

УДК: 629.331

**ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ МОТОРНОГО МАСЛА МЕТОДОМ КОНТРОЛЯ
ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ РОТОРА ЦЕНТРОБЕЖНОГО ФИЛЬТРА**

Жданов А.Г.

к.т.н., доцент,

Приволжский государственный университет путей сообщения,

Самара, Россия

Ильиных Г.В.

Студент 5-го курса,

Приволжский государственный университет путей сообщения,

Самара, Россия

Дорошенко Д.О.

Студент 5-го курса,

Приволжский государственный университет путей сообщения,

Самара, Россия

Аннотация. В статье рассмотрена проблематика недостаточного уровня эффективности работы существующих в настоящий момент методов диагностики масляной системы и моторного масла автомобильных двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Применяемая практика замены масла в зависимости от пробега обладает существенными недостатками. Она не учитывает реальные условия, в которых двигатель эксплуатировался. Важно обращать внимание на климат и нагрузку, которые могут оказывать значительное влияние на состояние масляной системы. Даны оценка традиционным методом контроля, таким как капельная хроматография («масляное пятно») и лабораторная трибодиагностика, выделены их достоинства и недостатки. В качестве решения проблемы предложен новый подход к диагностике, который

основан на установке датчика эффекта Холла на центробежный масляный фильтр. В основе работы метода лежит непрерывный мониторинг частоты вращения ротора фильтра. Данный способ повышает точность, эффективность и экономичность.

Ключевые слова: диагностика моторного масла, масляная система, двигатель внутреннего сгорания, центробежный фильтр, датчик Холла, эксплуатационный контроль, загрязнение масла.

ASSESSMENT OF MOTOR OIL CONDITION BY CENTRIFUGAL FILTER ROTOR SPEED CONTROL METHOD

Zhdanov A.G.

*PhD in Engineering, Associate Professor,
Volga State University of Railway Transport,
Samara, Russia*

Ilyinykh G.V.

*5th-year student,
Volga State University of Railway Transport,
Samara, Russia*

Doroshenko D.O.

*5th-year student,
Volga State University of Railway Transport,
Samara, Russia*

Abstract. The article discusses the problem of insufficient efficiency of the currently existing methods for diagnosing the oil system and engine oil of automotive internal combustion engines (ICE). The current practice of changing oil depending on mileage

has significant disadvantages. It does not take into account the actual conditions in which the engine was operated. It is important to pay attention to the climate and load, which can have a significant impact on the condition of the oil system. Traditional control methods such as drip chromatography ("oil stain") and laboratory tribodiagnostics are evaluated, their advantages and disadvantages are highlighted. As a solution to the problems, a new diagnostic approach is proposed, which is based on installing a Hall effect sensor on a centrifugal oil filter. The method is based on continuous monitoring of the rotation speed of the filter rotor. This method increases accuracy, efficiency, and cost-effectiveness.

Keywords: engine oil diagnostics, oil system, internal combustion engine, centrifugal filter, hall sensor, operational control, oil pollution.

В настоящее время проблема диагностики и обслуживания масляной системы двигателя внутреннего сгорания (ДВС) и самого масла зашла в тупик и требует доработки и совершенствования технологических процессов, связанных с её ремонтом и обслуживанием. На данный момент электронно–автоматизированные системы или способы диагностики масляных систем и масляной жидкости массово не используются. Сегодня принято производить замену масляного фильтра с маслом по моточасам или пройденному километражу, без учета внешних факторов, к которым относятся погодные условия и то, насколько активно эксплуатируется двигатель. Однако работоспособность масла как технической жидкости определяется большим количеством физико–химических показателей таких, как, например, загрязнения масла песком, стружкой при её эксплуатации в южных регионах с высокой среднегодовой температурой воздуха и при больших нагрузках, что приведет к высоким потерям защитных свойств смазочного материала. Продление срока работоспособности материала приведет к увеличению ресурса работы двигателя и его надежности [3].

