

ВИЗНАЧЕННЯ ПРОТИЗНОСНОЇ ВЛАСТИВОСТІ РОБОЧОЇ РІДИНИ ЗА ДІЕЛЕКТРИЧНОЮ ПРОНИКНІСТЮ АДСОРБОВАНОГО ШАРУ ПАР

Рукавишников Ю. В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. У статті розглядається метод оцінювання протизносної властивості робочої рідини для об'ємного гідроприводу, що заснований на вимірюванні діелектричної проникності адсорбційної плівки, яка утворюється поверхнево-активними речовинами з її складу. Описано особливості цього методу та проаналізовані отримані результати.

Ключові слова: робоча рідина, протизносні властивості, поверхні тертя, поверхнево-активні речовини, адсорбція.

Вступ

Сучасні будівельні і дорожні машини оснащені об'ємним гідравлічним приводом навісного технологічного обладнання. Аналіз показників надійності гідронасичених машин демонструє, що приблизно 70 % відмов в умовах експлуатації припадає на відмови гідросистем. Робота дорожньо-будівельних машин супроводжується значними пульсаціями навантаження на робочих органах [1, 2].

Відомо, що найбільш інтенсивним є процес зношування поверхонь рухливих трибосполучень елементів гідроприводу в умовах граничного режиму змащення, який виникає під час пульсацій навантаження на робочих органах машини, а також на початку й в кінці їх руху. Зазначені умови виникають під час критичних тисків на майданчиках контактування поверхонь сполучень внаслідок появи між ними безпосереднього контакту, тобто без адсорбційної плівки на межі поділу поверхонь тертя [3]. Зниження питомого тиску шляхом збільшення майданчиків фактичного контактування поверхонь сполучень досягається шляхом формування на їхніх поверхнях адсорбційної плівки зі складу робочої рідини (РР), здатної витримувати значний тиск. Таким чином, здатність РР формувати на поверхнях тертя гідроагрегатів дорожньо-будівельних машин значною мірою впливає на їхній ресурс.

Аналіз публікацій

Більшість з дослідників зазначають, що в процесі експлуатації гідроприводів машин відбувається спрацьовування присадок і виділення їх зі складу РР разом з продуктами зношування [3, 4]. Зниження концентрації поверхнево-активних речовин (ПАР) в

об'ємі РР, а отже, і зменшення товщини адсорбційної плівки на поверхнях тертя є основною причиною підвищеної інтенсивності зношування поверхонь трибосполучень гідроприводів, що працюють у граничному режимі змащення.

Відомо, що адсорбована на поверхнях трибосполучення плівка ПАР є структурованим квазікристалічним утворенням, що має властивості діелектрика [3, 5]. Зміна товщини і несної здатності плівки ПАР обов'язково супроводжується зміною її електрофізичних показників: тангенса кута діелектричних втрат ($\text{tg}\delta$) і діелектричної проникності (ϵ).

Дехто з авторів зазначають, що діелектрична проникність (ϵ) як діагностичний параметр має переваги на відміну від інших електрофізичних показників [6, 7]: поперше, діелектрична проникність є комплексним показником, який характеризує властивості діелектрика досліджуваного середовища; по-друге, діелектрична проникність меншою мірою залежить від температури, за якою здійснюється вимірювання [7].

Величина діелектричної проникності визначається за схемою вимірювального гнізда (рис. 1) відповідно до ДСТ-22372-77 шляхом вимірювання електричної ємності конденсатора та розраховувань діелектричної проникності за залежність:

$$\epsilon = \frac{1}{\epsilon_0} \cdot C \cdot \frac{d}{S}, \quad (1)$$

де ϵ – діелектрична проникність речовини між обкладками; ϵ_0 – електрична постійна; S – площа обкладок конденсатора; d – відстань між обкладками.

