

DOI: 10.26730/1999-4125-2017-5-168-174
УДК 621.892.2

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ДОЛИВОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНОЙ СТАБИЛЬНОСТИ МИНЕРАЛЬНОГО МОТОРНОГО МАСЛА ЛУКОЙЛ СТАНДАРТ 10W-40 SF/CC

THE STUDY OF INFLUENCE OF TOPPING ON THERMAL OXIDATION STABILITY INDICATORS OF LUKOIL STANDARD 10W-40 SF/CC MINERAL ENGINE OIL

Ковальский Болеслав Иванович,
доктор техн. наук, профессор, e-mail: labsm@mail.ru
Kowalski Boleslav I., Dr. Sc., Professor
Агровиченко Дарья Валентиновна,
аспирант, e-mail: dagrovichenko@sfu-kras.ru
Agrovichenko Dariya V., postgraduate
Сокольников Александр Николаевич,
кандидат техн. наук, доцент, e-mail: asokolnikov@bk.ru
Sokolnikov Aleksandr N., C. Sc. (Engineering), Associate Professor
Балясников Валерий Александрович,
аспирант, e-mail: kanzas29@mail.ru
Balyasnikov Valeriy A., postgraduate student

Сибирский Федеральный Университет, Институт нефти и газа, 660041, Россия, г. Красноярск, пр. Свободный, д. 82, стр. 6
Siberian Federal University, Institute of Oil and Gas, 82/6 Svobodny Ave, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

Аннотация. При определении качества работающего моторного масла большое значение на механизм термоокисления имеет влияние доливов. Однако существует проблема недостаточной изученности влияния доливов на состояние моторных масел. Целью настоящих экспериментальных исследований является определение влияния доливов на термоокислительную стабильность и относительную вязкость минерального моторного масла 10W-40 SF/CC, включающих нахождение коэффициента поглощения светового потока, испаряемости, коэффициентов термоокислительной стабильности и относительной вязкости. В качестве критерия оценки влияния доливов на процессы окисления и испарения предложен потенциальный ресурс, определяемый временем достижения коэффициентом термоокислительной стабильности установленного значения. Методика исследования заключалась в испытании исследуемого масла на приборе для термостатирования последовательно при температурах 180, 170 и 160 °C без доливов и с доливками, причем масса доливаемого масла соответствовала массе испарившегося. В результате проведенных исследований установлено, что доливы оказывают существенное влияние на термоокислительную стабильность минерального моторного масла 10W-40 SF/CC и их влияние повышается с понижением температуры испытания. Вместе с тем влияние доливов на коэффициент относительной вязкости масла незначительно на всем температурном интервале испытания.

Abstract. In determining the quality of the engine oil in use, the influence of topping becomes very important for the mechanism of thermal oxidation. However, the influence of topping on the condition of engine oils is not studied sufficiently. The objective of these experimental studies is to determine the effect of topping on thermal oxidation stability and relative viscosity of mineral motor oil 10W-40 SF/CC, as well as determination of the light flux absorption coefficient, evaporation, coefficients of thermal oxidation stability and coefficient of relative viscosity. As criterion of an estimation of influence of topping on the oxidation and evaporation processes, the potential service life was proposed that is defined by the time the coefficient of thermal oxidation stability reaches the set value. The methodology of the study was to test the investigated oil in the device for thermostatic control in a sequence at temperatures of 180, 170 and 160 °C without topping and with topping, and the mass of topped-up oil corresponded to the mass evaporated. As a result, it was established that toppings had a significant impact on thermal-oxidation stability of mineral motor oil 10W-40 SF/CC and their influence increased

with decreasing test temperature. At the same time, influence of topping on coefficient of relative oil viscosity at all temperature intervals of the test was inconsiderable.

Ключевые слова: коэффициент поглощения светового потока, испаряемость, коэффициент термоокислительной стабильности, потенциальный ресурс, коэффициент относительной вязкости.

Keywords: light flux absorption coefficient, evaporability, coefficient of thermal oxidation stability, potential service life, coefficient of relative viscosity.