Основой исследования послужил системный анализ существующих в настоящее время систем диагностики масляных систем автомобильных двигателей внутреннего сгорания. Была изучена литература и научные работы на тему развития в области триботехники и эксплуатации ДВС. Помимо этого, в качестве информационной базы были использованы нормативно технические документы и стандарты, а также конструкторская документация, содержащая данные о структуре элементов масляных систем транспортных средств [6].

При разработке альтернативного подхода, как аналог существующих методов, был применен метод аналогии. В рамках данного метода была рассмотрена работа центробежного масляного фильтра. Был использован аналитический расчет, который связал между собой основные рабочие параметры: крутящий момент, частоту вращения и мощность двигателя. С помощью этого удалось получить обоснование возможности косвенной оценки состояния масла через измерение лишь одного из параметров – скорость вращения ротора [8].

Масляная система двигателя внутреннего сгорания представляет собой систему подачи смазки в двигатель и ко всем движущимся деталям для уменьшения трения, предотвращения коррозии и охлаждения. Принципиальная схема циркуляционной системы смазки приведена на рисунке 1.

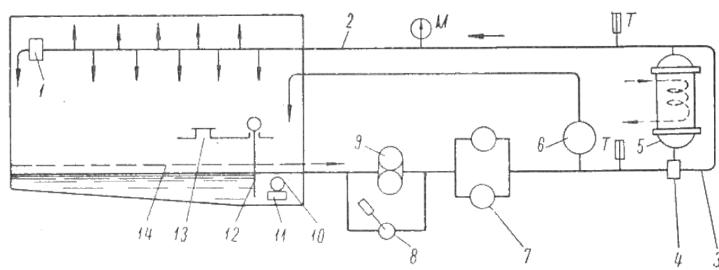


Рис. 1 – Принципиальная схема циркуляционной системы смазки с «мокрым» картером: 1 – перепускной клапан; 2 – основной маслопровод; 3 – обводной трубопровод; 4 – терморегулятор; 5 – холодильник; 6 – фильтр тонкой очистки; 7 – сдвоенный фильтр грубой очистки; 8 – ручной насос; 9 – масляный

насос; 10 – приемный невозвратный клапан; 11 – приемная сетка; 12 – мерная рейка; 13 – горловина для заливки масла; 14 – маслоуспокоительная сетка

Цикл работы масляной системы состоят из следующих этапов:

- забор масла;
- фильтрация жидкости;
- нагнетания масла под давлением к узлам двигателя;
- распространение масла на остальные детали;
- слив излишков масла в картер.

Работу масла в двигателе различают на три зоны:

- высокотемпературную;
- среднетемпературную;
- низкотемпературную зону [15].

Высокотемпературная зона – это непосредственно камера сгорания, днище поршня и верхняя часть цилиндра. Температура нагревания некоторых деталей достигает 400°C (днище поршня) и 800°C (выпускной клапан).

Среднетемпературная зона – поршень с поршневыми кольцами, верхняя часть шатуна и стенки цилиндра. Максимальная температура в этой зоне развивается в области поршневых колец до 300–350°C.

Низкотемпературная зона – коленчатый вал, картер. Температура в области коренных и шатунных подшипников достигает 180°C [1].

В средне- и низкотемпературной зоне масло имеет свойства испаряться, что сигнализирует о его недостаточной стабильности при таких высоких температурах, в результате чего количество самого масла уменьшается. За процессом испарения и количеством масла нужно внимательно следить, так как его недостаток может привести к износу деталей. Помимо фактора износа учитывается механический фактор, к которому относятся попадание пыли, грязи, механических примесей в топливо, продуктов износа двигателя, осколков изношенных деталей, абразивных частиц от взаимодействия поверхностей и т.д.

