

**МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ КОНТРОЛЯ  
И ДИАГНОСТИКИ МАТЕРИАЛОВ  
METHODS AND DEVICES FOR MONITORING  
AND DIAGNOSTICS OF MATERIALS**

Научная статья

УДК 550.8.05

DOI: 10.26730/1999-4125-2023-1-42-51

**МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНОЙ  
СТАБИЛЬНОСТИ МОТОРНЫХ МАСЕЛ**

**Рябинин Александр Александрович, Гейль Наталья Владимировна,  
Большаков Кирилл Александрович**

Сибирский федеральный университет

\*для корреспонденции: aaryabinin@sfu-kras.ru



**Информация о статье**

Поступила:

03 ноября 2022 г.

Одобрена после  
рецензирования:

15 января 2023 г.

Принята к публикации:

28 февраля 2023 г.

Опубликована:

30 марта 2023 г.

**Ключевые слова:**

термостатирование,  
оптическая плотность,  
испаряемость, аналитическая  
модель расчета,  
температуры начала  
процессов окисления и  
испарения, критические  
температуры процессов  
окисления и испарения,  
температурная область  
работоспособности  
смазочного масла, георесурсы,  
экологическая составляющая  
георесурсов.

**Аннотация.**

В статье представлен метод прогнозирования показателей термоокислительной стабильности, включающий оптическую плотность и испаряемость моторных масел по сокращенной температурной информации. Предложена аналитическая модель расчета показателей термоокислительной стабильности по данным двух температур для третьей температуры, а также определения температурной области работоспособности моторных масел, включающей температуры начала процессов окисления и испарения и критические температуры этих процессов, что позволяет их сравнивать и отбирать более термостойкие.

Данный метод позволит расширить информативность использования при переработке георесурсов, так как увеличивается ресурс работоспособности моторных масел, тем самым повышается экологическая составляющая при использовании георесурсов, моторное масло возможно использовать более длительное время без потери своих заявленных свойств. Также метод предусматривает применение прибора для термостатирования, фотометрического устройства и электронных весов, позволяет расширить информацию о качестве моторных масел, включающую температуры начала процессов испарения, критические температуры этих процессов и температурную область применения. Установлена линейная зависимость десятичного логарифма времени термостатирования при окислении и испарении исследуемого моторного масла от температуры, что позволяет прогнозировать десятичные логарифмы времени термостатирования процессов окисления и испарения для любых температур, а вычисление антилогарифмов определяет время термостатирования.

*Для цитирования:* Рябинин А.А., Гейль Н.В., Большаков К.А. Метод прогнозирования показателей термоокислительной стабильности моторных масел // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2023. № 1 (155). С. 42-51. doi: 10.26730/1999-4125-2023-1-42-51

**Введение.** Термоокислительная стабильность является эксплуатационным показателем моторных масел [1] и определяется стандартами [2–4]. Для снижения трудоемкости и расширения информативности методов контроля показателей термоокислительной стабильности применяются различные методы [5–21], основанные на определении оптической плотности, испаряемости, температуры начала процессов окисления и испарения, критических температур этих процессов и температурной области применения моторных масел. Важное значение при решении этих задач занимает прогнозирование, основанное на ограниченной информации экспериментальных исследований. Поэтому целью настоящих исследований является разработка и апробация метода прогнозирования показателей термоокислительной стабильности, включающего определение изменений оптической плотности и испаряемости моторных масел при сокращенных экспериментальных данных.

### Основная часть.

Для исследования выбраны следующие средства контроля и испытания: прибор для термостатирования моторных масел, фотометрическое устройство для прямого фотометрирования окисленных масел при толщине фотометрического слоя 2 мм и электронные весы для определения массы испарившегося масла при термостатировании за время  $t$ .

Для исследования выбрано всесезонное универсальное частично синтетическое моторное масло Mazda Original 10w – 40 SL/CF. Масло испытывалось при температурах 180, 170 и 160°C. Определялись показатели термоокислительной стабильности, включающие оптическую плотность, испаряемость, и по этим данным вычислялись значения этих показателей для других температур. Методика исследования заключалась в следующем. Проба моторного масла постоянной массы ( $100 \pm 0,1$ г) заливалась в термостойкий стеклянный стакан прибора для термостатирования и испытывалась в течение 8 часов с перемешиванием стеклянной мешалкой с частотой вращения 300 об/мин. После каждых 8 часов термостатирования проба окисленного масла взвешивалась, определялась масса испарившегося масла  $G$ , отбиралась часть пробы (2г) для прямого фотометрирования и определения оптической плотности  $D$  при толщине фотометрического слоя 2 мм.