Згідно з цією вимірювальною схемою (рис. 1) діелектрична проникність (ϵ) є сумою діелектричної проникності РР у міжелектродному просторі (ϵ_{PP}) і діелектричної проникності плівки ПАР ($\epsilon_{пл}$):

$$\epsilon = (\epsilon_{PP}) + 2\epsilon_{пл}. \quad (2)$$

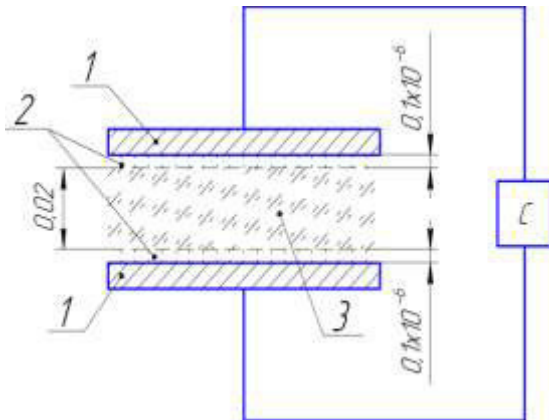


Рис. 1. Схема вимірювального гнізда за ДСТ-22372-77: 1 – дискові електроди; 2 – адсорбційний шар ПАР; 3 – об'єм робочої рідини між електродами

Результати досліджень моторних і трансмісійних мінеральних мастил [6, 7] виявили, що величина їх відносної діелектричної проникності знаходиться в межах $\epsilon = 2,3-2,5$, а зміни цього показника в процесі експлуатації машини (350–500 мото-годин) дорівнюють $\Delta\epsilon = 0,04-0,012$. Отримані значення відносної діелектричної проникності характерні для рідких діелектриків, а для структурованих, квазікристалічних молекулярних утворень величина відносної діелектричної проникності перебуває в діапазоні сотень або тисяч відносних одиниць [7]. Тому цей метод вимірювання не можна вважати таким, що характеризує стан адсорбованої на поверхнях трибосполучень плівки ПАР.

Мета і постановка завдання

Метою роботи є висвітлення можливості застосування діелектричної проникності адсорбційного шару ПАР як показника, що характеризує протизносні властивості РР.

Основна частина

Відомо, що товщина мастильної плівки на поверхнях тертя може досягати величини розміру молекули ПАР ($\sim 2 \cdot 10^{-10}$ м), у цьому випадку конструктивно складно використовувати вимірювальний пристрій з дисковими

електродами, діаметром $5 \cdot 10^{-3}$ м, у якого паралельність рухливих електродів була б меншою ніж $2 \cdot 10^{-9}$ м. З метою вимірювання діелектричної проникності мастильної плівки використовують вимірювальний пристрій з безпосереднім контактом електродів (рис. 2):

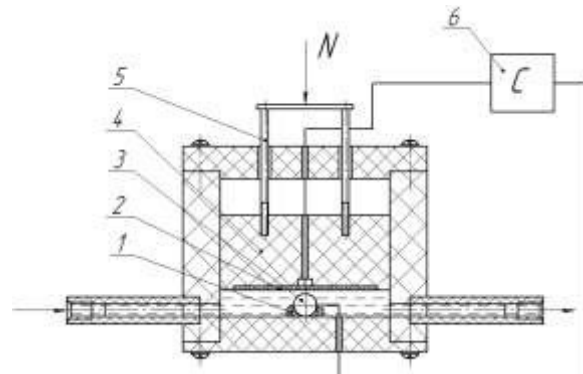


Рис. 2. Схема пристрою контролю електричної ємності мастильної плівки: 1 – фіксатор кульки; 2 – пластинчастий електрод; 3 – кулька; 4 – поршень; 5 – механізм навантаження; 6 – вимірник ємності

Пристрій (рис. 2) складається з пластинчастого й сферичного електродів. Сферичний електрод закріплений нерухомо, а до пластинчастого покровоно прикладається навантаження.

У місці взаємодії електродів здійснюється точкове контактування, що дозволяє зареєструвати електричну ємність у місці безпосереднього контактування адсорбційних плівок на поверхнях електродів.

Вимір електричної ємності адсорбованої плівки молекул ПАР зі складу РР марки Mobil DTE 13M здійснювався за допомогою лабораторного вимірювання її зразків з різним наробітком у гідроприводі автогрейдера АМКОДОР RD-165.

Результати дослідження

За результатами лабораторних випробувань були отримані результати, що наведені на рис. 3, 4.

Аналіз результатів вимірювання ємності свідчать про те, що збільшення часу напруцювання РР у гідроприводі автогрейдера супроводжується збільшенням граничної ємності у випадку навантаження сполучення «кулька-площина» з одночасним зменшенням навантаження до моменту розриву адсорбційної плівки.

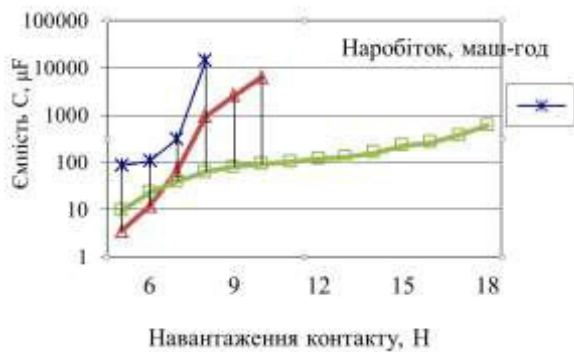


Рис. 3. Графік залежності електричної ємності від навантаження сполучення «кулька-площина»

Відносна діелектрична проникність плівки ПАР на поверхнях сполучення визначалася за виразом (1).

Визначення площі контактування сполучення «кулька-площина» S здійснюємо відповідно до уявлення контактування за схемою на рис. 4:

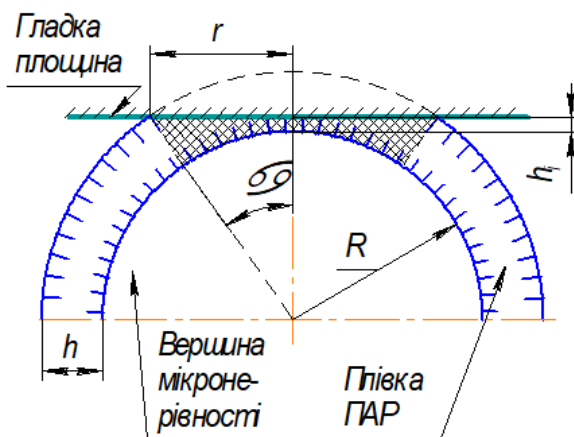


Рис. 4. Схема контакту сполучення «кулька-площина»

$$S = \pi [(R + 2 \cdot h) \cdot \operatorname{tg}(\alpha)]^2$$

де R – радіус мікронерівності, що утворює вершину; h – відстань між поверхнями тертя; α – кут між вертикальною віссю мікронерівності та відрізком, що з'єднує кінець площинки контакту шару ПАР з центром вершину мікронерівності, що утворює вершину.

За даними електричної ємності, враховуючи функції її зміни від навантаження сполучення «кулька-площина», була розрахована відносна діелектрична проникність плівки

ПАР. Результати розрахунків наведено на рис. 4.

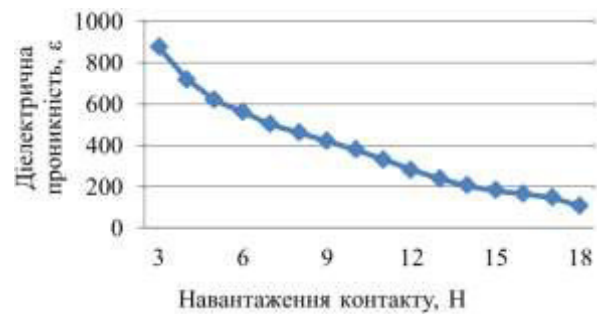


Рис. 5. Графік залежності діелектричної проникності адсорбованого шару ПАР від навантаження сполучення «кулька-площина»

Аналіз результатів демонструє, що діелектрична проникність плівки ПАР має величину 10–800 умовних одиниць (рис. 5), яка є значно вищою за значення діелектричної проникності РР. Результати випробування дозволяють стверджувати, що плівки ПАР на поверхнях мають мезоморфний стан, отже, для її характеристики треба застосовувати такі показники, як несуча здатність, пружність тощо.

Висновки

Проведені дослідження доводять, що адсорбований шар ПАР на поверхнях тертя є окремим елементом системи сполучення, який має властивості, що значно відрізняються від властивостей РР, і мезоморфний стан. Діелектрична проникність адсорбованого шару ПАР є окремим показником, який комплексно характеризує його стан. Використання методики визначення діелектричної проникності адсорбованого шару ПАР дозволяє значно зменшити похибку вимірів.

Література

1. Ничке В. В. Надежность прицепного и навесного оборудования тракторов. Харьков: Вища школа, 1985. 152 с.
2. Гринчар Н. Г. Методы и средства повышения эксплуатационной надежности гидроприводов дорожных и строительных машин: дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.04 / Москва, 2007. 369 с.
3. Лисіков Є. М., Косолапов В. Б., Воронін С. В. Надмолекулярные структуры жидких смазочных сред и их влияние на износ технических систем. Харків, 2009. 273 с.
4. Зорин В. А. Основы долговечности строительных и дорожных машин. Москва: Машиностроение, 1986. 248 с.

5. Ахматов А. С. Молекулярная физика граничного трения. Москва: Физматгиз, 1963. 471 с.
6. Наглюк И. С., Григоров А. Б. Диэлектрическая проницаемость моторных и трансмиссионных масел транспортных машин. Наукові нотатки. 2010. Вип. 28. С. 349–352.
7. Наглюк И.С. Концепция оценки свойств моторных и трансмиссионных масел транспортных машин по энергетическим параметрам: дис. ... д-ра. техн. наук: 05.22.20 / Харьков, 2013. 326 с.

References

1. Nichke V. V. Nadezhnost pricepnogo i navesnogo oborudovaniya traktorov. Harkov: Visha shkola, 1985. 152 s.
2. Grinchar N. G. Metody i sredstva povysheniya ekspluatatsionnoj nadezhnosti gidroprivodov dorozhnyh i stroitelnyh mashin: dis. d-ra. tehn. nauk: 05.05.04 / Moskva, 2007. 369 s.
3. Lisikov Ye. M., Kosolapov V. B. Nadmolekulyarnye struktury zhidkih smazochnyh sred i ih vliya-nie na iznos tehnicheskikh sistem. Harkiv, 2009. 273 s
4. Zorin V. A. Osnovy dolgovechnosti stroitelnyh i dorozhnyh mashin. Moskva: Mashinostroenie, 1986, 248 s.
5. Ahmatov A. S. Molekulyarnaya fizika granichnogo treniya. Moskva: Fizmatgiz, 1963. 471 s.
6. Naglyuk I. S., Grigorov A. B. Dielektricheskaya pronicaemost motornyh i transmissionnyh masel transportnyh mashin. Naukovi notatki. 2010. Vip. 28. S. 349–352.
7. Naglyuk I. S. Konceptsiya ocenki svojstv motornyh i transmissionnyh masel transportnyh mashin po energeticheskim parametram: dis. d-ra. tehn. nauk: 05.22.20 / Harkov, 2013. 326 s.

Рукавишников Юрий Васильевич, доцент, +380(67) 304-57-87, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Determination of the protective properties of the working fluid by the dielectric permeability of the surface-active reagent adsorbed layer

Abstract. In the article the method of evaluation anti-wear properties of operating fluid for hydraulic systems is considered, that is based on measurement of dielectric permeability of film adsorbed on friction surfaces, that's formed by surface active reagents from its composition. The features of this method are described and the results are analyzed.

Keywords: working fluid, anti-wear properties, friction surfaces, surface-active reagents, adsorption.

Rukavishnikov Yuri. associate professor, +380(67) 304-57-87, kaf_bdm@ukr.net Kharkiv National Highway University

Определение противоизносного действия рабочей жидкости по диэлектрической проницаемости адсорбированного слоя ПАВ

Аннотация. В статье рассматривается метод оценки противоизносных свойств рабочей жидкости для объемного гидропривода, который основан на измерении диэлектрической проницаемости адсорбированной на поверхностях сопряжений пленки, образующейся поверхностно-активными веществами из ее состава. Описаны особенности данного метода и осуществлен анализ полученных результатов

Ключевые слова: рабочая жидкость, противоизносные свойства, поверхности трения, поверхностно-активные вещества, адсорбция.