УДК 621.43; 631.37

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ МОТОРНОГО МАСЛА, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ПРОЦЕСС ЕГО СТАРЕНИЯ

Замальдинов М.М., кандидат технических наук, доцент,

Маврин А.С., магистр,

тел. 89278121351, zamaldinov.marat@mail.ru

ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

Замальдинова Ю.М., магистр

ФГБОУ ВО Ульяновский ГПУ

Ключевые слова: *моторное масло, кинематическая вязкость, индекс вязкости, диэлектрические свойства, оптическая плотность.*

В статье рассматривается каким образом, наряду с классическими показателями качества моторного масла, определяется пригодность моторных масел по электрическим показателям, диэлектрическим свойствам и оптической плотности.

Введение. К моторным маслам предъявляются эксплуатационные требования, соответствием которым является гарантом надежной и безотказной работы двигателя. Для обеспечения нормальной работы двигателя моторное масло должно выполнять ряд функций, эффективность выполнения которых зависит от его физико-химических параметров [1].

Материалы и методы исследований. Одной из основных характеристик масла является вязкость, значение которой для каждого класса вязкости нормируется Российским ГОСТом 17479.1-2015 «Масла моторные. Классификация и обозначение», зарубежными классификациями SAE J 300:2013, ACEA, ILSAC. Для обеспечения нормальной смазывающей способности моторного масла на всех режимах работы двигателя значение вязкости не должно отличаться от нормативного более чем на 20% (снижение) и 25% (прирост) для бензиновых двигателей и 20% (снижение) и 35% (прирост) для дизельных двигателей [2].

Вязкость моторного масла зависит от температуры. При

понижении температуры от 100 до 50 °С вязкость может увеличиться в 5 раз [3]. При охлаждении моторных масел до 0 °С и ниже вязкость увеличивается в сотни и тысячи раз. Превышение максимального уровня приводит к увеличению потерь на трение и увеличению расхода топлива двигателем, затруднению пуска двигателя и увеличению интенсивности изнашивания пар трения от недостаточного поступления масла в зоны трения. Уменьшение вязкости сопровождается повышением интенсивности изнашивания деталей, увеличением испаряемости масла и задирам трущихся поверхностей [4].

Результаты исследований и их обсуждение. Изменения вязкости моторного масла от температуры описывают с помощью различных экспоненциальных и логарифмических зависимостей, таких, например, как уравнения Вальтера.

Формула Вальтера имеет вид:

$$(v_t + a) = e^{aT^\varepsilon} \quad (1)$$

где v_t – кинематическая вязкость, мм²/с при температуре t °С,

T – абсолютная температура,

a – коэффициент, зависящий от индивидуальных свойств жидкости.

Недостатком этого уравнения является его эмпирический характер и наличие в нем эмпирических экспериментальных коэффициентов, не объясняющий, какие физические явления происходят в масле при изменении его температуры.

Вязкость моторного масла зависит также и от давления в узле трения. При увеличении давления динамическая вязкость масла возрастает по степенному закону.

Анализ динамики изменения кинематической вязкости при рабочих температурах масла показал, что при эксплуатации технически исправных двигателей данный параметр не достигал предельно допустимых значений в течение всего срока эксплуатационных испытаний, поэтому он не является определяющим предельные сроки замены моторного масла.

Для оценки низкотемпературных свойств моторных масел и пологости вязкостно-температурной кривой в современных отечественных и зарубежных стандартах применяют показатель –

индекс вязкости (ИВ) [5]:

$$ИВ = (v - v_1)/(v - v_2), \quad (2)$$

где v – кинематическая вязкость масла при 40°C с $ИВ=0$ и имеющим при 100°C такую же кинематическую вязкость, как испытуемое масло, мм²/с;

v_1 - кинематическая вязкость испытуемого масла при 40 °С;

v_2 - кинематическая вязкость масла при 40°C с $ИВ=100$ и имеющим при 100°C такую же кинематическую вязкость, как испытуемое масло, мм²/с.

Чем выше индекс вязкости, тем более пологая вязкостно-температурная зависимость и тем лучше низкотемпературные свойства моторного масла. Недостатком данного показателя является то, что при определении индекса вязкости используют данные о вязкости масла только в области положительных температур.

Способность моторного масла нейтрализовать кислоты, образующиеся при работе двигателя, характеризуется щелочным числом, которое уменьшается в процессе работы моторного масла. При этом происходит снижение таких важных эксплуатационных свойств моторного масла, как: моющие, антиокислительные, противоизносные и другие свойства, которые обеспечиваются присадками щелочного типа.

Значительное снижение щелочного числа моторного масла происходит в первые часы работы ДВС, затем – по экспоненциальной зависимости. При доливах масла происходит частичное его восстановление [6].

Предельно-допустимыми значениями щелочного числа являются: 0,5...2,0 мг КОН/1 г масла для бензиновых ДВС и 1,0...3,0 – для дизелей [7].

