Использованные источники:

1. Ляпин В.Г., Болотов Д.С. Лабораторные исследования электромагнитного поля электротехнологического культиватора // Машинно-технологическое, энергетическое и сервисное обеспечение сельхозтоваропроизводителей Сибири: материалы междунар. науч.-практ. конф. посвящ. 100-летию со дня рождения акад. ВАСХНИЛ А.И. Селиванова (п. Краснообск, 9-11 июня 2008 г.). – Новосибирск: СО Россельхозакадемии. ГНУ СибИМЭ. 2008. – 648 с.
2. Болотов Д.С. К исследованию электрического поля за пределами полосы захвата электродной системы электротехнологического культиватора в полевых условиях // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сб. статей VI междунар. науч.-практ. конф. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2011. – Кн. 3. – С. 9-12.

УДК 621.892(083.74)

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-234-238

*Вахрушев В.В., Иванов Н.М., Немцев А.Е.,
СибИМЭ СФНЦА РАН, Новосибирская обл., р.п. Краснообск*

ОЦЕНКА ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ В ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Ресурс большинства тяжело нагруженных подшипниковых узлов сельскохозяйственных машин в АПК ограничивается качеством смазывающего материала. Для обеспечения работоспособного состояния подшипниковых узлов необходима оценка трибологических характеристик пластичных смазок. В работе исследована смазывающая способность пластичных смазок, используемых в сельском хозяйстве, по критерию «индекс задира». Исследования проводили с использованием штатных и оригинальных методик оценки смазочной способности пластичных смазок. В работе предложен и обоснован вариант оценки трибологических характеристик пластичных смазок на основе критерия «индекс задира», заключающегося в определении пятна износа шариков с учетом зоны их пластической деформации. Установлено, что пластичные смазки ЛИТОЛ и LGRT 2 имеют идентичные показатели противоизносных свойств.

Ключевые слова: подшипниковый узел, пластичная смазка, индекс задира, машина трения, момент трения, следы задира, поверхность трения.

Введение. Долговечность тяжело нагруженных подшипниковых узлов (ПУ) сельскохозяйственных машин преимущественно зависит от используемых смазочных материалов (пластичных смазок) и присадок к ним. Смазочный материал, наряду с конструкционным материалом ПУ, является неотъемлемой частью конструкции подшипникового узла машин, используемых в агропромышленном комплексе. В связи с этим, оценка служебных свойств пластичных смазок (ПС), а именно их трибологических характеристик, является в настоящее время приоритетной задачей.

Как показала работа I Европейского конгресса по трибологии, экономический эффект в машиностроении достигают не только применением новых материалов, покрытий, повышением точности расчетов и удачным конструированием узлов трения, но и в значительной степени правильным выбором смазочных материалов.

Одновременно с ростом требований к долговечности машин и механизмов увеличиваются и затраты времени на их испытания. В настоящее время, в целом по стране, на испытания затрачиваются миллионы машино-часов [4]; поэтому сокращение продолжительности таких испытаний за счет совершенствования и применения ускоренных методов испытаний имеет важное научное и практическое значение.

Одним из основных эксплуатационных свойств, характеризующих пластичные смазки, является их смазывающая способность. Смазки должны обладать высокой смазывающей способностью и высокой поверхностной активностью для образования на поверхности трущихся деталей прочной пленки, способной предотвращать или уменьшать их износ при рабочих нагрузках и скоростях [1].

В работах [2, 3] описаны отечественные и зарубежные лабораторные способы оценки служебных свойств ПС путем трибологических и физико-химических испытаний, в частно-

сти по стандартам IP (Англия), DIN (ФРГ), FTM и SAE (США).

Лабораторные способы оценки служебных свойств ПС можно условно подразделить на способы с использованием образцов с точечным контактом (например, четырехшариковых испытательных установок) и роликовых испытательных установок. Кроме того, применяют способы, основанные на определении изменений физико-химических характеристик пластичных смазок и поверхностей трения испытуемых образцов и т. д.

Анализ литературных источников, а также практика оценки служебных свойств ПС показали, что представленные способы не позволяют достоверно определять абсолютные параметры противозадирных и противоизносных свойств пластичных смазок, но позволяют проводить сравнительные исследования по оценке служебных свойств, как товарных, так и работающих ПС.

Основным недостатком приведенных способов является неопределенность и разночтение в критериальных оценках показателей противозадирных и противоизносных свойств пластичных смазок.

Поэтому необходима разработка достоверного и однозначного критерия оценки противозадирных и противоизносных свойств ПС.

Распространение получили четырехшариковые машины трения (ЧМТ), но общепринятой и научно обоснованной методики испытания и обработки экспериментальных данных при оценке смазочных материалов на этой машине до сих пор не создано [3-6].

Использование четырехшариковой машины трения для прогнозирования поведения смазочных материалов в реальных условиях эксплуатации дискуссионно, и справедливы замечания об ограниченности возможностей трактовки получаемых результатов, в трудности сопоставления и перенесении результатов исследования на конкретные объекты. И, тем не менее, этот способ до сих пор является актуальным.

