

## ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ УМЕНЬШЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ ПОДШИПНИКАХ СКОЛЬЖЕНИЯ

Александру ОСМАТЕСКО<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Технический Университет Молдовы, Факультет Инженерной Механики, Промышленности и Транспорта, Департамент Инженерной Механики, Докторская школа Механическая и Гражданская Инженерия, Кишинёв, Республика Молдова

\*[osmatesko@inbox.ru](mailto:osmatesko@inbox.ru)

**Аннотация.** Выявлены и изучены методы уменьшения коэффициента трения в современных подшипниках скольжения. Изучена идея создания «двигательного комплекса» и требования предъявленные к этому. Изучено влияние геомодификатора трения на противоизносные и противозадирные свойства смазочных материалов. Также изучено применение ультрадисперсных алмазов (УДА) путем добавки в моторное масло для повышения работоспособности пар трения скольжения.

**Ключевые слова:** подшипник скольжения, смазка, трение, износ, работоспособность.

### Введение

К числу наиболее важных процессов в трибологии относятся трение и износ. О важности проблем трибологии говорят следующие цифры: потери на трение составляют до 30% потребляемой в мире энергии, а расходы на устранение преждевременного износа машин достигают 2% валового национального продукта развитых в промышленном отношении стран. По данным Международного комитета по трибологии, экономия от использования достижений в области трибологии в Китае составляет ежегодно 41,5 миллиарда долларов США.

Объектом исследования трибологии является фрикционный контакт. Это сложная система, состоящая из двух взаимодействующих тел и промежуточной среды (третье тело). Поверхностные слои взаимодействующих тел существенно неоднородны.

Основными прикладными направлениями трибологии являются:

- обеспечение требуемых значений контактной жесткости, износостойкости, долговечности трибосопряжений (подшипники, уплотнительные устройства и т.д.) при заданных условиях эксплуатации;
- снижение энергетических потерь на трение (опоры), обеспечение высокой энергоемкости (тормоза, фрикционные передачи);
- экономия материалов за счет снижения их износа;
- решение экологических проблем [1].

### Методы уменьшения трения

В наше время, уже существуют пути улучшения, стремящиеся к решению, данных прикладных направлений.

Создание «ДК (двигательный комплекс)», в котором собраны преимущества и устранены недостатки водяных и масляных систем (экологически чистые системы). Он должен отвечать следующим требованиям:

- а) смазочно-охлаждающая жидкость (СОЖ), используемая для подшипников должна быть нетоксичной; экологически чистой, тяжелее пресной и морской воды и полностью растворяться в воде в процессе погружения; обладать минимальной коррозионной агрессивностью по отношению к углеродистой стали; иметь пологую характеристику изменения вязкости в диапазоне температур от 0 до 80 °С;
- б) для антифрикционного слоя подшипников должны использоваться тепло- и износостойкие материалы, способные работать при смазке экологически чистой СОЖ без набухания;

- c) уплотнения должны иметь простую конструкцию, обеспечивать минимальные протечки СОЖ и препятствовать проникновению посторонних веществ;
- d) уплотнение вала должно быть абсолютно надёжным и не допускать посторонних веществ.

Подводя итоги, можно сделать вывод о том, что идея создания «ДК» вполне реальна. Практически все требования к такому комплексу могут быть выполнены. Останется только задача повышения надёжности валов как самостоятельных изделий, но это за рамками трибологии.

В исследований влияния геомодификатора трения на противоизносные и противозадирные свойства смазочных материалов, [2]:

- a) Установлена эффективная концентрация добавки в пластичных смазочных материалах, равная 3%. В ходе проведения сравнительных испытаний пластичных смазочных материалов с добавлением геомодификатора трения на противоизносные свойства, с различной основой (загустителем), при нагрузке 392 Н и предварительном нагреве до 75 °С, выявлено следующее:

- Серпентин, как геомодификатор трения, улучшает противоизносные свойства смазочного материала Литол-24 на 8% при массовой доле добавки 1%, и на 12% при массовой доле добавки 3%. При испытаниях с нагрузкой в 196 Н и без предварительного нагрева, ГМТ улучшает противоизносные свойства Литола-24 на 43% при массовой доле добавки 0,5%, на 45% при массовой доле добавки 1%, на 47% при массовой доле добавки 2%, и на 51% при массовой доле добавки 3%. При испытаниях с нагрузкой в 392 Н и без предварительного нагрева, геомодификатор трения марки «Прима 2» улучшает противоизносные свойства Литола-24 на 20% при массовой доле добавки 3%. В связи с чем сделан вывод о том, что модифицированный смазочный материал, загустителем которого является литиевое мыло, при испытаниях на четырехшариковой машине трения, проявляет улучшенные противоизносные свойства;
- Геомодификатор трения улучшает противоизносные свойства смазочного материала Castrol LMX Li-Komplexfett на 12% при массовой доле добавки 1%, и на 13% при массовой доле добавки 3%. ГМТ снижает противоизносные свойства смазочного материала ExxonMobil Mobilgrease XHP 222 на 7% при массовой доле добавки 1%, и на 16% при массовой доле добавки 3%. В связи с чем сделан вывод о том, что модифицированный смазочный материал, на основе литиевого комплекса, без дополнительных улучшающих присадок, проявляет улучшенные противоизносные свойства, а при добавлении присадки дисульфида молибдена, противоизносные свойства таких модифицированных консистентных смазок ухудшаются.

