

9. Krishenik, P. M. Stability of Thermal Front with Heat Conductivity Dependent on Temperature [Текст] / P. M. Krishenik, K. G. Shkadinskii // International Journal of Self-Propagating High-Temperature Synthesis. - 2004. V.13. - №4. - P.253-261.
10. Krishenik, P. M. [Текст] / P. M. Krishenik, A. I. Mamedov, S. I. Khudayev, G. V. Shkadinskaja, G. B. Manelis // Mathematical Modeling of Nonadiabatic Combustion in a Stream. 1993. Nato Advanced Study Institute. Unsteady Combustion. - 1993. - P.17.1-17.7.

Розглянуто питання впливу електрофізичної обробки бензину А-92 і авіапалива ТС-1 на формування зносостійкості пар тертя паливних систем. Експериментально встановлені закономірності впливу електромагнітної обробки бензину А-92 і авіапалива ТС-1 на його протизносні властивості, на формування зносостійкості поверхонь тертя, яке базується на особливостях зміни щільності і рівномірності вторинних структур

Ключові слова: надійність, електрофізична обробка, електромагнітне поле, паливо, паливні системи, зносостійкість, протизносні властивості

Рассмотрен вопрос влияния электрофизической обработки бензина А-92 и авиатоплива ТС-1 на формирование износостойкости пар трения топливных систем. Экспериментально установлены закономерности влияния электромагнитной обработки бензина А-92 и авиатоплива ТС-1 на его противоизносные свойства, на формирование износостойкости поверхностей трения, которое базируется на особенностях изменения плотности и равномерности вторичных структур

Ключевые слова: надёжность, электрофизическая обработка, электромагнитное поле, топливо, топливные системы, износостойкость, противоизносные свойства

УДК 667.637.22:629.7.065(045)

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ ТОПЛИВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ПАР ТРЕНИЯ

Е. Л. Матвеева

Кандидат технических наук, доцент*
E-mail: mol@ukr.net

И. Л. Трофимов

Кандидат технических наук, доцент*
E-mail: troffi@ukr.net

М. Н. Свирид

Кандидат технических наук, доцент
Кафедра технологий изготовления и восстановления
авиационной техники**
E-mail: svirid_mn@ukr.net

А. П. Андриевский

Кандидат военных наук
Исследовательский центр
Научно-исследовательский институт военных сил Украины
пр. Воздухофлотский, 6, г. Киев, Украина 03168
E-mail: troffi@ukr.net

К. В. Бзенко

Кафедры химической технологии**
E-mail: katya.misko@mail.ru

*Кафедра экологии

**Национальный авиационный университет
пр. Космонавта Комарова 1, г. Киев, Украина 03058

1. Введение

Исследования, о которых идет речь в статье, относятся к отрасли машиностроения. В связи с резким падением природных ресурсов, повышения эксплуатационных свойств смазочных сред (СС) становится актуальной научно-технической проблемой. Поэтому вопрос относительно повышения эксплуатационных свойств рабочих жидкостей, в частности путём воздействия электромагнитным полем (ЭМП), является одним из составляющих при рассмотрении приори-

тетных направлений обеспечения надежности работы моторной техники и узлов трения.

2. Постановка проблемы. Цель и задачи исследования

Современная техника оснащена сложными гидросистемами, исполняющими важные функции в работе управления летательными аппаратами и наземной техники. Надежность топливных и гидравлических агрегатов в значительной степени зависит от работоспособности прецизионных пар трения. В результате

повышенного изнашивания, разрушения и заклинивания пар трения возникают отказы гидроагрегатов, появляется необходимость планомерной замены изношенных деталей. К наиболее часто встречающимся дефектам следует отнести заклинивание плунжерных, пластинчатых и золотниковых пар, разрушение подшипников качения, износ подпятников плунжеров и т. д. Специфичность этих пар трения нуждается в критическом подходе в вопросе использования к ним существующих представлений относительного влияния смазывающих сред, механических свойств материалов, шероховатости сопрягающих поверхностей, скорости их относительного перемещения.

Цель работы – повышение надёжности деталей топливных систем за счет устранения причин возникновения отказов агрегатов, проведения анализа конструкционных, технологических и эксплуатационных факторов, определяющих их работоспособность, и разработка на этой основе мероприятий, обеспечивающих безотказную работу пар трения.

Важнейшим условием реализации надёжности, заложенной в конструкцию топливно-гидравлических агрегатов, является улучшение эксплуатационных свойств рабочих жидкостей. На сегодня требования к режимам и свойствам работы горюче-смазочных материалов определяют необходимость повышения их противоизносных свойств и поиску новых направлений и методов для этого.