Следовательно, служебные свойства ПС определяются как взаимодействием смазочного слоя с твердым телом (физическим или химическим), так и молекулярно-механическими свойствами этого слоя. Деформируемость и прочность поверхностного слоя металла может значительно больше влиять на износ, чем физико-химическое воздействие смазочного материала. На основании изложенного, однозначным и достоверным критерием оценки противоизносных и противозадирных свойств, как товарных (свежих), так и работающих пластичных смазок может выступать «индекс задира».

«Индекс задира» (ИЗ) оценивает способность смазочного материала снижать повреждение трущихся деталей под нагрузкой вследствие задира. Определяется на основании данных, полученных на четырехшариковой машине трения [1, 2, 3].

Согласно [5, 6] «индекс задира» определяется из соотношения:

$$\text{ИЗ} = \frac{\sum Q}{n}, \quad (1)$$

где Q – условная нагрузка, Н;

n – число определений по ряду 1, $n = 3$ [3].

$$Q = \frac{P \cdot d_j}{d_{\text{из}}}, \quad (2)$$

где P – осевая нагрузка, Н, по ряду 1 ($P = 196 \dots 10000H$);

d_j – диаметр зоны упругой деформации шариков по Герцу, мм, при осевой нагрузке $P = 196 \dots 10000H$;

$d_{\text{из}}$ – средний диаметр пятен износа нижних шариков, мм, при осевой нагрузке $P = 196 \dots 10000H$.

Таким образом, «индекс задира», исходя из зависимости (1), определяется в единицах силы.

Понятие «задир» (scoring, scuffing) включает образование в результате схватывания различимой невооруженным глазом борозды с оттеснением материала как в стороны, так и по направлению скольжения, является изменением топографии и микрорельефа поверхности

трения. В настоящей работе «индекс задира» предлагается оценивать, исходя из размеров следов задира (их геометрических размеров) и оценки величины топографии и микрорельефа поверхностей трения.

Следовательно, «индекс задира» может быть определен из соотношения:

$$\text{ИЗ} = d_j + 0,15 \text{ мм}, \quad (3)$$

где d_j – диаметр зоны упругой деформации шариков по Герцу, мм;

0,15 мм – величина, характеризующая приращения следов задира от деструкции, адсорбции и пассивации поверхностно-активных и химически-активных веществ.

Материалы и методы. Экспериментальная часть работы ставит своей целью проверку, уточнение результатов теоретических исследований и включает проведение лабораторного эксперимента по исследованию «индекса задира» товарных ПС.

Определение «индекса задира» осуществляли на четырехшариковой машине трения ЧМТ-1. Общий вид машины показан на рисунке 1.

Рисунок 1. Четырехшариковая машина трения ЧМТ-1

Исследование позволяет получить характер, вид и величину износа. Таким образом, полученная информация характеризует смазывающие и рабочие свойства используемых материалов и их поведение под воздействием различных величин нагрузок.

Исследование проводили в соответствии с ГОСТ 9490-75 [6].

Перед началом исследования смазочного материала все детали машины, с которым он соприкасается во время испытания (чашка с деталями крепления нижних шариков и детали крепления верхнего шарика в шпинделе), промывали несколькими порциями спирта этилового ректифицированного по ГОСТ Р 51652-2000, до тех пор, пока растворитель не становился прозрачным, и просушивались на воздухе. Шарика, применяемые при испытании, проверяли на отклонение от сферической формы по ГОСТ 3722 и наличие внешних дефектов. Твердость шариков составляла HRC₃ 62 – 66.

При определении «индекса задира» узел трения машины нагружался постоянной силой 196 Н. Нагрузка 196 Н является основной.

Продолжительность работы машины от момента включения до момента выключения электродвигателя при текущей нагрузке составляла 60±2 сек. Контроль времени работы машины осуществлялся встроенным таймером.

За предельное значение «индекса задира», по рекомендации работы [5], принята величина пятна износа более 0,4 мм.

В процессе исследования не фиксировали момент трения, возникающий в узле трения, поскольку основным исследуемым показателем была величина «индекса задира».

Измерение диаметра пятна износа каждого шарика производили в двух взаимно перпендикулярных направлениях с точность ± 0,01 мм.

Перед измерением величины пятна износа шарики изымались из чашки узла трения и промывались несколькими порциями спирта этилового ректификованного по ГОСТ Р 51652-2000, до тех пор, пока растворитель не становился прозрачным, и просушивались на воздухе. Измерения проводились при температуре 20^0 - 22^0 С.

Эксперименты проводились с использованием пластичных смазок ЛИТОЛ и LGRT 2 (фирма SKF).

Результаты и обсуждение.

Результаты исследования противозадирных и противоизносных свойств пластичных смазок ЛИТОЛ и LGRT 2 по «индексу задира» приведены на Рисунке 2.

