

**Аулін В.В.,
Лисенко С.В.,
Кузик О.В.**

Кіровоградський національний технічний
університет,
м. Кіровоград, Україна
E-mail: aulin52@mail.ru

ВПЛИВ КОМБІНОВАНОГО МОДИФІКУВАННЯ МАСТИЛЬНОГО СЕРЕДОВИЩА НА ЗМІНУ РЕЖИМІВ ТЕРТЯ В ТРИБОСПРЯЖЕННЯХ ДЕТАЛЕЙ

УДК 621.891:631.31

Розглянуто вплив зміни режимів тертя в трибоспряженнях деталей на коефіцієнт тертя робочих поверхонь. Показано можливість керування режимами тертя комбінованим модифікуванням моторної оливи: додавання присадки і обробка електричним або магнітним полем. Виявлено, що на різних режимах тертя змінюються середні значення коефіцієнта тертя. Визначено зміну режиму тертя при різних способах комбінованого модифікування оливи за встановленою залежністю електричного опору шару оливи від критерію Зоммерфельда.

Ключові слова: мастильне середовище, комбіноване модифікування, ЦПГ, режим тертя.

Вступ

При дослідженні закономірності впливу фізико-хімічних показників та властивостей оливи на зміну триботехнічних характеристик робочих поверхонь тертя, її розглядають як один з елементів трибосистеми (ТС) [1 - 3], який виконує функції забезпечення не тільки зниження втрат на тертя і зношування, зміну режиму тертя в трибоспряженнях деталей, але і високу довговічність, економічність роботи двигуна в цілому.

Результати досліджень робіт [4], дають підстави вважати, що втрати на тертя в спряженнях ЦПГ – 50 % та КШМ – 24 %, є найбільшими вагомими в загальному балансі механічних втрат. Умови роботи в них включають: високі питомі навантаження і температури в зоні зупинки компресійних кілець; зворотно-поступальний характер руху поршня, розвинені площі поверхонь тертя поршня, при мінімально можливих зазорах і т. п.

У спряженнях тертя двигуна, можна виділити три основні режими тертя: гідродинамічний, змішаний і граничний [5].

Перший характеризується наявністю суцільної плівки оливи між спряженими поверхнями деталей, товщина якої перевищує сумарну висоту шорсткості поверхонь. Гідродинамічний режим є найбільш сприятливим з точки зору зниження тертя і зносу, оскільки знос деталей відсутній, а тертя незначне: між собою взаємодіють легкозсувні шари оливи, а не деталі. Проте сила гідродинамічного тертя може бути досить високою при істотному збільшенні швидкості руху деталей, площі їх робочих поверхонь, в'язкості оливи.

Змішаний режим тертя виникає при критичному зменшенні товщини плівки оливи, що призводить до появи ділянок безпосереднього контакту поверхонь деталей. Тертя при цьому супроводжується незначним зносом поверхонь деталей в місцях контакту.

Граничний режим визначається тертям в тонких поверхневих (граничних) шарах деталей, фізико-хімічні властивості їх істотно відрізняються від властивостей оливи і основного матеріалу деталей. Інтенсивність тертя і зношування деталей в цьому режимі залежать від співвідношення міцності граничних шарів на різ-розрив, а також від характеру зміни міцності по глибині матеріалу деталей. Найбільш сприятливим при цьому є створення позитивного градієнту механічних властивостей.

Численні експерименти на спеціальних установках і повнорозмірних двигунах свідчать, що тертя в спряженні "поршневе кільце-гільза циліндра" є переважно граничним (60 ... 70 % від часу робочого циклу) і у меншій мірі змішаним і гідродинамічним (30 ... 40 %) [3, 6]. Тертя в спряженні "поршень-гільза циліндр" має, навпаки, переважно гідродинамічний характер (70 ... 80 %), що переходить в змішане і граничне тертя (20 ... 30 %) [6].

Підшипники КШМ працюють в основному в режимі гідродинамічного тертя (90 %), що переходить в змішаний і граничний (10 %) в моменти пуску-зупинки і максимального навантаження ДВЗ [7].

Зміна режимів тертя в ТС істотно впливає на знос робочих поверхонь спряжених деталей, техніко-економічні показники та ресурс двигуна в цілому. Керування режимами тертя можливе за допомогою модифікування фізичними полями як робочих поверхонь деталей, так і моторної оливи. Найбільш ефективно це реалізувати додаванням металовмісних присадок в моторну оливу й обробляти її електричним або магнітним полем.