В этой работе, для улучшения эксплуатационных свойств топлив предлагается электрофизическая обработка, которая происходит при их пропускании через электромагнитное или магнитное поле.

3. Основная часть. Анализ литературных источников по теме исследований

Анализ литературных источников [1–3] показывает заинтересованность авторов в экспериментальных и теоретических разработках повышения противоизносных свойств прецизионных пар трения и исследованиях влияния электромагнитного поля на состояние и свойства рабочих жидкостей.

В работе [4] показано, что одним из способов повышения эксплуатационных свойств топлив является их электрофизическая обработка, которая происходит при пропускании рабочей жидкости через магнитное поле при одновременном наложении высокочастотного электромагнитного поля с частотой, равной частоте прецессии протонов в данном магнитном поле. Авторами установлено, что электрофизическая обработка дизельного топлива уменьшает часовой и удельный расходы топлива на 2...4 % на всех частотах вращения коленчатого вала, при этом наибольший эффект наблюдался в режиме холостого хода (часовой расход топлива уменьшился на 8...12 %).

Рядом исследователей [4, 5] доказано, что при обработке топлива электрическим полем на его капли, кроме молекулярных сил, которые определяют их прочность, действуют аэродинамические и электрические силы, направленные в противоположную сторону. Снижение поверхностного натяжения капли приводит к более тонкой распыленности жидкости, улучшению

сгорания и, как следствие, понижению токсичности отработанных газов.

Был усовершенствован метод обработки горюче-смазочных материалов электрическим полем, который позволяет в несколько раз повысить противоизносные свойства топлив и масел [6, 7].

В связи с этим вопрос влияния электрофизической обработки топлив на формирование износостойкости пар трения топливных систем остается открытым.

4. Экспериментальные данные и их обработка

С целью определения влияния магнитного поля на физико-химические и эксплуатационные свойства углеводородных топлив был разработан способ обработки топлива [8] и фильтр-активатор топлива [9], суть которых заключается в том, что за счет влияния импульсов электромагнитного поля, возникающего вокруг витков электрического провода высокого напряжения во время прохождения по ним высоковольтных импульсов электрического тока от источника импульсов высокого напряжения, осуществляется частотная импульсная электромагнитная обработка топлива, в результате которой топливо активируется, в частности, улучшаются физико-химические свойства топлива.

Обработка (активация) топлива линиями импульсов электромагнитного поля вызывает улучшение таких эксплуатационных характеристик топлива как прокачиваемость, испаряемость, воспламеняемость, горючесть, а также улучшение таких энергетических характеристик топлива как летучесть, снижение температуры воспламеняемости, повышения устойчивости горения.

Импульсы электромагнитного поля обеспечивают дробление, изменение структуры и конфигурации молекул топлива, ослабление связей между ними, уменьшение их поверхностного натяжения. Кроме того, некоторые молекулы топлива на достаточный промежуток времени заряжаются, вследствие чего активнее соединяются с окислителем - кислородом. Это способствует более оптимальному смешению топливо-воздушной смеси в камере сгорания и, как следствие, повышение полноты сгорания.

Было установлено, что топлива, подвергнутые данной электромагнитной обработке, характеризовались уменьшением вязкости и плотности, на протяжении 12 часов после обработки наблюдалась динамика увеличения показателя кислотности.

Учитывая данные изменения физико-химических свойств топлив, правомерно было бы предположить, что возможны аналогичные изменения и противоизносных свойств обработанных топлив, которые являются важным эксплуатационным показателем. В этой связи для исследования влияния электрофизической обработки топлив и маловязких жидкостей на изменение противоизносных свойств и коэффициента трения был использован комплекс для изучения трибологических характеристик горюче-смазочных материалов, разработан авторами [10]. Технические условия комплексов дают возможность делать фотографические снимки и видео съемку поверхностных превращений в динамическом режиме.

В качестве рабочей жидкости было выбрано авиатопливо ТС-1, которое обладает низкими противоизносными и реологическими свойствами и обеспечивает граничное трение в узлах. Также электрофизической обработке поддавался бензин А-92, который выступает топливом для легковых, грузовых и специальных автомобилей. Испытания проводились за схемой трения «палец-плоскость» материал образцов ШХ15 – фотографическое стекло $\vartheta = 0,30; 0,630$ м/с, $P = 5$ Н. Размеры пальца-образца: диаметр – 4 мм, длина – 25 мм. Образец № 1 и № 3 работали в базовой (не обработанной) среде авиатоплива ТС-1 и бензина А-92 соответственно. Образец № 2 и № 4 работали в среде авиатоплива ТС-1 и соответственно бензина А-92, обработанных полями в течение 1 часа при напряжении $U = 32000$ В и напряженности поля $E = 4 \cdot 10^6$ В/м. Образец № 5 работал в среде бензина А-92, обработанного ЭМП, через 24 часа периода релаксации. Массу опытных образцов измеряли на аналитических весах повышенной точности «АДВ-200 2Кл».