Рисунок 2. Трехмерная стереографическая интерпретация следов задира при испытании пластичной смазки ЛИТОЛ - 24 (а) и LGRT 2 (б), цифровая интерпретация изношенной поверхности шарика (топология поверхности) при испытании пластичной смазки ЛИТОЛ (в), LGRT 2 (г)

Анализ морфологии и топологии изношенных поверхностей (рисунок 2) при испытании трибологических характеристик обеих смазок показывает наличие значительных вырывов поверхностей с глубокими трещиноватыми углублениями. Значительные изменения претерпела поверхность трения, работавшая в пластичной смазке ЛИТОЛ. Величина «индекса задира» составила – 2,74 мм. При трибологическом испытании смазки LGRT 2 величина «индекса задира» составила – 2,67 мм. Таким образом, смазки по противозадирным свойствам являются идентичными и могут быть взаимозаменяемыми при эксплуатации в подшипниковых узлах сельскохозяйственных машин АПК.

Выводы.

1. Предложен и обоснован вариант оценки трибологических характеристик пластичных смазок на основе критерия «индекс задира», заключающегося в определении пятна износа шариков с учетом зоны их пластической деформации.

2. Проведены сравнительные трибологические испытания пластичных смазок ЛИТОЛ и LGRT 2, которые показали идентичность их противоизносных свойств по критерию «индекс задира».

Использованные источники:

1. Мельник С.В., Голощапов Г.А. Модифицированные пластичные смазки для быстроизнашивающихся узлов трения ходовой части транспортных и транспортно-технологических машин: монография. – Омск: Амфора, 2016. – 125 с.
2. Егоров М.А., Калякин А.В., Файзуллин Р.Р. Применение горючего на авиационной технике при проведении авиационных работ. Смазочные масла, пластичные смазки, специальные жидкости: учебное пособие – Ульяновск: Ульяновское высш. авиационное училище гражданской авиации (ин-т), 2015. – 169 с.
3. Крахмалев С.И., Мельников В.Г., Тыщенко В.А. Пластичные смазки \: основы рационального применения и надежность техники. – Самара: Офорт, 2010. – 454 с.
4. Коврига Е.В., Сумская О.А. Автомобильные эксплуатационные материалы: учебное пособие. – Армавир: АГПУ. 2017. – 115 с.
5. Зиновьева А.В., Чернов Г.И., Аистов И.П., Юша В.Л. Рабочие вещества низкотемпературной, вакуумной и компрессорной техники: учебное пособие. – Омск: Издательство ОмГТУ. 2018. – 139 с.
6. Козловский Э.А., Повтарев И.А. Технология ремонта и основы технической диагностики химического оборудования: учебное пособие. – Иваново: ИГХТУ. 2017. – 147 с.

УДК 621.31

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-238-242

*Виноградов А.В., Виноградова А.В., Букреев А.В., Калугин Е.С.,
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, г. Москва*

ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ С ДАННЫМИ В СИСТЕМАХ ЦИФРОВИЗАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Цифровизация электрических сетей строится на взаимодействии систем мониторинга, контроля, учета и управления, связанных друг с другом потоками данных. Эти данные необходимо получать, передавать, хранить и обрабатывать с применением принципов приоритетности, заданной точности, сохраняемости и других.

Ключевые слова: цифровизация электрических сетей, электрические сети, принципы получения, передачи, хранения, обработки данных.

Согласно концепции цифровой трансформации ПАО «Россети», цифровая сеть – совокупность объектов электрической сети, управление которыми осуществляется на базе цифровых технологий [1]. Стратегии цифровизации электрических сетей требуют, в первую очередь, обеспечения сетей системами мониторинга, контроля, учета и управления, собственно, и представляющих собой системы цифровизации. Эти системы связаны друг с другом потоками цифровых данных.

На разработку средств мониторинга, контроля, учета в электрических сетях направлены усилия ученых и производителей в разных странах [2-6]. Очень актуальным направлением является разработка решений по управлению электрическими сетями и микросетями. [7-10]. Управление электрической сетью сводится к управлению ее конфигурацией на основе получаемой информации о параметрах режимов работы сети. В качестве исполнительных элементов систем управления конфигурацией электрической сети применяются коммутационные аппараты, устанавливаемые в ней, в том числе мультиконтактные коммутационные системы и устройства секционирования и резервирования [11, 12]. Управление конфигурацией сети позволяет сокращать количество и время перерывов в электроснабжении потребителей, количество случаев и время несоответствия качества поставляемой потребителям электроэнергии и, косвенно, повышать доступность энергетической инфраструктуры. К основным принципам управления конфигурацией электрической сети относятся наблюдаемость, управляемость, гибкость конфигурации, сегментируемость электрической сети, а также интеллектуализация оборудования и интегрированность в экономику, выполнение которых в полном объеме невозможно без цифровизации электрической сети [13].

Выделим следующие основные подсистемы и элементы систем управления конфигурацией электрической сети: