

# Літальні апарати: аеродинаміка, силові установки, обладнання та озброєння

УДК 621.891

В.В. Варваров<sup>1</sup>, О.А. Усачева<sup>1</sup>, А.Г. Кравцов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков

<sup>2</sup>Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко, Харьков

## УСКОРЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ АГРЕГАТОВ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

*В статье приведены результаты сравнительной оценки триботехнических характеристик гидравлических смазочных материалов при добавке в них присадки на основе высокоолеинового рапсового масла. В качестве ускоренного метода оценки противозносных свойств использован метод акустической эмиссии.*

**Ключевые слова:** трибосистема, гидравлические рабочие жидкости, износостойкость, задиростойчивость, акустическая эмиссия.

### Введение

Агрегаты гидравлических систем играют важнейшую роль в системах управления летательного аппарата авиационного двигателя, поэтому их надежности всегда уделялось большое внимание, как в процессе изготовления, так и при проведении различных видов ремонта.

Использование высококачественных смазочных материалов является одним из способов повышения износостойкости, что, в свою очередь увеличивает ресурс агрегатов. Это достигается введением в смазочные материалы комплексных пакетов присадок. Современное развитие биотехнологий и генетики позволяет использовать в качестве эффективных присадок органических добавок с повышенным содержанием олеиновой кислоты [1] и углерода способным к образованию карбидов в поверхностном слое металлов трибосистем, которые способствуют повышению их износостойкости.

Таким образом, исследование триботехнических процессов при использовании такого рода добавок гидравлическим маслам, которые широко используются как в отечественной, так и в зарубежной авиации представляют значительный практический интерес.

**Анализ последних достижений и публикаций.** В странах ЕС, а именно, Германии, где остро поставлен вопрос экологизации в рамках Киотского протокола и ряда программ относительно улучшения экологического состояния [2, 3], было построено и налажено ряд технологических линий по переработке рапсового масла в технические трансмиссионные и гидравлические масла.

Анализ интернет источника [4] показал, что в США недавно было построено мощный завод по

переработке соевого масла в смазочные материалы, которые используются в узлах сельскохозяйственной техники, а именно, в качестве рабочих жидкостей гидрооборудования.

На сегодняшний день компания Shell выпускает широкий ассортимент биологических не вредных смазывающих материалов на базе высокоочищенного рапсового масла различного функционального предназначения Shell Naturelle Fluid [5].

Первые попытки изготовления трансмиссионных масел из рапсового масла на территории Украины были на базе завода технических масел «АРИАН» [6], который разработал и внедрил в производство ряд масел с растительными компонентами.

Одной из проблем, которая в настоящее время сдерживает широкое внедрение в авиации присадок к гидравлическим маслам полученных с помощью биотехнологий является длительность и дороговизна триботехнических испытаний. Для разрешения данной проблемы авторами работ [7] использован метод акустической эмиссии (АЭ) который позволяет регистрировать скорость изнашивания трибосистем в реальном масштабе времени и с высокой достоверностью регистрировать их переход к различным видам повреждаемости [8].

**Целью данной работы** является ускоренные триботехнические сравнительные испытания для определения эффективности применения биоприсадок к авиационным гидравлическим маслам: АМГ-10, Skydrol LD-4, Turbonicoil. В качестве присадки использовали продукт перегонки высокоолеинового рапсового масла [9]. С целью сокращения времени испытания на машине трения авторами использована система трибодиагностики на основе акустической эмиссии [8].

## Изложение материалов исследования

Метод АЭ позволяет на микроуровне обнаруживать дефекты и автоматизировать процесс измерения регистрируемых параметров. Он основан на регистрации упругих волн, излучаемых дефектами, которые развиваются в нагруженных конструкциях.

Зародившееся упругие волны напряжений деформаций распространяются в материале объекта контроля и поступают на вход преобразователей АЭ установленном на исследованном изделии. С входа преобразователей АЭ электрический сигнал передается на вход измерительной аппаратуры, фильтруется, усиливается и преобразуется из аналогового в цифровой, а затем вводится в компьютер, где производится обработка информации. При этом с использованием разработанного программного обеспечения и в соответствии с методикой регистрации и обработки сигналов АЭ принимается решение о дефектности объекта контроля [3].

Полная математическая модель, учитывающая подробности «тонкой структуры» импульса достаточно сложна, поэтому при анализе импульсов используются числовые параметры, дающие упрощенное представление о его форме. К таким параметрам можно отнести: амплитуду  $A$ ; длительность импульса  $\tau_{и}$ ; длительность фронта  $\tau_{ф}$  и длительность среза  $\tau_{с}$  импульса.

Линейное пространство сигналов  $L$  является нормированным, если каждому сигналу  $U(t) \in L$  однозначно сопоставлено число  $U$  – норма этого сигнала, причем должны выполняться определенные аксиомы нормированного пространства. Норму сигналов в линейном пространстве вводят разными способами [10]. Так для сигнала  $(U(t), t \in T)$  можно записать:

$$U(t) = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T U^2(t) dt}. \quad (1)$$

Квадрат данной нормы является энергией, а после приведения этой величины ко времени дискретизации – мощностью сигнала.