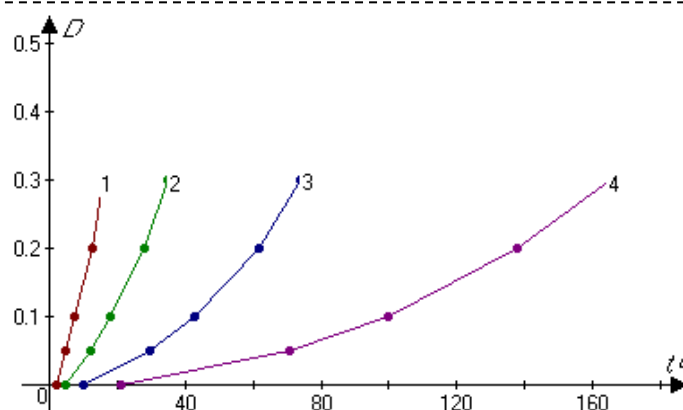


Рис. 1. Зависимости оптической плотности от времени и температуры термостатирования частично-синтетического моторного масла Mazda Original 10w – 40 SL/CF: 1 – 180°C; 2 – 170°C; 3 – 160°C; 4 – 190°C  
 Fig. 1. Dependences of optical density on time and thermostating temperature of partially synthetic engine oil Mazda Original 10w – 40 SL / CF: 1 – 180°C; 2 – 170°C; 3 – 160°C; 4 – 190°C

$$D = \lg \varphi / \varphi_0, \quad (1)$$

где  $\varphi$  – световой поток, прошедший через кювету без смазочного масла,  $\mu\text{KA}$   
 $\varphi_0$  – световой поток, прошедший через кювету с окисленным маслом,  $\mu\text{KA}$

Затем отобранная проба с кюветы сливалась в стакан прибора, который повторно взвешивался. Испытания продолжались до достижения оптической плотности значений, равных  $D=0,3-0,4$  при каждой температуре.

В процессе испытания температура и частота вращения мешалки поддерживались автоматически.

По полученным данным оптической плотности и испаряемости строились графические зависимости от времени и температуры термостатирования, по которым определялась адекватность аналитической модели расчета показателей термоокислительной стабильности по данным двух температур и прогнозирование для любых температур термостатирования, а также определения температур начала процессов окисления и испарения и критических температур этих двух процессов для исследуемого масла, по которым определялась температурная область его работоспособности.

На Рис. 1 представлены зависимости оптической плотности от времени и температуры термостатирования частично синтетического моторного масла Mazda Original 10w – 40 SL/CF. Данные зависимости описываются полиномом второго порядка, а регрессионные уравнения имеют вид для температур:

$$190^{\circ}\text{C } D=8,7425*10^{-4}t^2+0,0043t+0,0116 \quad (2)$$

$$180^{\circ}\text{C } D=1,8587*10^{-4}t^2+0,0020t+3,299*10^{-4} \quad (3)$$

$$170^{\circ}\text{C } D=7,1486*10^{-5}t^2-0,0018t+0,0439 \quad (4)$$

$$160^{\circ}\text{C } D=1,8014*10^{-5}t^2-8,9426*10^{-4}t+0,0384 \quad (5)$$

Коэффициенты корреляции составили: 0,0044; 0,0026; 0,0032;  $7,97*10^{-4}$ , где коэффициенты 0,0043; 0,002; 0,0018;  $8,94*10^{-4}$  характеризуют скорость процесса окисления в зависимости от температуры термостатирования; коэффициенты  $8,7425*10^{-4}$ ;  $1,8587*10^{-4}$ ;  $7,1486*10^{-5}$  и  $1,8014*10^{-5}$  характеризуют ускорение процесса окисления, а свободные члены уравнений (2–5) – оптическую плотность исходного товарного масла.

Установлено, что скорость процессов окисления замедляется с понижением температуры термостатирования. Так, с понижением температуры от 190 до 160°C скорость окисления уменьшилась в 4,8 раза.

Уравнение для температуры 190°C получено с помощью аналитической модели, предусматривающей по данным десятичных логарифмов время термостатирования до установленных значений оптической плотности 0,05; 0,1; 0,2; 0,3; для температуры 180 и 170°C определялись десятичные логарифмы времени термостатирования для температуры 190°C

$$\lg t_{190}=2\lg t_{180}-\lg t_{170} \quad (6)$$

Для этого необходимо на Рис. 1 провести горизонтальные штриховые линии при значениях оптической плотности  $D=0,05; 0,1; 0,2; 0,3$ , определить координаты по времени пересечения этих линий зависимостями, вычислить десятичные логарифмы этого времени для температур и построить графические зависимости десятичного логарифма времени  $\lg t_D$  от температуры термостатирования и оптической плотности исследуемого масла (Рис. 2). Данные зависимости описываются линейными уравнением для оптической плотности:

$$D=0,5 \lg t_D=-0,039*T+8,09 \quad (7)$$

$$D=0,1 \lg t_D=-0,0373*T+7,973 \quad (8)$$

$$D=0,2 \lg t_D=-0,0347*T+7,687 \quad (9)$$

$$D=0,3 \lg t_D=-0,034*T+7,66 \quad (10)$$

Коэффициенты корреляции: 0,999; 0,999; 0,999; 0,999

Средние квадратические отклонения:  $4,69*10^{-19}$ ; 0,0031; 0,0032;  $1,87*10^{-19}$