Мета і постановка задачі

Метою даної роботи є зміна режиму тертя в трибоспряженнях зразків і деталей ЦПГ та виявлення впливу комбінованого способу модифікування моторної оливи присадкою та обробкою електричним і магнітним полем на триботехнічні характеристики їх робочих поверхонь.

Однією з важливих задач трибології мастильного середовища є розробка підходів керованої зміни його фізико-хімічних показників та властивостей при комбінованому модифікуванні з визначенням оптимальних режимів тертя в основних спряженнях деталей ЦПГ ДВЗ та покращення триботехнічних характеристик їх робочих поверхонь.

Виклад матеріалів досліджень

Для реалізації процесів модифікування електричним (ЕП) та магнітним (МП) полями, покращення робочих поверхонь гільз циліндрів й поршневих кілець в даній роботі використовували композиційну оливу, що містить присадку гліцерату міді $Cu_3(C_3H_5O_3)_2$. Така присадка задовольняє вимогам, що ставляться до композиційних олив [2], а вибір гліцерину як розчинника, обумовлений його високою стабільністю у мастильних композиціях при їх зберіганні, дає можливість одержувати стійкі і недорогі композиційні оливи, а також добрими мастильними властивостями і здатністю відновлювати робочі поверхні деталей ЦПГ.

Дослідження проведені на базових оливах М-10Г₂к, М10-ДМ та оливах підлеглих комбінованим модифікуванням присадкою і обробкою ЕП або МП.

Визначити умови тертя, наявність і зміну товщини роздільного шару оливи між спряженнями двигуна, можна по зміні струмових параметрів (сила струму, напруга), зміні потужності або зміні електричного опору моторної оливи.

Електричний опір моторної оливи в різних спряженнях визначали на машині тертя 77МТ-1 та одноциліндровій установці, з використанням дослідного спеціально виготовленого багатосекційного поршня [8]. Електропровідність шару композиційної оливи, розміщеного між поверхнями тертя в спряженнях ЦПГ, за подвійний хід поршня оцінювали за допомогою кондуктометра ОК 102/1 (0...500 См). Силу струму та напругу вимірювали ампервольтметром АВО-5М1, їх зміну записували п'ятиканальним осцилографом Н327-5. По зміні струмових параметрів (I, U) також визначали режим тертя і його вплив на припрацювання спряжень ЦПГ.

Для оцінки ефективності низькоенергетичної фізико-хімічної модифікаційної дії на моторну оливу та трибоспряження деталей компресора використано автоматизований випробувальний комплекс, загальний вид якого наведена на рис. 1.

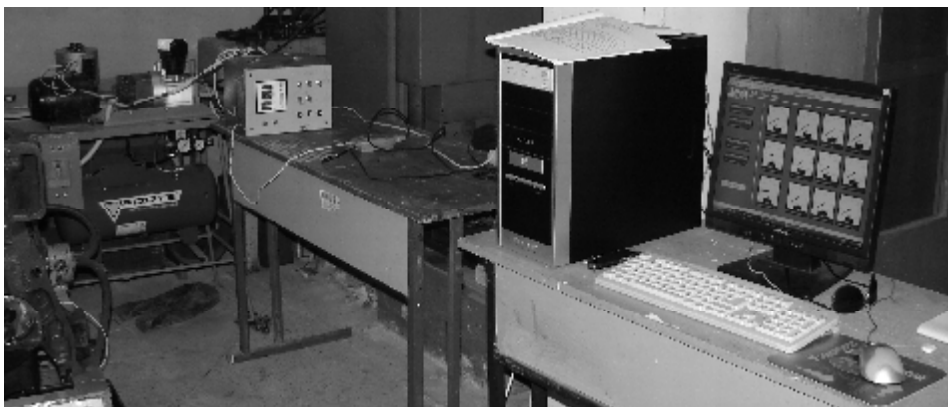


Рис. 1 – Загальний вид випробувального комплексу дослідження роботи основних спряжень деталей компресора Forte FL - 24

При дослідженні механічних втрат в трибоспряженнях і визначення режимів тертя в них використано універсальний вимірювальний прилад "цифровий мультиметр ДМК-32", який призначений для вимірювання контролювання збереження і передачі на комп'ютер параметрів одно-, дво- і трифазних мереж з нейтраллю і без неї. Для роботи програми дистанційного керування, ПК і ДМК під'єднано через послідовний "Інтерфейс RS-232", яким є стандартним комунікаційним портом в ПК і інших системах управління. Активування послідовного обміну, вивід інтерфейсу за допомогою кабелю витой пари, здійснюється під'єднанням до інтерфейсу конвертора, дотримуючись полярність виводів А і В. Характеристики струму виводяться у вікні програми дистанційного контролю мультиметра ДМК.

