

УДК 621.981

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАРАБОТКИ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ ГИДРОПРИВОДА СТРОИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ НА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ПРОНИЦАЕМОСТЬ СМАЗОЧНОЙ ПЛЕНКИ В ТРИБОСОПРЯЖЕНИЯХ

В.Б. Косолапов, доц., к.т.н., Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Аннотация. Приведены результаты исследования изменения, в процессе эксплуатации строительной машины, несущей способности смазочной пленки, образованной ПАВ из состава рабочей жидкости объемного гидропривода на поверхностях трибосопряжений, путем измерения ее диэлектрической проницаемости.

Ключевые слова: объемный гидропривод, рабочая жидкость, несущая способность смазочной пленки.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НАРОБКУ РОБОЧОЇ РІДИНИ ГІДРОПРИВОДУ БУДІВЕЛЬНОЇ МАШИНИ НА ДІЕЛЕКТРИЧНУ ПРОНИКНІСТЬ МАСТИЛЬНОЇ ПЛІВКИ У ТРИБОСПОЛУЧЕННЯХ

В.Б. Косолапов, доц., к.т.н., Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. Наведено результати дослідження зміни, у процесі експлуатації будівельної машини, несучої здатності мастильної плівки, утвореної ПАР із складу робочої рідини об'ємного гідроприводу на поверхнях трибосполучень, шляхом виміру її діелектричної проникності.

Ключові слова: об'ємний гідропривід, робоча рідина, несуча здатність мастильної плівки.

INVESTIGATING THE INFLUENCE OF OPERATING TIME OF HYDRAULIC DRIVE FLUID OF CONSTRUCTION MACHINES ON DIELECTRIC PERMITTIVITY OF A LUBRICANT FILM IN THE TRIBOUNITS

V. Kosolapov, Assoc. Prof., Cand., Eng. Sc.,
Kharkiv National Automobile and Highway University

Abstract. The results of investigating the changes, which load-carrying capacity of the lubricant film formed by SAA from hydraulic drive fluid on the surfaces of the tribounits undergoes under the operation of construction machines, have been presented in the article by measuring the dielectric permittivity.

Key words: fluid power drive, hydraulic fluid, load-carrying capacity of a lubricant film

Введение

Ресурс аксиально-поршневых насосов гидроприводов машин во многом определяется интенсивностью изнашивания их узлов трения. Наиболее интенсивно процесс износа трибосопряжений развивается в граничном режиме смазки. Это обусловлено возможностью возникновения при таком режиме смаз-

ки непосредственного контакта поверхностей трения. Рабочие жидкости (РЖ) объемных гидроприводов способны предотвращать непосредственный контакт поверхностей трения путём образования на них адсорбционной плёнки, способной выдерживать возникающие контактные давления в подвижных сопряжениях.

Анализ публикаций

Способность рабочих жидкостей образовывать на поверхностях трения прочную адсорбционную плёнку определяется как свойствами поверхностно-активных веществ (ПАВ), входящих в состав РЖ, так и свойствами поверхностей трибосопряжения [1, 2]. Толщина и несущая способность адсорбционной плёнки определяют ее способность разделять поверхности трения и снижать удельные контактные нагрузки. Многие исследователи отмечают, что в процессе эксплуатации гидроприводов мобильных машин происходит срабатывание присадок и выделение их из состава РЖ. Снижение концентрации ПАВ в объеме РЖ и, соответственно, уменьшение толщины адсорбционной пленки на поверхностях трения является основной причиной повышенной интенсивности износа поверхностей трибосопряжений гидроприводов, работающих в граничном режиме смазки [1, 3].

Известно, что адсорбированная на поверхностях трибосопряжений пленка ПАВ представляет собой структурированное, квазикристаллическое образование, обладающее свойствами диэлектрика [2, 4]. Поэтому изменение толщины и несущей способности пленки сопровождается изменением ее электрофизических показателей, таких как: тангенс угла диэлектрических потерь ($\operatorname{tg}\delta$), удельное электрическое сопротивление (R) и диэлектрическая проницаемость (ϵ) [4, 5].

Цель и постановка задачи

Целью настоящего исследования является определение влияния наработки РЖ объемного гидропривода строительной машины на диэлектрическую проницаемость смазочной пленки, образованной ПАВ из состава РЖ, на поверхностях трибосопряжений.