Введение. Важнейшими эксплуатационными свойствами моторных масел являются смазывающая способность, вязкость, термоокислительная стабильность, антикоррозионные свойства, защитные свойства, стойкость к пенообразованию. Однако в результате термоокисления масла увеличивается вязкость, возрастает коррозионная активность, вспениваемость, ухудшаются противозадирные свойства. Скорость и глубина термоокисления масла зависят от длительности термоокисления, температуры масла, каталитического действия металлов, концентрации кислорода. Наибольшее влияние на скорость окисления оказывает температура. Поскольку при термоокислении образуются продукты, влияющие на смазывающую способность, вязкость, коррозионную активность, защитные свойства и стойкость к пенообразованию, значение термоокислительной стабильности, оцениваемое коэффициентом поглощения светового потока, испаряемостью, коэффициентами термоокислительной стабильности и относительной вязкости дает наиболее точное представление о качестве моторного масла [1].

Вместе с тем при определении качества работающего моторного масла большое значение на механизм термоокисления имеет влияние доливов [2-4]. Однако единое мнение о влиянии доливов в результате угара масла и негерметичности масляной системы отсутствует [5]. Одни считают, что доливы не оказывают влияния на качество масла ввиду стабильности противоизносных свойств, другие полагают, что они влияют на оптические свойства и поддерживают высокую концентрацию присадок [6-9].

Целью настоящих экспериментальных исследований является определение влияния доливов на термоокислительную стабильность и относительную вязкость масла.

Для исследования выбрано минеральное все-сезонное универсальное моторное масло 10W-40 SF/CC, применяемое в бензиновых и дизельных двигателях. Класс вязкости – 10W-40, группа эксплуатационных свойств по классификации API – SF/CC.

Исследования проводились на следующих средствах контроля и испытания: прибор для термостатирования, фотометрическое устройство, электронные весы и малообъемный вискозиметр, техническая характеристика которых приведена в работе [10].

Методика исследования заключалась в ис-

пытании исследуемого масла последовательно при температурах 180, 170 и 160 °С без доливов и с доливками, причем масса доливаемого масла соответствовала массе испарившегося. Масса пробы масла при испытании с доливками составляла $100 \pm 0,1$ г.

Проба масла массой $100 \pm 0,1$ г заливалась в стеклянный стакан прибора для термостатирования и окислялась при заданной температуре в течение определенного времени с перемешиванием механической стеклянной мешалкой с частотой вращения 300 об/мин. В процессе термостатирования температура и частота вращения мешалки поддерживались автоматически. После каждого промежутка времени проба окисленного масла взвешивалась и определялась масса испарившегося масла G , далее отбирались части пробы для прямого фотометрирования и определения коэффициента поглощения светового потока K_{Π} при толщине фотометрируемого слоя 2 мм (2 г) и определения кинематической вязкости:

$$K_{\Pi} = \frac{300 - \Pi}{300}, \quad (1)$$

где 300 – показания фотометра при настройке и отсутствии масла в кювете, мкА; Π – показания фотометра при заполненной маслом кювете, мкА.

После измерения масло с кюветы и вискозиметра сливалось в стеклянный стакан прибора для термостатирования, который повторно взвешивался. В случае испытания с доливками проба масла в стакане доливалась товарным маслом до массы $100 \pm 0,1$ г. Испытания исследуемого масла прекращались по достижению коэффициентом поглощения светового потока значения, равного 0,6.

В процессе окисления изменяются коэффициент K_{Π} и испаряемость G , поэтому коэффициент термоокислительной стабильности $K_{ТОС}$ определялся как сумма [11]:

$$K_{ТОС} = K_{\Pi} + K_G, \quad (2)$$

где K_G – коэффициент испаряемости исследуемого масла, определяемый отношением:

$$K_G = \frac{m}{M}, \quad (3)$$

где m – масса испарившегося масла за время испытания t , г, M – масса пробы до испытания, г.

Коэффициент термоокислительной стабильности является безразмерным и характеризует количество тепловой энергии, поглощенной продуктами окисления и испарения [12, 13].

