Аграрные конференции, 2019;
Выпуск 16(4), с. 21-27.
ISSN 2587-621X

АНАЛИЗ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТРАНСМИССИОННОГО МАСЛА

Э.А. Агафонова
Саратовский государственный аграрный университет
имени Н. И. Вавилова, г. Саратов
E-mail: elfik.elvira@gmail.ru

Принята к публикации: 19 июня 2019.

Опубликована: 23 июля 2019.

Аннотация. В данной статье рассмотрена важная проблема, которая часто является причиной ремонта техники – загрязнение масла. Изучены методы очистки трансмиссионного масла и выбран лучший метод. Также, представлен анализ загрязнений трансмиссионных масел, пути и причины образования данных загрязнений и проанализирован состав этих загрязнений.

Данная тема достаточно актуальна на сегодняшний день, так как в последнее время многие производители сельхозтехники начали осознавать, что контроль состояния рабочих жидкостей позволяет существенно повысить производительность, сократить затраты времени и средств на техническое обслуживание, а также увеличить срок службы оборудования

Ключевые слова: загрязнение, трансмиссионное масло, срок службы оборудования, техническое обслуживание, причины порчи масла.

Введение.

При эксплуатации уровень загрязнения трансмиссионного масла постоянно растет, со временем присадки «расходуются», а само масло начинает разрушаться (окисляться, загустевать). Очень важно не упустить момент, когда масло перестает выполнять свои функции. Продолжив эксплуатацию выработавшего ресурс масла, значительно сокращается срок службы коробки передач. В то же время нередко замену масла производят, не учитывая его состояние, сливая еще не выработавшее ресурс масло. В обоих случаях это

приводит к увеличению ваших затрат.

Одним из важных факторов, ухудшающих качество масла в процессе работы является загрязнение. Процесс загрязнения происходит по следующим направлениям:

– сложные процессы химических превращений углеводородов масла;

– загрязнение продуктами сгорания топлива;

– загрязнение продуктами срабатывания присадок;

– загрязнение продуктами изнашивания двигателя и продуктами, попавшими в масло из внешней среды.

Примеси, накапливающиеся в масле, имеют и органическое и неорганическое происхождение. К органическим загрязнениям относятся: асфальтены; продукты неполного сгорания топлива; смолы; сажистые и коксовые частицы; оксикислоты; продукты разложения, карбены и карбоиды; окисления и полимеризации масла. Примеси неорганического происхождения представлены в масле продуктами коррозии и износа; внешними загрязнениями; продуктами разложения металлсодержащих присадок; частицами окалины, водой и т.д.

Методика исследований.

Наиболее часто встречающимися загрязнениями работающих трансмиссионных масел являются частички изнашивания трущихся деталей в виде Fe, Al, Cu и частички запыленности окружающей среды в виде Si.

Наиболее опасными для нормальной эксплуатации трансмиссии являются те частицы загрязнений, размер которых превышает толщину масляной пленки между рабочими поверхностями деталей, равной 2,5 мкм.

Поэтому в лабораторных условиях измерялся параметр искусственно созданных сред, представляющих собой трансмиссионное масло SAE 85W-140 (GL-5), в котором находились частички загрязнения в виде Fe_2O_3, Al_2O_3, CuO, SiO_2 с размерами, равными или превышающими 2,5 мкм. Содержание частичек в масле варьировалось в следующих диапазонах: Fe_2O_3 от 0 до 500 г/т; Al_2O_3 от 0 до 100 г/т; CuO от 0 до 300 г/т; SiO_2 от 0 до 40 г/т.

Результаты исследований.

Работа трансмиссионного масла в агрегатах трансмиссий автомобилей и различной техники отличается рядом специфических особенностей. Первая особенность в том, что масло большую часть времени выполняет функции в условиях граничного трения фрикционных пар. Во вторых, длительная работа масла без замены, находящегося в картере редуктора или узле трения. Третья, и одна из самых важных особенностей, активное воздействие на масло различных факторов, влияющих на его старение: высокие удельные давления, низкие и высокие температуры, влага, продукты износа и дорожной пыли, и т.п. Являясь важным элементом, трансмиссионное масло в этих условиях должно сохранять работоспособность в течение заданного промежутка времени. В таких сложных экстремальных условиях качество и работоспособность масла будет изменяться. Знание допустимого уровня или тенденции этих изменений необходимо как для обеспечения надежной работы агрегатов трансмиссий, так и для прогнозирования сроков смены масел.

