

УДК 621.43-4

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО
ТЕРМОСТАТИРОВАНИЯ НА ПРОТИВОИЗНОСНЫЕ СВОЙСТВА
МИНЕРАЛЬНОГО МОТОРНОГО МАСЛА ЛУКОЙЛ СТАНДАРТ 10W-40 SF/CC****STUDY OF THE INFLUENCE OF PRELIMINARY INCUBATION ON ANTI-WEAR
PROPERTIES OF LUKOIL MINERAL MOTOR OIL STANDARD 10W-40 SF****Рябинин Александр Александрович,**
аспирант, e-mail: s-ryabinin@mail.ru
Ryabinin Alexander A., postgraduate student

Сибирский федеральный университет, Институт нефти и газа 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 82/6
Siberian Federal University, Oil and Gas Institute 82/6, pr. Svobodniy, Krasnoyarsk, 660041

Аннотация. Представлены результаты исследования влияния предварительного термостатирования на противоизносные свойства минерального моторного масла Лукойл Стандарт 10W-40 SF/CC. Определено влияние предварительного термостатирования на противоизносные свойства.

Abstract. The results of the study of the prior incubation effect on anti-wear properties of Lukoil mineral motor oil Standard 10W-40 SF / CC. The effect of pre-incubation on the anti-wear properties has been identified.

Ключевые слова: предварительное термостатирование, температурная стойкость, термоокислительная стабильность, вязкость, испаряемость, продукты температурной деструкции, противоизносные свойства, оптические свойства, потенциальный ресурс.

Keywords: preliminary temperature control, temperature resistance, thermal stability, viscosity, volatility, thermal degradation products, anti-wear properties, optical properties, potential resource.

Введение. Высокие температурная стойкость, а так же противоизносные свойства позволяющие увеличить эксплуатационный ресурс моторных масел является одним из основных требований применяемых к смазочным материалам. Химический состав, полярность базового масла, состав композиций присадок показатели от которых зависят противоизносные свойства моторных масел, а так же вязкостно-температурные характеристики масла с присадками, которые определяют температурные пределы его применения [1]. Противоизносные свойства масел зависят от их способности формировать хемосорбционные и химически модифицированные граничные слои на поверхностях трущихся деталей. Предотвращение коррозионного износа поршневых колец и цилиндров является нейтрализующая способность, важнейшая характеристика способности масла, показателем которой является щелочное число. Придание маслу достаточной нейтрализующей способности путем введения в его состав дитиофосфатов для предотвращения коррозионно-механического изнашивания и модифицирования поверхностей трения тяжелонагруженных сопряжений во избежание задиров или усталостного выкрашивания. Для улучшения противоизносных свойств при граничной смазке в масла вводят присадки содержащие серу, фосфор, галогены, бор, а так же бензолные дисперсанты.

Методика исследования описана в работах [2-4] и предусматривает применение таких измерительных средств как прибор для определения температурной стойкости, малообъемный вискозиметр, фотометрическое устройство для прямого фотометрирования масел, трехшариковая машина трения со схемой "шар-цилиндр".

Результаты исследования и их обсуждение.

Минеральное моторное масло Лукойл Стандарт 10W-40 SF/CC относится к всесезонным универсальным применяется в бензиновых и дизельных двигателях, класс вязкости по SAE J300 10W-40, а группа эксплуатационных свойств по API для бензиновых двигателей SF, а дизельных CC. Данное масло термостатировалось в диапазоне температур от 160 до 300 °С с повышением температуры на 20 °С. Время испытания составило 8 часов определялись противоизносные свойства по коэффициенту поглощения светового потока на трехшариковой машине трения.

На рис. 1 приведены зависимости изменения оптических свойств, оцениваемых коэффициентом поглощения светового потока K_p , от времени и температуры окисления товарного и термостатированных масел в диапазоне температур от 160 до 300 °С.

