

УДК 621.891

ПОКАЗАТЕЛИ ПРОТИВОПИТТИНГОВОЙ СПОСОБНОСТИ ТРАНСМИССИОННЫХ МАСЕЛ

Войтов В.А., д.т.н., проф., Шевченко А.Н.

*(Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
им. П. Василенко)*

В статье на основе анализа сигналов акустической эмиссии разработан новый метод лабораторной оценки противопиттинговой способности масел и приведены результаты испытаний трансмиссионных масел различных групп эксплуатации по API.

Актуальность вопроса. Для обеспечения надежности механических передач на этапе проектировании обязательно включают прогнозирование отказов, которые связаны с усталостным изнашиванием ответственных узлов трения. С учетом специфики и сложившейся практики в расчетные формулы на контактную выносливость активных поверхностей зубьев или базовую долговечность рабочих площадок подшипников качения вводят коэффициенты, учитывающие влияние смазочного материала. Влияние эксплуатационных свойств смазочного материала на рост усталостных трещин, которые приводят к образованию очагов и ямок на рабочих поверхностях трения, отмечается многими исследователями [1]. По причине усталостного изнашивания, по данным работы [2], выходят из строя ~ 50% деталей и агрегатов трансмиссии автомобилей и выбраковывают при разборке и ремонте до 85% зубчатых передач и подшипников тракторных трансмиссий. Таким образом, контроль показателя противопиттинговой способности масла определяет надежность и долговечность механических передач.

Анализ методов оценки противопиттинговой способности масел. Для оценки противопиттинговой способности (ППС) масел применяют такие методы испытаний, как лабораторные с применением четырехшариковой машины [3,4], так и стендовые – модельные [2] и натурные [5,6]. Проведение испытаний на четырехшариковой машине существенно проще и быстрее по времени, чем испытания на модельных и натурных стендах.

На наш взгляд в работе [3] методика оценки противопиттинговой способности масел на четырехшариковой машине имеет следующие недостатки:

– занимает много времени определение механических свойств шариков, которые должны иметь различную твердость;

– испытания проводят при различных нагрузках 3000 Н и 3900 Н.

Критерием оценки ППС масла служило время появления питтинговых язв на верхнем шарике, которое составляло 10-15 % от общего времени опыта.

В работе [7] разработана методика и показатели противопиттинговой способности масел с использованием четырехшариковой машины и вибродиагностического метода. Однако, как показали многочисленные эксперименты проведенные нами, вибродиагностический метод дает большую дисперсию разброса времени начала усталостного выкрашивания. Это, в свою очередь, снижает информативность вибродиагностического метода.

Отказ от натуральных испытаний обычно связан с их длительностью и плохой воспроизводимостью полученных результатов, при этом оценка простыми лабораторными методами занимает меньше времени в сравнении с модельными и натурными стендовыми.

Постановка задачи. Таким образом, метод испытания по оценке противопиттинговой способности масел должен моделировать условия работы ответственных узлов трения механических передач, зубчатых передач и подшипников качения, быть кратковременным, а также обеспечивать хорошую воспроизводимость результатов исследований.

Метод решения задачи. В статье представлен новый лабораторный метод оценки ППС масел с использованием четырехшариковой машины и метода акустической эмиссии (АЭ).

На рис. 1 представлен нижний узел четырехшариковой машины для крепления испытуемого подшипника № 202, а также комплекс для регистрации сигнала акустической эмиссии.



Рисунок 1 – Внешний вид устройства для исследования противопиттинговых свойств масел:

1 – испытуемый подшипник; 2 – пьезоэлемент; 3 – электронный блок.

Сущность этого метода состоит в анализе сигналов АЭ возникающих на рабочих площадках серийного однорядного шарикового подшипника 202 легкой серии с целью выявления начала развития усталостного изнашивания (питтинга).

