

УДК 621.89

Воронін С.В., Ткач В.В.

### **ВПЛИВ НАПРУЖЕНОСТІ ЗОВНІШНЬОГО ЕЛЕКТРОСТАТИЧНОГО ПОЛЯ НА ТОВЩИНУ ЗМАЩУВАЛЬНОЇ ПЛІВКИ**

Товщина граничної змащувальної плівки, або плівки молекул ПАР, що утворюється на поверхнях тертя є одним з головних чинників, що визначає знос деталей двигунів. Вона залежить від багатьох факторів, до яких відносяться матеріали поверхонь тертя, поверхнева активність молекул присадок, що додаються у моторні мастила, концентрація молекул присадок і ступінь їх агрегації в об'ємі мастила, температура моторного мастила, навантаження, що виникають в зоні контакту поверхонь тертя, швидкість ковзання (або кочення) поверхонь тертя тощо [1, 2]. Попередніми дослідженнями встановлено, що при обробці рідких мастильних матеріалів зовнішнім електростатичним полем товщина граничного шару молекул ПАР на поверхнях тертя збільшується у 1,5...2 рази, при цьому знос поверхонь тертя зменшується, відповідно у 2...4 рази [3, 4, 5]. Так в роботах [3, 4] досліджений вплив напруженості електростатичного поля на товщину шару молекул ПАР на металевих поверхнях, що утворюється з робочих рідин гідроприводів будівельних машин. Згідно досліджень, максимальний ефект збільшення товщини шару ПАР спостерігається при певних значеннях напруженості зовнішнього поля, величина якого для робочих рідин складає близько  $0,5...0,6 \times 10^6$  В/м. Збільшення товщини шару ПАР призводить до відповідного зменшення зносу пар тертя агрегатів гідроприводів будівельних машин [3, 5]. Результати наведених досліджень говорять про можливість використання електростатичної обробки для покращення трибологічних властивостей моторних мастил, однак такі дані на теперішній час відсутні, тому поставлене питання потребує теоретичного й експериментального вивчення.

Метою роботи є встановлення експериментальним шляхом закономірностей впливу напруженості зовнішнього електростатичного поля і температури моторних мастил на товщину плівки молекул ПАР, яка утворюється на металевих поверхнях деталей тертя ДВЗ.

В переважній більшості мобільної техніки використовуються двигуни внутрішнього згоряння, які працюють на двох типах палива – бензини та дизельні палива. Залежно від типу застосовуваного палива в системах змащення ДВЗ використовують дві групи моторних мастил: 1 – для карбюраторних (інжекторних) двигунів; 2 – для дизельних двигунів. Обидві групи широко застосовуються в експлуатації, тому в якості об'єкту дослідження були обрані дві марки мастила:

- мастила для дизельних високо форсованих двигунів М12-Г2;
- мастила для карбюраторних високо форсованих двигунів М6з-12Г1.

Обробка моторних мастил зовнішнім електростатичним полем проводилася в спеціальному пристрої, розробленому по рекомендаціях [3, 4].

При проведенні досліджень одним з чинників є напруженість електростатичного поля в зазорі між електродами пристрою. Для коаксіального розташування електродів її максимальне значення визначається по залежності

$$E = \frac{U_{зв}}{r \cdot \ln\left(\frac{R}{r}\right)} \quad (1)$$

де  $R, r$  – відповідно, радіуси зовнішнього та внутрішнього електродів;  
 $U_{зв}$  – напруга, що подається на електроди.

Для забезпечення потоку мастила крізь електроди пристрою розроблена гідростанція (рис. 1), що дозволяє регулювати витрати рідини та температуру

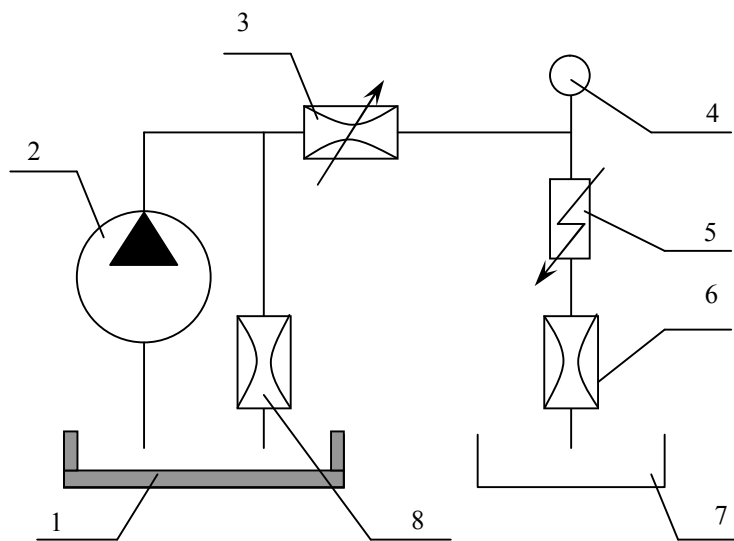


Рисунок 1 – Гідравлічна станція для проведення досліджень:

- 1 – термостатований бак з нагрівачем;
- 2 – пластинчастий насос;
- 3,6,8 – дроселі; 4 – манометр;
- 5 – пристрій для обробки мастил;
- 7 – ємність для відбору обробленого мастила

Для проведення вимірів товщини плівки ПАР, що утворюється на металевих поверхнях з моторних мастил розроблений прилад, в основі якого закладено метод «стопи Ахматова» [1, 6], який широко застосовується для вимірювання тонких адсорбційних шарів.

На відміну від відомого методу замість пластин були використані металеві кульки, що запобігло появі додаткової похибки вимірювань від наявності в мастилах (навіть у стані поставки) твердих часток забруднень, оскільки в приладі реалізовувався крапковий контакт (рис.2).

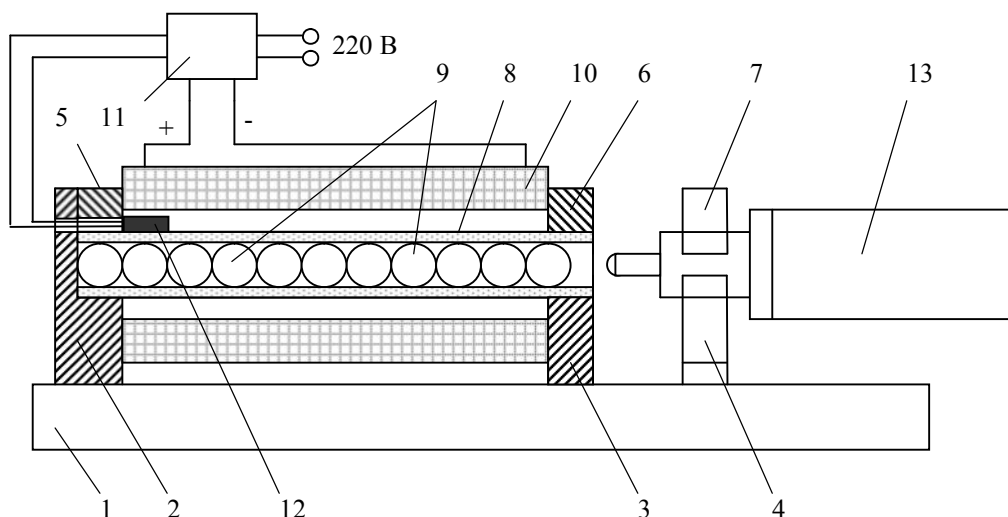


Рисунок 2 – Схема приладу для виміру товщини граничного шару ПАР:  
 1 – плита; 2, 3, 4 – опори; 5, 6, 7 – притискні кришки; 8 – трубка скляна; 9 – кульки;  
 10 – нагрівач; 11 – регулятор температури; 12 – датчик температури; 13 – мікрометр.

Кожен з вимірів товщини плівки ПАР полягав у отриманні різниці довжин стовпа сухих кульок і змочених пробою досліджуваного мастила. Для цього кульки 9 знежирувались бензином-розчинником Б-70, просушувались та розмішувались в трубці 8 приладу. Мікрометрична головка мікрометра 13 за допомогою важеля притискала до стовпа кульок зі сталим зусиллям. Після чого стрілка мікрометра встановлювалась на позицію «0» на шкалі. Важелем мікрометра відводили мікрометричну головку на максимальну відстань, виймали кульки та змочували їх досліджуваним мастилом. Потім змочені кульки закладали в трубку й повільно відпускали важіль. Терморегулятором 11 встановлювали температуру змоченого стовпа кульок на заданому рівні. Різницю у показаннях мікрометра заносили в журнал.

Експериментальні дослідження проводилися при таких сталих значеннях:

- швидкість потоку мастила крізь зазор між електродами 6 м/с, згідно рекомендацій [4];

- клас чистоти проб досліджуваних мастил 8...9 по ДСТУ 17216-2001.

Змінними чинниками при проведенні досліджень були напруженість електростатичного поля і температура мастила. Рівні варіювання головних чинників наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Рівні варіювання незалежних чинників

Рівень	Код	$X_1(E) \times 10^6, \text{В/м}$	$X_2(T), \text{град К}$
Нижній рівень	-1	0	313
Нульовий рівень	0	0,5	333
Верхній рівень	+1	1	353

В дослідженнях встановлювались функції зміни товщини плівки ПАР для двох марок моторних мастил

$$h_1 = f(E, T), \quad (1)$$

$$h_2 = f(E, T). \quad (2)$$

Для отримання функцій (1) і (2) у вигляді рівнянь регресії був складений план експерименту, який дозволив з мінімальною кількістю дослідів визначити коефіцієнти рівнянь при заданій вірогідності. Згідно рекомендацій [7], був обраний ортогональний план двох факторного експерименту. Таким чином, в дослідженнях реалізувались два паралельних експерименти для мастила М12-Г2 і два паралельних експерименти для мастила М6з-12Г1 по складеному плану, де в якості функції відгуку є товщина плівки ПАР, адсорбованої на поверхнях кульок, причому рівні варіювання напруженості поля та температури, а також значення сталих чинників залишалися незмінними в усіх випадках.

По результатам проведених досліджень отримані рівняння, що відбивають залежність зміни товщини шару ПАР для досліджуваних мастил:

для моторного мастила М12-Г2

$$h = 4,09 + 3,07 \cdot 10^{-6} \cdot E - 7,41 \cdot 10^{-3} \cdot T - 1,78 \cdot 10^{-12} \cdot E^2, \quad (3)$$

для моторного мастила М6з-12Г1

$$h = 3,39 + 4,77 \cdot 10^{-6} \cdot E - 6,02 \cdot 10^{-3} \cdot T - 1,91 \cdot 10^{-12} \cdot E^2 - 5,37 \cdot 10^{-9} \cdot E \cdot T, \quad (4)$$

По отриманим моделям побудовані графіки залежності товщини плівки ПАР для досліджуваних мастил, які наведені на рис. 3 а), б).

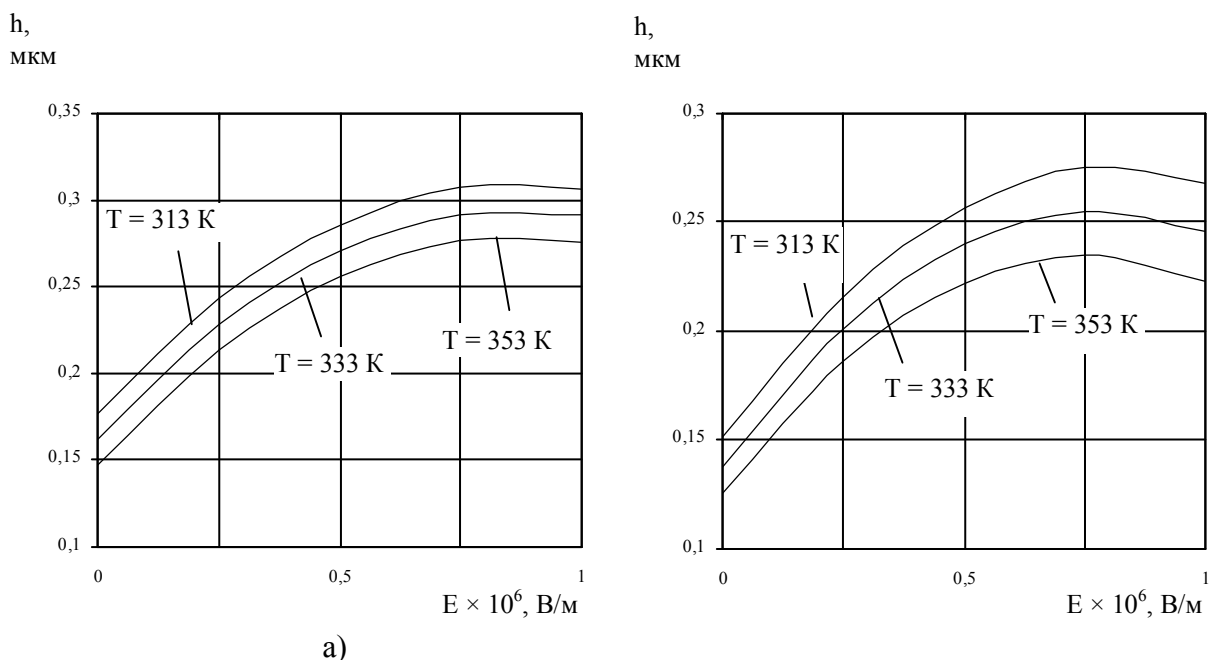


Рисунок 3 – Зміна товщини граничного мастильного шару:  
а) - мастило М12-Г2; б) - мастило М6з-12Г