К основным физико-химическим свойствам масла относятся:

- плотность (для моторного масла обычно составляет 0.8–0.9 кг/м³);
- вязкость;
- динамическая вязкость;
- кинематическая вязкость;
- температура застывания;
- щелочное число [2].

Во время работы двигателя содержание кислот в масле повышается, тем самым щелочное число снижается, что приводит к появлению коррозии и уменьшению моющих свойств. Обычно принято допускать снижение щелочного числа не более чем на 50 % [14]. Однако стоит заметить, что речь идет о том, что кислотная величина не должна уменьшаться более чем на 50% так как это обратные величины (рис. 2).

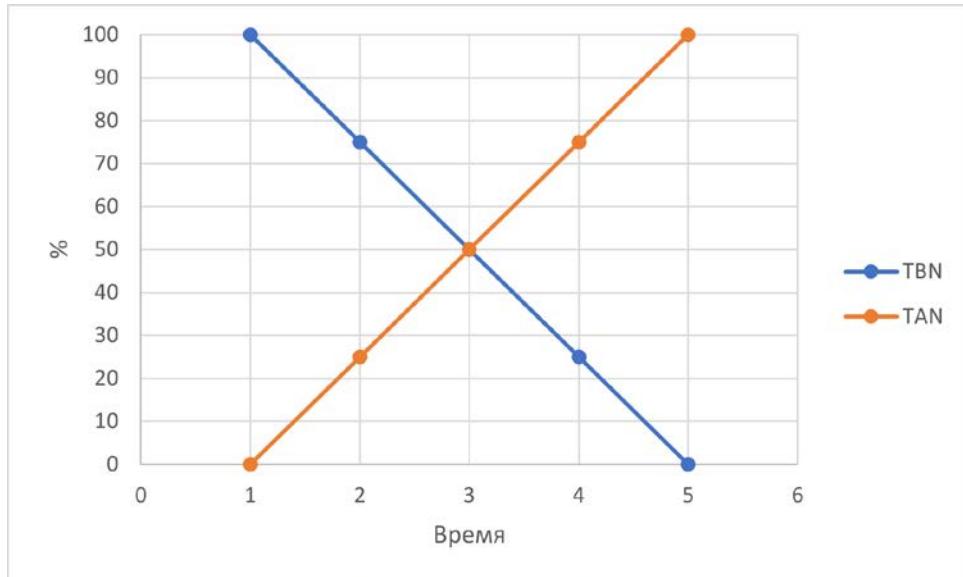


Рис. 2 – Зависимость щелочного (TBN) и кислотного числа (TAN) от времени

Наиболее распространенным способом анализа масла является тест «масляного пятна» (рис. 3).

Метод «масляного пятна» или капельная хромография – это быстрая и простая оценка моторного масла, степени его износа и потери моющих свойств при помощи визуального анализа [13].

Выполнение теста начинается с подготовки поверхности и масла, рекомендуется прогреть двигатель в течение 10 минут, взять масляный щуп и нанести каплю масла на подготовленную бумагу. Далее образец на бумаге нужно просушить так, чтобы пятно не стекало с бумаги [9]. Сушить рекомендуется около 2 часов, хотя при большом износе масла результат будет виден сразу по цвету или по его вязкости. После высыхания делается вывод по его цвету о состоянии ГСМ.

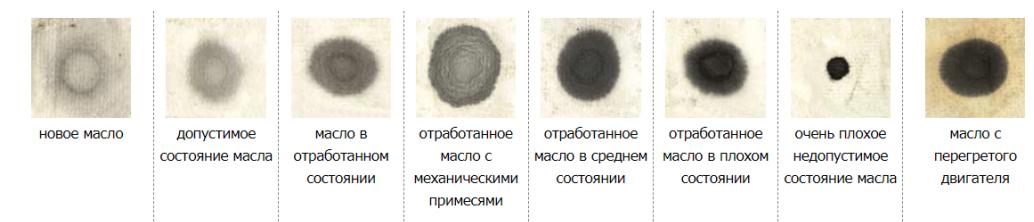


Рис. 3 – Экспресс-контроль состояния моторного масла

Этот способ может иметь погрешность, что стоит учитывать при выводах.