Преимущество этого метода, в отличие от температурного и вибрационного методов, является мгновенная реакция на изменение технического состояния подшипника. Схема устройства для определения противопиттинговой способности масел показана на рис.2. Частота вращения шпинделя четырехшариковой машины 1460 об/мин, осевая нагрузка 6174 Н, контактное напряжение в зонах контакта 3874 МПа. Объем испытуемого масла на один эксперимент 12 мл. В качестве показателя оценки ППС масла выбрано время t появления очагов или ямок усталостного изнашивания.

Генерация акустической эмиссии подшипниковым узлом воспринимается пьезоэлектрическим датчиком 8, сигнал от которого усиливается предусилителем 4 и через основной усилитель 7 поступает в компьютер 9. При проведении испытаний наибольшее значение амплитуды акустической эмиссии фиксировалось в диапазоне 200...700 кГц.

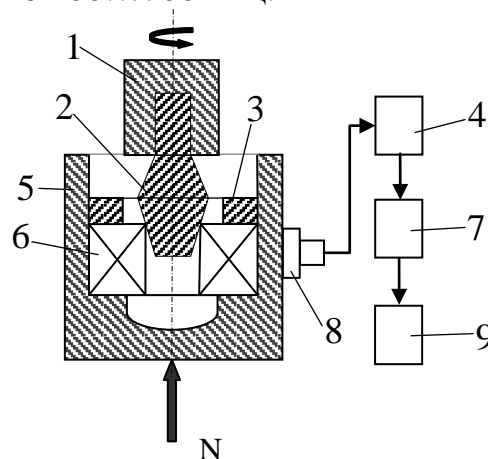


Рисунок 2 – Схема устройства для определения противопиттинговых способностей масел: 1 - шпиндель; 2 – конус; 3 – гайка; 4 – предусилитель; 5 – чашка; 6 – подшипник; 7 – основной усилитель; 8 – пьезоэлемент; 9 – компьютер.

Большое количество проведенных экспериментов по анализу процесса образования усталостного выкрашивания показали, что при оценке начала образования питтинга лучше всего использовать спектральную мощность акустико-эмиссионного излучения, которая определялась по выражению:

$$W_A = \frac{A_{\Sigma}^2}{t_p},$$

где A_{Σ}^2 – суммарное значение квадрата амплитуд за время регистрации t_p ; t_p – время регистрации сигналов АЭ.

В качестве диагностического признака начала появления питтинга использовалось превышение мощности сигнала АЭ в указанной полосе частот над начальным значением более, чем в 2,5 раза, рис.3 и 4.

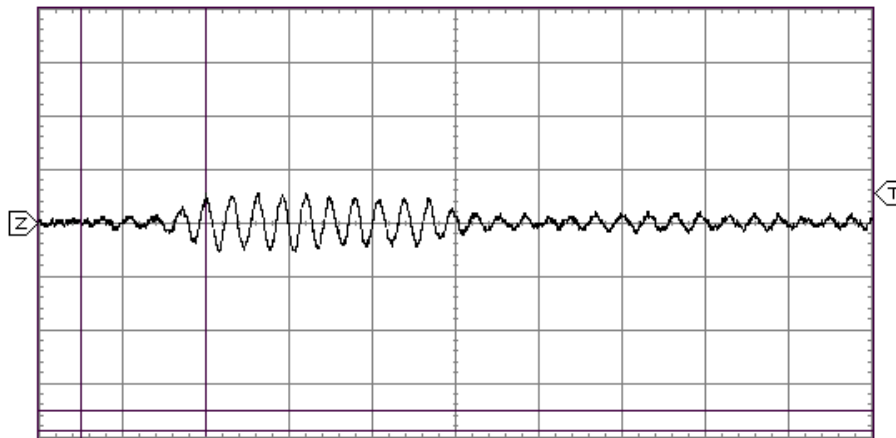


Рисунок 3 – Сигнал акустической эмиссии от подшипника не имеющего усталостного выкрашивания

