

УДК 621.981

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СПОСОБОВ КОНТРОЛЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ АДсорбЦИОННОЙ ПЛЕНКИ ПАВ ИЗ СОСТАВА РАБОЧИХ ЖИДКОСТЕЙ

**В.Б. Косолапов, доцент, к.т.н., С.В. Косолапов, аспирант,
К.Ю. Косолапов, студент, ХНАДУ, С.В. Литовка, ассистент, к.т.н.,
Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства**

Аннотация. Рассмотрены электрофизические параметры – омическое сопротивление и диэлектрическая проницаемость, – характеризующие несущую способность адсорбционной пленки ПАВ, и выполнено сравнение точности определения их предельных значений.

Ключевые слова: рабочая жидкость, диэлектрическая проницаемость, несущая способность, адсорбционная пленка, трибосопряжение.

АНАЛІЗ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ СПОСОБІВ КОНТРОЛЮ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ АДсорбЦІЙНОЇ ПЛІВКИ ПАВ ЗІ СКЛАДУ РАБОЧИХ РІДИН

**В.Б. Косолапов, доцент, к.т.н., С.В. Косолапов, аспірант,
К.Ю. Косолапов, студент, ХНАДУ, С.В. Литовка, асистент, к.т.н.,
Харківський національний технічний університет сільського господарства**

Анотація Розглянуто електрофізичні параметри – омичний опір і діелектричну проникність, – які характеризують несучу здатність адсорбційної плівки ПАВ, і виконано порівняння точності визначення їх граничних значень.

Ключові слова: робоча рідина, діелектрична проникність, несуча здатність, адсорбційна плівка, трибосполучення.

ANALYSIS OF ELECTROPHYSICAL METHODS TO CONTROL THE BEARING CAPACITY OF ABSORPTION FILM LAYERS MADE UP OF SURFACE-ACTIVE SUBSTANCE VS HYDRAULIC FLUID COMPOSITION

**V. Kosolapov, Associate Professor, Candidate of Engineering Sciences,
S. Kosolapov, post-graduate, K. Kosolapov, student, KhNAHU,
S. Litovka, teaching assistant, Candidate of Engineering Sciences,
Kharkiv National Technical University of Agriculture**

Abstract. Electrophysical parameters – ohmic resistance and dielectric permeability – describing the bearing capacity of surface-active substance absorption film layers have been considered; accuracies of determining their limit values have been compared.

Key words: hydraulic fluid, dielectric permeability, bearing capacity, absorption film layer, tribocoupling.

Введение

Важным условием повышения эксплуатационных характеристик путевых машин является применение гидроприводов. В настоящее время в конструкциях путевых машин

широко применяются гидравлические исполнительные механизмы для привода рабочих механизмов, а также в качестве гидравлических трансмиссий [1]. Эксплуатация объемного гидропривода неизбежно сопровождается износом рабочих поверхностей его

трибосопряжений. Это приводит к увеличению зазоров в парах трения и росту утечек рабочей жидкости (РЖ) по зазорам качающегося узла. Рост утечек РЖ снижает объемный и общий КПД гидропривода и, как следствие, производительность машины в целом.

Все гидроагрегаты путевых машин периодически работают в условиях неустановившихся режимов нагружения, при которых возникает граничный режим смазки. Разрушение смазочной пленки имеет большое значение для практики, так как может привести к схватыванию, заеданию и повышенному износу сопряженных деталей [2]. Отсюда вытекает значение качества применяемой РЖ, влияющей на работоспособность элементов гидропривода.

Способность смазочной пленки РЖ разделять поверхности трибосопряжения определяется прочностью структурированного слоя поверхностно-активных веществ, адсорбированных на поверхности, т.е. его несущей способностью [2].

В процессе эксплуатации путевых машин, оснащенных объемным гидроприводом, происходит ухудшения эксплуатационных свойств РЖ, в том числе в результате уменьшения концентрации поверхностно-активных веществ в ее объеме [3]. Данное событие приводит к уменьшению сроков службы РЖ [3, 4]. Одним из путей решения этой проблемы является усовершенствование системы технического диагностирования путевых машин, прежде всего использование современных и эффективных методов диагностирования.

Наиболее перспективным методом является метод контроля противоизносных свойств РЖ по критерию несущей способности смазочной пленки [5].