Характер тертя робочих поверхонь деталей спряжень і режим мащення визначаються як кількістю мастильного матеріалу і його в'язкістю, так і умовами роботи трибоспряження.

Згідно гідротермодинамічної теорії мащення [5], розробленої М.П. Петровим, в ТС з мастильним матеріалом силу тертя F_{mp} і коефіцієнт тертя f_{mp} можна оцінити за формулами:

$$F_{mp} = \frac{\eta \cdot v \cdot S_{mp}}{h}; f_{mp} = \frac{\eta \cdot v}{p \cdot h}, \quad (1)$$

де η, h – динамічна в'язкість та товщина мастильного матеріалу;

v, p – швидкість відносного руху та питомий тиск в ТС;

S_{mp} – площа поверхні тертя.

При цьому співвідношення $\eta \cdot v / p = \lambda \eta$ для даної конструкції спряження деталей є постійною величиною, яка характеризує режим тертя.

Наявність і товщину відокремлювального шару моторної оливи між боковою поверхнею поршневого кільця і дзеркалом гільзи циліндра, режим тертя, можна оцінити критерієм Зоммерфельда [9]:

$$S_0 = \frac{\eta \cdot v}{\bar{p}_{кр}}, \quad (2)$$

де b – висота поршневого кільця;

$\bar{p}_{кр}, v$ – тиск кільця на гільзу циліндра та швидкість переміщення поршня.

Товщину плівки при цьому можна оцінити за формулою:

$$h = \sqrt{\frac{\eta \cdot v \cdot b}{\bar{p}_{кр}}} = b \sqrt{S_0}. \quad (3)$$

Тобто, за значенням критерію Зоммерфельда можна оцінити товщину плівки оливи для характерних зон режимів тертя.

Знаючи число Зоммерфельда, можна оцінити електроопір шару оливи в спряженнях деталей та коефіцієнт тертя за співвідношеннями:

$$R = \frac{b \cdot \sqrt{S_0}}{\chi \cdot S_0}; f_{mp} = \frac{\eta \cdot v}{p_{кр} \cdot b \cdot \sqrt{S_0}}, \quad (4)$$

де χ – питома електропровідність оливи, $\text{См} \cdot \text{м}^{-1}$;

S_0 – площа бічної поверхні кільця, м^2 .

Дослідженнями, проведеними на машині тертя 77МТ-1, з урахуванням співвідношень (4), побудовано криві Герсі-Штрибека, за якими виявлено, що на різних режимах тертя змінюється середнє значення коефіцієнта тертя (табл. 1).

Таблиця 1

**Режими та відносна зносостійкість в трибоспряженні
зразків "гільза циліндра-поршневе кільце" на машині тертя 77МТ-1**

№ п/п	Олива	Середній коефіцієнт тертя по режимах, f_{mp}			Відносна зносостійкість
		гідродинамічний	змішаний	граничний	
1	Базова, М-10ДМ	0,009	0,017	0,140	1,00
2	Композиційна (4% гліцерату міді)	0,007	0,016	0,110	1,15
3	Композиційна + електричне поле	0,006	0,015	0,108	1,18
4	Композиційна + магнітне поле	0,004	0,013	0,080	1,23

Можна бачити, що значення коефіцієнтів тертя при комбінованому модифікуванні оливи ділянках зменшуються: в гідродинамічному режимі для обробки ЕП з 0,009 до 0,006, а МП з 0,009 до 0,004, або в 1,9 ... 2,3 разів; змішаному – з 0,017 до 0,015 при обробці ЕП та 0,017 до 0,013 – обробці МП – в 1,10 ... 1,3 разів; граничному – з 0,140 до 0,080 – в 1,5 ... 1,8 разів.

Максимальне зниження коефіцієнта тертя в граничному режимі спостерігається при введенні в моторну оливу присадки гліцерату міді ($c_v = 4\%$) і обробці ЕП напруженістю $E = 1,25 \cdot 10^6$ В/м та напруженість МП $H = 2,5 \cdot 10^4$ А/м.

Режим тертя визначали і по залежності електричного опору шару оливи від значення критерію Зоммерфельда (рис. 2).