Результаты экспериментов приведены в табл. 1. Из табл. 1 видно, что при одинаковых условиях проведения эксперимента и при одинаковом пройденном пути (в среде авиатоплива – 12 км, в бензине – 3 км) для образца № 1 величина изнашивания за массой составила 0,0013 г, для образца № 2 – 0,0003 г, разница составила – 0,001 грамма. Для образца № 2 разница за массой в 0,001 г составила только через 22 км пройденного пути. Для образца № 3 величина изнашивания за массой составила 0,0032 г, для образца № 4 – 0,0012 г, разница составила – 0,002 грамма. Для образца № 5, разница составила – 0,0025 грамма.

Таблица 1

Результаты экспериментов проведённых на комплексе для изучения трибологических характеристик горючесмазочных материалов

Номер образца / среда	Масса, <i>m</i> , г	Пройденный путь, <i>S</i> , км	Скорость трения, ϑ , м/с	Нагрузка, <i>P</i> , Н
Образец № 1 / ТС-1	2,1478	0	0,630	5
	2,1465	12		
Образец № 2 / ТС-1_эмп	2,1539	0		
	2,1536	12		
	2,1529	22		
Образец № 3 / А-92	2,1575	0	0,330	5
	2,1543	3		
Образец № 4 / А-92_эмп	2,1543	0		
	2,1531	3		
Образец № 5 / А-92_эмп_релакс.	2,1545	0		
	2,1520	3		

Результаты исследований коэффициентов трения трибосопряжений приведены на рис. 1, 2.

Установлено, что с увеличением напряженности электрического поля снижается коэффициент трения скольжения (рис. 1). Это можно объяснить увеличением подвижности частей молекул, вызванное дроблени-

ем малоподвижных крупных молекул смазочных сред с помощью электромагнитного поля.

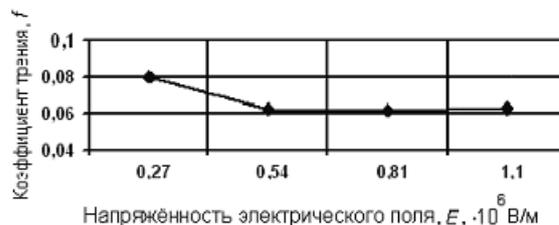


Рис. 1. Зависимость коэффициента трения стали ШХ15 от напряженности электрического поля при скорости скольжения $\vartheta = 0,6$ м/с в авиатопливе ТС-1

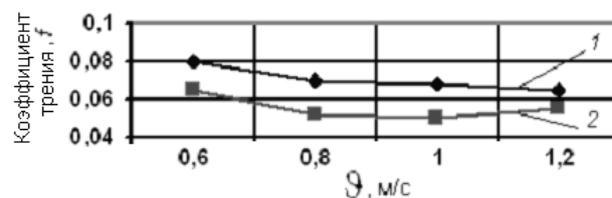


Рис. 2. Зависимость коэффициента трения стали ШХ15 от скорости скольжения при удельной нагрузке $P = 5$ кг/см²: 1 – в авиатопливе ТС-1 в состоянии поставки; 2 – в авиатопливе обработанном ЭМП в течении 1 часа при напряжении $U = 32000$ В и напряженности поля $E = 4 \cdot 10^6$ В/м

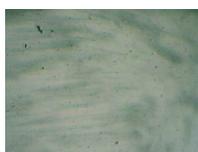
Установлено снижение коэффициента трения стали ШХ15 с ростом скорости скольжения. Коэффициент трения при смазке контакта авиатопливом ТС-1, обработанного электромагнитным полем в 1,3 раза меньше в сравнении с коэффициентом трения, полученным в ТС-1 в состоянии поставки (рис. 2). Снижение коэффициента трения можно объяснить уменьшением величины поверхностного натяжения топлива при его обработке ЭМП, что также экспериментально установлено.

Оптическое сравнение поверхностей трения образцов показывает (рис. 3), что в случае их наработки при $\vartheta = 0,63$ м/с и одинаковых путях трения в авиатопливе ТС-1, обработанном электрическим полем, окислительные пленки начинают образовываться значительно позже и в сравнении через 1000 м пройденного пути окислительных пленок почти не обнаружено.