- b) В ходе проведения сравнительных испытаний пластичных смазочных материалов с добавлением геомодификатора трения на противозадирные свойства, выявлено следующее:

Геомодификатор трения марки «Прима 1» улучшает противозадирные свойства Литола-24 на 26%, ГМТ марки «Прима 2» улучшает противозадирные свойства Литола-24 на 33%, ГМТ марки «Прима 3» улучшает противозадирные свойства Литола-24 на 19%, а ГМТ марки «Звезда 5» улучшает противозадирные свойства Литола-24 на 12%. Так как основой композиций «Прима», в отличие от «Звезды 5», является очищенный от примесей серпентин, сделан вывод, что содержание в композиции различных веществ, отличных от серпентина, ухудшает противозадирные свойства пластичных смазочных материалов на основе литиевого мыла.

Ниже кратко изложены результаты сравнительных испытаний на машине СМЦ-2 следующих пар трения: 1) Серый чугун СЧ (НВ 215-225) - Ст гальванический плотный ( $H_{\mu}=11000$  МПа); 2) СЧ-Ст гальванический плотный ( $H_{\mu}=9000$  МПа); 3) СЧ-Ст гальванический пористый ( $H_{\mu}=9000$  МПа).

В качестве базового масла было использовано масло ShellX100, к которому добавлялись присадки отечественного производства: РиМЕТ, СУРМ, Royal effect, Алкон и Ресурс. Выбор пар трения, состава смазочных композиций и условий испытаний производился применительно к условиям работы деталей ЦПГ судовых и тепловозных двигателей, а именно пары трения «цилиндровая втулка - поршневое кольцо». Испытания проводили по схеме «ролик подвижный (СЧ) - ролик неподвижный (Ст-покрытие)».

Выбор трех модификаций покрытия связан с тем, что в настоящее время вариант 1 применяется для покрытия поршневых колец двигателей с уровнем форсирования по средне эффективному давлению не более  $12 \text{ кГ/см}^2$ , а более твердое покрытие третьего варианта используется в основном для поршневых колец современных автотракторных двигателей.

Объективная информация о влиянии СК (смазочной композиций) с присадками на работоспособность узлов трения в большинстве случаев или отсутствует, или не соответствует действительности. Результаты исследований, по сравнительной оценке, влияния СК с присадками на износостойкость и триботехнические характеристики 22-х вариантов смазки пар трения (серый чугун - гальваническое хромовое покрытие трёх структурных модификаций) выполненных на стендах в жестких условиях граничного трения, аналогичных условиям работы деталей ЦПГ форсированных двигателей.

Две присадки, (ER и Dura Lube) показали несовместимость с гальваническими хромовыми покрытиями, т.к. вызвали катастрофическое разрушение последних, [3].

Теоретический анализ применения ультрадисперсных алмазов (УДА) путем добавки в моторное масло показал, работоспособность пар трения скольжения может быть повышена, особенно в области увеличенных контурных давлений. УДА, внедряясь в поверхность детали трения упрочняют ее пред поверхностный слой и защищают деталь от водородного охрупчивания. Покрывая трущиеся поверхности металла, УДА образуют плакирующий слой (слой сухой смазки), постоянно возобновляющийся и препятствующий износу основного материала, позволяющий в значительной степени уменьшить их износ при холодном пуске двигателя до поступления основного смазывающего состава.

Применение алмазосодержащей добавки обеспечивает:

- уменьшение интенсивности изнашивания деталей трения ДВС и соответственно увеличение их эксплуатационного ресурса;
- уменьшение коэффициента трения, что приводит к снижению механических потерь в ДВС.

Модификация моторного масла триботехническим составом повышает работоспособность пары трения «поршневое кольцо – гильза цилиндра». Коэффициент трения в области повышенных контурных давлений, соответствующих граничному трению, снижается на 23-27%. Опорная поверхность увеличивается в 1,3 раза, соответственно линейная интенсивность изнашивания снижается на 17-22%. После снижения коэффициента трения, ресурс сопряжения увеличился на 19-21%. Применение смазочного масла с добавлением УДА позволяет исключить отказы сопряжений при обкатке и в период эксплуатации, [4].

### **Вывод**

Трибология, с одной стороны изучает довольно простые вещи, но фундаментальные для всего машиностроения и мира в целом. Как следствие, требует внимания и качественного, глубокого изучения.

## **Библиография**

### **Книги**

1. ЛЫСЕНКОВ, П. М. *Экологически чистая трибосистема судового движительного комплекса*. Москва: Трение, износ, смазка, www.tribo.ru, Том 21, № 80, 2019. – 7 с.
2. ЛЕВАНОВ, И. Г., УСТИНОВ К. В. *Исследование влияния геомодификатора трения на противоизносные и противозадирные свойства смазочных материалов*. Пояснительная записка к НИР ЮУрГУ–23.04.03.2018.267.00, Челябинск, 2018, - 56 с.
3. КУЗЬМИН, В. Н. *Некоторые результаты сравнительных испытаний смазочных композиций при трении скольжения*. Москва: Трение, износ, смазка, www.tribo.ru, Том 21, № 80, 2019. – 9 с.
4. ЛАЗАРЕВ, В. Е., ЗАБНИН В. О. *Повышение ресурса двигателя внутреннего сгорания путем изменения износостойкости узлов пары трения кольцо-гильза*. Выпускная квалификационная работа (Магистерская диссертация) ЮУрГУ–13.04.03.2018.221.00.00.ПЗ, Челябинск, 2018, - 39 с.