Установлено, что зависимость имеет изгиб, что указывает на наличие двух видов продуктов окисления с различными оптическими свойствами. Оба

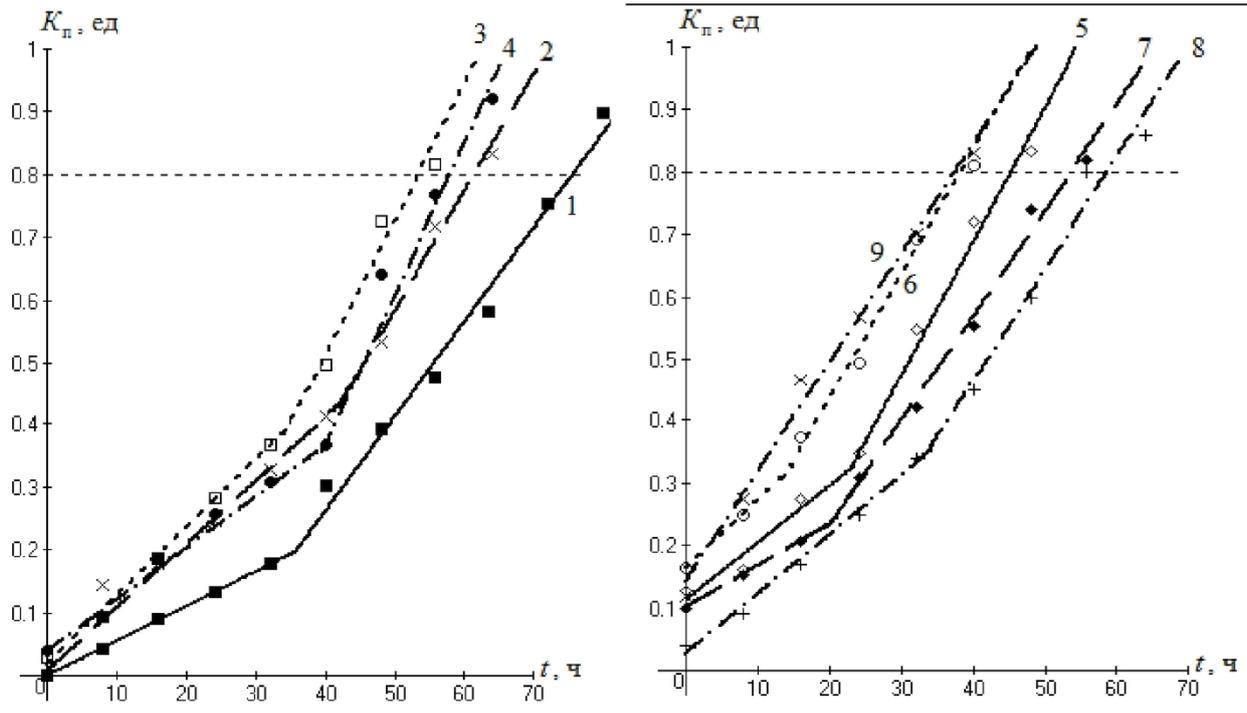


Рис. 1. Зависимости коэффициента поглощения светового потока от времени окисления товарного (1) и термостатированных (2 – 9) минеральных моторных масел Лукойл Стандарт 10W-40 SF/CC при температурах термостатирования: 2 – 160 °С; 3 – 180 °С; 4 – 200 °С; 5 – 220 °С; 6 – 240 °С; 7 – 260 °С; 8 – 280 °С; 9 – 300 °С

Таблица 1 – Регрессионные уравнения зависимости изменения коэффициента поглощения светового потока термостатированных масел при окислении

| | Первый участок | Второй участок |
|-----------------------|----------------------------|----------------------------|
| Без термостатирования | $K_{п} = 0,0056t$ | $K_{п} = 0,0151t - 0,3393$ |
| 160 °С | $K_{п} = 0,0101t$ | $K_{п} = 0,0188t - 0,3557$ |
| 180 °С | $K_{п} = 0,0109t + 0,0174$ | $K_{п} = 0,0215t - 0,3500$ |
| 200 °С | $K_{п} = 0,0082t + 0,0375$ | $K_{п} = 0,0240t - 0,5950$ |
| 220 °С | $K_{п} = 0,0091t + 0,1137$ | $K_{п} = 0,0215t - 0,1700$ |
| 240 °С | $K_{п} = 0,0067t + 0,0998$ | $K_{п} = 0,0168t - 0,1050$ |
| 260 °С | $K_{п} = 0,0109t + 0,163$ | $K_{п} = 0,0200t - 0,035$ |
| 280 °С | $K_{п} = 0,0095t + 0,026$ | $K_{п} = 0,0179t - 0,2520$ |
| 300 °С | $K_{п} = 0,0176t - 0,1406$ | |

Коэффициенты корреляции колеблются в диапазоне от 0,9911 до 0,9999.