Исследуя поверхность образцов наработанных при $\vartheta = 0,8$ м/с, через 1000 м трения обнаружено последующее образование и накопление окислительных пленок, через 12000 м трения – четко видно сформированы пленки, которые занимают достаточно значительную площадь поверхности трения. Но для образцов, наработанных в ТС-1 обработанном электромагнитным полем через 12000 м трения установлено резкое уменьшение количества вторичных структур и уменьшение их площади на поверхности трения. Это дает право утверждать об их разрушении и вынесении из поверхности трения при указанном пройденном пути. Аналогичная картина наблюдалась на микрофотографиях поверхности образцов, наработанных при $\vartheta = 1,2$ м/с через 12000 м пройденного пути трения, а в случае наработки в базовом авиатопливе ТС-1 окисные пленки выглядят четко сформированными и имеют четкие

пределы перехода от вторичной структуры к структуре основного металла. В тоже время, для образцов, наработанных в обработанном ЭМП авиатопливе – более тонкими и эластичными.

Наработка образцов в базовом авиатопливе ТС-1
Наработка образцов в обработанном электромагнитном полем авиатопливе ТС-1 ЭМП



Поверхность образца через 1000 м пути трения



Поверхность образца через 1000 м пути трения

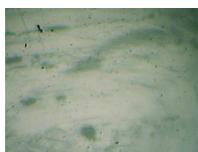
$v = 0,63$ м/с, $P = 5$ Н



Поверхность образца через 1000 м пути трения



Поверхность образца через 1000 м пути трения



Поверхность образца через 12000 м пути трения



Поверхность образца через 12000 м пути трения

$v = 0,8$ м/с, $P = 5$ Н



Поверхность образца через 1000 м пути трения



Поверхность образца через 1000 м пути трения

$v = 1,2$ м/с, $P = 5$ Н

Рис. 3. Микрофотографии поверхностей образцов стали ШХ15; x150

Сравнивая поверхности трения образцов (рис. 4), наработанных в бензине, обработанном ЭМП при постоянной скорости $v = 0,330$ м/с и нагрузке $P=5$ Н обнаружено, что окислительные пленки являются тоньше и более эластичными, что полностью объясняет получение меньшего значения величины изнашивания при одинаковом пройденном пути трения. На обеих поверхностях вторичные структуры направленные за движением трения и на стадии формирования выглядят одинаково. Через 3000 м пути, пленки образца наработанного в обработанном ЭМП бензине, становятся значительно больше за длиной и шириной, также

имеют разрушенные участки, которые чередуются с участками самих пленок (по-сравнению с пленками образца наработанном в базовом бензине).

Наработка образца в среде бензина, обработанного ЭМП по истечению 24 часов после обработки показала, что плёнки выглядели полностью сформированными и ориентированными за направлением движения, а сама поверхность трения очень похожа на поверхность трения образца наработанного в базовом бензине при одинаковом пройденном пути.

Наработка образцов в базовом бензине А-92
Наработка образцов в обработанном электромагнитном полем бензине А-92 ЭМП



Поверхность образца через 1000 м пути трения



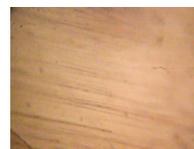
Поверхность образца через 1000 м пути трения



Поверхность образца через 3000 м пути трения



Поверхность образца через 3000 м пути трения



Поверхность образца через 3000 м пути трения (наработка в среде бензина через 24 часа релаксации)

$v = 0,330$ м/с, $P = 5$ Н

Рис. 4. Микрофотографии поверхностей образцов стали ШХ15; x150

5. Выводы

В результате проведения экспериментальных исследований установлено, что:

- обработка авиатоплива ТС-1 и бензина А-92 ЭМП приводит до улучшения их противоизносных свойств.
- при одинаковых значениях скоростей скольжения и пройденном пути величины изнашивания образцов по массе наработанных в обработанном ЭМП авиатопливе ТС-1 в 3,5 раз меньше, чем наработанных в базовом авиатопливе. Для образцов наработанных в обработанном ЭМП бензине А-92 в 2,5 раз меньше, чем наработанных в базовом бензине;
- установлено, что коэффициент трения при смазке контакта авиатопливом ТС-1, обработанного электромагнитным полем в 1,3 раза меньше в сравнении с ко-

ефективним тренням, отриманим в ТС-1 в стані поставки;

– загальний вигляд поверхностей трення показує, що нароботані трибологічні плівки на поверхнях трення, які працювали в обробленому ЕМП

авіаітопливі ТС-1 і бензині А-92, являються більш рівномірними і щільними, порівняно з аналогічними параметрами зразків працюючих в цих же середовищах в стані поставки.