Трансмиссионное масло, являясь одним из главных конструкционных элементов агрегатов трансмиссий, оказывает сильное влияние на их тепловое состояние как среда выделяющая, воспринимающая и передающая тепловую энергию внутри агрегатов. В большинстве агрегатов установившаяся температура достигает в теплое время года 130-160°С и выше. Например, тяжелых гусеничных машин рабочая температура масла достигает 165-170°С. Практика показывает, что такие температуры отрицательно воздействуют на функциональные свойства трансмиссионных масел.

1. Возрастает вязкость масел. В основном это происходит из-за окисление масла и насыщения масла кислородом воздуха из-за интенсивного перемешивания и барботирования, образования эмульсии типа ВМ («Вода в масле») при рабочей температуре масла ниже 100°С и её разрушения при возрастании температуры выше 120-130°С, образования мазеобразных (липких) отложений.

Следует особо отметить, что при температуре масла в объеме выше 170-

175°С может происходить снижение поверхностной твердости зубьев шестерен, валов и шлицевых соединений, тел качения подшипников.

2. Изменение смазывающих свойств работающих масел. Способность масла снижать трение и изнашивание всех видов оценивают по его противоизносным, противозадирным и противопиттинговым свойствам, а способность снижать трение – по антифрикционным свойствам. Классификация API (США) делит масла по смазывающим свойствам на шесть уровней – от GL–1 до GL–6; аналогичная классификация России делит масла на пять уровней – от ТМ–1 до ТМ–5. Масла группы GL–1 (ТМ-1) не содержат присадок для улучшения смазывающих свойств; масла группы GL–3 (ТМ–3) обеспечивают работу средненагруженных передач, имеющих червячные или спирально-конические зацепления; масла групп GL–4 — GL-6 предназначены для смазывания тяжелонагруженных гипоидных передач.

3. Влияние воды на функциональные свойства работающих масел. В большинстве работающих трансмиссионных маслах часто присутствует вода до 4-6%, которая накапливается в агрегатах в период осенне-зимней эксплуатации за счет конденсата при перепаде внешних температур.

Масло, выполняя свои функции в условиях сильного перемешивания, представляет собой эмульсию типа ВМ – «вода в масле», эксплуатационные и физико-химические свойства в данном случае отличаются от свойств товарного масла, чем объясняется снижение силы трения, которая способствует уменьшению усталостного изнашивания тел качения подшипников и зубьев шестерен.

Анализ скорости изнашивания является составной частью программы планового отбора проб масла, которая помогает поддерживать производительность оборудования и увеличить его эксплуатационную готовность. С помощью регулярных плановых проверок проб масла, взятых из двигателя, гидросистемы и системы силовой передачи, анализ скорости изнашивания позволяет определить присутствие мельчайших металлических частиц, образование которых вызвано износом элементов машины. Следя за

изменениями типа и количества частиц, вы сможете определить возникновение проблем на ранней стадии, еще до наступления поломки

