

УДК 621.225

В. Н. АСТАХОВ, канд. техн. наук, проф.

В. А. СТЕФАНОВ, ассистент

Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, г. Харьков

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ НА РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ ГИДРОАГРЕГАТОВ СРЕДСТВ ТРАНСПОРТА

Проведены экспериментальные исследования влияния концентрации молекул стеариновой кислоты на противоизносные свойства рабочей жидкости с учетом обработки ее электростатическим полем. Определена рациональная концентрация, при которой наблюдается минимальный износ пар трения. Разработан способ повышения ресурса гидроагрегатов средств транспорта путем обработки рабочей жидкости электростатическим полем.

Проведені експериментальні дослідження впливу концентрації молекул стеаринової кислоти на протизносні властивості робочої рідини з урахуванням обробки її електростатичним полем. Визначена раціональна концентрація при якій спостерігається мінімальний знос пар тертя. Розроблений спосіб підвищення ресурсу гідроагрегатів засобів транспорту шляхом обробки робочої рідини електростатичним полем.

Постановка проблемы

На средствах транспорта железных дорог Украины широкое распространение получили гидравлические приводы и гидропередачи, которые используются для приводов колесных пар подвижного состава, вентиляторов охлаждающих систем, рабочих органов путевых машин. Вследствие высокой стоимости агрегатов гидравлических приводов и передач, а также большой трудоемкости работ по их ремонту, возникает необходимость разработки и внедрения ресурсосберегающих технологий, направленных на усовершенствование конструкций агрегатов и улучшение характеристик рабочих жидкостей.

Анализ предшествующих исследований

Как показывают ранее проведенные исследования [1–4], одним из эффективных способов повышения ресурса гидроагрегатов, является предварительная обработка рабочих жидкостей внешним электростатическим полем. При воздействии такого поля на рабочую жидкость в гидроприводах и гидропередачах происходят следующие положительные процессы:

- возрастает защитная функция рабочих жидкостей, связанная с предотвращением потерь на трение и износ в гидравлических агрегатах;
- ресурс агрегатов увеличивается за счет существенного снижения износа деталей.

Проведенный анализ научных работ в области обработки рабочих жидкостей внешними силовыми полями показал, что данный процесс является актуальным с точки зрения его применения на средствах транспорта. Однако, в этих исследованиях не изученными остаются закономерности влияния структуры рабочих жидкостей, подверженных электростатической обработке, на ресурс гидроагрегатов средств транспорта.

Формирование целей статьи

Целью данной статьи является повышение ресурса гидроагрегатов средств транспорта путем установления рациональной концентрации присадки в условиях электростатической обработки рабочей жидкости.

Основная часть

Рабочие жидкости (РЖ) широко используются на средствах транспорта. Для выполнения своих функций они должны обладать разнообразными эксплуатационными свойствами, которые непосредственно зависят от их структуры. Рабочая жидкость представляет собой коллоидную высокодисперсную систему, основными компонентами которой являются: базовое

масло, присадки различного функционального назначения, частицы износа и загрязнений.

Рабочие жидкости на нефтяной основе являются многокомпонентным и жидкостями, состоящими на 85–98 % из базового масла, свойства которого улучшаются введением присадок. Базовые масла получают при переработке нефти первоначальной перегонкой на фракции с последующей очисткой масляных дистиллятов. Входящие в состав базового масла углеводороды имеют приблизительно одинаковую молекулярную массу и подразделяются на 3 основные группы:

1. Нафтеновые углеводороды (циклоалканы). Состоят из насыщенного цикла (обычно 5–6 метиленовых групп) и боковых углеводородных цепочек. Нафтеновые углеводороды являются желательными компонентами, так как повышенное их содержание приводит к улучшению вязкостно-температурных свойств и термической стабильности рабочих жидкостей. В базовых маслах концентрация циклоалканов обычно составляет 50–75 % по массе;

2. Парафиновые углеводороды. Построены в виде прямых или разветвленных цепей с количеством атомов от 5 до 17. При низких температурах парафины кристаллизуются, поэтому в маловязких базовых маслах присутствуют только лёгкие парафиновые фракции, обеспечивающие пологую вязкостно-температурную характеристику. Содержание их в базовом масле с учетом депарафинизации в процессе очистки до 20 %;

3. Ароматические углеводороды. Молекулы этого класса состоят из бензольного ненасыщенного кольца и насыщенных боковых цепей. Такая структура молекул обеспечивает высокую химическую активность и растворяющую способность ароматических углеводородов. С точки зрения вязкостно-температурных характеристик и термоокислительной стабильности данный вид углеводородов является нежелательным и в базовых маслах его концентрация находится в пределах 10–30 %.

