

## Литература

1. Техническая поддержка-портал BMW [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://webista.bmw.com>. – Дата доступа: 17.12.2015.

2. Техническая документация – портал ASAP BMW [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://asapdealer.bmwgroup.com>. – Дата доступа: 18.12.2015.

УДК623.437.4: 681.518.5 (083.72)

### АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЖИДКОСТЕЙ АВТОМОБИЛЯ КАК ПУТЬ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ТО

### ANALYSIS OF FLUIDS VEHICLE AS A WAY OF IMPROVING THE SYSTEM MAINTENANCE

*Савич Е.Л.*, профессор; *Фурса В.И.*, магистрант  
(Белорусский национальный технический университет, г. Минск)

*Savich E.L.*, Professor; *Fursa V.I.*, Undergraduate  
(Belarusian National Technical University, Minsk)

**Аннотация.** *Рассматриваются возможности изменения периодичности замены масел на основе проведения контрольного анализа масла применяемого в двигателе, что позволит сократить как трудовые, так и материальные затраты на проведение ТО.*

**Abstract.** *The possibilities of changing the frequency of oil change on the basis of the analysis of the control of oil used in the engine, thereby reducing both labor and material costs of maintenance.*

Недостаток стандартного регламента ТО большинства мировых производителей автомобилей состоит в том, что в условиях неизбежной вариации показателей технического состояния значительная часть изделий имеет потенциальную наработку до отказа (запас ресурса), существенно отличающуюся от установленной периодичности ТО, и в этих случаях техническое обслуживание с заданной периодичностью является несвоевременным и вызывает дополнительные затраты [1].

При эксплуатации автомобилей в условиях, отличных от стандартных типов эксплуатации, логично проводить ТО автомобилей реже или чаще, с коррекцией установленных временных интервалов и межсервисных пробегов.

Преимущество тактики технического обслуживания по состоянию – более полное использование потенциального ресурса. Таким образом, данная тактика является более выгодной с точки зрения минимизации затрат, оптимального использования экономических, материальных ресурсов и рабочего времени, а также обеспечения высокого коэффициента технической готовности автомобилей. При этом нужно постоянно или периодически контролировать их техническое состояние.

Одним из ключевых факторов, влияющих на состояние деталей и систем автомобиля, является состояние эксплуатационных жидкостей.

Износ в узлах автомобиля происходит из-за трения. Основным способом уменьшения износа является применение специальных смазывающих жидкостей для обеспечения жидкостного или полужидкостного трения движущихся деталей узлов автомобиля, а также их химическая нейтральность в одних случаях, в других, способность поглощать (окислять) возникающие при работе вредные вещества.

Для примера рассмотрим ДВС как один из основных агрегатов автомобиля. Детали ЦПГ и КШМ, работающие при правильно спроектированных условиях смазки работоспособны достаточно долго без видимых следов износа. Сказанное относится к механизмам, работающим при щадящих температурах и отсутствии аварийных режимов. Основными причинами, вызывающими износ цилиндров, поршней и поршневых колец, исключая внешние факторы (пыль, неуставившееся режимы), которые работают в условиях, занимающее промежуточное значение между гидродинамической и эластогидродинамической смазки, являются отложения на поршне [2].

Чрезмерные отложения в районе компрессионных колец вызывают чрезмерный расход масла по причине нарушения подвижности колец (но не зависания) и полировку цилиндра абразивным компонентом нагара. Полировка также может быть вызвана химической коррозией при работе двигателя на топливе с высоким содержанием серы и низкой (т.е. недостаточной в таком случае) щелочностью масла. Поддержание хонингованной поверхности цилиндра в первоначальном виде является ключевым моментом для продления ресурса двигателя, сдерживания расхода масла, низкого износа поршневых колец и предотвращению их задиранья.

Низкий расход масла и уменьшение полировки цилиндра достигаются применением специально разработанного масла, которое минимизирует отложения в верхней части поршневого кольца и обеспечивает необходимую щелочность для минимизации коррозионных аспектов полировки цилиндра.

Существенное влияние на состояние ДВС оказывает высокотемпературная вязкость. С одной стороны, при увеличении вязкости используемого масла выше проектного, увеличивается толщина масляной пленки в

зоне трения, что, казалось бы, благоприятно сказывается на защитных функциях масла. Однако вследствие эксплуатации масел с повышением вязкости резко возрастает расход топлива и возникает масляное голодание цилиндропоршневой группы, которая по принятым схемам в автотранспорте не дуальных систем смазки обеспечивается маслом, как правило, за счет масляного тумана и разбрызгивания. При эксплуатации ДВС со снижением вязкости масла, может произойти разрыв масляной пленки и как следствие износ.