Экспериментальные исследования

Для определения несущей способности смазочной пленки использовалось лабораторное устройство контроля несущей способности смазочной пленки (рис. 1.)

В качестве исследуемой смазывающей жидкости применялось гидравлическое масло МГЕ-46В с различной наработкой.

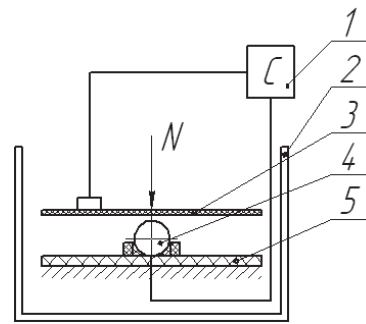


Рис. 1. Схема измерительной ячейки для определения электрической емкости смазочной пленки: 1 – измеритель емкости; 2 – стакан; 3 – пластинчатый электрод; 4 – шарик; 5 – неподвижная колонна

Для исключения влияния эксплуатационных факторов на результаты измерений производился контроль загрязненности, содержания воды, кислотного числа в образцах исследуемой РЖ. Загрязненность РЖ при проведении замеров не должна была превышать десятый класс чистоты по ГОСТ 17216-2001. Удаление механических загрязнений из состава РЖ производили путем ее очистки в центробежном очистителе в течение 60 минут при частоте вращения ротора центрифуги 8000 мин^{-1} . Замеры кислотного числа отобранных проб РЖ показали, что его величина в исследуемых образцах РЖ не превышала значения $0,01 \text{ мг КОН/г}$ масла (при предельном значении $0,05 \text{ мг КОН/г}$ масла в условиях хранения). Содержание воды не превышало $0,01 \%$. Поэтому считаем величину кислотного числа и содержания воды константой в пределах браковочных показателей.

В исследуемой паре «шарик–плоскость» нагружение зоны контакта производилось пошагово до разрушения адсорбционного слоя молекул ПАВ. Разрушение смазочного слоя соответствует моменту возникновения металлического контакта поверхностей трения. Появление металлического контакта сопровождается обнулением электрической емкости в сопряжении.

В месте контакта металлической поверхности с воздушной средой на ней образуется оксидный слой, который в значительной мере экранирует силовое поле поверхности. Поэтому для наблюдения развития процесса адсорбции и измерения параметров адсорбционного слоя необходимо удалить оксидный слой. Для этого контакт «плоскость–

шарик» помещали в среду масла и нагружали до момента раздавливания оксидного слоя.

Для определения минимально необходимой повторности опытов были проведены предварительные исследования. Десятикратно измерялась электрическая емкость РЖ при температуре РЖ $t = 293$ К (табл. 1).

При этом были получены среднеквадратичное отклонение измерений $\sigma = 1,15$ мкФ и среднее арифметическое значение результатов измерений $m_{cp} = 35,7$ мкФ.

Минимально необходимая повторность измерений определяется из условия [6]

$$n_{\min} \geq \frac{\sigma^2 \cdot t_{кр}^2}{\Delta^2 \cdot m_{cp}^2}. \quad (1)$$

Значение коэффициента Стьюдента, при надежности результатов $P = 0,95$, принимается равным $t_{кр} = 2,26$ [6], допустимая относительная ошибка измерения составляет $\Delta = 0,03$ [6].

По результатам расчетов, минимально необходимая повторность измерений составила $n_{\min} \geq 2,76$. Принимаем трехкратную повторность измерений.

Измерение диэлектрической проницаемости (ϵ) смазочной пленки молекул ПАВ из состава РЖ при различной наработке осуществлялось путем реализации лабораторного эксперимента при следующих условиях его проведения:

- температура РЖ поддерживалась 323 К;
- РЖ с наработками 0, 1000 и 2000 мото-ч;
- загрязнение РЖ должно быть не ниже десятого класса чистоты по ГОСТ 17216-2001.

Результаты проведенных лабораторных исследований представлены на графике рис. 2. Величина диэлектрической проницаемости определяется из выражения

$$\epsilon = \frac{1}{\epsilon_0} C \frac{d}{S}, \quad (2)$$

где ϵ – диэлектрическая проницаемость вещества между обкладками; ϵ_0 – электрическая постоянная; S – площадь обкладок конденсатора; d – расстояние между обкладками.

