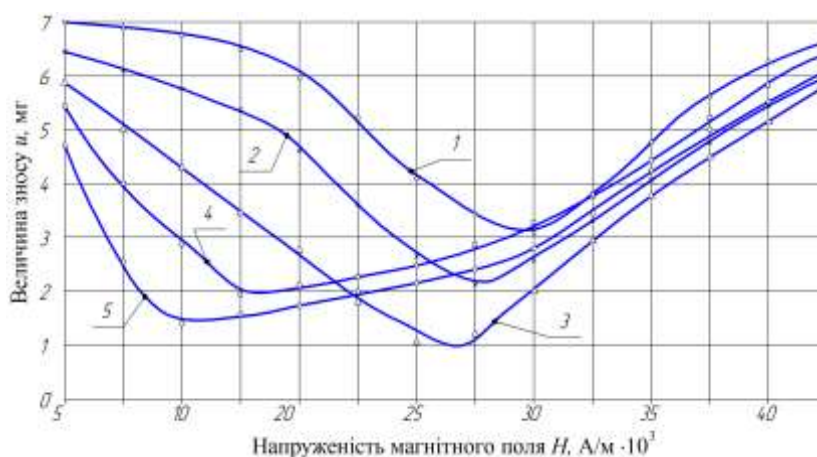
Рис. 4. Залежність діелектричної (а) та магнітної (б) проникності моторної оливи М10-ДМ

Отримані дані добре узгоджуються з теоретичними обґрунтуваннями [3], пов'язаними з відмінністю ступеня деформації краплі оливи з присадкою і без неї при зміні напруженості МП.

Для оцінки зміни властивостей поверхонь тертя деталей ЦПГ дизелів проведені попередні дослідження зразків на машині тертя 77МТ-1. При подачі оливи в зону контакту вивчали

процеси їх припрацювання, визначали моменти та коефіцієнти тертя.

Вплив комбінованого модифікування оливи на характер залежності величини зносу спряжень зразків "гільза циліндру-поршневе кільце" від напруженості магнітного поля наведено на рис. 5.



1 – КО ($c_v=1\%$); 2 – КО ($c_v=2\%$); 3 – КО ($c_v=4\%$); 4 – КО ($c_v=6\%$); 5 – КО ($c_v=8\%$)

Рис. 5. Динаміка зміни величини зносу поверхні зразків від напруженості МП при різній концентрації присадки ($P=8$ МПа; $v=3,5$ м/с; $t=100$ хв)

Можна бачити, що розміщення кривих залежить від концентрації гліцерату міді в базовій оливі: чим менша концентрація присадки тим вище розташовується крива залежності $u_m = f(H)$. Крім цього характерним є наявність у кривих мінімуму, тобто для певної кривої спостерігається свій оптимальний рівень величини напруженості МП. Причому спостерігається така закономірність: зі збільшенням концентрації присадки мінімум зношування зразків зміщується в область менших, а зі зменшенням концентрації – навпаки в область більших величин напруженості МП.

На увагу заслуговує діапазон значень концентрації присадки в композиційній модифікованій МП оливі, в якій спостерігається найменша величина зносу при сприйнятливому діапазоні величин напруженості МП. Виявлено, що діапазон концентрацій присадки гліцерату міді в оливі становить 3,5...4,5%, а діапазон напруженості МП $(20...28) \cdot 10^3$ А/м. Найбільш прийнятним є режим: концентрація присадки – $c_v = 4,0\%$, а напруженість МП – $H = 2,5 \cdot 10^4$ А/м.

Висновки дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Результати дослідження зміни величини кута змочування і коефіцієнта поверхневого натягу базових і композиційних олив при їх обробці МП свідчать про сприйнятливості її змочувану здатність для процесів тертя і зношування в спряженнях деталей ДВЗ.

Встановлені особливості структурованого впливу МП на моторну базу і композиційну оливи обумовлені процесами зміни їх діелектричної і магнітної проникності. Варіюючи концентрацією присадки гліцерату міді та варіюючи величиною напруженості МП, можна ефективно керувати зміною діелектричних і магнітних властивостей та фізико-хімічних показників (кінематична в'язкість, лужне число, густина та ін.) моторної оливи, а також триботехнічними характеристиками поверхонь тертя.

Подальший розвиток з даного напрямку досліджень потребує оптимізація комплексу характеристик і параметрів оливи і поверхні тертя та їх взаємозв'язок і теоретичне обґрунтування.