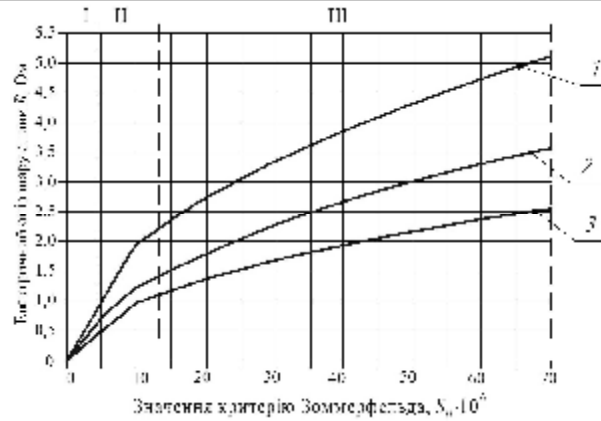


Рис. 2 – Визначення режиму тертя в трибосприянні "гільза циліндра-поршневе кільце" за електричним опором шару моторної оливи в ньому:
 1 – базова олива; 2 – композиційна олива модифікована ЕП ($E = 1,25 \cdot 10^6$ В/м);
 3 – композиційна олива модифікована МП ($H = 2,5 \cdot 10^4$ А/м);
 зони тертя: I – граничне; II – змішане; III – гідродинамічне

Виявлено, що кожному значенню критерію Зоммерфельда відповідає певне значення електричного опору. Показано, що комбіноване модифікування моторної оливи зменшує електричний опір при різних режимах тертя у порівнянні з електричним опором базової оливи.

Оскільки, виходячи з роботи [5], швидкість v поршня є функцією кута повороту колінчастого валу, то значення критерію Зоммерфельда, згідно формули (2), можна оцінити за виразом:

$$S_0 = \frac{\eta \cdot \pi \cdot n \cdot r (2 \sin \alpha_n + \lambda \sin 2\alpha_n)}{\bar{p}_{\text{кр}} (1 + m_2 \cdot \cos 2\psi + m_3 \cdot \cos 3\psi + \dots + m_k \cdot \cos k\psi) \cdot b}, \quad (5)$$

де n – частота обертання колінчастого валу, с^{-1} ;

r – радіус кривошипу, м;

α_n – кут повороту колінчастого валу, град;

$\lambda = r / L_{\text{ш}} -$ число, що характеризує КШМ двигуна;

$L_{\text{ш}}$ – довжина шатуна, м;

b – висота кільця, м;

$\psi = 15^\circ$ – кут від стінки до замку стиснуто кільця;

k – порядковий номер члена ряду Фур'є $k = 1 \dots 12$;

$p_{\text{зм}} / \bar{p}_{\text{кр}} = 2,86, k = 1 \dots 12$;

m_k – відоме співвідношення змішаного тиску до середнього, ($m_k = p_{\text{зм}} / \bar{p}_{\text{кр}}$).

Оцінки, проведені за формулою (5) свідчать, що досліджувані поверхні спряження "гільза циліндра-поршневе кільце" взаємодіють при різних режимах тертя (крива 1, рис. 3): граничному, змішаному і гідродинамічному.

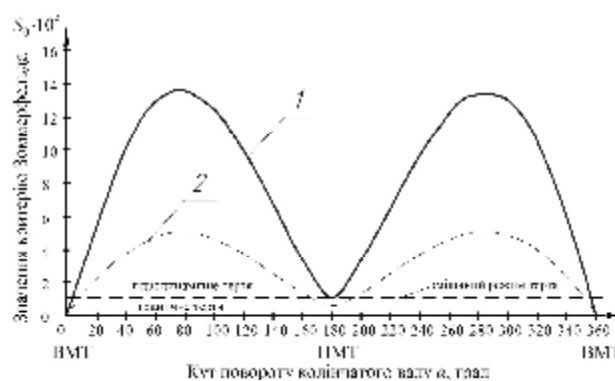


Рис. 3 – Зміна режимів тертя в спряженні "гільза циліндра-поршневе кільце" при модифікуванні моторної оливи МП в залежності від кута повороту колінчастого валу за один подвійний хід поршня:
 1, 2 – відповідно модифікована і базова моторна олива

Умови граничного тертя спостерігаються для поршневих кілець при положеннях в ВМТ і НМТ, де швидкість поршня мінімальна. Для граничного режиму тертя достатньо товщини плівки до 0,1 мкм, при цьому вона в спряженні не володіє об'ємними властивостями рідини, а має характер еластичного покриття поверхні пружно деформованого під поршневим кільцем і відновлюючим після його проходження шаром оливи. Граничний режим тертя спостерігається при куті повороту колінчастого валу 0,01°, 179,99°, 180,01° і 359,99°. В межах кутів повороту колінчастого валу: 0 ... 0,01°; 179,99° ... 180,01°; 359,99° ... 360° може бути механічне контактування спряжених деталей. Гідродинамічне мащення повинно мати місце при куті повороту колінчастого валу в межах: 3,37° ... 174,02° та 185,98° ... 356,63°. Збільшення частки гідродинамічного режиму тертя в спряженні "поршневе кільце-гільза циліндра" буде в області 45°, що особливо чітко проявляється при умові частоти обертання колінчастого валу до 3,33 с⁻¹ і в'язкості оливи 0,1 Па·с.