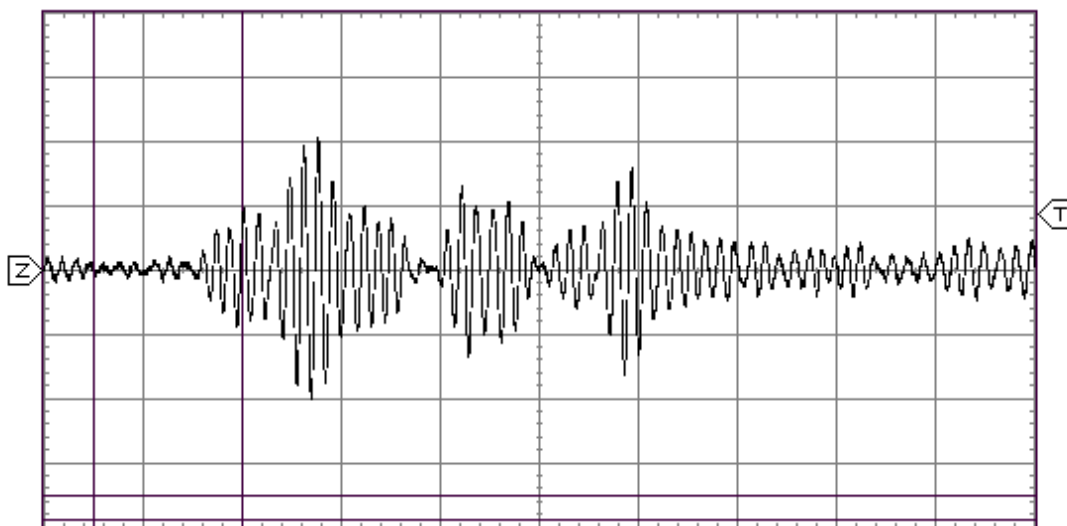


Рисунок 4 – Сигнал акустической эмиссии от подшипника после появления питтинга

Обработка результатов, полученных в ходе проведения эксперимента, осуществлялась с помощью методов математической статистики (критерий Кохрена) [8]. При этом предполагалось, что время появления очагов усталостного изнашивания подчинено нормальному закону распределения. Точность определения τ по предложенному методу, подсчитанная с помощью формул теории случайных погрешностей по результатам восьми параллельных опытов, составляет $\pm 14\%$. При трех параллельных опытах точность определения τ составляет $\pm 32\%$. Такой результат следует считать вполне приемлемым, учитывая высокий коэффициент рассеивания данных по расчету долговечности подшипников. Результаты полученные по предложенному методу показали значительное сокращение времени испытаний масел с различным уровнем эксплуатационных свойств. Характер появления очагов и

ямок усталостного изнашивания на внешнем кольце серийного подшипника после испытания на трансмиссионном масле elf показано на рис.5.

Результаты времени появления очагов усталостного выкрашивания приведены в таблице 1.