Одним из путей оптимизации интервалов замены масла является многостороннее исследование физико-химических свойств масел, что в конечном итоге даст исчерпывающий ответ на вопрос, когда и какое масло лучше заливать в систему смазки двигателя. Лабораторный анализ позволяет достоверно определить состояние моторного масла автомобиля, выявить продукты износа и оптимизировать интервал замены масла [3].

Любое моторное масло характеризуется несколькими показателями. Ниже представлено описание основных параметров моторных масел [3]:

1. *Вязкость по SAE* – общепринятый стандарт классификации вязкости моторных масел SAE J300. За цифрами скрываются определенные стандартом диапазоны вязкости, в которые должен укладываться данный образец. Если масло «всесезонно», цифр на канистре указывается две: для «холодного старта» *b* для рабочей температуры прогретого мотора. Первая цифра отделена от второй литерой «W» – «зимнее». Так как практически все выпускаемые современные масла всесезонные, общепринятой стала комбинированная кодировка, например: 5W (холодный запуск) 40 (рабочая температура). В лабораторных условиях, определяется усилие сдвига и прокачиваемости масла при низких температурах – это важно для самой возможности запустить холодный двигатель. Чем ниже цифра, тем масло более жидкое и более приспособлено к условиям холодного запуска. После достижения рабочей температуры (а это уже около 40 градусов и выше – несколько минут после запуска), влияние этого параметра на эксплуатационные характеристики масла становится малозначительным. Важным становится второе значение – кинематическая вязкость при рабочей температуре двигателя (около 100 градусов). Масло, очевидно, не должно быть слишком жидким при рабочей температуре, которая повышается пропорционально нагрузке на двигатель и может достигать 150–180 градусов и даже выше. Например, в области поршневых колец, где масло забирает значимую часть тепла, образовавшуюся в результате сгорания топлива. Слишком тонкий слой может быть подвержен разрыву: он не создает требуемой защиты и приведет к ускоренному износу. Слишком густой – создаст постоянные излишки смазочного материала в области поршневых канавок, что постепенно приведет к коксованию (потере подвижности)

поршневых колец при определенных условиях – таких, например, как низкие обороты двигателя, характерные для стояния в пробке. Кроме того, стоит обратить внимание, что высокотемпературная вязкость «40» и «60» отличается в абсолютных цифрах примерно вдвое – это значит, что значительно возрастают потери мощности, которые при прочих равных условиях, могут достигать 10 %, что также приводит и к ухудшению топливной экономичности.

2. *Индекс вязкости масла* – условная безразмерная величина, характеризующая стабильность вязкостных свойств при изменении температуры. Чем выше значение, тем в более широком диапазоне температур масло сохранит текучесть. Часто используется как косвенный параметр оценки примененных базовых масел. В чистом виде, не является параметром качества.

3. *Индекс испаряемости NOACK* – одна из современных методик, характеризующая качество фракционного состава смазочных материалов. Масло нагревается до температуры 250 градусов и после истечения установленного промежутка времени, оценивается относительное изменение массы образца – согласно европейской методике, изменение массы не должно быть более 13,7%. При прочих равных, чем больше от исходной массы выкипело, тем масло более такое склонно к угару – в его составе больше «коротких» молекул – в основе масла присутствуют низкосортные компоненты. Существует прямая связь между количеством испарившегося масла и его классом вязкости – густое масло менее склонно к выкипанию.

4. *Температура вспышки в закрытом тигле* – один из параметров безопасности – масло постепенно нагревается в закрытом резервуаре до момента, когда поднесенный источник открытого огня вызовет вспышку пламени. Фиксируется минимальная температура вспышки. Еще один параметр, косвенно характеризующий качество базовой основы – провальных значений быть не должно. В чистом виде определяющим критерием не является.

5. *Щелочное число TBN* – величина, прямо характеризующая запас моющих свойств у масла. Связана с количеством активных элементов в составе моющих и грязеудерживающих присадок. Больше – лучше. С появлением т.н. «малозольных» масел (с определенно низким TBN), активно насаждается мнение, что TBN не является критерием, однозначно определяющим запас моющих свойств, что отчасти верно – важна динамика снижения, а также «кислотно-щелочной баланс». Однако, в любом случае, никакой иной методики, кроме как контроль снижения щелочности и роста кислотности (непосредственно связанных с контролем щелочного числа) никто пока не предлагает.

6. *Присадки* – в составе современных моторных масел содержится не более 10–15 % присадок. Присадки предотвращают преждевременный износ, коррозию, отмывают и удерживают в себе отложения. По сути, это соединения на основе следующих металлов:

– кальций и магний – моющие и удерживающие отложения присадки. Обычно 0,2 до 0,3 % суммарного массового содержания;

– цинк, фосфор – противоизносные присадки. До 0,2 % суммарного массового содержания;

– молибден, бор – чаще всего, присадки для снижения трения, до 0,2 % массового содержания, присутствуют, как правило, исключительно в дорогих высокотехнологичных маслах.

Кроме того, сюда относятся и модификаторы вязкости на основе полимеров.

7. *Загрязнение* – для исправного двигателя, нам важно определить содержание кремния. Его количество пропорционально пробегу и говорит о качестве фильтрации входящего воздуха. Кроме того, существует норматив по содержанию топлива в масле: его должно быть не более 1,5 %. Если больше, существуют какие-либо проблемы со смесеобразованием и (или) цилиндропоршневой группой.

8. *Продукты износа* – к определяемым в отработанном масле продуктам износа относят металлы, из которых изготовлены подверженные износу детали двигателя. Следует учесть, что в зависимости от типа двигателя, меняется состав пар трения: зеркало блока цилиндров может быть изготовлено из чугуна, а может из алюминия. При этом, алюминиевый поршень может быть покрыт тонким слоем железа и так далее. Относительные результаты справедливы лишь для двигателей одного типа. Также некорректно сравнивать двигатели разной металлоемкости – рядный четырехцилиндровый двигатель и, например, V12 - абсолютные значения содержания продуктов износа как минимум пропорциональны количеству цилиндров.

9. *Прочие показатели:*


Кислотное число TAN – характеристика кислотности масла, не должна существенно превышать щелочность.


Окисление – величина, прямо связанная с температурной деградацией: помутнением основы и утратой свойств пакетом присадок.

Нитрование – параметр, связанный с лако- и нагарообразованием в результате проникновения в масло соединений азота.


Авторами был проведен лабораторный анализ моторных масел на различных пробегах. В ходе анализа оцениваются различные показатели, например, наличие индикаторов износа, загрязнение, содержание присадок, вязкость, щелочное и кислотное числа и др.

Пример результата лабораторного анализа пригодного для эксплуатации масла представлен на рисунке 1.


Данные образца			
Лабораторный номер		29188	
Дата отбора		-	
Пробег, км, м/ч		-	
Наработка масла, км, м/ч		10000	
Долив масла, л		10	
Оценка масла			
<b>Индикаторы износа</b>			
Железо	Fe	мг/кг	17
Хром	Cr	мг/кг	<2
Олово	Sn	мг/кг	<2
Алюминий	Al	мг/кг	5
Никель	Ni	мг/кг	0
Медь	Cu	мг/кг	2
Свинец	Pb	мг/кг	<2
Молибден	Mo	мг/кг	<2
Ванадий	V	мг/кг	0
<b>Элементы присадок</b>			
Кальций	Ca	мг/кг	2058
Магний	Mg	мг/кг	552
Бор	B	мг/кг	2
Цинк	Zn	мг/кг	1207
Фосфор	P	мг/кг	1038
Барий	Ba	мг/кг	0
<b>Загрязнение</b>			
Кремний	Si	мг/кг	15
Калий	K	мг/кг	2
Натрий	Na	мг/кг	4
Вода		%	<0,1
Вода по KF		ppm	-
Содержание топлива		%	0,50
Сажа		%	-
Количество частиц, класс чистоты ISO 4406			-
<b>Состояние масла</b>			
Вязкость, 100°C	мм <sup>2</sup> /с		12,68
Вязкость, 40°C	мм <sup>2</sup> /с		74,05
Индекс			172
Окисление	А/см		4,00
Нитрование	А/см		2,00
Щелочное число TBN			4,04
Кислотное число TAN			3,37
pH- кислотность			-




общая оценка



Норма



Внимание





Опасность


*Рисунок 1* – Пример результата лабораторного анализа моторного масла


На рисунке 2 показан результат анализа моторного масла, не пригодного для дальнейшей эксплуатации.


У проверенного моторного масла выявлено критическое снижение щелочного числа, а также превышение кислотного числа над щелочным. Такое масло рекомендуется незамедлительно заменить.

Данные образца			
Лабораторный номер	26102		
Дата отбора	-		
Пробег, км, м/ч	100000		
Наработка масла, км, м/ч	15000		
Долив масла, л	2,5		
Оценка масла			
Индикаторы износа			
Железо Fe	мг/кг	16	
Хром Cr	мг/кг	<2	
Олово Sn	мг/кг	<2	
Алюминий Al	мг/кг	8	
Никель Ni	мг/кг	0	
Медь Cu	мг/кг	2	
Свинец Pb	мг/кг	<2	
Молибден Mo	мг/кг	<2	
Ванадий V	мг/кг	0	
Элементы присадок			
Кальций Ca	мг/кг	1641	
Магний Mg	мг/кг	4	
Бор B	мг/кг	2	
Цинк Zn	мг/кг	1053	
Фосфор P	мг/кг	786	
Барий Ba	мг/кг	0	
Загрязнение			
Кремний Si	мг/кг	11	
Калий K	мг/кг	6	
Натрий Na	мг/кг	6	
Вода	%	<0,1	
Вода по KF	ppm	-	
Содержание топлива	%	0,6	
Сажа	%	-	
Количество частиц, класс чистоты ISO 4406		-	
Состояние масла			
Вязкость, 100°C	мм2/с	13,43	
Вязкость, 40°C	мм2/с	80,52	
Индекс		170	
Окисление	A/см	5,00	
Нитрование	A/см	1,00	
Щелочное число TBN		1,88	
Кислотное число TAN		2,82	
pH- кислотность		-	

  
**общая оценка**

 Норма

 Внимание

 Опасность

**Рисунок 2** – Пример результатов анализа моторного масла

### Вывод

Согласно вышеперечисленному и на примере масла ДВС, контроль за состоянием технических жидкостей может значительно продлить наработку до отказа, а также установить необходимые интервалы замены, что положительно скажется на эксплуатационные расходы конкретного автомобиля.

### Литература

1. Васильева, Л.С. Автомобильные эксплуатационные материалы: учеб. для вузов / Л.С. Васильева. – Изд. 2-е. – М.: Наука-Пресс, 2004. – 421 с.

2. Савич, Е.Л. Обслуживание и ремонт легковых автомобилей: учеб. / Е.Л. Савич, М.М. Болбас, В.К. Ярошевич; под общ. ред. Е.Л. Савича. – Минск: Высш. шк., 2000. – 381 с.

3. Савич, Е.Л. Техническая эксплуатация автомобилей : учеб. пособие: в 3 ч. / Е.Л. Савич. – Минск: Новое Знание; М.: ИНФРА-М, 2015. – Ч. 2: Методы и средства диагностики и технического обслуживания автомобилей. – 364 с.; ил. – (Высшее образование).

УДК623.437.4: 681.518.5 (083.72)

**ПРИМЕНЕНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ  
ДЛЯ ЭСУ АВТОМОБИЛЯ В ТЕОРИИ СИСТЕМЫ МАССОВОГО  
ОБСЛУЖИВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
АВТОМОБИЛЕЙ**

**THE USE OF DIAGNOSTIC EQUIPMENT FOR THE ESA CAR IN THE  
THEORY OF QUEUING TECHNICAL OPERATION OF VEHICLES**

*Савич Е.Л.*, профессор; *Сосновский С.А.*, аспирант  
(Белорусский национальный технический университет, г. Минск)

*Savich E.L.*, Professor; *Sosnowski S.A.*, Graduate Student  
(Belarusian National Technical University, Minsk)

**Аннотация.** *Рассматриваются требования к диагностированию электронных систем управления автомобилем с точки зрения удовлетворения качества при диагностировании и минимизация затрат.*

**Abstract.** *We consider the requirements for diagnosis of electronic control systems of the vehicle in terms of satisfaction with the quality of diagnosis and minimizing costs.*

Решение ужесточающихся требований к активной и экологической безопасности автомобиля основывается на внедрении в конструкцию электронных систем управления (ЭСУ). При увеличении доли ЭСУ в конструкции современной техники особую актуальность приобретают проблемы связанные с обеспечением работоспособности. Анализ состояния вопроса показывает, что усложнение конструкции автомобиля привело к увеличению функциональных и параметрических отказов [1], а вопросы проблематики надежности ЭСУ исследованы недостаточно полно [2]. С полным основанием можно утверждать, что сложность этих процессов и выявление нарушений в них невозможно без использования современного и соответственно дорогостоящего оборудования. Основные формы и методы организации проведения диагностических работ автомобилями с ЭСУ приведен на рисунке 1.