В процессе работы ДВС в моторном масле образуется нерастворимый осадок из продуктов износа деталей двигателя, частиц глубокого окисления, продуктов срабатывания присадок и пыли из окружающей среды.

Предельное значение нерастворимого осадка в зависимости от типа двигателя может находиться в пределах 1...10% [8].

Зольность масла характеризует наличие золы металлов присадок

(для нового масла) и инородных продуктов износа трущихся сопряжений, загрязнения и глубокого окисления. Чем больше зольность свежего масла, тем больше зольных присадок в него введено. С увеличением зольности работающего масла увеличивается интенсивность износа деталей ДВС.

Попадание в моторное масло различного рода примесей приводит к изменению его электрических показателей. Результаты исследования изменения диэлектрических потерь моторного масла в зависимости от пробега автомобиля представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты исследования изменения диэлектрических потерь моторного масла в зависимости от пробега автомобиля

Масло	Пробег масла, тыс. км	Результаты измерений						Результаты вычислений			
		Частота f , кГц	Температура, К	Добротность прибора (Q_1)	Добротность масла (Q_2)	Емкость прибора (C_1), пФ	Емкость масла (C_2), пФ	Итоговая емкость (C_3), пФ	Итоговая добротность (Q_3)	Угол δ диэлектрических потерь, град	$\tan \delta = 1/Q_3$
«Консул-супер»	-	550	293	81	79	385	375	10	83,11	0,7	0,012
	5	550	293	81	71	385	366	19	28,38	2,0	0,035

Оптическая плотность моторного масла повышается по мере накопления в нем продуктов загрязнения, и может являться критерием оценки его моющих свойств.

В работе [1] представлены результаты исследования изменения физико-химических показателей моторных масел в двигателях различных марок в процессе их работы. К моменту замены моторных масел обнаружено содержание в них нерастворимого осадка от 0,87 до 2,7 %, увеличение кинематической вязкости на величину от 10 до 59 %, кислотного числа от 0,8 до 2,8 мг КОН/г масла, снижение щелочного числа от 32 до 56 %, повышение коксуемости от 33 до 122 %.

В продуктах износа ДВС, которые накапливаются в работавшем моторном масле, в основном содержится железо. С накоплением железа

в масле изменяются такие его свойства, как оптическая плотность, водородный показатель и вязкость.

Заключение. Таким образом, наряду с классическими показателями качества моторного масла, такими как: кинематическая вязкость, индекс вязкости, щелочное число, зольность и коксуемость, температура вспышки пригодность моторных масел можно определять по электрическим показателям, диэлектрическим свойствам и оптической плотности.

Библиографический список:

1. Результаты исследований противоизносных свойств частично восстановленных минеральных масел / М.М. Замальдинов, С.А. Яковлев, А.К. Шленкин // Материалы IX Международной научно-практической конференции: Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения. - 2018. - С. 154-158.

2. Технологический процесс компаундирования очищенных отработанных моторных минеральных масел / М.М. Замальдинов, А.А. Глущенко // Материалы VII Международной научно-практической конференции: Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения. - 2016. - С. 41-46.

3. Теоретическое обоснование процесса фильтрации отработанных масел / М.М. Замальдинов, А.А. Глущенко, К.У. Сафаров // Материалы за 10-а международна научна практична конференция: Новината за напреднали наука. - 2014. - С. 52-55.

4. Регенерация отработанных минеральных моторных масел методом центрифугирования / М.М. Замальдинов, К.У. Сафаров, С.А. Колокольцев // Материалы Всероссийской научно-практической конференции: Эксплуатация автотракторной техники: опыт, проблемы, инновации, перспективы. сборник статей. - 2013. - С. 39-42.

5. Математическое описание процесса фильтрации отработанных масел / М.М. Замальдинов, К.У. Сафаров, А.А. Глущенко // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. - 2011. № 5. - С. 46-48.

6. Математическое описание процесса центрифугирования / М.М. Замальдинов, К.У. Сафаров // Материалы Всероссийской научно-

практической конференции молодых ученых: Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России. - 2010. - С. 138-140.

7. Удаление механических примесей и воды из отработанного моторного масла методом гравитационного отстаивания / М.М. Замальдинов // Межвузовский сборник научных трудов XVI региональной научно-практической конференции: Повышение эффективности использования автотракторной и сельскохозяйственной техники. - 2005. - С. 170-173.

8. Определение оптимального режима работы гидроциклона / В.М. Холманов, М.М. Замальдинов // Материалы Всероссийской научно-практической конференции: Современное развитие АПК: региональный опыт, проблемы, перспективы. - 2005. - С. 261-263.

PHYSICO-CHEMICAL PARAMETERS OF ENGINE OIL, CHARACTERIZING THE PROCESS OF HIS AGING

Zamaldinov M.M., Mavrin A.S., Zamaldinova Y.M.

Keywords: *engine oil, kinematic viscosity, viscosity index, dielectric properties, optical density.*

The article examines how, along with the classical indicators of engine oil quality, the suitability of engine oils is determined by electrical parameters, dielectric properties and optical density.