Результати зміни опору оливи в зазорі спряжень деталей ЦПГ за допомогою дослідного поршня на одноциліндровій установці наведено на рис. 4.

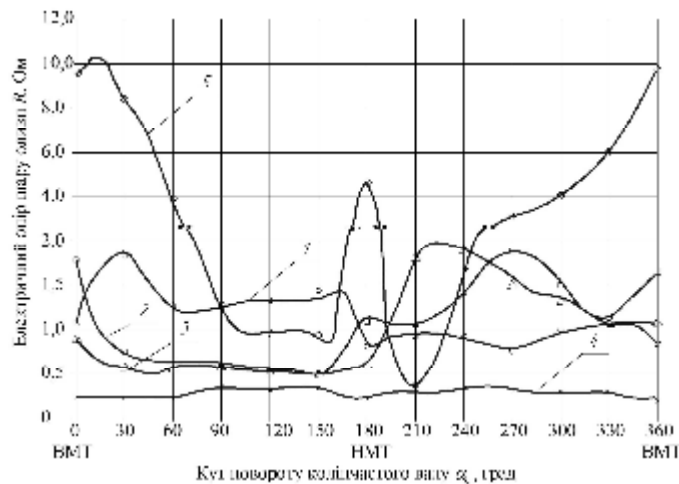


Рис. 4 – Зміна опору шару композиційної ($c_V = 4\%$) оливи модифікованої МП ($H = 2,5 \cdot 10^4$ А/м) в спряженнях деталей ЦПГ залежно від кута повороту колінчастого валу ($n = 3,33$ с⁻¹, $R_{\max} = 2,1$ мкм):

- 1 – спряження "верхнє компресійне кільце-гільза циліндра";
- 2 – спряження "середнє компресійне кільце-гільза циліндра";
- 3 – спряження "нижнє компресійне кільце-гільза циліндра";
- 4 – спряження "оливов'ємне кільце-гільза циліндра";
- 5 – спряження "поршень-гільза циліндра"

Дослідженнями встановлено, що найбільший електричний опір шару оливи спостерігається в спряженні "поршень-гільза циліндра", особливо в районі ВМТ і НМТ (рис. 4, крива 5), який змінюється залежно від положення поршня в гільзі. При русі поршня вниз від ВМТ, після досягнення ним максимальної швидкості в межах кута повороту колінчастого валу від 90° до 163° спостерігається значне зменшення електричного опору шару оливи. Така ж закономірність спостерігається при русі поршня вгору від НМТ після його перекидання в межах кута повороту колінчастого валу від 198° до 224°, після чого електричний опір підвищується до максимального значення у ВМТ.

Зміна сумарного електричного опору шару оливи по спряженням 1 ... 4 має різний характер і залежить від кута повороту колінчастого валу. При русі поршня від ВМТ до НМТ максимальний опір шару оливи зафіксований в спряженнях "верхнє компресійне кільце-гільза циліндра" (рис. 4, крива 1).

Дещо менше значення електричного опору шару оливи відповідають спряженням "середнє компресійне кільце-гільза циліндра" та "нижнє компресійне кільце-гільза циліндра" (рис. 4, крива 2, 3). Найменший електричний опір шару оливи - в спряженнях "оливов'ємне кільце-гільза циліндра", який практично незмінний при зміні кута повороту колінчастого валу (рис. 4, крива 4).

На відміну від загального електричного опору оливи в спряженнях "верхнє компресійне кільце-гільза циліндра" (рис. 4, крива 1), електричний опір оливи в спряженні "середнє компресійне кільце-гільза циліндра" в 10 ... 20 разів менший (рис. 4, крива 2). Тоді різниця загального електричного опору і електричного опору оливи в спряженні "кільце-гільза" складе електричний опір оливи в спряженні "канавка поршня-кільце" (рис. 4, крива 3), яке також значно перевищує електричний опір оливи в спряженні "кільце-гільза". Проте електричний опір оливи в спряженні "поршень-кільце", при русі поршня від ВМТ до НМТ має в 1,8 рази більшу величину, ніж при його русі від НМТ до ВМТ. Зміна електричного опору оливи в спряженні "кільце-гільза" за подвійний хід поршня має протилежний характер.