участка зависимостей описываются линейными уравнениями вида

$$K_{п} = a_{к}t + b_{к}, \quad (1)$$

где $a_{к}$ – скорость образования продуктов деструкции, предварительно термостатированных масел, ч⁻¹; $b_{к}$ – начальное значение коэффициента поглощения светового потока $K_{п}$ предварительно термостатированного масла.

Увеличение скорости изменения коэффициента $K_{п}$ во второй области вызвано образованием продуктов окисления с более высокой оптической

плотностью, т.е. образуются первичные и вторичные продукты. Причем начало образования вторичных продуктов определяется продолжением второго участка зависимости до пересечения с осью абсцисс. Это подтверждается наличием гелеобразного осадка после центрифугирования окисленных масел, объем которого зависит от температуры испытания [5,6], а также результатами ИК-спектроскопии. Значение коэффициента поглощения светового потока $K_{п} = 0,8$ ед. принято в качестве предельного. Данное значение отмечено на рис. 1 горизонтальной штриховой линией.

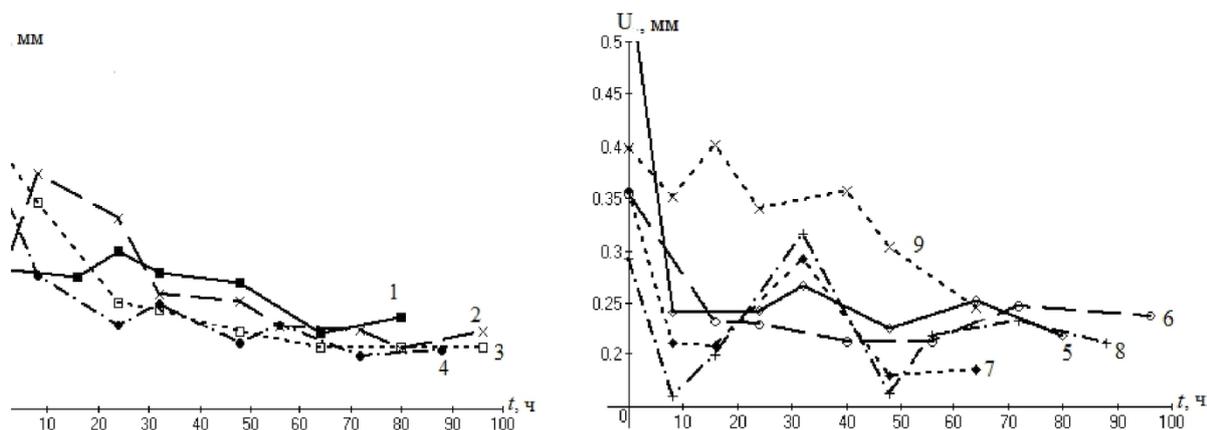


Рис. 2. Зависимости диаметра пятна износа от времени окисления товарного (1) и термостатированного (2 – 9) минерального моторного масла Лукойл Стандарт 10W-40 SF/CC при температурах термостатирования: 2 – 160 °С; 3 – 180 °С; 4 – 200 °С; 5 – 220 °С; 6 – 240 °С; 7 – 260 °С; 8 – 280 °С; 9 –

Установлено, что предварительное термостатирование масел не привело к улучшению оптических свойств независимо от температуры термостатирования.

Согласно проведенному регрессионному анализу, представленному в табл. 1, установлено, что у масел, термостатированных при температуре 180 °С и выше, в зоне первичных продуктов деструкции появляется параметр b_k , который характеризует начальную концентрацию продуктов деструкции, полученную при термостатировании масла. Наибольшая скорость образования первичных продуктов 0,0109 ед/ч установлена для пробы масла, термостатированного при 180 и 280 °С, наименьшая скорость – 0,082 ед/ч установлена для пробы масла, термостатированного при температуре 200 °С. Наибольшая скорость образования вторичных продуктов деструкции 0,0240 ед/ч установлена для пробы масла, термостатированного при 200 °С, а наименьшая – 0,0168 ед/ч для пробы масла, термостатированного при 240 °С. Из всех кривых примечательна кривая, соответствующая пробе масла, термостатированного при 300 °С. Здесь с начала проведения опыта образовались вторичные продукты, о чем свидетельствует скорость их образования – 0,0176 ед/ч и наличие гелеобразного осадка при центрифугировании.

Противоизносные свойства предварительно термостатированных масел оценивались по среднеарифметическому значению диаметра пятна износа на трех шарах на трехшариковой машине трения. Результаты исследования представлены на рис. 2.

Установлена общая тенденция изменения противоизносных свойств от времени испытания. Из рис. 2 видно, что противоизносные свойства предварительно термостатированных масел улучшаются. Согласно рис. 1 видно, что изгиб зависимости $K_{п} = f(T)$ происходит в пределах 25 – 35 ч испытания. При оценке противоизносных

свойств установлено, что в области первичных продуктов окисления улучшение противоизносных свойств происходит интенсивно, диапазон изменения параметра износа в среднем составляет от 0,42 до 0,25 мм. При переходе первичных продуктов окисления во вторичные интенсивность изменения противоизносных свойств замедляется и диапазон изменения параметра износа в среднем составляет уже от 0,25 до 0,2 мм. Такие изменения противоизносных свойств объясняются различиями в структуре и свойствах граничных слоев, которые зависят от концентрации продуктов деструкции. В связи с этим необходимо определять изменения противоизносных свойств от концентрации продуктов окисления и температуры предварительного термостатирования смазочных масел.

В качестве такого комплексного показателя в данной работе использован предложенный ранее [7] критерий противоизносных свойств предварительно термостатированных масел Π , ед/мм².

Данный критерий определяется как отношение коэффициента $K_{п}$, характеризующего изменение оптических свойств масел и зависящего от температурного режима испытания, к площади пятна износа S :

$$\Pi = \frac{K_{п}}{S}, \quad (2)$$

В целом такой критерий позволяет оценить условную концентрацию продуктов температурной деструкции на номинальной площади фрикционного контакта.

Зависимости критерия противоизносных свойств Π от коэффициента поглощения светового потока $K_{п}$ представлены на рис. 3.

Зависимость $\Pi = f(K_{п})$ описывается линейным уравнением

$$\Pi = a_{п}(K_{п} - K_{п.н}) \quad (3)$$

где $a_{п}$ – скорость изменения условной концентрации продуктов деструкции на фрикционном

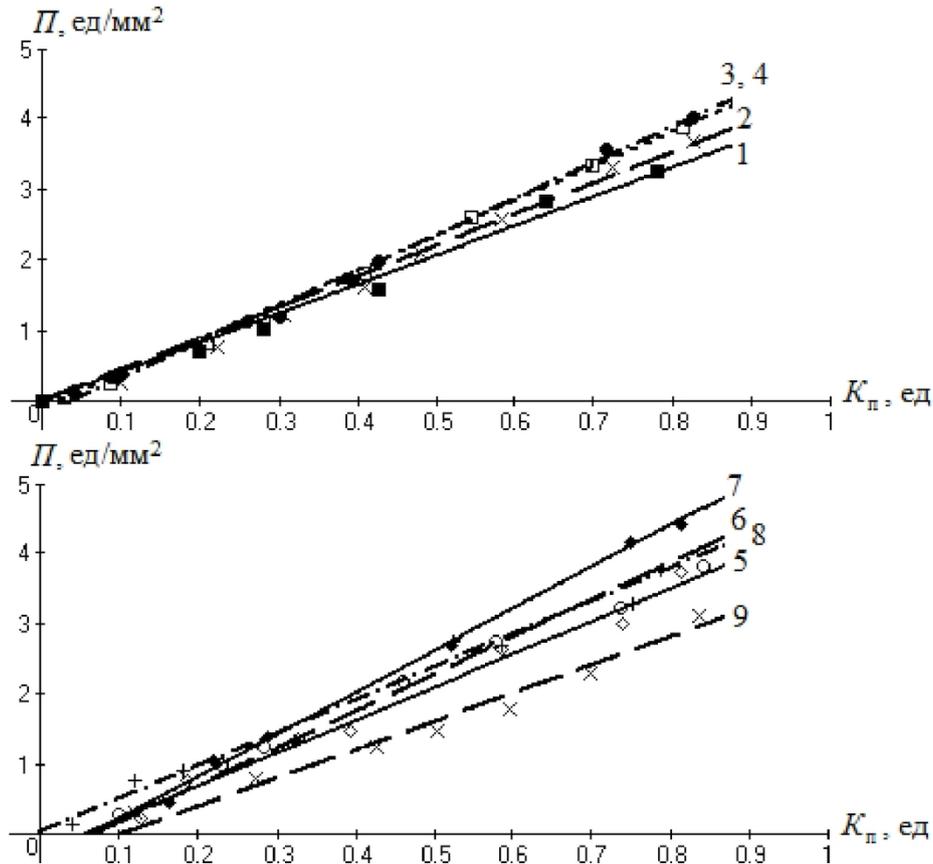


Рис. 3. Зависимости критерия противоизносных свойств от коэффициента поглощения светового потока товарного (1) и термостатированного (2 – 9) минерального моторного масла Лукойл Стандарт 10W-40 SF/CC при температурах термостатирования: 2 – 160 °С; 3 – 180 °С; 4 – 200 °С; 5 – 220 °С; 6 – 240 °С; 7 – 260 °С; 8 – 280 °С; 9 – 300 °С

контакте, $1/\text{мм}^2$; K_n – коэффициент поглощения светового потока при испытании; $K_{n,н}$ – начальное значение коэффициента поглощения светового потока, обусловленное предварительным термостатированием.

Таблица 2 Регрессионные уравнения зависимостей $\Pi = f(K_n)$

| | |
|-----------------------|---------------------------|
| Без термостатирования | $\Pi = 4,13K_n$ |
| 160 °С | $\Pi = 4,38K_n$ |
| 180 °С | $\Pi = 4,48(K_n - 0,027)$ |
| 200 °С | $\Pi = 4,97(K_n - 0,04)$ |
| 220 °С | $\Pi = 5,18(K_n - 0,127)$ |
| 240 °С | $\Pi = 5,23(K_n - 0,100)$ |
| 260 °С | $\Pi = 7,08(K_n - 0,163)$ |
| 280 °С | $\Pi = 4,88(K_n - 0,040)$ |
| 300 °С | $\Pi = 3,95(K_n - 0,120)$ |

Коэффициенты корреляции колеблются в диапазоне от 0,9958 до 0,9984.

На основании приведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. В области первичных продуктов окисления улучшение противоизносных свойств происходит интенсивно, диапазон изменения параметра износа в среднем составляет от 0,42 до 0,25 мм. При переходе первичных продуктов окисления во вторичные интенсивность изменения противоизносных свойств замедляется и диапазон изменения параметра износа в среднем составляет уже от 0,25 до 0,2 мм. Такие изменения противоизносных свойств объясняются различиями в структуре и свойствах граничных слоев, которые зависят от концентрации продуктов деструкции