Испытания на износ проводили на стандартной машине трения 2070 СМТ-1 на плоских образцах из стали ШХ-15 (рис. 1). Прием сигналов АЭ осуществлялся по волноводу (рис. 1).

Испытания проводили в два этапа: на первом этапе определяли максимальную возможную нагрузку, (рис. 2) при которой все испытываемые системы работают без повреждаемости и при допустимых рабочих температурах (не более 100 С). На втором этапе при данной нагрузке проводили ускоренные испытания на износостойкость (в течении 20 мин) с помощью метода АЭ (рис. 3).

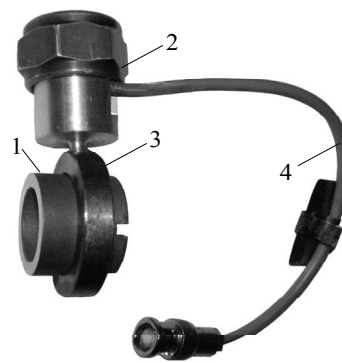


Рис. 1. Устройство для приема сигналов АЭ для кинематической схемы испытаний «кольцо-кольцо»: 1 – неподвижный трибоэлемент; 2 – корпус с датчиком АЭ; 3 – прижимное кольцо; 4 – высокочастотный кабель от датчика АЭ

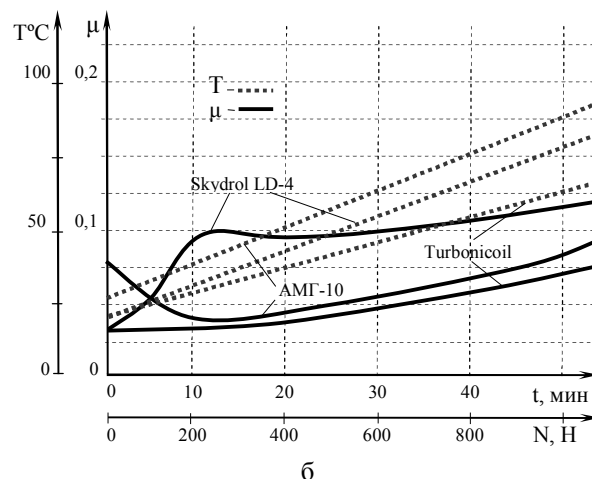
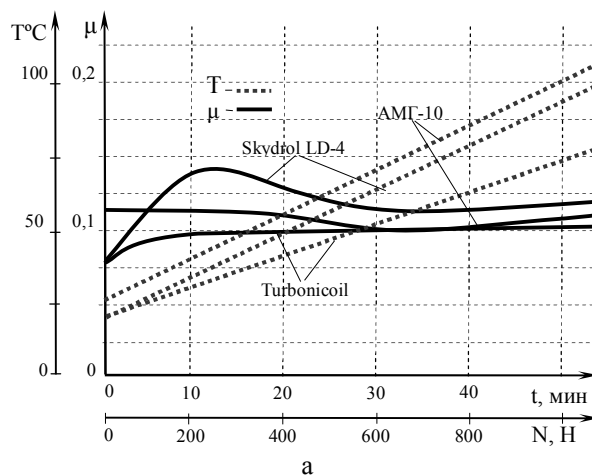


Рис. 2. Графики зависимостей авиационных гидромасел АМГ-10, Skydrol LD-4, Turbonicoil коэффициентов трения и температур от нагрузки во времени испытания: а – без присадки; б – с применением присадки

Для сравнительной оценки износостойкости испытываемых покрытий в процессе проведения испытаний регистрировали уровень АЭ в реальном времени, рис. 3. После испытания проводили интегрирование сигнала АЭ за время 60 мин (на нагрузке 800 Н) строились диаграммы скорости изнашивания в относительных единицах, рис. 4, а также диаграм-

мы изнашивания трибосистем за время 240 мин. Из диаграммы (рис. 3) следует, что она состоит из двух участков: участка приработки и участка стационарного изнашивания. На первом участке скорость изнашивания отличается незначительно, что связано с отсутствием в присадке компонентов которые отвечают за противозадирные свойства смазочных материалов, т.е. их количество составляет на уровне базового смазочного материала. Эта закономерность присуща всем гидравлическим маслам.