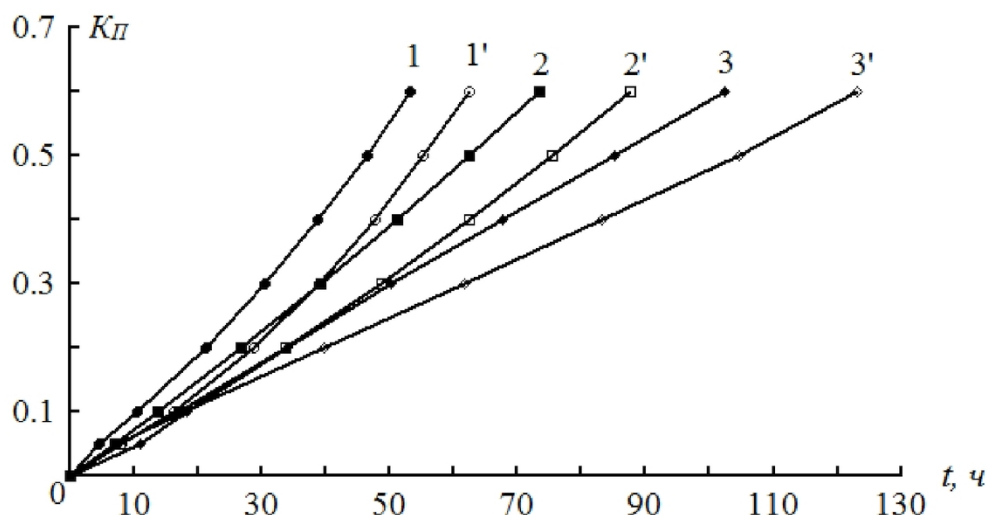


Рис. 1. Зависимости коэффициента поглощения светового потока от времени испытания минерального моторного масла Лукойл Стандарт 10W-40 SF/CC: 1 и 1' – 180 °C; 2 и 2' – 170 °C; 3 и 3' – 160 °C (без штриха – без доливов, со штрихом – с доливками)

Результаты исследования и их обсуждение.

На рис. 1 представлены зависимости коэффициента K_{Π} от времени испытания исследуемого масла без доливов и с доливками. Показано, что доливки понижают скорость процессов окисления в исследуемом диапазоне температур. Регрессионные уравнения зависимостей описываются полиномом второй степени и для масел без доливов при следующих температурах испытания имеют вид:

$$180\text{ }^{\circ}\text{C} \quad K_{\Pi} = 7,33 \cdot 10^{-5} t^2 + 0,007t + 0,018, \quad (4)$$

170 °C

$$K_{\Pi} = 1,57 \cdot 10^{-5} t^2 + 0,007t + 8,812 \cdot 10^{-4}, \quad (5)$$

160 °C

$$K_{\Pi} = 2,215 \cdot 10^{-5} t^2 + 9,851 \cdot 10^{-4} t + 0,033. \quad (6)$$

Коэффициенты корреляции соответственно равны 0,997, 0,99 и 0,99.

Регрессионные уравнения процессов окисления исследуемого масла с доливками составили при температурах:

180 °C

$$K_{\Pi} = 8,72 \cdot 10^{-5} t^2 + 0,004t + 0,0125, \quad (7)$$

170 °C

$$K_{\Pi} = 1,98 \cdot 10^{-5} t^2 + 0,005t - 0,0099, \quad (8)$$

160 °C

$$K_{\Pi} = 9,89 \cdot 10^{-6} t^2 + 0,0029t - 0,0247, \quad (9)$$

Согласно данным (рис. 1) установлено, что с понижением температуры испытания до 170 и 160 °C в начальный период термостатирования доливки оказывают незначительное влияние на изменение коэффициента K_{Π} .

На рис. 2 представлены зависимости испаряемости исследуемого масла от времени испытания его без доливов и с доливками. Установлено, что с понижением температуры испытания масла без доливов скорость испарения уменьшается. При

температурах 180 и 170 °C доливки также уменьшают скорость испарения масла, однако при температуре 160 °C доливки ускоряют испаряемость (кривая 3') за счет увеличения массы доливаемого товарного масла, содержащего легкие фракции.

Процесс испарения минерального моторного масла Лукойл Стандарт 10W-40 SF/CC описывается полиномом второго порядка.