Цель исследований

Целью работы является сравнение точности определения несущей способности по омическому сопротивлению и диэлектрической проницаемости.

Анализ публикаций

Известно, что адсорбированная на поверхностях трибосопряжения пленка ПАВ представляет собой структурированное, квазикристаллическое образование, обладающее

свойствами диэлектрика [6]. Поэтому изменение толщины и несущей способности пленки сопровождается изменением ее электрофизических показателей, таких как: тангенс угла диэлектрических потерь ($\text{tg}\delta$), удельное электрическое сопротивление (R) и диэлектрическая проницаемость (ϵ).

Согласно современным представлениям [7] несущую способность адсорбционной пленки ПАВ характеризуют такие электрофизические параметры как омическое сопротивление и диэлектрическая проницаемость.

Электрическое сопротивление в контакте R_k , в общем случае, определяется суммой сопротивлений

$$R_k = R_{\text{диэл}} + R_p, \quad (1)$$

где $R_{\text{диэл}}$ – электрическое сопротивление в диэлектрической пленке адсорбированных слоев ПАВ, Ом; R_p – реактивное сопротивление контакта «шарик–плоскость» (без пленки ПАВ), Ом.

Разрушение адсорбционного слоя соответствует моменту возникновения металлического контакта поверхностей трибосопряжения. Появление металлического контакта сопровождается резким уменьшением электрического сопротивления в сопряжении. Величина электрического сопротивления достигает минимального значения и остается постоянной при последующем нагружении.

Другими словами, адсорбированный слой считается разрушенным при условии $R_{\text{диэл}} = 0$, или

$$R_k = R_p. \quad (2)$$

Многие авторы отмечают, что диэлектрическая проницаемость (ϵ) как диагностический параметр обладает рядом преимуществ, в сравнении с другими электрофизическими показателями [6, 7, 8]. Во-первых, диэлектрическая проницаемость является комплексным показателем, который характеризует поляризационные процессы исследуемой среды [6]. Во-вторых, диэлектрическая проницаемость в меньшей степени зависит от температуры, при которой совершается замер [8, 9].

Величина диэлектрической проницаемости не может быть определена аналитическим способом. Этот параметр определяется в соответствии с ГОСТ-22372-77 путем замера электрической емкости конденсатора (C) и расчета диэлектрической проницаемости по зависимости

$$C = \varepsilon\varepsilon_0 \frac{S}{d}, \quad (3)$$

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

Для определения несущей способности смазочной пленки ПАВ было проведено экспериментальное исследование изменения электрической емкости и омического сопротивления РЖ с различной наработкой в объемном гидроприводе.

Экспериментальные исследования

При проведении исследований использовались: измеритель RLC E7-22; центрифуга Опн-8УХЛ4.2; рН метр рН-380.

Определение диэлектрической проницаемости и омического сопротивления смазочной пленки проводились на измерительной ячейке, в которой электроды конденсатора выполнены в виде пары «шарик – плоскость» (рис. 1). В месте взаимодействия электродов возникает точечное контактирование, что позволяет при низких нагрузках, прикладываемых к измерительной ячейке, получать

высокие контактные давления. Данное устройство позволяет определять нагрузки $P_{кр}$, при которых наблюдается выдавливание масляной пленки из области контакта.

В качестве исследуемой рабочей жидкости применялось гидравлическое масло Аксела Nexplore с различной наработкой в объемном гидроприводе. 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), а содержание воды не превышало $0,01\%$, поэтому данные показатели были приняты constant.

Для определения минимально необходимой повторности опытов были проведены предварительные исследования, по результатам которых принята трехкратная повторность опытов.

Экспериментальные исследования проводились при следующих условиях: шаг нагружения контакта «плоскость – шарик» – 1 Н ; время выдержки пары в среде РЖ без нагрузки – 600 с , температура. Результаты проведенных лабораторных исследований приведены на графиках (рис. 2, 3).