Также может быть произведен более точный лабораторный анализ на наличие металлических частиц.

Проверка на продукт износа в масле производится в рамках трибодиагностики. Данный метод представляет собой оценку состояния по химическому составу и концентрации продуктов износа. Для этого способа применяются специальные лабораторные приборы (лазерные сетки частиц, магнитометры, анализ для определения элементарного состава масла)

Эти приборы являются узконаправленными, что делает такую проверку дорогостоящей [5].

В качестве решения проблемы диагностики масла и снижению стоимости предлагается установить датчик эффекта Холла на центробежный масляный

фильтр. Это позволит определять степень загрязнения масла по снижению количества оборотов. Как основу берем формулу определения мощности:

$$P = \frac{M_{kp} \cdot n}{9549},$$

где M_{kp} – крутящий момент,

n – количество оборотов.

При снижении оборотов на 10-15 % снизится и мощность, что будет означать затруднения в циркуляции масла в фильтре, тем самым указывая на необходимость замены масла. Этот способ очень актуален при осуществлении грузоперевозок на дальние расстояния, так как двигатель может пересекать несколько климатических зон и подвергаться дополнительной нагрузке при смене температур. В данном случае недостаточно соблюдення сроков по замене масла согласно паспорту транспортного средства. Данный метод позволит диагностировать срок замены технической жидкости и промывки системы с помощью присадок без дополнительных лабораторных исследований с большей точностью чем тест «масляного пятна» [2].

Проведённое исследование подтвердило, что существующий подход к обслуживанию масляной системы ДВС, основанный исключительно на нормативах, связанных с пробегом, не является оптимальным. Он не учитывает реальные эксплуатационные нагрузки и условия, что может приводить как к неоправданным затратам на преждевременную замену масла, так и к рискам повышенного износа двигателя.

Анализ методов диагностики выявил их существенные недостатки: субъективность и малую точность, а также высокую стоимость и сложность лабораторных анализов, что ограничивает их широкое применение, особенно в условиях реальной эксплуатации.

В качестве решения, устраняющего данные недостатки, предложен иной метод контроля состояния моторного масла. Его принцип основан на постоянном мониторинге частоты вращения ротора центробежного фильтра с помощью

датчика Холла. Снижение скорости вращения на расчётную величину служит объективным индикатором возрастающего гидравлического сопротивления, вызванного загрязнением фильтра и изменением свойств масла [4].

Главными преимуществами данного подхода являются его оперативность, возможность интеграции в систему диагностики транспортного средства, а также значительное снижение затрат по сравнению с регулярными лабораторными исследованиями. Внедрение такой системы позволит перейти от планово-предупредительной замены масла к обслуживанию по фактическому состоянию.

Библиографический список

1. Войтов, В. А. Разработка и обоснование предельно допустимых значений показателей качества трансмиссионных масел / В. А. Войтов, С. А. Митиков // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2007. – № 37. – С. 79-82. – EDN OTNUAX.
2. Жданов, А. Г. Влияние электрофизических методов на качество эксплуатационных свойств трансмиссионных масел наземных транспортно-технологических средств / А. Г. Жданов, В. П. Перевертов, В. Н. Новикова // Труды международного симпозиума "Надежность и качество". – 2025. – Т. 2. – С. 37-41. – EDN PSNWON.
3. Иванов, А. В. К вопросу о периодичности смены трансмиссионных масел в процессе эксплуатации автомобилей / А. В. Иванов, М. В. Селезнев // Вестник НГИЭИ. – 2016. – № 10(65). – С. 94-102. – EDN WXBXRD.
4. Изменение физико-химических и эксплуатационных свойств трансмиссионного масла в ходе стендовых испытаний / М. В. Селезнев, А. А. Евсеев, А. А. Котова [и др.] // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2025. – № 3. – С. 26-29. – DOI 10.24412/0233-5727-2025-3-26-29. – EDN CCPXGU.
5. Коршунов, В. Н. Современные методы оценки эксплуатационных свойств трансмиссионных масел / В. Н. Коршунов, Р. Л. Корчигин, С. В. Мишин // Вестник молодого ученого БГИТУ : Сборник статей, посвященный 95-летию Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ ЭЛ № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