Література

1. Підвищення ресурсу технічних систем шляхом використання електричних і магнітних полів : монографія / Е. Е. Александров, І. А. Кравець, Е. П. Лысиков, О. В. Солов'єв, А. А. Тропіна. – Харків: НТУ „ХПІ”, 2006. – 544 с.
2. Кравець, І. А. Ремонтна регенерація трибо систем / І. А. Кравець – Т.: Видавництво Березанського агротехнічного інституту, 2003. – 284 с.
3. Евдокимов, А.Ю. Смазочні матеріали і проблеми екології : навч. посібник / А. Ю. Евдокимов, І.Г. Фукс, Т.Н. Шабаліна. – М.: ГУП Нефть і газ, 2000. 424 с.
4. Морозов, В.І. Вплив електрофізичного впливу на експлуатаційні властивості дизельного палива / В.І. Морозов, Я.Е. Белоконь, А.І. Окоца. // Дослідження процесів підготовки, застосування і контролю якості авіаГСМ і спецжидкостей. – 1992. № 5. – С. 94–98.
5. Баженов Ю.В. Трибоелектризація масла і дизельного палива // Ю.В. Баженов, Ю.А. Микипорис, А.Н Павлов // Тренні і смазка в машинах і механізмах. - 2006. № 10. - С. 24–27.
6. Трофімов, І. Л. Підвищення триботехнічних властивостей палив і олів електричним полем / І. Л. Трофімов // Проблеми хімії і хімічної технології. – №3/2010. – С. 132–137.
7. Trofimov, I. Study of antiwear properties of ts-1 jet fuel treated with electric field / I.L. Trofimov, N.N. Zakharchuk // Systems and means of motor transport (selected problems), by Politechnika Rzeszowska. – Rzeszow, Poland. – p. 295-301.
8. Пат.72848 Україна. F02M 27/00, F02M 27/04 (2006.01). Спосіб обробки палива / Андрієвський А.П., Матвєєва О.Л., Нечосов В.В.; заявники і власники Андрієвський А.П., Матвєєва О.Л., Нечосов В.В. – № u2012 03103; заявл. 16.03.2012; опубл. 27.08.2012, Бюл. №16.
9. Пат.72858 Україна. B01D 36/00, F02M 27/04 (2006.01). Фільтр-активатор палива / Андрієвський А.П., Матвєєва О.Л., Нечосов В.В.; заявники і власники Андрієвський А.П., Матвєєва О.Л., Нечосов В.В. – № u2012 03245; заявл. 19.03.2012; опубл. 27.08.2012, Бюл. №16.
10. Свирид, М.М. Комплекс для дослідження триботехнічних параметрів вузла тертя / М.М. Свирид, В.Г. Парашанов, А.В. Онищенко // Проблеми тертя та зношування. – 2006, № 45. – С. 204–209.

УДК 550.34.03.49

ИССЛЕДОВАНИЯ ЛИНЕЙНОЙ УСАДКИ ПРИ НЕПРЕРЫВНОМ ЛИТЬЕ АЛЮМИНИЯ

Ю. П. Таран

Инженер

ПАО «Запорожский

алюминиевый комбинат»

ул. Южное Шоссе, 15,

г. Запорожье, Украина, 69032

E-mail: upt2010@ukr.net

Швидкісний процес безперервного лиття алюмінію характеризується нерівномірним теплообміном по довжині злитку. В результаті утворюється лінійна усадка металу, змінюється довжина відливої заготовки. Існуючі системи автоматичного керування, що працюють по відхиленню довжини заготовки, не забезпечують потрібної якості регулювання, тому при удосконаленні системи автоматичного керування довжиною заготовки актуальним завданням є дослідження закономірностей утворення лінійної усадки

Ключові слова: алюмінієва катанка, лінійна усадка, система керування ливарно-прокатним модулем

Скоростной процесс непрерывного литья алюминия характеризуется неравномерным теплообменом по длине слитка. В результате образуется линейная усадка металла, изменяется длина отливной заготовки. Существующие системы автоматического управления, работающие по отклонению длины заготовки, не обеспечивают нужного качества регулирования, поэтому при совершенствовании системы управления длиной отливной заготовки актуальной задачей является исследование закономерностей образования линейной усадки

Ключевые слова: алюминиевая катанка, линейная усадка, система управления литейно-прокатным модулем