За характером зміни електричного опору в спряженні "гільза циліндра - поршневе кільце" встановлено, що у момент зупинки поршня в мертвих точках він мінімальний, а у момент досягнення поршнем максимальної швидкості збільшується. Звертає на увагу той факт, що у момент досягнення поршнем максимальної швидкості, при його русі від НМТ до ВМТ електричний опір шару оливи має величину в 1,5 разів більшу, ніж при русі поршня вниз від ВМТ до НМТ. Ці результати свідчать про наявність роздільного шару оливи між бічною поверхнею кільця і гільзою циліндра при русі поршня від НМТ до ВМТ. Виникненню роздільного шару сприяє не лише швидкісний режим, але і наявність шару оливи над поршнем, на який набігало кільце при русі з НМТ до ВМТ. Стосовно інших кілець, то ймовірно при русі поршня від ВМТ до НМТ оливоз'ємні кільця і нижні кільця, маючи зворотну конусність знімали оливу із стінок гільзи циліндра, що послабляло умови гідродинамічного мащення (рис. 4, криві 2, 3 і 4).

Отримані дані свідчать, що за подвійний хід поршня досліджувані поверхні взаємодіють при різних режимах тертя: граничного, змішаного і гідродинамічного мащення. Режим граничного тертя сприяє активуванню поверхонь присадкою гліцерату міді, що посилює ефект зменшення тертя і втрат потужності.

При режимі гідродинамічного мащення ділянки поршневого кільця, прилеглі до робочої поверхні гільзи циліндра, відокремлюються від нього тонким шаром оливи. Товщина цього шару значно менша, ніж на неприлеглих ділянках, тому вплив обробки оливи МП спостерігається на них більше інтенсивно, внаслідок меншого електричного опору модифікованого композиційного шару оливи. Потрапляючи потім в зони змішаного і граничного тертя, прилеглі до гільзи циліндра ділянки, активізуються механічним та фізико-хімічним способом.

Звертає на себе увагу отримана залежність коефіцієнта тертя від кута повороту колінчастого валу (рис. 5).

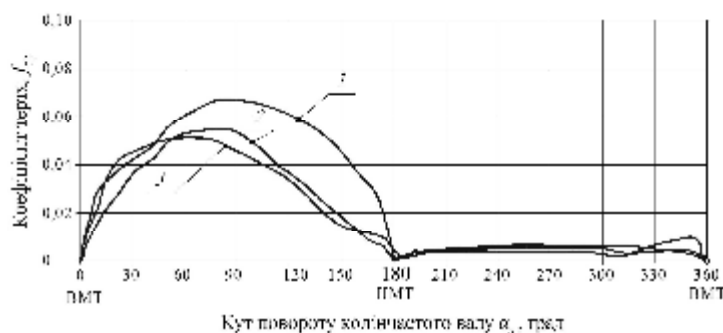


Рис. 5 – Порівняльні графіки коефіцієнтів тертя трибоспряження "гільза циліндра-поршневе кільце" ($n_{\text{кр}} = 120 \text{ хв}^{-1}$):

- 1 – базова олива;
- 2 – композиційна олива модифікована ЕП ($E = 1,25 \cdot 10^6 \text{ В/м}$);
- 3 – композиційна олива модифікована МП ($H = 2,5 \cdot 10^4 \text{ А/м}$)

Зростання сумарного навантаження робить неможливою підтримку необхідної товщини клину плівки оливи матеріалу і в досліджуваному спряженні реалізується режим граничного тертя, коефіцієнти тертя якого мають значення в межах 0,05 ... 0,07. Спостерігається істотне підвищення значення коефіцієнта тертя у ряді характерних точок у районах 75° і 90° кута обертання колінчастого валу та подальше його зниження на інтервалі кутів повороту 180° ... 360° .

Це пояснюється наявністю шару оливи над поршнем одноциліндрової установки та швидкісними режимами його руху, що дозволяє вийти на гідродинамічний режим тертя.

У реальних спряженнях деталей при зміні умов експлуатації відбувається плавний перехід від режиму тертя одного виду до іншого.