университета, Брянск, 24 мая 2024 года. – Брянск: Брянский государственный инженерно-технологический университет, 2024. – С. 179-182. – EDN YOURII.

6. Ленивцев, А. Г. Влияние герметичности на изнашивание ресурсоопределяющих деталей трансмиссий транспортных и технологических машин / А. Г. Ленивцев, А. С. Бухвалов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 3. – С. 49-53. – EDN SFOUJX.

7. Маньшев, Д. А. Результаты оценки показателей качества трансмиссионного масла при эксплуатации / Д. А. Маньшев, М. В. Селезнев // Вестник НГИЭИ. – 2018. – № 7(86). – С. 49-58. – EDN OUZMFX.

8. Метод определения степени износа и необходимости замены трансмиссионного масла в силовых механизмах / Ю. В. Родионов, И. С. Филатов, Н. В. Воронин [и др.] // Наука в центральной России. – 2020. – № 1(43). – С. 80-87. – DOI 10.35887/2305-2538-2020-1-80-87. – EDN TRSMSE.

9. Методы контроля и результаты исследования состояния трансмиссионных и моторных масел при их окислении и триботехнических испытаниях: монография / В. И. Верещагин, В. С. Янович, Б. И. Ковальский [и др.]. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2017. – 208 с.

10. Мишин, С. В. Методы контроля эксплуатационных свойств трансмиссионных масел / С. В. Мишин, Р. Л. Корчигин, С. В. Вязов // Актуальные вопросы техники, науки, технологии : Сборник научных трудов национальной конференции, Брянск, 07–10 февраля 2024 года. – Брянск: Брянский государственный инженерно-технологический университет, 2024. – С. 161-163. – EDN ZXRHGE.

11. Назарова, Н. В. Улучшение эксплуатационных свойств трансмиссионных масел наземных транспортно-технологических средств применением присадок / Н. В. Назарова, А. Г. Жданов, Г. В. Изранова // Вестник транспорта Поволжья. – 2019. – № 6(78). – С. 34-41. – EDN HSYOMI.

12. Основы триботехники наземных транспортно-технологических средств: учебное пособие / А.Г. Жданов, А.А. Свечников, В.А.Кожевников. — М.: Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ ЭЛ № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2021. — 160 с.

13. Сидоренко, А. Ю. Особенности методики испытаний трансмиссионных масел с учетом вторичных структур / А. Ю. Сидоренко // Вестник Национального Авиационного Университета. – 2004. – Т. 3, № 21. – С. 26-28. – EDN RMWNXH.

14. Тищенко, Н.Т. Технологические процессы технического обслуживания, ремонта и диагностики автомобилей [Текст]: учебное пособие /Н.Т. Тищенко, Ю.А. Власов, Е.О. Тищенко. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2010. – 159 с. – ISBN 978-5-9305-344-3.

15. Трансмиссионные масла и пластичные смазки - применение, основные свойства и маркировка / О. В. Мяло, В. В. Мяло, В. В. Соколовский, А. В. Соколовский // Инновационные технологии в АПК, как фактор развития науки в современных условиях : Сборник международной научно-исследовательской конференции, посвященной 70-летию создания факультета ТС в АПК (МЕХ ФАК), Омск, 26 ноября 2020 года. – Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2020. – С. 522-525. – EDN QXUYJQ.