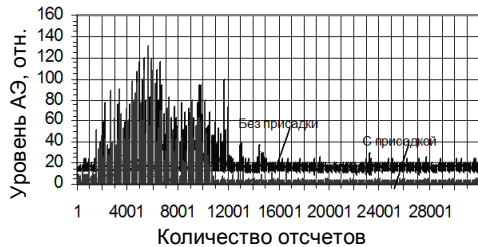


Рис. 3. Уровень АЭ при испытании трибосистемы с рабочей среда гидравлической жидкостью

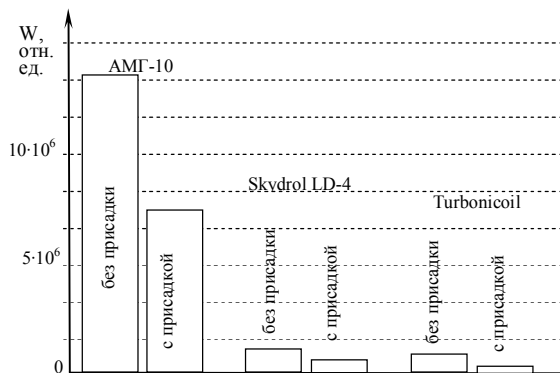


Рис. 4. Диаграммы сравнительных испытаний на износостойкость по показателям АЭ

Анализ полученных результатов показал, что присадка на основе высокоолеинового рапсового масла улучшает противозадирные и практически не изменяет противозадирные свойства.

## Выводы

Комплексные трибологические исследования оценки эффективности присадки дают основания

считать ее эффективным средством для повышения трибологических характеристик смазочных материалов, как на минеральной, так и на синтетической основе и позволяет рекомендовать ее к применению, как в авиации, так и в машиностроении.

## Список литературы

1. Пасальский Б. Використання присадок на базі іонізованих рослинних олій в мастилах і паливі [Текст] / Б. Пасальский, М. Родж'єрс, Б. Жмудь // Товари і ринки. – 2011. – №1. С. 158-169.
2. Директива 2003/30/ЄС від 8 травня 2003 року Європейського Парламенту та Ради по сприянню використанню біологічного палива або інших видів поновлювального палива для транспорту.
3. Директива 2009/28/ЄС від 23 квітня 2009 року «Про стимулювання використання енергії з відновлювальних джерел та доповнення та зміну директив 2001/77/ЄС та 2003/30/ЄС».
4. Bioschierstoffe – umweltfreundliche High-Tec-Schmierung [Elektronische Ressource]. – Zugriffsmodus: URL: <http://www.bioschmierstoffe.info>. – Titelscreen.
5. Смазочные материалы и технические жидкости «Шелл». Каталог 2011. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.shell.com>. – Название с экрана.
6. Рапсовые «биомасла». [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: [http://www.newchemistry.ru/printletter.php?n\\_id=311](http://www.newchemistry.ru/printletter.php?n_id=311).
7. Классификация видов наноизноса по значению коэффициента диссипации подводимой внешней энергии к трибосистеме [Текст] / О.Н. Трошин, В.Н. Стадниченко и др. // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – 2010. – № 1(27) – С. 51-61.
8. Информативное содержание метода акустической эмиссии для безразборной диагностики узлов авиационной техники [Текст] / О.Н. Трошин, Н.Г. Стадниченко, Р.Н. Джус, О.А. Гурин // Наука і техніка Повітряних Сил. – 2012. – № 2(11). – С. 80-83.
9. Дец М.М. Олива для автоматичних коробок передач з використанням як компонента ріпакової олії [Текст] / М.М. Дец, Н.М. Назарчук // Катализ и нефтехимия. – 2001. – № 9-10. – С. 65.
10. Филоненко С.Ф. Акустическая эмиссия. Измерение, контроль, диагностика [Текст] – К.: КМУГА, 1999. – 312 с.

Поступила в редколлегию 11.12.2014

Рецензент: д-р техн. наук, ст. научн. сотр. Е.А. Украинец, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков

## ПРИСКОРЕНІ МЕТОДИ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ АГРЕГАТІВ ГІДРАВЛІЧНИХ СИСТЕМ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ

В.В. Варваров, О.А. Усачова, А.Г. Кравцов

В статті приведені результати порівняльної оцінки триботехнічних характеристик гідравлічних змащувальних матеріалів при доданні в них присадки на основі високоолеїнової ріпакової оливи. Як прискорений метод оцінки протизносних властивостей використаний метод акустичної емісії.

**Ключові слова:** трибосистема, гідравлічні робочі рідини, зносостійкість, задиростійкість, акустична емісія.

## SPEED-UP METHODS OF ESTIMATION OF EFFICIENCY OF TECHNOLOGICAL DECISIONS FOR RISE OF WEARPROOF OF AGGREGATES OF HYDRAULIC SYSTEMS OF AVIATION TECHNIQUE

V.V. Varvarov, O.A. Usachova, A.G. Kravtsov

In the article the resulted results of comparative estimation of tribotechnique descriptions of hydraulic lubricating materials at additions in them of additive on the basis of high-olein rape-seed oil. How speed-up method of estimation of wearproof properties the used method of acoustic emission.

**Keywords:** tribosystem, hydraulic working liquids, wearproof, teasersproof, acoustic emission.