Регрессионные уравнения процессов испарения без доливов масла составили при температурах:

180 °C

$$G = -8,348 \cdot 10^{-4} t^2 + 0,2292t + 0,4324, \quad (10)$$

170 °C

$$G = -6,288 \cdot 10^{-4} t^2 + 0,1966t + 0,1833, \quad (11)$$

160 °C

$$G = -5,999 \cdot 10^{-5} t^2 + 0,0791t + 0,4149. \quad (12)$$

Регрессионные уравнения процессов испарения исследуемого масла с доливками составили при температурах:

180 °C

$$G = -2,963 \cdot 10^{-5} t^2 + 0,1935t + 0,8289, \quad (13)$$

170 °C

$$G = -3,711 \cdot 10^{-4} t^2 + 0,1509t + 0,1827, \quad (14)$$

160 °C

$$G = -1,719 \cdot 10^{-4} t^2 + 0,1101t + 0,0036. \quad (15)$$

Коэффициенты корреляции равны 0,998, 0,999 и 0,999.

Влияние продуктов окисления и испарения на вязкость масла Лукойл Стандарт 10W-40 SF/CC оценивалось коэффициентом относительной вязкости, определяемым отношением вязкости окисленного масла к вязкости товарного. Зависимости коэффициента относительной вязкости K_{μ} от коэффициента поглощения светового потока представлены на рис. 3.

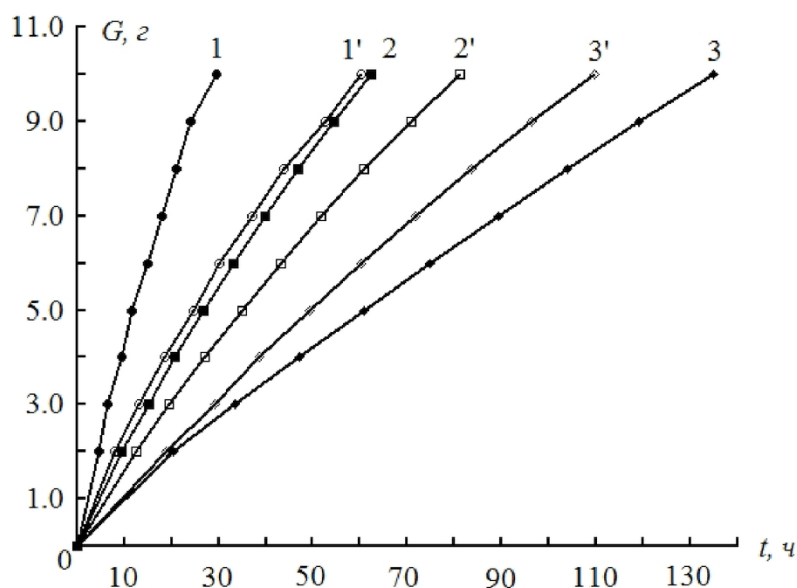


Рис. 2. Зависимости испаряемости от времени окисления минерального моторного масла Лукойл Стандарт 10W-40 SF/CC: 1 и 1' – 180 °С; 2 и 2' – 170 °С; 3 и 3' – 160 °С (без штриха – без доливов, со штрихом – с доливками)