Например, для оптической плотности 0,05 и температуры 180°C время термостатирования составило 12 часов,  $\lg t_D=1,07$ , для температуры 170°C время составило 29,5 часов,  $\lg t_D=1,46$

$$\lg t_{190}=2*1,07-1,46=0,68 \text{ или } t = 4,79$$

Подставив в уравнение (7) температуру 190°C, получим значение  $\lg t_D$  равным 0,68 или  $t=4,786$  часа. Погрешность составила 0,008%.

Решая уравнение (7), можно определить критическую температуру для исследуемого масла, которая составила  $207,44^{\circ}\text{C}$ , т.е. за 1 час термостатирования при температуре  $207,44^{\circ}\text{C}$  оптическая плотность составит 0,05.

Для определения температуры начала процессов окисления необходимо на зависимостях (Рис. 1) провести вертикальную линию при времени термостатирования  $t=32$  часа (Рис. 3), вычислить координаты по оптической плотности пересечения этой линии с зависимостями и построить графическую зависимость оптической плотности от температуры. Данная зависимость описывается полиномом второго порядка, регрессионное уравнение имеет вид:

$$D=7,8*10^{-4}t^2-0,253t+20,518 \quad (11)$$

Коэффициент корреляции: 0,999

Среднее квадратическое отклонение:  $2,39*10^{-18}$

Производная уравнения (11) определяет скорость изменения оптической плотности от температуры термостатирования, при приравнении ее к нулю определяется температура начала процесса окисления, которая составила  $-162^{\circ}\text{C}$ .

На Рис. 4 представлены зависимости испаряемости от времени и температуры термостатирования исследуемого моторного масла. Данные зависимости описываются полиномом второго порядка, а регрессионные уравнения имеют вид для температур:

$$190^{\circ}\text{C} \quad G=-0,00158*t^2+0,25892*t+0,6538 \quad (12)$$

$$180^{\circ}\text{C} \quad G=-6,916*10^{-4}t^2+0,141*t+0,6215 \quad (13)$$

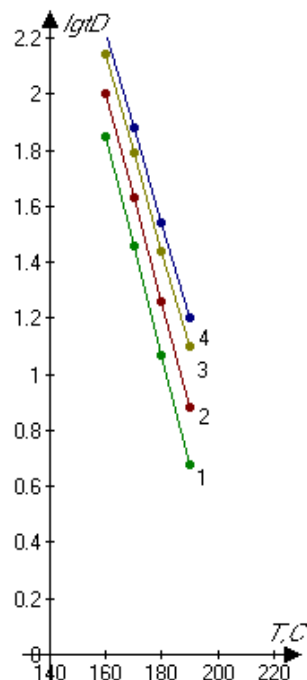


Рис. 2. Зависимость десятичного логарифма времени от температуры термостатирования и оптической плотности частично-синтетического моторного масла Mazda Original 10w-40 SL/CF: 1 –  $D=0,05$ ; 2 –  $D=0,1$ ; 3 –  $D=0,2$ ; 4 –  $D=0,3$

Fig. 2. Dependence of the decimal logarithm of time on the thermostating temperature and optical density of partially synthetic engine oil Mazda Original 10w-40 SL / CF: 1 –  $D = 0,05$ ; 2 –  $D = 0,1$ ; 3 –  $D = 0,2$ ; 4 –  $D = 0,3$

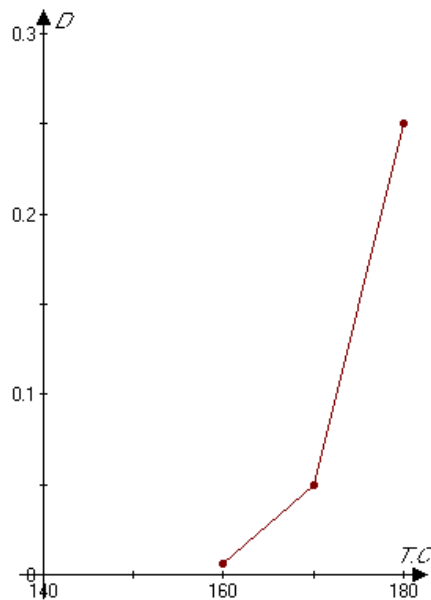


Рис. 3. Зависимость оптической плотности от температуры термостатирования частично-синтетического моторного масла Mazda Original 10w-40 SL/CF (время термостатирования 32 часа)