Площадь обкладок измерительной ячейки S представляет собой номинальную площадь контактирования по смазочной пленке, которую можно определить в соответствии со схемой на рис. 3.

Таблица 1 Результаты измерения емкости ячейки при изменении нагрузки в контакте, мкФ

Замер	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Емкость C , мкФ	36	34	37	37	35	34	36	36	35	37

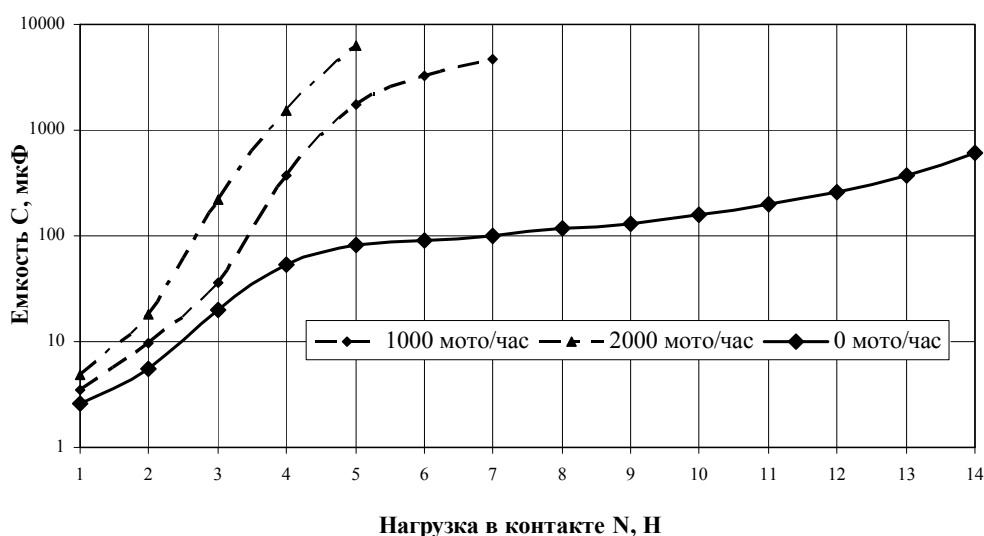


Рис. 2. График зависимости электрической емкости смазочной пленки от нагрузки в контакте при различной наработке РЖ

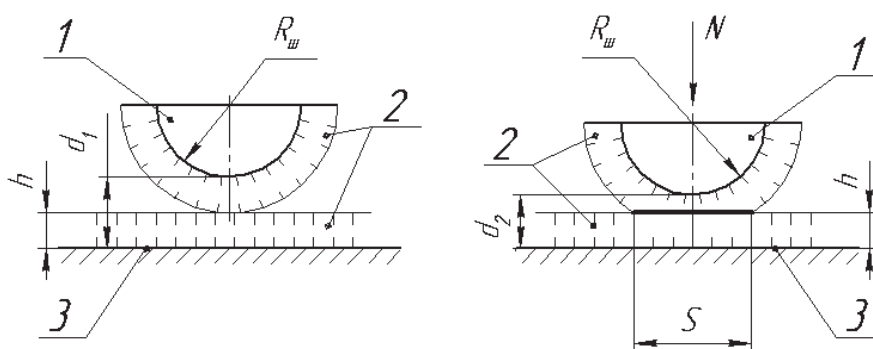


Рис. 3. Схема контакта в измерительной ячейке «шарик–плоскость» при наличии смазочной пленки: 1 – шарик; 2 – исследуемая адсорбционная пленка ПАВ; 3 – поверхность плоского электрода

Номинальная площадь контакта в измерительной ячейке «шарик–плоскость» определялась по зависимости

$$S_i = \pi \cdot \left((R_{ш} + h)^2 - (R_{ш} + d_i)^2 \right), \quad (3)$$

где $R_{ш}$ – радиус шарика, м; h – толщина адсорбционной пленки, м.

Расстояние между обкладками (d_i) определялось путем измерения толщины смазочной пленки при соответствующей нагрузке контакта в измерительной ячейке.

Для проведения измерения толщины смазочной пленки от нагрузки в контакте при различной наработке РЖ в объемной гидроприводе использовались следующие приборы: устройство для измерения толщины смазочной пленки (рис 2); индикатор ИИГ ГОСТ 18883-73; секундомер СДС_{пр} 1.2.000; терморегулятор УТ-1.

Измерение толщины смазочной пленки РЖ производилось при помощи устройства, схема которого показана на рис. 4. За основу был взят метод стопы А.С. Ахматова [1], но для того чтобы свести к минимуму контактно-гидродинамический эффект, вместо пластин были применены шарики.

Результаты проведенных лабораторных исследований представлены на графике (рис. 5). По результатам проведенных экспериментальных исследований были получены значения диэлектрической проницаемости смазочной пленки при наработках РЖ 0, 1000, 2000 мото-ч.

Величина диэлектрической проницаемости определяется из выражения (2). Результаты проведенных лабораторных исследований представлены на графике рис. 6.

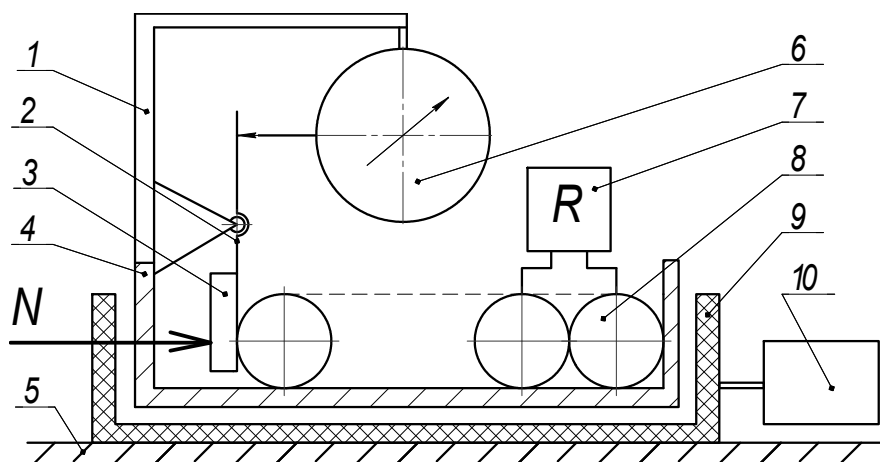


Рис. 4. Схема устройства для измерения толщины смазочной пленки: 1 – штатив; 2 – механизм нагрузки; 3 – толкатель; 4 – емкость с РЖ; 5 – опорная плита; 6 – индикатор; 7 – омметр; 8 – шарики; 9 – нагревательный элемент; 10 – терморегулятор

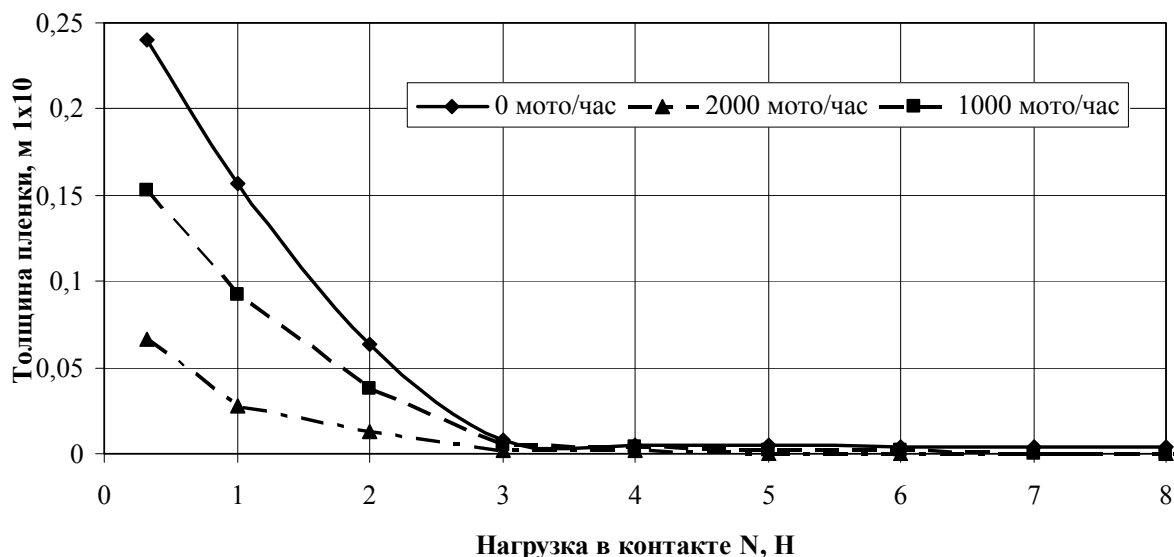


Рис. 5. График зависимости толщины смазочной пленки от нагрузки в контакте при различной наработке РЖ

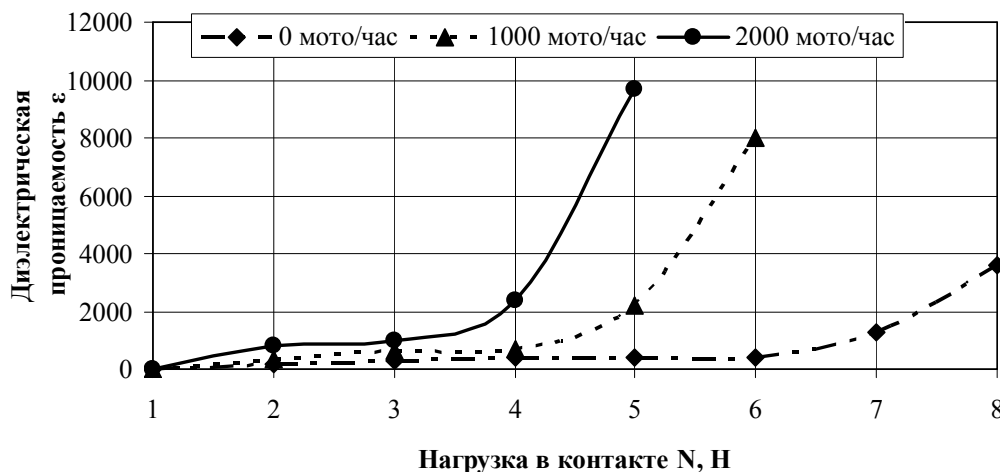


Рис. 6. График зависимости диэлектрической проницаемости смазочной пленки от нагрузки в контакте при различной наработке РЖ

Выводы

Результаты проведенных исследований (рис. 6) показали, что с увеличением времени наработки РЖ в гидроприводе машины происходит значительное увеличение диэлектрической проницаемости смазочной пленки на поверхностях трибосопряжений. Диэлектрическая проницаемость смазочной пленки, за время наработки РЖ в гидроприводе 2000 мото/ч, увеличилась более чем в 2 раза. Увеличение предельной диэлектрической проницаемости смазочной пленки сопровождается значительным снижением ее предельной несущей способности. При этом характер изменения величины диэлектрической проницаемости смазочной пленки с изменением

нагрузки является нелинейным. Так как диэлектрическая проницаемость является функцией структуры смазочной пленки как квазикристаллического образования, то график на рис. 6 показывает, что по мере наработки РЖ происходит уменьшение диапазона нагружения при стабильной структуре пленки, а значит, уменьшение ее несущей способности.

Литература

1. Ахматов А.С. Молекулярная физика граничного трения / А.С. Ахматов. – М.: Физматгиз, 1963. – 470 с.
2. Косолапов В.Б. Надмолекулярные структуры жидких смазочных сред и их влия-

- ние на износ технических систем / Е.Н. Лысков, В.Б. Косолапов, С.В. Воронин. – Х.: ЭДЭНА, 2009. – 274 с.
3. Зорин В.А. Основы долговечности строительных и дорожных машин / В.А. Зорин. – М.: Транспорт, 1986. – 248 с.
 4. Поплавко Ю.М. Диэлектрики. Основные свойства и применения в электронике / Ю. М. Поплавко, И.С. Рез. – М.: Радио и связь, 1989. – 288 с.
 5. Григоров А.Б. Діелектрична проникність як комплексний показник, що характеризує зміну якості моторних олів у процесі їхньої експлуатації / А.Б. Григоров, П.В. Красножицький, С.А. Слободський // Вісник національного технічного університету «ХПІ». – 2006. – №25. – С. 169–175.
 6. Сидняев Н.И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных: учебное пособие / Н.И. Сидняев. – М.: Издательство Юрайт; 2011. – 399 с.
- Рецензент: Е.С. Венцель, профессор, д.т.н., ХНАДУ.
- Статья поступила в редакцию 6 июня 2014 г.
-