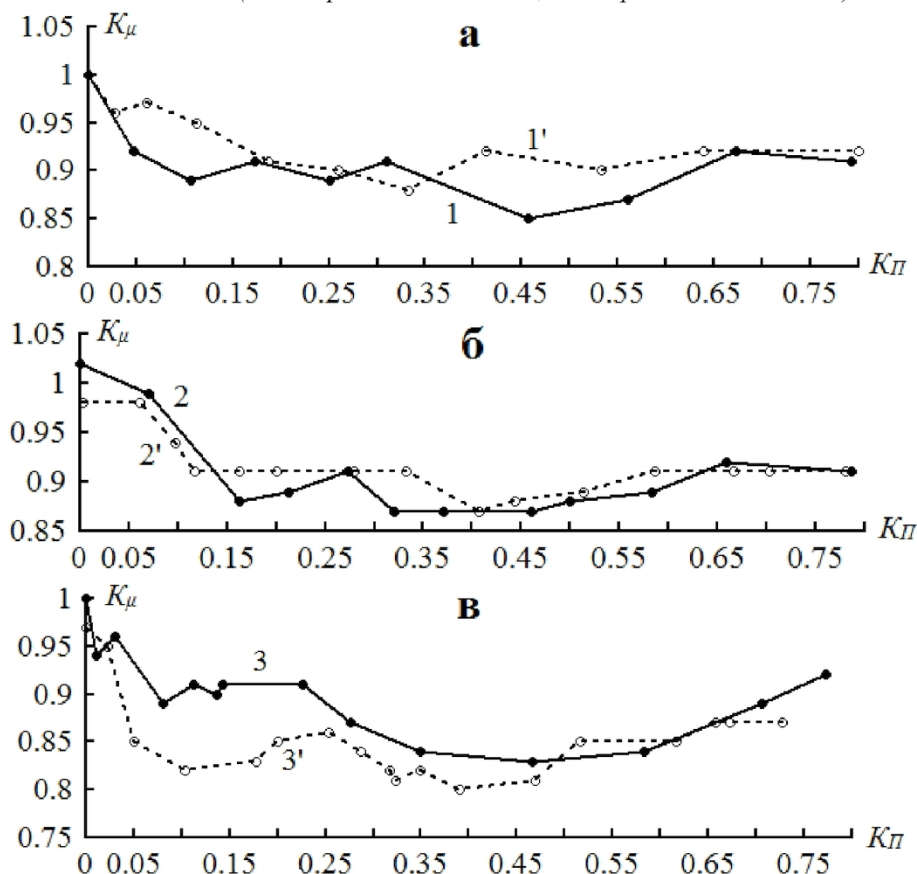


Рис. 3. Зависимости коэффициента относительной вязкости от коэффициента поглощения светового потока минерального моторного масла Лукойл Стандарт 10W-40 SF/CC: 1 и 1' – 180 °С; 2 и 2' – 170 °С; 3 и 3' – 160 °С (без штриха – без доливов, со штрихом – с доливками)

Показано, что независимо от температуры испытания и доливов сохраняется тенденция уменьшения кинематической вязкости при температурах 180 и 170 °С. При температуре испытания 160 °С наблюдается понижение вязкости в

начальный период испытания масла с доливками (кривая 3') по сравнению с вязкостью масла без доливов (кривая 3) до значения коэффициента $K_{\text{Л}} < 0,5$, а при увеличении коэффициента $K_{\text{Л}} > 0,5$ она увеличивается, чего не наблюдается при тем-

пературах 180 и 170 °С.

На рис. 4 представлены зависимости коэффициента термоокислительной стабильности $K_{ТОС}$ от времени испытания. Данный коэффициент учитывает совместное действие процессов окисления и испарения на свойства масла [14-15]. Установлено, что доливы уменьшают скорость изменения коэффициента $K_{ТОС}$ при понижении температуры тем больше, чем ниже температура испытания масла.

Регрессионные уравнения зависимостей без доливов масла составили при температурах:

180 °С

$$K_{ТОС} = 6,67 \cdot 10^{-5} t^2 + 0,0094t + 0,0217, \quad (16)$$

170 °С

$$K_{ТОС} = 1,075 \cdot 10^{-5} t^2 + 0,0090t + 0,0018, \quad (17)$$

160 °С

$$K_{ТОС} = 2,21 \cdot 10^{-5} t^2 + 0,0018t + 0,037. \quad (18)$$

Регрессионные уравнения зависимостей исследуемого масла с доливами составили при температурах:

180 °С

$$K_{ТОС} = 9,19 \cdot 10^{-5} t^2 + 0,0059t + 0,0213, \quad (19)$$

170 °С

Таблица. Результаты вычисления времени достижения коэффициентом термоокислительной стабильности значения, равного 0,8, минерального моторного масла 10W-40 SF/CC

Температура испытания, °С	Значение времени достижения коэффициентом термоокислительной стабильности $K_{ТОС}$ значения, равного 0,8,	
	без доливов, t , ч	с доливами, t , ч
180	58,5	65,4
170	80,9	100,1
160	112,2	151,0

$$K_{ТОС} = 1,68 \cdot 10^{-5} t^2 + 0,0064t - 0,0089, \quad (20)$$

160 °С

$$K_{ТОС} = 8,75 \cdot 10^{-6} t^2 + 0,0041t + 0,0243. \quad (21)$$

Корреляционное отношение здесь и для приведенных выше уравнений превышает 0,99..

Используя зависимости коэффициента термоокислительной стабильности $K_{ТОС}$ от времени испытания (рис. 4), рассчитаем время достижения коэффициентом $K_{ТОС}$ значения, равного 0,8, и сведём в таблицу.

Найденные значения необходимы для обоснования критерия оценки влияния доливов на коэффициент термоокислительной стабильности, в качестве которого предложен потенциальный ресурс P , определяемый временем достижения коэффициентом $K_{ТОС}$ значения, равного 0,8.

В работе разработана графо-аналитическая модель определения показателей термоокислительной стабильности при других температурах без проведения испытаний с применением формулы:

$$\frac{\lg t_1 - \lg t_2}{T_2 - T_1} = \frac{\lg t_1 - \lg t_x}{T_x - T_1}, \quad (22)$$

где t_1 и t_2 – время изменения показателя термо-

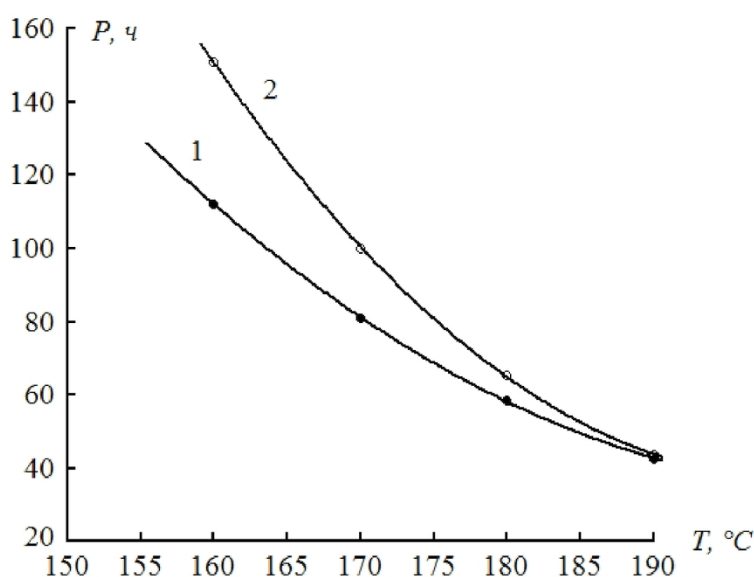


Рис. 5. Зависимости потенциального ресурса от температуры испытания минерального моторного масла Лукойл Стандарт 10W-40 SF/CC без доливов (кривая 1) и с доливами (кривая 2)

окислительной стабильности при температурах T_1 и T_2 ; t_x – искомое время изменения этого показателя при искомой температуре T_x .

Согласно данным (рис. 4 и таблица), определим значение потенциального ресурса при $K_{ТОС} = 0,8$ и температуре, равной $190\text{ }^{\circ}\text{C}$. Расчеты показали, что при температуре $190\text{ }^{\circ}\text{C}$ время достижения коэффициентом $K_{ТОС}$ значения, равного $0,8$, составит $42,7$ ч без доливов, а с доливками – $43,7$ ч.

На рис. 5 представлены зависимости потенциального ресурса от температуры испытания и доливов. Показано, что доливы существенно влияют на потенциальный ресурс при пониженных температурах (по эксперименту от 160 до $170\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Регрессионные уравнения данных зависимостей описываются полиномом второй степени для масел без доливов:

$$P = 0,03875T^2 - 15,8715T + 1659,525, \quad (23)$$

с доливками:

$$P = 0,073T^2 - 29,116T + 2940,6. \quad (24)$$

Выводы. В результате проведенных исследований установлено:

1. доливы масла оказывают существенное влияние на процессы окисления, и их влияние повышается с понижением температуры испытания;

2. при температурах 180 и $170\text{ }^{\circ}\text{C}$ доливы снижают интенсивность испарения масла, а при температуре $160\text{ }^{\circ}\text{C}$ – повышают ее за счет увеличения массы доливов;

3. доливы оказывают незначительное влияние на коэффициент относительной вязкости при температурах 180 и $170\text{ }^{\circ}\text{C}$, при температуре $160\text{ }^{\circ}\text{C}$ коэффициент относительной вязкости уменьшается в начальный период испытания масла и увеличивается при дальнейшем термоокислении;