Fig. 3. The dependence of the optical density on the thermostating temperature of partially synthetic engine oil Mazda Original 10w-40 SL / CF (thermostating time 32 hours)

$$170^{\circ}\text{C } G = -2,399 \cdot 10^{-4} t^2 + 0,0757 \cdot t + 0,5512 \quad (14)$$

$$160^{\circ}\text{C } G = -7,967 \cdot 10^{-5} t^2 + 0,0405 \cdot t + 0,5038 \quad (15)$$

Коэффициенты корреляции: 0,9963; 0,9984; 0,9996; 0,9994

Средние квадратические отклонения: 0,0774; 0,0507; 0,0241; 0,0318

Прямая (4) Для температуры  $190^{\circ}\text{C}$  построена с применением аналитической модели прогнозирования показателей термоокислительной стабильности. Для этого необходимо на зависимостях (Рис. 4) провести горизонтальные штриховые линии при значениях испаряемости  $G=1,0; 2,0; 3,0$  и  $4,0$ , вычислить координаты точек по времени пересечения этих линий с зависимостями, вычислить десятичные логарифмы этого времени и построить графические зависимости десятичного логарифма времени термостатирования от температуры и массы испарившегося масла (Рис. 5). Данные зависимости описываются линейными уравнениями для массы испарившегося масла:

$$G=1.0r \lg t_G = -0,0313T + 6,123 \quad (16)$$

$$G=2.0r \lg t_G = -0,03T + 6,39 \quad (17)$$

$$G=3.0r \lg t_G = -0,0287T + 6,447 \quad (18)$$

$$G=4.0r \lg t_G = -0,0313T + 7,053 \quad (19)$$

Коэффициенты корреляции: 0,9999; 1; 0,9999; 0,9999

Средние квадратические отклонения: 0,0052;  $1,17 \cdot 10^{-19}$ ; 0,0032; 0,0026

Для определения критической температуры процессов испарения используем уравнение (17) для испаряемости 2 граммов исследуемого масла. Решая уравнение (17) при  $\lg t_G = 0$ , определяем критическую температуру, которая составила  $213^{\circ}\text{C}$ , то есть за 1 час термостатирования при температуре  $213^{\circ}\text{C}$  испарится 2.0 г исследуемого масла.

Для определения температуры начала процессов испарения необходимо на зависимостях (Рис. 4) провести вертикальную линию при времени, равном 20 часам, определить координаты по испаряемости для каждой температуры и построить графическую зависимость испаряемости от температуры термостатирования исследуемого масла (Рис. 6). Данная зависимость описывается полиномом второго порядка, а регрессионное уравнение имеет вид:

$$G = 0,002g^2 - 0,59g + 44,5 \quad (20)$$

Коэффициент корреляции: 0,999

Среднее квадратическое отклонение:  $9,82 \cdot 10^{-18}$

Производная уравнения (20) определяет скорость испарения от температуры, приравняв ее к нулю определяется температура начала процессов испарения, которая составила  $-147,5^{\circ}\text{C}$ .

В результате проведенных испытаний установлено, что температура начала процессов окисления составила  $-162^{\circ}\text{C}$ , а испарения  $-147,5^{\circ}\text{C}$ , критическая температура процессов окисления составил  $207^{\circ}\text{C}$ , а испарения  $-213^{\circ}\text{C}$ . Таким образом, температурная область работоспособности

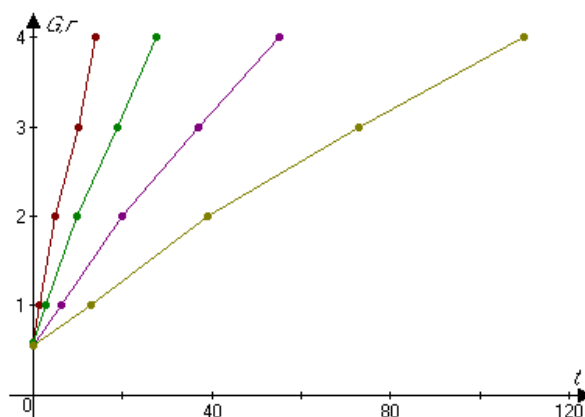


Рис. 4. Зависимости испаряемости от времени и температуры термостатирования частично-синтетического моторного масла Mazda Original 10w-40 SL/CF: 1 –  $180^{\circ}\text{C}$ ; 2 –  $170^{\circ}\text{C}$ ; 3 –  $160^{\circ}\text{C}$ ; 4 –  $190^{\circ}\text{C}$

Fig. 4. Dependences of volatility on time and thermostating temperature of partially synthetic engine oil Mazda Original 10w-40 SL/CF: 1 –  $180^{\circ}\text{C}$ ; 2 –  $170^{\circ}\text{C}$ ; 3 –  $160^{\circ}\text{C}$ ; 4 –  $190^{\circ}\text{C}$

частично-синтетического моторного масла Mazda Original 10w –40 SL/CF ограничивается температура 207°C.