Таким чином, аналіз зміни режимів тертя в спряженнях деталей ЦПГ за діаграмою Герсі-Штрибека та за вимірюванням електричного опору оливи дає можливість зазначити наступне:

- перехід на гідродинамічний режим тертя у багато разів знижує втрати на тертя, а також знос спряжень деталей;

- для забезпечення оптимального режиму тертя в ТС ковзання необхідно, що критерій Зоммерфельда змінювався в діапазоні: $S_0 \in [5; 30] \cdot 10^{-5}$;

- працездатність і довговічність трибоспряжень ДВЗ залежить від стану і зміни характеристик оливи в процесі експлуатації;

- умови роботи трибоспряжень з мастильним середовищем, їх режими тертя визначаються не тільки тиском, відносною швидкістю руху і температурою в зоні тертя, але і від способу модифікування оливи додаванням присадки і обробкою фізичним (магнітним, електричним) полем.

Висновки

Виявлено, що при модифікуванні оливи присадкою ($c_v = 4,0\%$) і МП ($H = 2,5 \cdot 10^4$ А/м) в гідродинамічному режимі коефіцієнт тертя зменшується в 1,9 ... 2,3 разів; змішаному – в 1,1 ... 1,3 разів; граничному – в 1,5 ... 1,8 разів. Встановлено, що електричний опір шару оливи в спряженні "гільза циліндра-поршневе кільце" у момент зупинки поршня в "мертвих точках" мінімальний, а у момент досягнення ним максимальної швидкості - максимальний. Визначено, що при русі поршня від НМТ до ВМТ електроопір шару оливи в 1,5 рази більший, ніж від ВМТ до НМТ. Експериментально визначено зміну режиму тертя за встановленою залежністю електричного опору шару оливи від критерію Зоммерфельда для базової оливи та оливи підлеглої комбінованому модифікуванню металовмісною присадкою та обробкою електричного або магнітного поля.

Література

1. Аулін В.В. Дослідження властивостей моторної оливи в процесі експлуатації дизелів / В.В. Аулін, С.В. Лисенко, О.В. Кузик // Конструювання, виробництво та експлуатація с/г машин : загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Кіровоград : КНТУ, 2009 р. – Вип.39. – С. 274-280.
2. Аулін В.В. Вплив модифікуючих фізичних полів на структуру та реологічні властивості композиційної моторної оливи / В.В. Аулін // Проблеми трибології (Problems of tribology). – Хмельницький. – 2012. – № 4. – С.28-33.
3. Путинцев С.В. Измерение сил и работы трения в ЦПГ ДВС (Обзор) / С.В. Путинцев // Двигателестроение. – 1991. – № 8-9. – С. 31-32.
4. Григорьев М.А. Конструкторско-технологическое обеспечение надежности ДВС / М.А. Григорьев, В.М. Енукидзе // Автомобильная промышленность. – 1988. – № 8. – С. 8-12.
5. Семенов В.С. Режим смазки пары трения поршневое кольцо цилиндровая втулка ДВС / В.С. Семенов // Двигателестроение. – 1991. – № 10-11. – С. 19-23.
6. Путинцев С.В. Анализ режима трения деталей цилиндрико-поршневой группы автомобильного дизеля / С.В. Путинцев // Известия вузов. – Машиностроение. – 1999. – № 2-3. – С. 65-68.
7. Аулін В.В. Вплив модифікування композиційних моторних оливи магнітним полем на триботехнічні характеристики робочих поверхонь деталей / В.В. Аулін, О.В. Кузик, О.Д. Мартиненко // Вісник Харківського нац. техн. університету сільск. господарства ім. П.Василенка. – Харків, 2011. – Вип. 118. – С. 268-273.
8. Аулін В.В. Вплив режимів тертя в основних сполученнях деталей на механічні втрати в ДВЗ / В.В. Аулін, С.В. Лисенко, О.В. Кузик // Вісник інженерної академії України. – 2011. – № 2. – С. 200-204.
9. Аулін В.В. Теоретичне обґрунтування зміни режимів тертя в циліндро-поршневій групі ДВЗ / В.В. Аулін, С.В. Лисенко, О.В. Кузик // Проблеми трибології (Problems of tribology). Хмельницький. – 2010. – № 3. – С. 46-54.

Поступила в редакцію 08.02.2013

Aulin V., Lysenko S., Kyzik O. **Influence of the combined modification of lubricating medium on friction modes change in tribounits of details.**

It is shown that the change of the modes of friction at tribounits of details substantially influences on the wear of their working surfaces and control by them maybe by means of modification by the electric and magnetic field of both working surfaces of details and motor oil.

It is educed, that it is possible to define the mode of friction by the change of current parameters (strength of current, tension), power, electric resistance of motor oil at presence of separate layer of oil between interfaces by surfaces.