4. установлена зависимость потенциального ресурса масла от температуры при испытании масла без доливов и с доливками. Выявлено, что при пониженных температурах (от 160 до $170\text{ }^{\circ}\text{C}$) доливы оказывают существенное влияние на потенциальный ресурс.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Термоокислительная стабильность трансмиссионных масел: монография / Б.И. Ковальский, Ю.Н. Безбородов, Л.А. Фельдман, Н.Н. Малышева. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2011. – 150 с.
2. Абакумов Г.В. Влияние условий эксплуатации автомобилей на ресурс моторных масел / Г.В. Абакумов, А.В. Бояркин, Е.С. Прохорченко // Проблемы эксплуатации систем транспорта, 2005. – С. 7-8.
3. Долгова Л.А. Обеспечение рационального ресурса моторного масла в двигателях / Л.А. Долгова, В.В. Салмин // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. 2012, № 2-1. – С. 46-56.
4. Хазиев А.А. Причины снижения ресурса моторного масла при эксплуатации современных легковых автомобилей / А.А. Хазиев // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2012, №4. – С. 6-10.
5. Верещагин В.И. Методика оценки ресурса моторных масел / В.И. Верещагин, Б.И. Ковальский, А. Попов. 2007, №6. – С. 169-174.
6. Anietie, E. Ekot. Evaluation of the Thermooxidation Stabilities of Additive-free Automotive Crankcase Lube Oils / E. Ekot, Anietie, C. Goodwill // The IJES. 2014. - № 7. – P. 54-60.
7. CEC L-48-A00: Oxidation stability of lubricating oils used in automotive transmissions by artificial ageing. Coordinating European Council for the Development of Performance Tests for Fuels, Lubricants and Other Fluids; 2007.
8. STM D. 4742-08e1: Standard test method for oxidation stability of gasoline automotive engine oils by thin-film oxygen uptake (TFOUT). West Conshohocken (PA, USA): ASTM International; 2008.
9. ASTM D. 6335-09: Standard test method for determination of high temperature deposits by thermo-oxidation engine oil simulation test. West Conshohocken (PA, USA): ASTM International; 2009.
10. Ковальский Б.И. Методы и средства повышения эффективности использования смазочных материалов / Б.И. Ковальский. – Новосибирск: Наука, 2005. – 341 с.
11. Пат. № 2371706 РФ. МПК G01N 25/00. Способ определения термоокислительной стабильности смазочных материалов / Б.И. Ковальский, Е.А. Вишневская, Ю.Н. Безбородов, Н.Н. Малышева: опубл. 27.10.2009. Бюл. № 30.
12. Ковальский Б.И. Результаты контроля термоокислительной стабильности трансмиссионных масел различной базовой основы / Б.И. Ковальский, Ю.Н. Безбородов, В.С. Янович, Н.Н. Малышева, А.В. Юдин // Контроль. Диагностика. 2014, № 4 (190). – С. 74-76.
13. Ковальский, Б. И. Метод контроля процессов окисления моторных масел различной базовой основы / Б.И. Ковальский, А.Н. Сокольников, О.Н. Петров, В.Г. Шрам // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. 2016, №2. – С. 21-26.
14. Остриков, В.В. Увеличение ресурса работающего моторного масла и повышение его противоизносных свойств / В.В. Остриков, И.В. Бусин, С.В. Попов // Труды ГОСНИТИ. 2012, Т. 109, №1. – С. 81-85.

15. Маркова Л.В. Методы и средства диагностики рабочих свойств смазочного материала/ Л.В. Маркова, Н.К. Мышкин, М.С. Семенюк и др.// Трение и износ. 2003 (24), №5. – 523-233.
16. Петров О.Н. Предложения по выбору смазочных масел и совершенствованию системы их классификации/ О.Н. Петров, Б.И. Ковальский, В.Г. Шрам // Известия ТулГУ. Технические науки. Тула: Изд-во ТулГУ. 2014, №3. – С. 42-50.