Таблица 1. Сочетание классических элементов износа

Сочетание классических элементов износа			
Первичный Элемент	**Вторичный элемент**	**Потенциальный износ**	**Возможные проблемные области/причины**
Двигатели – верхняя часть			
Кремний (грязь)	Железо, хром, алюминий	Прокладки, кольца, поршни	Система забора воздуха/загрязнение фильтра
Железо	Хром, алюминий	Прокладки, кольца, поршни	Неестественные рабочие температуры, деградация масла, загрязнение топлива и (или) охлаждающей жидкости, заклинивание/разрушение колец
Хром	Молибден, алюминий	Кольца, поршни	Прорыв газов, загрязнение масла, деградация масла
Железо	—	Прокладки, зубчатые передачи, клапанный механизм, коленчатый вал	Неестественные рабочие температуры, недостаток смазки, загрязнение, отложения (ржавчина)
Двигатели – нижняя часть			
Кремний (грязь)	Свинец, алюминий	Подшипники	Загрязнение
Свинец	Алюминий	Подшипники	Недостаток смазки, загрязнение охлаждающей жидкости, загрязнение топлива
Гидравлическая система			
Кремний (грязь)	Молибден, алюминий	Цилиндры, шатуны	Загрязнение
Медь	Железо	Гидравлические насосы	Старение масла, загрязнение
Коробки передач			
Железо	Хром, алюминий	Роликовые или игольчатые подшипники	Износ/поломка подшипников
Алюминий	Железо, медь	Гидротрансформатор	Потеря контакта ввиду износа/поломки подшипника
Бортовые передачи			
Кремний (грязь)	Железо, алюминий	Шестерни	Загрязнение грунтом, загрязнение глинистыми грунтами
Железо	Натрий, хром	Зубчатые передачи, подшипники	Попадание воды, потеря предварительного натяга

Любая система с циркуляцией масла — двигатели, гидросистемы, трансмиссии и бортовые передачи — ежедневно при работе производит металлические продукты износа. Если износ увеличивается, возрастает концентрация металлических частиц износа, что сигнализирует о наличии проблемы. Анализ скорости изнашивания позволяет определить наличие

проблем до того, как они приведут к неисправности машины или необходимости крупного ремонта. С помощью анализа скорости изнашивания определяются частицы размером до 10 микрон. Концентрация металлических продуктов износа выражается в частицах на миллион. В рамках программы планового отбора проб масла проверяются, по крайней мере, девять различных веществ: медь, железо, хром, свинец, олово, алюминий, молибден, кремний и натрий. Все эти металлы используются в машинах и двигателях компании Caterpillar за исключением кремния (что обычно указывает на грязь) и натрия (что указывает на присутствие воды или охлаждающей жидкости). Некоторые элементы в пробе могут быть обязаны своим происхождением скорее составу присадки смазочного масла, чем износу внутри системы. Опытные эксперты дилера смогут определить разницу между обычными элементами и теми, что указывают на неестественный износ.

На сегодняшний день из числа показателей качества трансмиссионных масел наиболее объективным, по мнению фирм Detroit Diesel, Caterpillar, Cummins, является содержание продуктов изнашивания трущихся деталей и частиц запыленности окружающей среды. Поэтому, подставляя предельные значения каждого вида загрязнений ($Fe2O3$ – 500 г/т; $Al2O3$ – 100 г/т; CuO – 300 г/т; $SiO2$ – 40 г/т) в уравнение (5) получим величину $\Delta\varepsilon$, равную 0,2911.

Выводы.

Предложено предельно-допустимое значение величины приращения диэлектрической проницаемости, равное 0,2911, при достижении которого можно рекомендовать прекращение эксплуатации техники и осуществлять замену трансмиссионного масла. Полученные результаты являются лишь первым шагом на пути изучения влияния загрязнений на величину диэлектрической проницаемости трансмиссионных масел, что в дальнейшем позволит разработать систему оперативного мониторинга их качества. На базе системы мониторинга качества масел могут быть созданы средства бортовой диагностики, позволяющие своевременно оповещать водителя о фактическом состоянии контролируемого объекта.

Список литературы.

1. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://zeppelin.com.by/upload/iblock/568/SOSAnalysisTests.pdf

2. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://autolubricants.info/transmissionnye-masla/statiobzory-transmissionnye-masla/izmenenie-svojstv-transmisionnyx-masel-pri-dlitelnoj-bessmenoj-rabote/

3. Сильверстейн Р., Басслер Г., Моррил Т. Спектрометрическая идентификация органических соединений. М.: Мир, 1977, 590 с. спектроскопии в химии, пер. с англ., М., 1959;

4. Балабин Р. М., Сафиева Р. З. // Межвузовский сборник «Измерения. Автоматизация и моделирование в промышленности и научных исследованиях». Бийск, 2005. С. 18–23.

5. Вершинин В. И., Коптева Е. В., Троицкий В. В. // Материалы VII конференции «Аналитика Сибири и Дальнего Востока 2004» 11–16 октября 2004 г. Новосибирск, 2004.