Присадки добавляются в рабочую жидкость с целью улучшения ее эксплуатационных свойств. Однако, по своей природе присадки являясь поверхностно-активными веществами (ПАВ), обладают постоянным электрическим дипольным моментом, и при определенной их концентрации, взаимодействуют между собой и образуя различные надмолекулярные структуры (главным образом мицеллы). Такие структуры снижают эффективность формирования смазочной пленки на поверхностях трения гидроаппаратов, как следствие имеет место повышенный износ деталей.

Процесс формирования смазывающей пленки на поверхностях трения является процессом динамическим: постоянно происходит обмен молекулами ПАВ между пленкой и объемом масла т. е. количество осажденных молекул на поверхности равно количеству мигрировавших с нее. Находящиеся в объеме РЖ надмолекулярные структуры ПАВ, осаждаясь на поверхности трения, имеют слабую силу связи с ней, при этом смазочный слой имеет малую несущую способность. Для полноценного выполнения своих функций молекулы находятся в мономерном состоянии, поэтому целесообразным является введение предварительного этапа, направленного на изменение молекулярной структуры рабочих жидкостей. Одним из эффективных способов обработки РЖ различными силовыми полями, в частности – электрическим.

Согласно ранее проведенным исследованиям [1–4] установлено, что при введении присадок (неионогенных молекул ПАВ) в рабочую жидкость происходит процесс их адсорбции на поверхностях трения, что сопровождается повышением срока службы узлов гидросистем. Однако в этих работах не рассматривали следующие вопросы: какова должна быть рациональная концентрация молекул ПАВ в базовом масле, с точки зрения минимума износа гидроаппаратов в условиях воздействия электростатического поля.

Целью данных экспериментальных исследований являлось определение влияния концентрации молекул стеариновой кислоты на противоизносные свойства рабочей жидкости с учетом обработки ее электростатическим полем.

К основным испытаниям противоизносных свойств смазывающих жидкостей относятся

стандартные испытания на машинах трения. В данном случае исследовалось влияние концентрации ПАВ на скорость изнашивания пар трения на машине трения МАСТ-1. В качестве образцов на машине трения ЧШМ использовались 4 шара диаметром 8мм. Принципиальная схема пары трения ЧШМ приведена на рис. 1.

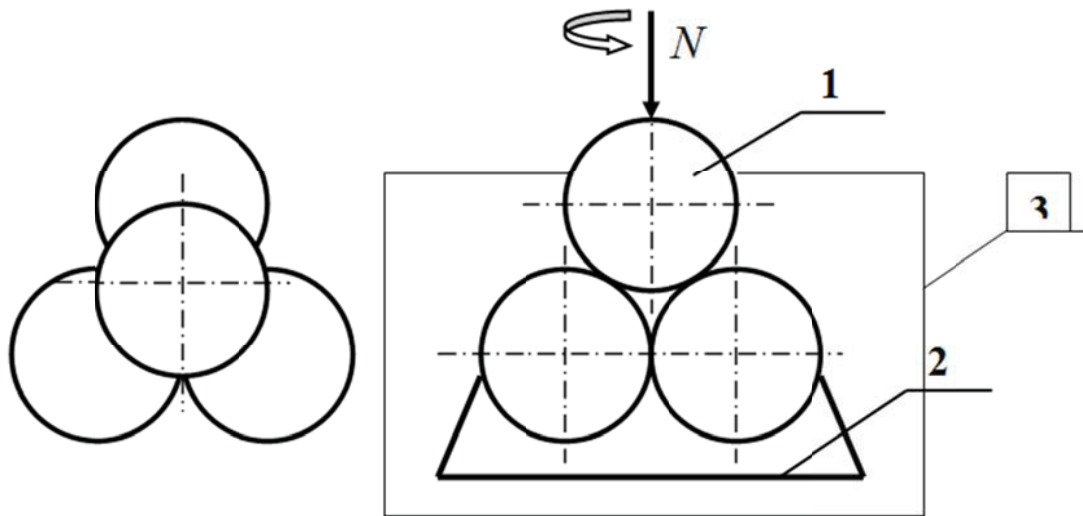


Рис. 1. Четырехшариковая схема испытания противоизносных свойств рабочей жидкости на машине трения ЧШМ: 1 – шар; 2 – обойма; 3 – ванна с маслом

При проведении исследований использовалось следующее оборудование: машина трения МАСТ-1, микроскоп, лабораторная гидравлическая станция.

Схема лабораторной установки для проведения экспериментальных исследований представлена на рис. 2.

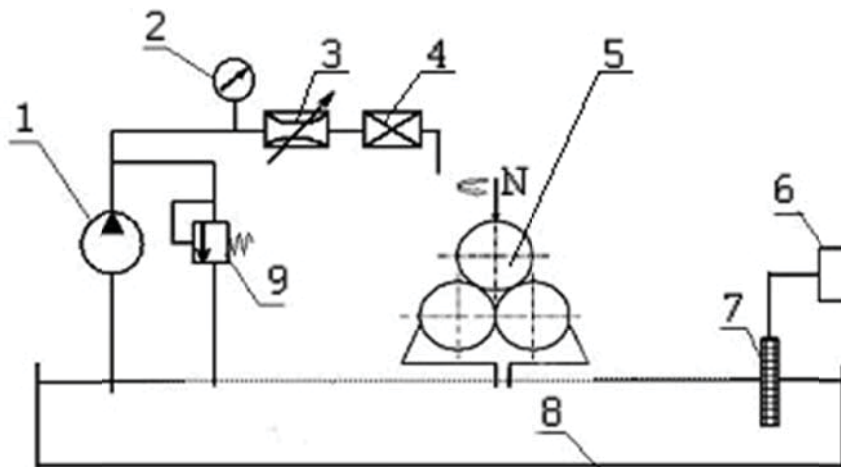


Рис. 2. Гидравлическая схема лабораторной установки на базе МАСТ-1: 1 – насос; 2 – манометр; 3 – регулируемый дроссель; 4 – устройство для обработки рабочей жидкости электростатическим полем; 5 – МАСТ-1; 6 – терморегулятор; 7 – нагревательный элемент; 8 – бак; 9 – предохранительный клапан.

Программой проведения экспериментальных исследований предусматривалась реализация одного двухфакторного эксперимента, где функцией отклика являлась скорость изнашивания шариков без обработки РЖ и с обработкой ЭП со следующими независимыми факторами:

- концентрация присадки СП, %;
- температура рабочей жидкости T , °С.

Результаты экспериментальных исследований приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты экспериментальных исследований на машине МАСТ-1

ПАВ	Температура, °С	Скорость изнашивания
С обработкой рабочей жидкости		
Стеариновая кислота	80	$j = -364,24C^3 + 347,92C^2 - 88,414C + 20,027$
	60	$j = -1133,3C^3 + 686,33C^2 - 107,39C + 20,886$
Без обработки рабочей жидкости		
Стеариновая кислота	80	$j = -1459,4C^3 + 1059,2C^2 - 206,04C + 31,504$
	60	$j = -1289,9C^3 + 904,03C^2 - 169,23C + 28,656$

Графические интерпретации уравнений регрессии при константе температуры представлены на рис. 3 и 4.

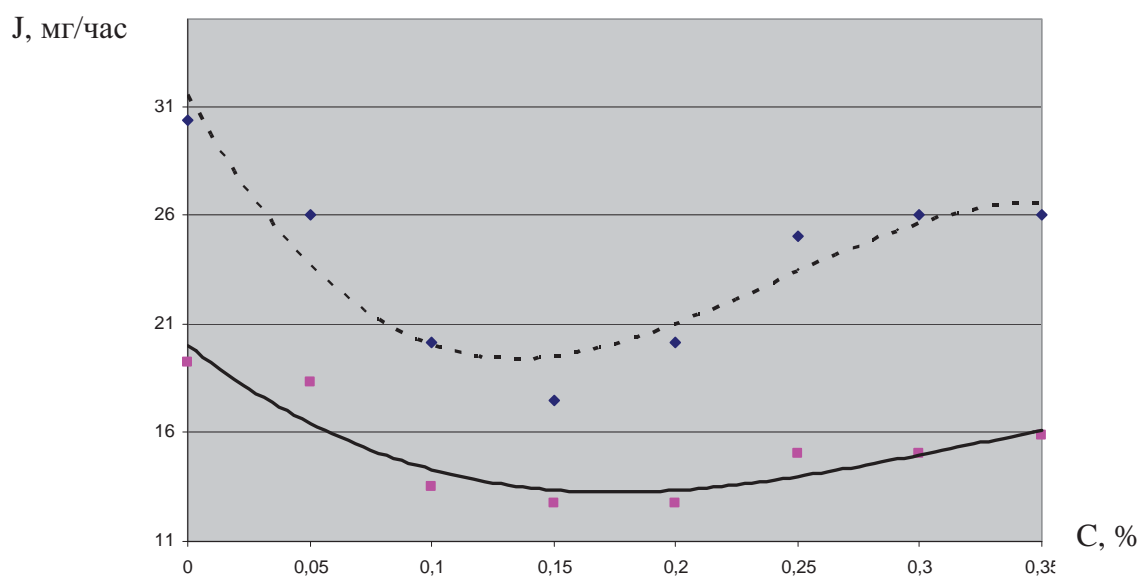


Рис. 3. Изменение скорости изнашивания от концентрации стеариновой кислоты в рабочей жидкости при температуре 80 °С: “—” с обработкой; “- -” без обработки.

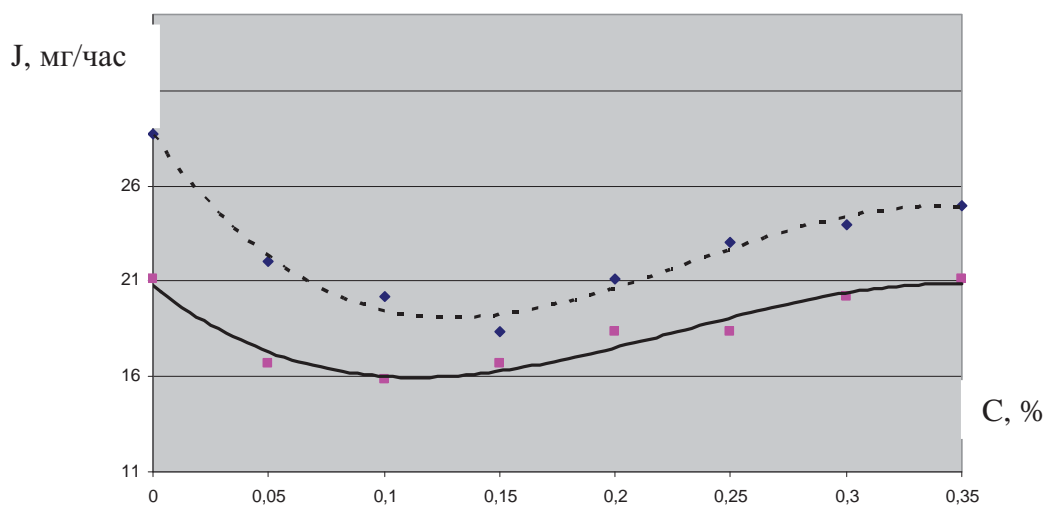


Рис. 4. Изменение скорости изнашивания от концентрации стеариновой кислоты в рабочей жидкости при температуре 60 °С: “—” с обработкой; “- -” без обработки

Скорость изнашивания, при обработке рабочей жидкости электростатическим полем при одинаковых значениях концентрации снижается, что обусловлено разрушением мицеллярных структур ПАВ. С учетом экспериментальных данных, ресурс гидроагрегатов средств транспорта можно определить по следующей зависимости:

$$T = \frac{I_{\text{дон}}}{j}, \quad (1)$$

где $I_{\text{дон}}$ – допустимый снос, мг;
 j – скорость сноса, мг/год.

Зависимости, приведенные в табл. 1, и зависимость (1) позволили установить экспериментальным путем закономерность изменения прироста ресурса от концентрации присадки в рабочей жидкости рис.5.

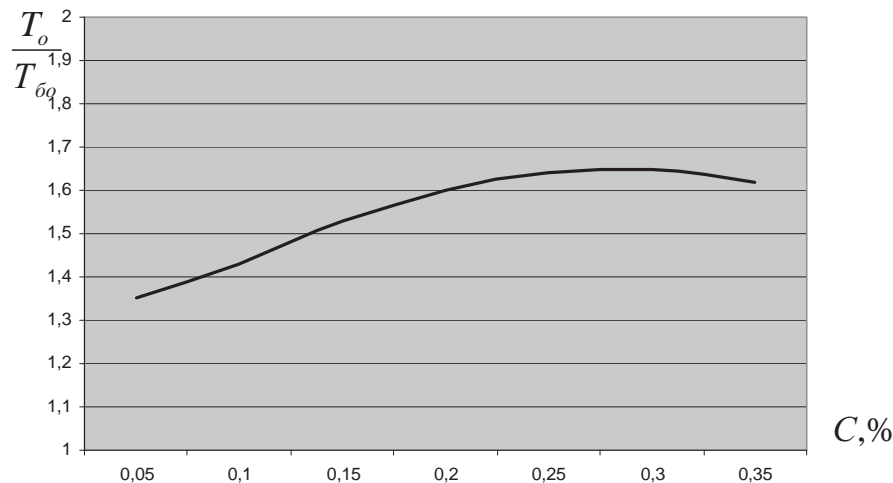


Рис. 5. Изменение прироста ресурса гидроагрегатов средств транспорта в зависимости от концентрации присадки при обработке рабочей жидкости электростатическим полем: T_0 – изменение прироста ресурса из учета электростатической обработки; T_{60} – изменение прироста ресурса без учета электростатической обработки

Согласно зависимости изображенной на рис. 5, максимальный прирост ресурса при использовании электростатической обработки рабочей жидкости имеет место при концентрации присадки на уровне 0,28–0,32 % и увеличивается в 1,65 раза.

Выводы

1. В целом, электростатическая обработка РЖ приводит к снижению скорости изнашивания до 1,5 раза в исследуемом диапазоне концентраций. Причем, с ростом концентрации ПАВ скорость изнашивания имеет минимальные значения для обоих случаев.
2. Применение электростатической обработки РЖ смещает минимум скорости изнашивания образцов трения в область больших значений концентрации ПАВ. Это подтверждает факт разрушения в электростатическом поле надмолекулярных структур.
3. Полученные результаты позволяют установить рациональные значения концентрации ПАВ в РЖ для двух вариантов ее эксплуатации, с учетом минимума износа деталей гидроагрегатов средств транспорта.

Список литературы

1. Ахматов А. С. Молекулярная физика граничного трения. - М.: Физматгиз, 1963. – 472 с.
2. Лысиков Е. Н. Физические основы механизма воздействия электростатического поля на структуру рабочей жидкости гидроприводов строительных и дорожных машин // Весник Харьковського державного автомобільно-дорожного технічного університету. – Харьков: РІО ХГАДТУ, 2000. – № 11. – С. 44–47.

3. Лысиков Е. Н., Косолапов В. Б. Интенсификация адсорбционной способности рабочей жидкости гидроприводов путем воздействия на нее электростатическим полем // Вестник Харьковского государственного автомобильно-дорожного технического университета. – Харьков: РИО ХГАДТУ, 2000. – № 6. – С. 44–47.

4. Руднев В. К. Улучшение противоизносных свойств нефтепродуктов электрообработкой // Тр. междунар. науч. – техн. конф. «Интерстроймех 2002». Могилев: –МГТУ, 2002. – С. 303–304.

INFLUENCING ELECTRIC TREATMENT OF WORKING LIQUID ON RESOURCE OF KNOTS, FRICTION OF THE HYDRAULIC SYSTEMS OF FACILITIES TRANSPORT

V. N. ASTANOV, Cand. Tech. Scie., Pf.

V. A. STEFANOV, assistant

Experimental researches of influencing concentration molecules of stearin acid on the properties of working liquid taking into account treatment by its electric field are conducted. Rational concentration, at which a minimum wear of pairs of friction is is definite. A method is developed rise of resource of the hydraulic systems facilities of transport by treatment of working liquid by the electric field.

Поступила в редакцию 27.04 2012 г.