2. Согласно проведенным исследованиям установлено, что температура предварительного термостатирования масла влияет на противоизносные свойства и скорость изменения условной концентрации продуктов деструкции на фрикционном контакте, т.е. при температуре предварительного термостатирования 260 °С достигается повышение противоизносных свойств и как следствие увеличение работоспособности смазочного масла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение: Справочник / И. Г. Анисимов, К. М. Бадышева, С. А. Бнатов и др.; Под ред. В. М. Школьников. Изд. 2-е перераб. и доп. – М.: Издательский центр «Техинформ», 1999. – 596 с.
2. Рябинин А.А. Влияние предварительного термостатирования моторных масел различной базовой основы на оптические свойства // Вестник Кузбасского государственного технического университета. - 2016. - №3. - С. 92-96.
3. Рябинин А.А. Влияние предварительного термостатирования на оптические свойства частично-синтетического моторного масла ЛУКОЙЛ СУПЕР 10W-40 SG/CD // Вестник Кузбасского государственного технического университета. - 2016. - №4. - С. 83-87.
4. Рябинин А.А. Влияние предварительного термостатирования на оптические свойства синтетического моторного масла Mobil Super 3000 5W-40 SJ/SL/SK/CF // Вестник Кузбасского государственного технического университета. - 2016. - №6. - С. 123-128.
5. Ю. Н. Безбородов. Определение смазывающей способности моторных масел по параметру суммарной продолжительности деформаций / Ю. Н. Безбородов, О. Н. Петров, А. Н. Сокольников, В. Г. Шрам, А. А. Игнатьев // Вестник Иркутского государственного технического университета. Иркутск. №8 (67). 2012. С. 125-129.
6. Шрам В. Г. Исследование термостойкости минеральных моторных масел. Часть 1 / В. Г. Шрам, Б. И. Ковальский, О. Н. Петров, Ю. Н. Безбородов, А. Н. Сокольников // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. - Т. 15. - № 13. - с. 143-147.
7. Пат. № 2454654 Рос. Федерация: МПК G 01 № 3/56, G 01 № 33/30. Способ определения качества смазочных масел / Б. И. Ковальский, Ю. Н. Безбородов, Н. Н. Малышева, А. В. Кузьменко, М. М. Рунда, Е. Г. Мальцева; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Сибирский федеральный университет». – № 2011107418/28; заявл. 25.02.2011; опубл. 27.06.2012. Бюл. №18.

REFERENCES

1. Topliva, smazochnye materialy, tehicheskie zhidkosti. Assortiment i primenenie: Spra-vochnik / I. G. Anisimov, K. M. Badysheva, S. A. Bnatov i dr.; Pod red. V. M. Shkol'nikova. Izd. 2-e pererab. i dop. – M.: Izdatel'skij centr «Tehinform», 1999. – 596 s.
2. Rjabinin A.A. Vlijanie predvaritel'nogo termostatirovanija motornyh masel razlichnoj bazovoj osnovy na opticheskie svojstva / A.A. Rjabinin // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. - 2016. - №3. - С. 92-96.
3. Rjabinin A.A. Vlijanie predvaritel'nogo termostatirovanija na opticheskie svojstva chastichno-sinteticheskogo motornogo masla LUKOIL SUPER 10W-40 SG/CD // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. - 2016. - №4. - С. 83-87.
4. Rjabinin A.A. Vlijanie predvaritel'nogo termostatirovanija na opticheskie svojstva sinteticheskogo motornogo masla Mobil Super 3000 5W-40 SJ/SL/SK/CF // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. - 2016. - №6. - С. 123-128.
5. Ju. N. Bezborodov. Opredelenie smazyvajushhej sposobnosti motornyh masel po parametru summarnoj prodolzhitel'nosti deformacij / Ju. N. Bezborodov, O. N. Petrov, A. N. Sokol'nikov, V. G. Shram, A. A. Ignat'ev // Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tehicheskogo uni-versiteta. Irkutsk. №8 (67). 2012. S. 125-129.
6. Shram V. G. Issledovanie termostojkosti mineral'nyh motornyh masel. Chast' 1 / V. G. Shram, B. I. Koval'skij, O. N. Petrov, Ju. N. Bezborodov, A. N. Sokol'nikov // Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta. – 2012. - T. 15. - № 13. - s. 143-147.
7. Pat. № 2454654 Ros. Federacija: MPK G 01 № 3/56, G 01 № 33/30. Spособ opredelenija kachestva smazochnyh masel / B. I. Koval'skij, Ju. N. Bezborodov, N. N. Malysheva, A. V. Kuz'menko, M. M. Runda, E. G. Mal'ceva; zajavitel' i patentoobladatel' FGOU VPO «Sibirskij federal'nyj universitet». – № 2011107418/28; zajavl. 25.02.2011; opubl. 27.06.2012. Bjul. №18.

*Поступило в редакцию 28.03.1017
Received 28 March 2017*