It is certain that every value of criterion of Sommerfeld is answered by the concrete value of electric resistance, and the combined retrofitting electric resistance diminishes an additive and treatment of oil the electric or magnetic field at the different modes of friction by comparison to electric resistance of the base oil.

According of researches, conducted on the machine of friction of 77MT-1, the curves of Hersi-Stribeka, it is educed after that, are built, that on the different modes of friction changes mean values of friction coefficient.

By the nature changes of electric resistance in an interface "cylinder liner-piston ring" is set that in the moment of stopping of piston at dead centres it is minimum, and in the moment of achievement increases the piston of high speed. It is shown that it is assisted by not only the speed mode but also presence of layer of oil above a piston into that a ring ran at motion with BDC to TDC. In relation to other rings, then, probably, at motion of piston from TDC to BDC of oil ring and lower rings, having reverse taper, took off oil from the walls of shell of cylinder, that weakened the terms of the hydrodynamic mode of friction.

The results of researches testify that for a double piston stroke the investigated surfaces co-operate at the different modes of friction: border, mixed and hydrodynamic lubrication. The mode of border friction assists labilizing of surfaces the additive of glycerate of copper in oil, that strengthens the effect of reduction of friction and losses of power.

It is educed, that at the combined retrofitting of oil by an additive ($c_V = 4,0\%$) and magnetic field ($H = 2,5 \cdot 10^4$ A/m) in the hydrodynamic mode the coefficient of friction diminishes in 1,9 ... 2,3 time; mixed – in 1,1 ... 1,3 time; border – in 1,5 ... 1,8 time. It is set that electric resistance of layer of oil in an interface "cylinder liner-piston ring" in the moment of stopping of piston at "dead centres" minimum, and in the moment of achievement to them to high speed - maximal. It is certain, also, that at motion of piston from BDC to TDC electrical resistance of layer of oil there is more than from TDC to BDC time in 1,5. The change of the mode of friction is experimentally certain after the set dependence of electric resistance of layer of oil on the criterion of Sommerfeld and different methods of the combined modification of oil.

Key words: acoustic emission, nanotechnology, tribosystem, wear, sensitivity, error, prediction.

References

1. Aulin V.V., Lysenko S.V., Kuzyk O.V. Doslidzhennya vlastyvostry motornoyi olyvy v protsesi ekspluatatsiyi dyzeliv, Konstruyuvannya, vyrobnytstvo ta eksplyatatsiya s/g mashyn, Kirovograd: KNTU, 2009, No 39, p.p. 274-280.
2. Aulin V.V. Vplyv modyfikuyuchykh fizychnykh poliv na strukturu ta reologichni vlastyvostry kompozytsiynoyi motornoyi olyvy, Problemy trybologii (Problems of tribology). Khmel'nyts'kyi, 2012, No 4, pp. 28-33.
3. Putintsev S.V. Izmerenie sil i raboty treniya v TsPG DVS (Obzor), Dvigatellestroenie, 1991, No 8-9, p.p. 31-32.
4. Grigor'ev M.A., Enukidze V.M. Konstruktorsko-tehnologicheskoe obespechenie nadezhnosti DVS, Avtomobilnaya promyshlennost, 1988, No 8, p.p. 8-12.
5. Semenov B.C. Rezhim smazki pary treniya porshnevoe koltso tsilindrovaya vtulka DVS, Dvigatellestroenie, 1991, No 10-11, p.p. 19-23.
6. Putintsev S.V. Analiz rezhima treniya detaley tsilindro-porshnevoyi grupy avtomobilnogo dizelya, Izvestiya vuzov: Mashinostroenie, 1999., No 2-3, p.p. 65-68.
7. Aulin V.V., Kuzyk O.V., Martynenko O.D. Vplyv modyfikuvannya kompozytsiinykh motornykh olyv magnitnym polem na trybotekhnichni harakterystyki robochykh poverhon' detalei, Tehnichnyi servis APK, tehnika ta tehnologii u silskogospodarskomu mashynobuduvanni, Harkiv: KhNTUSG, 2011, No 118, p.p. 268-273.
8. Aulin V.V., Lysenko S.V., Kuzyk O.V. Vplyv rezhymiv tertya v osnovnykh spoluchennykh detaley na mehanichni vtraty v DVZ, Visnyk inzhenernoyi akademiyi Ukrainy, 2011, No 2, p.p. 200-204.
9. Aulin V.V., Lysenko S.V., Kuzyk O.V. Teoretychne obgruntuvannya zminy rezhymiv tertya v tsilindro-porshnevii grupi DVZ, Problemy trybologii (Problems of tribology). Khmel'nyts'kyi, 2010, No 3, p.p.46-54.