

Определение фактической загрязнённости моторного масла применением устройства оперативной оценки

Д.В. Варнаков, д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО Ульяновский ГУ; М.А. Афонин, адъюнкт, Вольский ВИМО (филиал) ФГКВООУ ВО ВА МТО

Повышение эффективности технического сервиса машин требует применения новых методов и подходов, позволяющих снизить издержки и повысить оперативность работы сервисных служб. В настоящее время возрастает значение контроля технического состояния автотранспортных средств, и поэтому всё более значимыми становятся вопросы оперативной диагностики, разработки и внедрения современных средств непрерывной диагностики машин [1, 2]. С развитием микроэлектроники становится возможным уменьшение габаритных размеров датчиков и систем контроля параметров, что даёт возможность использовать их в автотранспортных средствах [3].

Снижение износа деталей двигателей автотранспортных средств, отвод тепла остаются важнейшими задачами, поэтому актуальным направлением развития технологий является увеличение ресурса

и межсервисного интервала, что предъявляет к моторным маслам новые требования [4, 5].

Смазочные материалы, подаваемые к сопряжённым поверхностям узлов трения двигателей, составным частям технических средств с целью снижения износа, делятся на четыре основные группы: жидкие масла, пластичные, твёрдые и газообразные смазки. К первой группе относятся моторные масла, они применяются в поршневых и роторных силовых агрегатах. От их эксплуатационных свойств, проявляющихся при производстве, транспортировании, хранении и испытании, зависят важнейшие показатели эксплуатации, в значительной мере определяющие надёжность техники.

Функциональными составляющими работы моторных масел являются: обеспечение при низкотемпературном запуске и в процессе работы двигателей с циркуляционной смазочной системой необходимого давления в главной магистрали и поддержка его при всех скоростных и нагрузочных режимах; заполнение зазоров в лабиринте поршневых колец, обеспечение их подвижности

и минимального прорыва газов в картер; отвод теплоты от деталей, нагреваемых от сгорания топлива и трения; уменьшение трения между смазываемыми деталями и их износа; обеспечение чистоты смазываемых и омываемых деталей двигателя и защита их от коррозии; отделение загрязнений при прохождении через маслоочистительные устройства; передача механических нагрузок в гидравлических толкателях, форсунках с гидравлическим приводом [6, 7].

Товарные моторные масла получают путём компаундирования базовых масел с присадками. Специфичность их эксплуатационных свойств напрямую зависит от количественно-качественных показателей состава компонентов.

Основными показателями качества, характеризующими вязкостно-температурные свойства моторных масел, являются: кинематическая вязкость, индекс вязкости (ИВ) и температура застывания.

Принято, что при условии изменения температуры от 100 до 40°C вязкость изменяется в 15–16 раз, ИВ равен нулю. Если вязкость изменяется в 7–8 раз, то такое масло имеет ИВ, равный 100, а характеристики подобных масел являются эталонными [8, 9].

Оценка свойств моторных масел осуществляется исходя из значений показателей индекса вязкости, коксуемости, зольности и т.д. Цвет и прозрачность масла также во многом характеризуют качество и состояние моторного масла [10, 11].

Цель исследования – на основании выявленных зависимостей полученных экспериментальных данных определить возможность использования разработанного устройства оперативной оценки загрязнённости работающих моторных масел.

помехам в цепи электрического питания и помехам от эмиссии плата соответствует требованиям ГОСТа Р 53325 для 3-й степени жёсткости.

Разработанное устройство оперативной оценки загрязнённости моторного масла имеет следующие особенности: 1) для индикации степени загрязнённости моторного масла установлен светодиод; 2) камера для анализа моторного масла имеет герметичное исполнение; 3) в камере анализа моторного масла установлены ИК-светодиод и фотоприёмник под некоторым углом к оси симметрии с целью рассеивания излучения и повышения точности измерения.

Принцип действия данного устройства заключается в том, что ИК-светодиод располагается таким образом, чтобы создавалось попадание его излучения на фотоприёмник. При попадании инфракрасного излучения на фотоприёмник прибор делает три опроса с промежутком в 1 сек. При первом опросе напряжение на фотодиоде равно 0,18 В, при втором – 0,15 В, при третьем – 0,12 В. Если при третьем опросе свет попадает на фотоприёмник, который находится в режиме низкой чувствительности, то на фотодиоде устанавливается напряжение, равное 2,25 В, и происходит сигнализация путём подачи светового сигнала светодиодом.

При помещении в резервуар моторного масла с большей наработкой излучение, попадающее на фотоприёмник, ослабевает, при этом напряжение на фотоприёмнике устанавливается в 0,2 В. Данный режим функционирования устройства указывает на то, что моторное масло значительно загрязнено, содержит высокое количество сажи, пыли, смол.

При выполнении исследования использовали всесезонное полусинтетическое моторное масло

1. Физико-химические характеристики исследуемого моторного масла (SAE 10W-40)

Параметр	Метод	Значение
Плотность (15°C), кг/м ³	ASTM D 1298	856,9
Кинематическая вязкость (100°C), мм ² /с (сСт)	ASTM D 445	14,69
Кинематическая вязкость (40°C), мм ² /с (сСт)	ASTM D 445	95,22
Вязкость динамическая CCS (-25°C), мПа·с (сР)	ASTM D 5293	4400
Индекс вязкости	ASTM D 2270	159
Температура вспышки, °C	ASTM D 92	234
Температура застывания, °C	ASTM D 97	-36
Общее щелочное число, мг КОН/г	ASTM D 2896	6,97
Сульфатная зольность, %	ASTM D 874	0,84
Общее кислотное число, мг КОН/г	ASTM D 664	1,90

Материал и методы исследования. Разработанное устройство оперативной оценки загрязнённости моторного масла, его остаточного ресурса использует оптический способ [12]. Основной частью устройства является электронная плата.

Средняя наработка от начала эксплуатации и до наступления предельного состояния составляет не менее 60000 час. Средний срок сохранения работоспособности до наступления предельного состояния при определенных условиях эксплуатации составляет 10 лет. По устойчивости к электрическим

2. Показатели загрязнённости моторного масла

Элемент износа, мг/кг	Наработка (пробег), км		
	0	10000	12500
Железо (Fe)	0	26	31
Хром (Cr)	0	0	0
Олово (Sn)	0	4	6
Алюминий (Al)	1	9	9
Никель (Ni)	0	3	4
Медь (Cu)	0	0	6
Свинец (Pb)	0	0	0
Молибден (Mo)	0	3	3

3. Результаты проведённого исследования

№ образца	Степень загрязнения масла	Цвет масла	Напряжение на фотоприёмнике, В	Режим функционирования прибора
1-й	низкая (0 км)	светло-жёлтый	2,25	дежурный (сопровождается постоянным световым сигналом)
2-й	выше среднего (10000 км)	чёрный	0,12	дежурный (мигание светодиода с частотой $2\pm 0,2$ Гц)
3-й	высокая (12000 км)	тёмно-чёрный	0,2	тревоги (отсутствует световой сигнал)

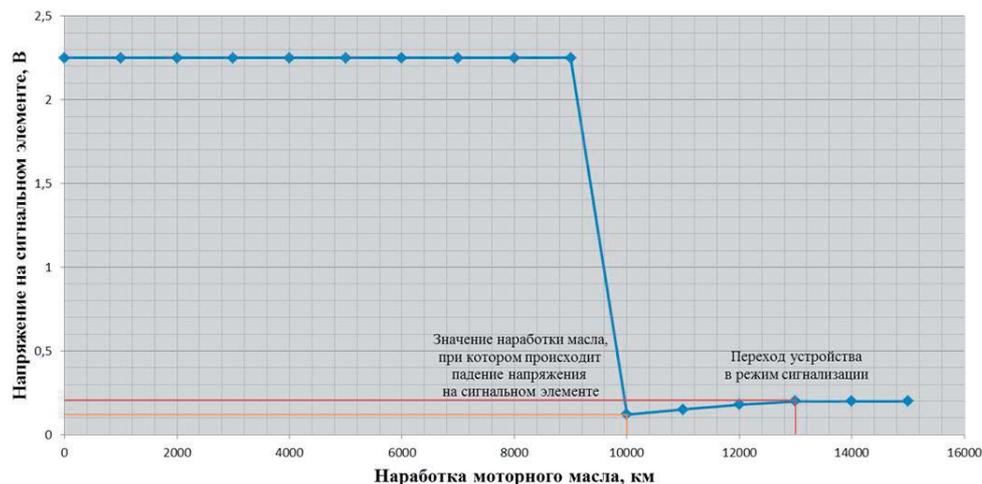


Рис. – Изменение значения напряжения на сигнальном элементе устройства оперативной оценки загрязнённости моторного масла

класса вязкости 10W-40 с разной степенью наработки (временем эксплуатации). Данное моторное масло разработано на основе гидрокрекинговых базовых масел III группы сверхвысокой вязкости (табл. 1).

Результаты исследования. Первый замер производили на чистом масле (без наработки). Образец масла обладал высокой степенью светопропускания. Образцы отбирали с интервалом 1000 км пробега автомобиля. Образец моторного масла с высоким значением наработки – 12500 км – имел тёмно-чёрный цвет.

Экспериментальным путём было найдено пороговое значение загрязнённости моторного масла (степень наработки – приблизительно 9500 км пробега автомобиля), при котором наблюдается падение напряжения на фотодиоде до 0,12 В (табл. 2). Значение светопропускания моторного масла снизилось по сравнению с эталонным образцом.

О результатах исследования свидетельствуют данные таблицы 3.

Зависимость напряжения на фотоприёмнике от степени загрязнённости моторного масла представлена на рисунке.

Вывод. Было разработано устройство для оценки состояния моторного масла на основе изменения его оптических свойств. Проведённое исследование показало возможность применения оптического метода определения наработки моторного масла, оценки степени его загрязнённости и остаточного ресурса.

Литература

1. Варнаков Д.В. Повышение параметрической надёжности двигателей автотранспортных средств в системе технического сервиса: автореф. дисс. ... докт. техн. наук. М., 2013.
2. Филатов М.И., Пузаков А.В., Киданов А.Д. Разработка и обоснование метода диагностирования автотракторных стартеров // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 4 (66). С. 118–121.
3. Дидманидзе О.Н., Варнаков Д.В., Варнаков В.В. Концепция технического сервиса по фактическому состоянию машин на основе оценки их параметрической надёжности // Вестник федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». 2016. № 2 (72). С. 51–52.
4. Варнаков Д.В., Афонин М.А., Пикулин Д.В. Применение методики прогнозирования надёжности двигателей военной автомобильной техники в нормальном и специальном эксплуатационных режимах // Научный вестник Вольского военного института материального обеспечения. 2017. № 2 (42). С. 85–90.
5. Дидманидзе О.Н. Обеспечение надёжности техники путём проведения комплексной оценки качества поставок запасных частей при организации технического сервиса / О.Н. Дидманидзе, Б.С. Дидманидзе, В.В. Варнаков, Д.В. Варнаков, Е.А. Варнакова, Л.Л. Хабиева // Международный технико-экономический журнал. 2014. № 5. С. 31–40.
6. Гришин Н.Н., Серeda В.В. Энциклопедия химмотологии. М.: Издательство «Перо», 2016. 155 с.
7. Макушев, Ю.П., Михайлов Л.Ю., Филатов А.В. Химмотология: учеб. / Федеральное агентство по образованию ГОУ ВПО «Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия». Омск, 2010.
8. Варнаков Д.В., Варнаков Д.В., Платонов А.В. Способ и система оценки стабильности качества биотоплива для дизельных двигателей // Международный научный журнал. 2013. № 3. С. 95–101.
9. Варнаков Д.В. Влияние метода прогнозирования достаточной надёжности по обобщённому параметру на динамическую характеристику автотранспортных средств // Международный технико-экономический журнал. 2012. № 2. С. 113–119.
10. Дидманидзе О.Н., Варнаков Д.В. Повышение параметрической надёжности автомобильных двигателей // Ремонт, восстановление, модернизация. 2007. № 5. С. 2–7.
11. Варнаков В.В., Погодин А.В., Варнаков Д.В. Оценка качества ремонта двигателей при сертификации по результатам обкаточных испытаний // Ремонт, восстановление, модернизация. 2005. № 8. С. 19–21.
12. Дидманидзе О.Н., Варнаков Д.В., Карев А.М. Надёжность автотранспортных средств: монография. М: Издательство: Учебно-методический центр «Триада», 2017. 161 с.