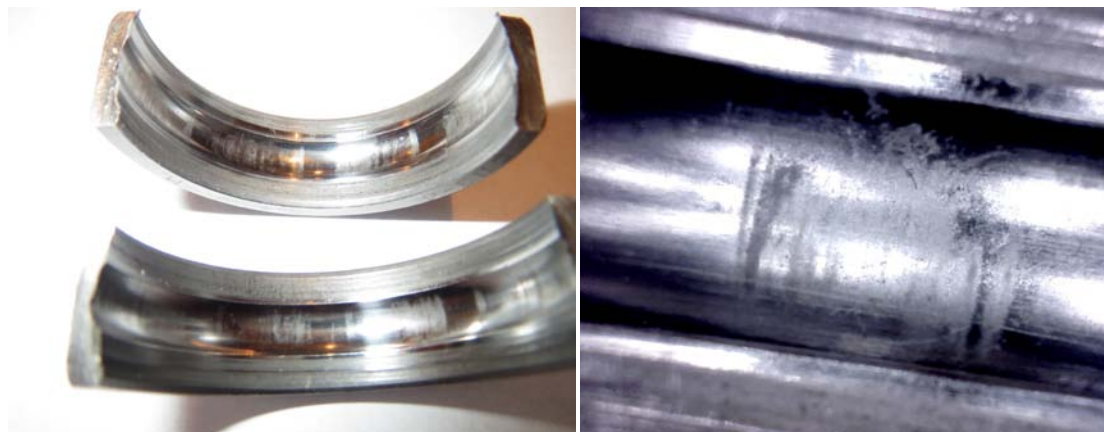


Рисунок 5 – Фотография начала усталостного разрушения дорожки внешнего кольца подшипника

Таблица 1 – Время появления очагов усталостного выкрашивания для различных марок масел

Марка масла	Группа масла по эксплуатационным свойствам по API	Среднее арифметическое время появления очагов усталостного выкрашивания τ , мин
MT-16п	SA	13
K-19	–	16
Castrol EP80	GL-4	33
И-20А	–	35
AVIA MZ80	GL-4	42
ТАп-15В	GL-3	46
МС-14	–	72
elf 80W90	GL-5	78
ТАД-17и	GL-5	90
МС-20	–	120

В таблице 1 приведен рейтинг противопиттинговой способности испытуемых масел в порядке их улучшения свойств.

Выводы. Таким образом, с помощью предложенного лабораторного метода оценки противопиттинговой способности масел, который основан на регистрации и анализе сигналов АЭ, можно выполнить сравнительную оценку способности масла предотвращать усталостное изнашивание деталей и агрегатов трансмиссии.

Список литературы

1. Система показателей качества продукции. Масла смазочные. Номенклатура показателей: ГОСТ 4.24-84. – [Введ. 1985-07-01]. – М.: Стандартиформ, 2011. – 13 с. – (Межгосударственный стандарт).
2. Заскалько П.П., Крысин В.Д., Некрасов В.И. Оценка противопиттинговых свойств трансмиссионных масел // Химия и технология топлив и масел. – 1988. – №5. – С. 27-29.
3. Заскалько П.П., Раджабов Э.А. Метод квалификационной оценки противопиттинговых свойств трансмиссионных масел // Химия и технология топлив и масел. – 1984. – №12. – С. 21.
4. Кривошеин Г.С., Безбородько М.Д. Противопиттинговые свойства масел // Химия и технология топлив и масел. – 1961. – №6. – С. 47-50.
5. Соколов В.В., Ефремов В.Н. К выбору масел для коробок передач автомобилей с дизелями // Автомобильная промышленность. – 1979. – №1. – С. 5 – 6.
6. Иосебидзе Д.С., Чихладзе Г.Е. Исследование возможности повышения долговечности главной передачи автомобилей КамАЗ путем применения углеродного суспензионного масла // Трение и износ. – 1984. – Т.5, №4. – С. 664 -669.
7. Войтов В.А. Методика оценки показателя противопиттинговой способности смазочных материалов / В.А. Войтов, С.А. Митиков, М.И. Суханов, С.А. Шевченко // Проблемы трибологии. – 2006. – № 1. – С. 39 – 43.
8. Львовский Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул: Учебн. Пособие для втузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш.шк., 1988. – 239 с.

Анотація

Показники протівопінтінгової здатності трансмісійних олив

Войтов В.А., Шевченко О.М.

У статті на основі аналізу сигналів акустичної емісії розроблений новий метод лабораторної оцінки протівопінтінгової здатності олив та наведено результати випробувань трансмісійних масел різних груп експлуатації по API.

Abstract

Indicators vs. pitting ability transmission oils

Vojtov V.A., Shevchenko A.N.

Based on the analysis of acoustic emission signals developed a new method of laboratory evaluation vs. pitting ability oils and results of tests of gear oils for various groups' exploitation API are presented in the article.