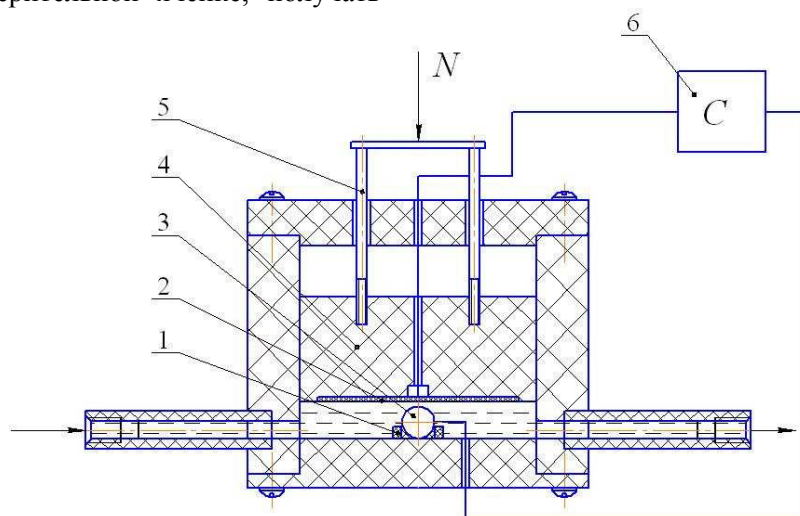


Рис. 1. Схема измерительной ячейки для определения электрической емкости смазочной пленки: 1 – фиксатор шарика; 2 – пластинчатый электрод; 3 – шарик; 4 – поршень; 5 – механизм нагружения; 6 – измеритель емкости

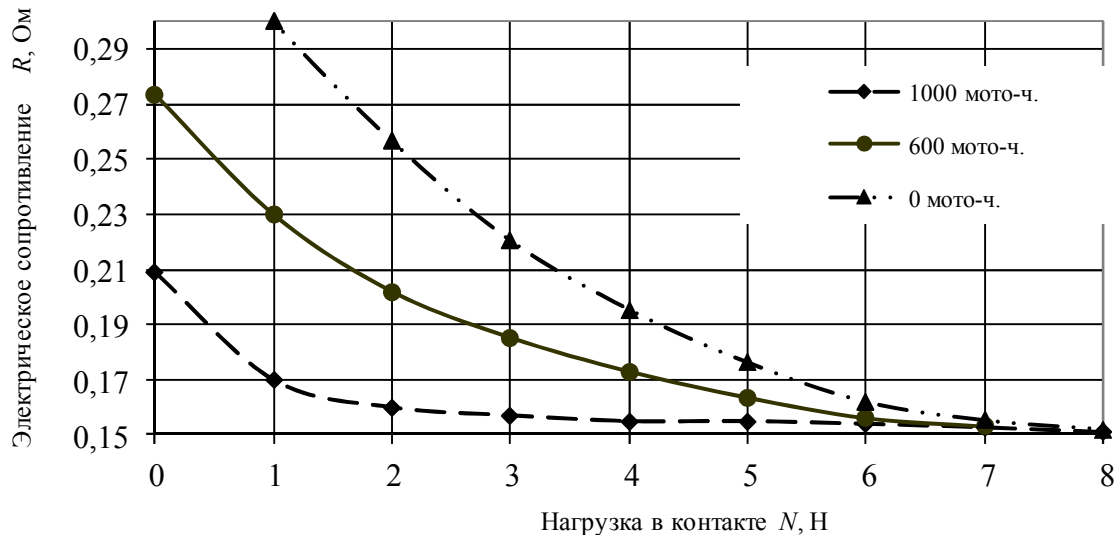


Рис. 2. График зависимости сопротивления смазочной пленки от нагрузки в контакте при ее различной наработке