Список використаних джерел

1. Аулін, В.В. Підвищення експлуатаційної надійності машин шляхом модифікування моторної оливи [Текст] / В.В. Аулін, С.В. Лисенко, О.В. Кузик // Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва: Вісник Харківського нац. техн. університету сільського господарства. – Харків, 2010. – Вип. 100. – С. 127-133.
2. Аулін, В.В. Зміна властивостей оливи при електротрибохімічному відновленні робочих поверхонь деталей дизелів [Текст] / В.В. Аулін, М.Ф. Семенюк, С.В. Лисенко, О.В. Кузик // Проблеми трибології (Problems of tribology). - Хмельницьк: ХНУ, 2009. – №1. – С. 68-78.
3. Аулін, В.В. Теоретичне обґрунтування зміни режимів тертя в циліндро-поршневій групі ДВЗ [Текст] / В.В. Аулін, С.В. Лисенко, О.В. Кузик // Проблеми трибології (Problems of tribology). Хмельницький: ХНУ, 2010. - №3. – С. 46-54.
4. Аулін, В.В. Дослідження властивостей моторної оливи в процесі експлуатації дизелів [Текст] / В.В. Аулін, С.В. Лисенко, О.В. Кузик // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. праць Кіровоградського національного технічного університету. – Кіровоград: КНТУ, 2009. – Вип. 22.
5. Погодаев, Л.И. Материалы. Пары трения ДВС. Смазочные композиции [Текст] / Л.И. Погодаев, В.Н. Кузьмин, П.П. Дудко. – СПб.: Академия транспорта Российской Федерации, 2001. – 304 с.
6. Кравец, И.А. Репаративная регенерация трибосистем [Текст] / И.А. Кравец. – Т.: Изд-во Бережанского агротехн. института, 2003. – 284 с.
7. Повышение ресурса технических систем путем использования электрических и магнитных полей [Текст]: монография / Е.Е. Александров, И.А. Кравец, Е.Н. Лысыков [и др.]. – Харьков: НТУ "ХПИ", 2006. – 544 с.

8. Аметов, В.А. Активация моторного масла магнитным полем [Текст] / В.А. Аметов, Ю.С. Саркисов, П.П. Горленко [и др] // Автомобильная промышленность. – 2006. – №6. – С. 31-34.

9. Григоров, А.Б. Диэлектрическая проницаемость как комплексный показатель, характеризующий изменение качества моторных масел в процессе их эксплуатации [Текст] / А.Б. Григоров, П.В. Карножицкий, С.А. Слободской // Вестник национального технического университета «ХПИ». – Харьков: НТУ «ХПИ», 2006. – №25. – С. 169-175.

10. Григоров, А.Б. Изменение диэлектрической проницаемости дизельных моторных масел в эксплуатации [Текст] / А.Б. Григоров, П.В. Карножицкий, И.С. Наглюк // Автомобильный транспорт. – Харьков: ХНАДУ, 2007. – № 20. – С. 95-97.

11. Кузик, О.В. Методи технічної реалізації модифікування композиційних оливи накладанням електричного і магнітного полів та методики досліджень режимів тертя в сполученнях деталей [Текст] / О.В. Кузик // Загальнодерж. міжв. наук.-техн. зб. / Конструювання, виробництво та експлуатація сільсько-госп. машин. – Кіровоград: КНТУ, 2011. – Вип. 41, ч. II. – С. 221-227.

12. Аулін, В.В. Вплив модифікування композиційних моторних оливи магнітним полем на триботехнічні характеристики робочих поверхонь деталей [Текст] / В.В. Аулін, О.В. Кузик, О.Д. Мартиненко // Вісник Харківського нац. техн. університету сільск. господарства ім. П.Василенка / Технічний сервіс АПК, техніка та технології у сільськогосподарському машинобудуванні. – Харків. 2011. – Вип. 118. – С. 268-273.

13. Пристрій для обробки речовин в магнітному полі [Текст]: пат. 74659 Україна, МПК(2012) F02M 27/04. / Аулін В.В., Кузик О.В., Лисенко С.В., Бобрицький В.М., Тихий А.А., Голуб Д.В., Слонь В.В., Лівіцький О.М.; КНТУ. – №u201203538; заявл. 6.03.2012; опубл. 12.11.2012; Бюл. № 21.

14. Спосіб керування зносом трибосполучень деталей [Текст]: пат. 69658 Україна, МПК(2009) P01M 7/00; B23H5/00 / Аулін В.В., Кузик О.В., Лисенко С.В., Бобрицький В.М.; КНТУ. – №u201112126; заявл. 17.10.2011; опубл. 10.05.2012; Бюл. № 9.

Рецензент д-р техн. наук, професор М.П. Ремарчук

Аулін Віктор Васильович, канд. фіз.-мат., професор кафедри експлуатації та ремонту машин Кіровоградського національного технічного університету, м. Кіровоград, Україна, просп. Університетський 8, м. Кіровоград, Україна, 61050. тел. +38-095-055-74-11. E-mail: aulin52@mail.ru.

Кузик Олександр Володимирович, канд. техн. наук, старший викладач кафедри матеріалознавства та ливарного виробництва Кіровоградського національного технічного університету, м. Кіровоград, Україна, просп. Університетський 8, м. Кіровоград, Україна.

Лисенко Сергій Володимирович, канд. техн. наук, доцент кафедри експлуатації та ремонту машин Кіровоградського національного технічного університету, м. Кіровоград, Україна, просп. Університетський 8, м. Кіровоград, Україна.

Aulin Victor Vasilivich, Cand. of Physics and Mathematics sciences, Professor, Department of "Maintenance and repair of machines", Kirovograd National Technical University, Kirovograd, Ukraine ave. University 8 m. Kirovograd, Ukraine, 61050. tel. 095-055-74-11. E-mail: aulin52@mail.ru.

Kuzyk Alexander Volodimirovich, Cand. of techn. Sciences, Department of "Materials and foundry", Kirovograd National Technical University, Kirovograd, Ukraine, ave. University 8 m. Kirovograd, Ukraine.

Lysenko Sergiy Volodimirovich, Cand. of techn. Sciences, Department of "Maintenance and repair of machines", Kirovograd National Technical University, Kirovograd, Ukraine ave. University 8 m. Kirovograd, Ukraine.