REFERENCES

1. Termookislitel'naya stabilnost' transmissionnykh masel: monografiya / B.I. Kovalskiy, Yu. N. Bezborodov, L.A. Feldman, N.N. Malysheva. – Krasnoyarsk: Sib. feder. un-t, 2011. – p.150.
2. Abakumov G.V. Vliyaniye usloviy ekspluatatsii avtomobiley na resurs motornykh masel / G.V. Abakumov, A.V. Boyarkin, E.S. Prohorchenko // Problemy ekspluatatsii sistem transporta, 2005. – pp. 7-8.
3. Dolgova L.A. Obespecheniye ratsionalnogo resursa motornogo masla v dvigatelyakh / L.A. Dolgova, V.V. Salmin // Vestnik Chuvashskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. I.Ya. Yakovleva. 2012, № 2-1. – pp. 46-56.
4. Haziev A.A. Prichiny snizheniya resursa motornogo masla pri ekspluatatsii sovremennykh legkovykh avtomobiley / A.A. Haziev // Vestnik Moskovskogo avtomobilno-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI). 2012, №4. – pp 6-10.
5. Vereschagin V.I. Metodika otsenki resursa motornykh masel / V.I. Vereschagin, B.I. Kovalskiy, A. Popov. 2007, №6. – pp. 169-174.
6. Anietie, E. Ekot. Evaluation of the Thermooxidation Stabilities of Additive-free Automotive Crankcase Lube Oils / E. Ekot. Anietie, C. Goodwill // The IJES. 2014. - № 7. – pp. 54-60.
7. CEC L-48-A00: Oxidation stability of lubricating oils used in automotive transmissions by artificial ageing. Coordinating European Council for the Development of Performance Tests for Fuels, Lubricants and Other Fluids; 2007.
8. STM D. 4742-08e1: Standard test method for oxidation stability of gasoline automotive engine oils by thin-film oxygen uptake (TFOUT). West Conshohocken (PA, USA): ASTM International; 2008.
9. ASTM D. 6335-09: Standard test method for determination of high temperature deposits by thermo-oxidation engine oil simulation test. West Conshohocken (PA, USA): ASTM International; 2009.
10. Kovalskiy B.I. Metody i sredstva povysheniya effektivnosti ispolzovaniya smazochnykh materialov / B.I. Kovalskiy. – Novosibirsk: Nauka, 2005. – p.341.
11. Pat. № 2371706 RF. MPK GOIN 25/00. Sposob opredeleniya termookislitel'noy stabilnosti smazochnykh materialov / B.I. Kovalskiy, E.A. Vishnevskaya, Yu.N. Bezborodov, N.N. Malysheva: opubl. 27.10.2009. Byul. № 30.
12. Kovalskiy B.I. Rezultaty kontrolya termookislitel'noy stabilnosti transmissionnykh masel razlichnoy bazovoy osnovy / B.I. Kovalskiy, Yu.N. Bezborodov, V.S. Yanovich, N.N. Malysheva, A.V. Yudin // Kontrol. Diagnostika. 2014, № 4 (190). – pp. 74-76.
13. Kovalskiy, B. I. Metod kontrolya protsessov okisleniya motornykh masel razlichnoy bazovoy osnovy / B.I. Kovalskiy, A.N. Sokolnikov, O.N. Petrov, V.G. Shram // Mir nefteproduktov. Vestnik neftyanykh kompaniy. 2016, №2. – pp. 21-26.
14. Ostrikov, V.V. Uvelicheniye resursa rabotayushchego motornogo masla i povysheniye ego protivoznosnykh svoystv / V.V. Ostrikov, I.V. Busin, S.V. Popov // Trudy GOSNITI. 2012, T. 109, №1. – pp. 81-85.
15. Markova L.V. Metody i sredstva diagnostiki rabochih svoystv smazochnogo materiala/ L.V. Markova, N.K. Myishkin, M.S. Semenyuk i dr.// Trenie i iznos. 2003 (24), №5. – pp. 523-233.
16. Petrov O.N. Predlozheniya po vyboru smazochnykh masel i sovershenstvovaniyu sistemy ih klassifikatsii/ O.N. Petrov, B.I. Kovalskiy, V.G. Shram // Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki. Tula: Izd-vo TulGU. 2014, №3. – pp. 42-50.

Поступило в редакцию :14 09 2017

Received 14.09.2017