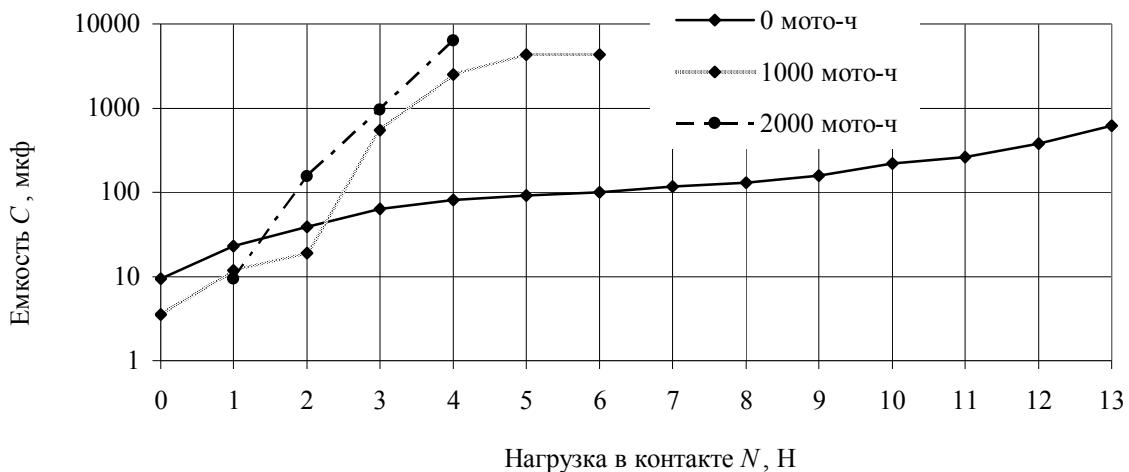


Рис. 3. График зависимости электрической емкости смазочной пленки от нагрузки в контакте при различной наработке РЖ

Из рис. 2 видно, что значение омического сопротивления смазочной пленки под действием нагрузки изменяется в узком диапазоне – от 0,3 до 0,15 Ом, а при нагрузке, близкой к критической, величина электрического сопротивления для всех образцов РЖ принимает слабо различимые значения и слабо изменяется при последующем нагружении. Это делает невозможным точное определение нагрузки, характерной для выдавливания смазочной пленки ПАВ из контакта, а значит, такой способ определения несущей способности пленки ПАВ обладает достаточно низкой точностью.

Из рис. 3 видно, что значение электрической емкости под действием нагрузки изменяется в широком диапазоне, что позволяет уверен-

но регистрировать различие в состоянии испытуемых РЖ. Момент взаимодействия по единичному контакту поверхностей сопровождается стеканием заряда и, как следствие, резким падением электрической емкости в измерительной ячейке. Таким образом, можно сделать вывод, что электрическая емкость достаточно точно отображает момент продавливания пленки в единичном контакте, который можно принять за предельную несущую способность испытуемого образца РЖ.

Выводы

Определение несущей способности адсорбционной пленки ПАВ по омическому сопротивлению не позволяет однозначно опреде-

лить нагрузку, характерную для выдавливания смазочной пленки ПАВ из контакта, т.е. определить предельную несущую способность испытываемого образца РЖ.

Электрическая емкость однозначно отображает момент выдавливания смазочной пленки ПАВ из контакта. Нагрузка, при которой происходит обнуление емкости, может быть принята за предельную несущую способность испытываемого образца РЖ.

Литература

1. Устройство и эксплуатация рихтовочных и выправочных машин: учебное пособие / И.Е. Данилкин, А.И. Башарин, К.Б. Ершова; под ред. И.Е. Данилка. – М.: Транспорт, 1986. – 204 с.
2. Повышение ресурса технических систем путём использования электрических и магнитных полей / Е.Е. Александров, И.А. Кравец, Е.Н. Лысиков и др. – Х.: НТУ «ХПИ», 2006. – 544 с.
3. Проников А.С. Параметрическая надежность машин // А.С. Проников. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 560 с.
4. Кондаков Л.А. Рабочие жидкости и уплотнения гидравлических систем // Л.А. Кондаков. – М.: Машиностроение, 1982. – 216 с.
5. Заявка а200908624 Україна, МПК (2006) G01N 33/26. Спосіб визначення несучої здатності мастильної плівки // Лисіков Є.М., Косолапов В.Б., Воронін С.В., Літовка С.В. (UA). – № а200908624 ; заявл. 17.08.09 ; опубл. 10.11.09, Бюл. № 21. – 4 с.
6. Ахматов А.С. Молекулярная физика граничного трения // А.С. Ахматов. – М.: Физматгиз, 1963. – 471 с.
7. Кузьменко А.Г. Контакт, трение и износ смазанных поверхностей / А.Г. Кузьменко, А.В. Дыха. – Хмельницкий: ХНУ, 2007. – 344 с.
8. Лысиков Е.Н. Надмолекулярные структуры жидких смазочных сред и их влияние на износ технических систем / Е.Н. Лысиков, В.Б. Косолапов, С.В. Воронин. – Х.: ЭДЭНА, 2009. – 274 с.
9. 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 «ХПИ». – 2006. – №25. – С. 169–175.

Рецензент: Л.А. Тимофеева, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 19 июня 2012 г.