Выводы:

1. Рассмотренный метод прогнозирования показателей термоокислительной стабильности, предусматривающий применение прибора для термостатирования, фотометрического устройства и электронных весов, позволяет расширить информацию о качестве моторных масел, включающую температуры начала процессов испарения, критические температуры этих процессов и температурную область применения.

2. Установлена линейная зависимость десятичного логарифма времени термостатирования при окислении и испарении исследуемого моторного масла от температуры, что позволяет прогнозировать десятичные логарифмы времени термостатирования процессов окисления и испарения для любых температур, а вычисление антилогарифмов определяет время термостатирования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анисимов И. Г., Бадьшгова К. М., Бнатов С. А. Топливо, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение: Справочник / под ред. Школьников В. М. М. : Издательский центр «Техинформ», 1999. 596 с.

2. ГОСТ 20457–75. Масла моторные. Методы оценки антиокислительных свойств на установке ИКМ. М. : ИПК Издательство стандартов, 2002. 8с.

3. ГОСТ 23175–78. Масла моторные. Методы оценки моторных свойств и определения термоокислительной стабильности; введ. 1980 – 01 – 01. М. : ИПК Издательство стандартов, 2002. 8с.

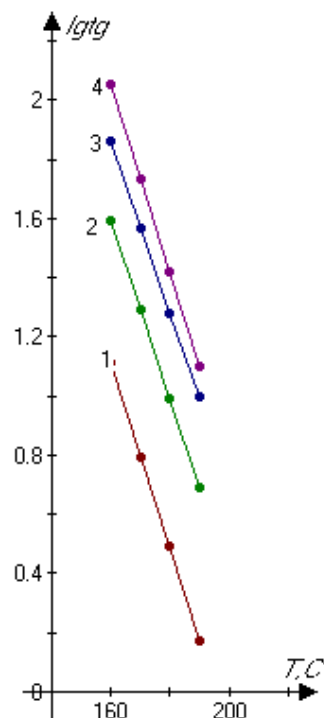


Рис. 5. Зависимость десятичного логарифма времени от температуры термостатирования и массы испарившегося частично-синтетического моторного масла Mazda Original 10w –40 SL/CF: 1 – G=1g; 2 – G=2g; 3 – G=3g; 4 – G=4g

Fig. 5. Dependence of the decimal logarithm of time on the thermostating temperature and the mass of the evaporated partially synthetic engine oil Mazda Original 10w –40 SL / CF: 1 – G=1g; 2 – G=2g; 3 – G=3g; 4 – G=4g

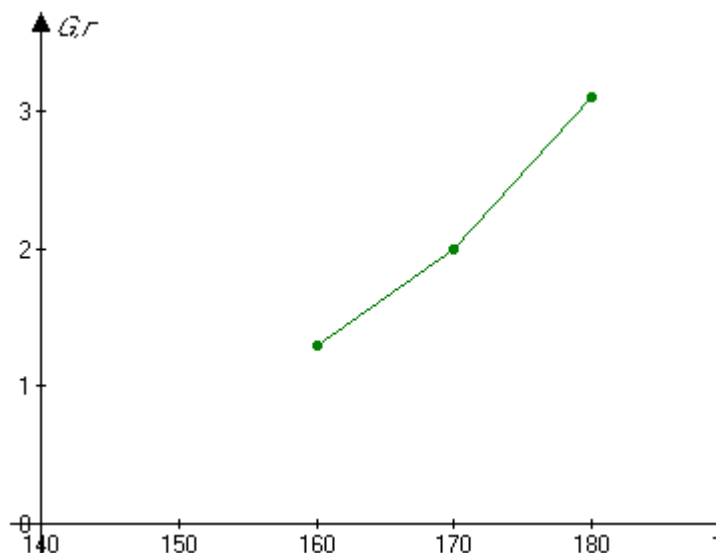


Рис. 6. Зависимость испаряемости от температуры термостатирования частично-синтетического моторного масла Mazda Original 10w –40 SL/CF (время термостатирования 20 часа)

Fig. 6. Dependence of volatility on the thermostating temperature of partially synthetic engine oil Mazda Original 10w –40 SL / CF (thermostating time 20 hours)