Згідно результатів проведених досліджень, товщина плівки молекул ПАР, що утворюється на металевих поверхнях залежить нелінійно від напруженості зовнішнього електростатичного поля, при цьому зі збільшенням напруженості спостерігається ріст товщини для обох досліджуваних мастил. Так для мастила М12-Г2 товщина плівки ПАР зростає в 1,7 – 1,8 рази, в залежності від температури, рис. 3 а). Для мастила М63-12Г1 товщина плівки зростає в 1,76 – 1,78 рази, рис. 3 б). Таке збільшення підтверджує основні теоретичні дослідження по визначенню залежності товщини адсорбованої плівки ПАР від напруженості електростатичного поля. Окрім напруженості зовнішнього поля на товщину адсорбованої плівки суттєво впливає температура мастила, яка змочує металеві поверхні. Експериментальними дослідженнями встановлено, що по мірі росту температури товщина плівки ПАР лінійно зменшується в досліджуваному діапазоні. Причому такий характер спостерігається як для дизельного мастила, так і для карбюраторного.

### **Висновки**

1. Використання електростатичної обробки моторних мастил призводить до суттєвого покращення їх адсорбційної здатності, причому для досліджуваних мастил існує така напруженість поля, при якій ефект від електростатичної обробки максимальний.

2. Встановлена температурна залежність товщини плівки ПАР розкриває процеси десорбції молекул з поверхонь металу, оскільки зі збільшенням температури товщина мастильного шару зменшується для обох мастил. Це відбувається за рахунок збільшення рухливості молекул ПАР поблизу металевих поверхонь.

3. Збільшення товщини граничного шару ПАР моторних мастил призведе до зменшення зносу деталей двигунів внутрішнього згоряння, що підтверджується численними теоретичними та експериментальними дослідженнями зв'язку товщини шару ПАР із зносом поверхонь тертя технічних систем.

Література: 1. Ахматов А.С. Молекулярна фізика граничного тертя. М.: Фізматгіз, 1993, – 472с. 2. Чичинадзе А.В. Тертя, зношування, змащення (Трибологія й триботехніка). Під заг. ред.- М: Машинобудування, - 2003.- 578с. 3. Александров Е.Е., Кравец І.А., Лысиков Е.Н. Повышение ресурса технических систем путем использования электрических и магнитных полей. Харьков НТУ «ХПИ» 2006, - 213с. 4. Косолапов В.Б. Повышение эксплуатационной надежности гидроприводов строительных и дорожных машин при воздействии внешнего электрического поля на рабочую жидкость. – Дис. канд. техн. наук.—Харьков, 1995.-- 212 с. 5. Лысиков Е.Н., Косолапов В.Б., Воронин С.В. Расчет толщины адсорбированных слоев молекул ПАВ на поверхностях трибосопряжений // Автомобильный транспорт: сб. научн. тр. – Харьков: РИО ХНАДУ. - 2001.– Вып. 7 – 8. – С. 95 – 99. 6. Баздеркин БА., Венцель С.В. Способ определения и разработка показателя смазочной способности масел в граничных условиях // Трение и износ. - 1985. - Т. 6, №1. -С.76 - 79. 7. Винарский М.С.-, Лурье М.В. Планирование эксперимента в технологических исследованиях. - Киев: Техника, 1975. - 168 с.

Воронин С.В., Ткач В.В.

### **ВЛИЯНИЕ НАПРЯЖЕННОСТИ ВНЕШНЕГО ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ТОЛЩИНУ СМАЗОЧНОЙ ПЛЕНКИ**

Приведены результаты экспериментальных исследований влияния напряженности внешнего электростатического поля и температуры моторного масла на толщину граничной смазочной пленки, которая формируется на поверхностях трения двигателей внутреннего сгорания.

Voronin S.V., Tkach V.V.

INFLUENCE OF TENSION OF EXTERNAL ELECTROSTATIC PAUL ON THICKNESS  
OF LUBRICATING TAPE

The resulted results of experimental researches of influence of intensity of an external electrostatic field and temperature of a motor grease oil for a thickness of a limiting greasing film, which It is formed on surfaces of a friction of internal combustion engines.

---