4. ГОСТ 11063–77. Масла моторные с присадками. Метод определения стабильности по индукционному периоду осадкообразования; введ. 1979 – 07 – 01. М. : ИПК Издательство стандартов, 2002. 4с.
5. Способ прогнозирования показателей термоокислительной стабильности смазочных материалов: пат. Рос. Федерация / Ковальский Б. И., Петров О. Н., Шрам В. Г., Лысянникова Н. Н. – № 2649660; заявл.23.04.19; опубл. 25.07.19. Бюл. №21. 13с.
6. Ковальский Б. И., Пустовит П. Ю., Батов Н. С., Лысянникова Н. Н. Температурные параметры работоспособности моторных масел // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. 2019. №4. С. 34–38.
7. Ковальский Б. И., Афанасов В. И., Шрам В. Г. Контроль температурных параметров работоспособности смеси моторных масел // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2018. №8(4). С.125-133.
8. Ковальский Б. И., Безбородов Ю. Н., Верещагин В. И., Петров О. Н., Шрам В. Г., Кравцова Е. Г. Метод определения показателей термоокислительной стабильности моторных масел и их температурной области // Известия ТулГУ. Технические науки. 2019. Выпуск №9. С. 419–427.
9. Балясников В. А. Метод контроля температурных пределов работоспособности трансмиссионных масел различной базовой основы // Известия ТулГУ. Технические науки. 2017. Выпуск №4. С. 163–171.
10. Балясников В. Н. Метод контроля температурных пределов работоспособности полусинтетических моторных масел // Известия ТулГУ. Технические науки. 2017. Выпуск №3. С. 118–125.
11. Ковальский Б. И. Метод контроля температурных параметров работоспособности моторных масел // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. 2018. №3. С. 34–36.
12. Aleksanyan K. G., Stokolos O. A., Yarullin N. R. [et al.] Synthesis and study of properties of derivatives of phloroglucinolmethylviologen as antioxidant additives to oils // ChemChemTech. 2019. V. 62. № 8. P. 132-138.
13. Alimova Z. Research of changes in the motor oils quality when operating an engine and improving their // Industrial Technology and Engineering. 2020, № 3(36). P. 11-16.
14. Rasheed A. K., Khalid M., Walvekar R. [et al.] Study of graphene nanolubricant using thermogravimetric analysis // Journal of Materials Research. 2016. V. 31. № 13. P. 1939-1946.
15. Heredia-Cancino J. A., Ramezani M., Álvarez-Ramos M. E. Effect of degradation on tribological performance of engine lubricants at elevated temperatures // Tribology International. 2018. V. 124. P. 230-237.
16. Lysyannikova N. N., Kravcova E. G., Kovaleva M. A. Control method of thermo-oxidative stability factors of synthetic motor oil // Lecture Notes in Mechanical Engineering. 2019. № 9783319956299. P. 1039-1048.
17. Balabanov V. I. Self-organization of friction conditions when using repair and recovery additives to lubricants // Трибологичен журнал БУЛТРИБ. 2018. V. 7. № 7. P. 132.
18. Остриков В. В., Афоничев Д. Н., Оробинский В. И., Балабанов В. И. Удаление продуктов старения из работающих моторных масел без их слива из картеров двигателей машин // Химия и технология топлив и масел. 2020. № 3. С. 18–21.
19. Багдасаров Л. Н. Исследование влияния биодизельного топлива на термоокислительную стабильность моторного масла // Труды Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина. 2016. № 4(285). С. 113–120.
20. Лашхи В. Л., Чудиновских А. Л., Салутенова В. А. Масло как сложная коллоидная система // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. 2015. №9. С. 32–35.
21. Чудиновских А. Л. Химмотологический принцип оценки склонности автомобильных моторных масел к образованию отложений // Химия и технология топлив и масел. 2015. №3. С. 3-6.

© 2022 Авторы. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*Об авторах:*

**Рябинин Александр Александрович**, канд. техн. наук, Сибирский федеральный университет, (660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 82/6), e-mail: aaryabinin@sfu-kras.ru.

**Гейль Наталья Владимировна**, магистрант, Сибирский федеральный университет, (660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 82/6), e-mail: ngyayl@sfu-kras.ru

**Большаков Кирилл Александрович**, магистрант, Сибирский федеральный университет, (660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 82/6), e-mail: bolshakov374@gmail.com

*Заявленный вклад авторов:*

Рябинин Александр Александрович – постановка исследовательской задачи; научный менеджмент; концептуализация исследования; написание текста, сбор и анализ данных; обзор соответствующей литературы; выводы.

Гейль Наталья Владимировна – обзор соответствующей литературы, сбор и анализ данных.

Большаков Кирилл Александрович – обзор соответствующей литературы, сбор и анализ данных.

*Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

## Original article

### METHOD OF PREDICTING INDICATORS OF THERMAL-OXIDATIVE STABILITY OF MOTOR OILS

Alexander A. Ryabinin, Natalya V. Geil,  
Kirill A. Bolshakov

Siberian Federal University

\*for correspondence: : aaryabinin@sfu-kras.ru



#### Article info

Received:

03 November 2022

Accepted for publication:

15 January 2023

Accepted:

28 February 2023

Published:

30 March 2023

**Keywords:** temperature control, optical density, volatility, analytical calculation model, temperatures of the beginning of oxidation and evaporation processes, critical temperatures of oxidation and evaporation processes, temperature range of lubricating oil performance, georesources, ecological component of georesources

#### Abstract.

*The article presents a method for predicting indicators of thermal-oxidative stability, including the optical density and volatility of motor oils based on reduced temperature information. An analytical model is proposed for calculating the indicators of thermal-oxidative stability based on data from two temperatures for the third temperature, as well as determining the temperature range of engine oil performance, including the temperatures of the onset of oxidation and evaporation processes and the critical temperatures of these processes, making it possible to compare the oils and to select more heat-resistant ones.*

*This method will expand the information content of the use in the processing of geo-resources, as the service life of motor oils increases, thereby increasing the environmental component when using geo-resources, it is possible to use motor oil for a longer time without losing its declared properties. It provides as well for the use of temperature control device, photometric devices and electronic scales, allows you to expand information about the quality of motor oils, including the temperature of the start of evaporation processes, the critical temperatures of these processes and the temperature range of application. A linear dependence of the decimal logarithm of the temperature control time during oxidation and evaporation of the studied engine oil on temperature has been established, which makes it possible to predict the decimal logarithms of the temperature control time of the oxidation and evaporation processes for any temperature, and the calculation of antilogarithms determines the temperature control time.*

**For citation:** Ryabinin A.A., Geil N.V., Bolshakov K.A. Method of predicting indicators of thermal-oxidative stability of motor oils. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2023; 1(155):42-51. (In Russ., abstract in Eng.). doi: 10.26730/1999-4125-2023-1-42-51

## REFERENCES

1. Anisimov I.G., Badyshgova K.M., Bnatov S.A. *Toplivo, smazochnye materialy, tekhnicheskie zhidkosti. Assortiment i primeneniye: Spravochnik [Fuel, lubricants, technical fluids. Range and application: Handbook]*. Moscow: Tekhinform Publ., 1999, 596 p. (in Russ)
2. GOST 20457–75. *Masla motornye. Metody otsenki antiokislitel'nykh svoystv na ustanovke IKM [State Standard 20457–75. Motor oils. Methods for assessing antioxidant properties at the IKM installation]*. Moscow, IPK Izdatel'stvo standartov, Publ., 2002. 8p. ГОСТ
3. GOST 23175–78. *Masla motornye. Metody otsenki motornykh svoystv i opredeleniya termookislitel'noi*



stabil'nosti [State Standard 20457–75. Motor oils. Methods for assessing motor properties and determining thermo-oxidative stability]. Moscow, IPK Izdatel'stvo standartov, Publ., 2002. 8p. ГОСТ

4. GOST 11063–77. Masla motornye s prisadkami. Metod opredeleniya stabil'nosti po induktsionnomu periodu osadkoobrazovaniya [Motor oils with additives. Method for determination of stability by induction period of sedimentation]. Moscow, IPK Izdatel'stvo standartov, Publ., 2002. 4p. ГОСТ

5. Koval'skii B.I., Petrov O.N., Shram V.G., Lysyannikova N.N. Sposob prognozirovaniya pokazatelei termookislitel'noi stabil'nosti smazochnykh materialov [Method for predicting indicators of thermo-oxidative stability of lubricants]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 2649660 (2019).

6. Koval'skii B.I., Pustovit P.Yu., Batov N.S., Lysyannikova N.N. Temperaturnye parametry rabotosposobnosti motornykh masel [Temperature parameters of the performance of motor oils]. *Mir nefteproduktov. Vestnik neftyanykh kompanii*. 2019; 4:34–38.

7. Koval'skii B.I., Afanasov V.I., Shram V.G. Kontrol' temperaturnykh parametrov rabotosposobnosti smesi motornykh masel [Control of temperature parameters of working capacity of a mixture of motor oils]. *Izvestiya vuzov. Prikladnaya khimiya i biotekhnologiya*, 2018; 8(4):125–133.

8. Koval'skii B.I., Bezborodov Yu.N., Vereshchagin V.I., Petrov O.N., Shram V.G., Kravtsova E.G. Metod opredeleniya pokazatelei termookislitel'noi stabil'nosti motornykh masel i ikh temperaturnoi oblasti [Method for determination of indicators of thermo-oxidative stability of motor oils and their temperature range]. *Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki*. 2019; 9:419–427.

9. Balyasnikov V.A. Metod kontrolya temperaturnykh predelov rabotosposobnosti transmissionnykh masel razlichnoi bazovoi osnovy [Method for monitoring the temperature limits of the performance of transmission oils of various base bases]. *Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki*. 2017; 4:163–171.

10. Balyasnikov V.N. Metod kontrolya temperaturnykh predelov rabotosposobnosti polusinteticheskikh motornykh masel [Method of control of temperature limits of working capacity of semi-synthetic motor oils]. *Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki*. 2017; 3:118–125.

11. Koval'skii B.I. Metod kontrolya temperaturnykh parametrov rabotosposobnosti motornykh masel [Method for monitoring the temperature parameters of the performance of motor oils]. *Mir nefteproduktov. Vestnik neftyanykh kompanii*. 2018; 3:34–36.

12. Aleksanyan K.G. Synthesis and study of properties of derivatives of phloroglucinolmethylviologen as antioxidant additives to oils. *ChemChemTech*. 2019; 8(62):132–138.

13. Alimova Z. Research of changes in the motor oils quality when operating an engine and improving their. *Industrial Technology and Engineering*. 2020; 3(36):11–16.

14. Rasheed A.K. Study of graphene nanolubricant using thermogravimetric analysis. *Journal of Materials Research*. 2016; 31:1939–1946.

15. Heredia-Cancino J.A. Effect of degradation on tribological performance of engine lubricants at elevated temperatures. *Tribology International*. 2018; 124:230–237.

16. Lysyannikova N.N. Control method of thermo-oxidative stability factors of synthetic motor oil [Control method of thermo-oxidative stability factors of synthetic motor oil]. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*. 2019; 9783319956299:1039–1048.

17. Balabanov V.I. Self-organization of friction conditions when using repair and recovery additives to lubricants [Self-organization of friction conditions when using repair and recovery additives to lubricants]. *Tribologichen zhurnal BULTRIB*. 2018; 7:132.

18. Ostrikov V.V., Afonichev D.N., Orobinskii V.I., Balabanov V.I. Udaleniye produktov stareniya iz rabotayushchikh motornykh masel bez ikh sliva iz karterov dvigatelei mashin [Removal of aging products from operating engine oils without draining them from the crankcases of machine engines]. *Khimiya i tekhnologiya topliv i masel*. 2020; 3:18–21.

19. Bagdasarov L.N. Issledovanie vliyaniya biodizel'nogo topliva na termookislitel'nuyu stabil'nost' motornogo masla [Study of the effect of biodiesel fuel on the thermal-oxidative stability of motor oil]. *Trudy Rossiiskogo gosudarstvennogo universiteta nefii i gaza imeni I.M. Gubkina*. 2016; 4(285):113–120.

20. Lashkhi V.L., Chudinovskikh A.L., Salutenova V.A. Maslo kak slozhnaya kolloidnaya sistema [Oil as a complex colloidal system]. *Mir nefteproduktov. Vestnik neftyanykh kompanii*. 2015; 9:32–35.

21. Chudinovskikh A.L. Khimotologicheskii printsip otsenki sklonnosti avtomobil'nykh motornykh masel k obrazovaniyu otlozhenii [Chemotological principle of assessing the tendency of motor oils to form deposits]. *Khimiya i tekhnologiya topliv i masel*. 2015; 3:3–6.

© 2022 The Authors. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The authors declare no conflict of interest.

About the authors:

---

**Ryabinin Alexander Alexandrovich**, C. Sc. in Engineering, Siberian Federal University, (82/6, pr. Svobodniy, Krasnoyarsk, 660041), e-mail: aaryabinin@sfu-kras.ru

**Geil Natalya Vladimirovna**, undergraduate, Siberian Federal University, (82/6, pr. Svobodniy, Krasnoyarsk, 660041), e-mail: ngayayl@sfu-kras.ru

**Bolshakov Kirill Alexandrovich**, undergraduate, Siberian Federal University, (82/6, pr. Svobodniy, Krasnoyarsk, 660041), e-mail: bolshakov374@gmail.com

*Contribution of the authors:*

Ryabinin Alexander Alexandrovich – formulation of a research task; scientific management; conceptualization of research; writing a text, collecting and analyzing data; review of relevant literature; conclusions.

Natalia V. Geil – review of relevant literature, data collection and analysis.

Bolshakov Kirill Alexandrovich – review of relevant literature, data collection and analysis.

*All authors have read and approved the final manuscript.*

