

## Научная статья

УДК 519.248

DOI: 10.26730/1999-4125-2022-5-55-61

## МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВСПЫШКИ МОТОРНЫХ МАСЕЛ

Рябинин Александр Александрович

Сибирский федеральный университет

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

**Информация о статье**

Поступила:

12 сентября 2022 г.

Одобрена после

рецензирования:

01 октября 2022 г.

Принята к публикации:

11 октября 2022 г.

**Ключевые слова:**

температурная деструкция; испаряемость; тепловая энергия, поглощенная смазочным материалом; термостатирование; оптическая плотность; начало процессов деструкции.

**Аннотация.**

В статье представлены результаты апробации нового метода определения температуры вспышки моторного масла, исключаяющего поджог паровоздушной смеси. Метод предусматривает термостатирование смазочного материала при трех температурах 160, 170 и 180°C, регистрацию массы испарившегося масла за время термостатирования, определение количества тепловой энергии, поглощенной массой испарившегося масла, как произведение температуры на время и массу испарившегося масла, вычисление десятичного логарифма тепловой энергии, поглощенной массой испарившегося масла и построение зависимостей десятичного логарифма тепловой энергии, поглощенной массой испарившегося масла от десятичного логарифма времени и температуры термостатирования, по которым определяется температура вспышки при определенном постоянном значении десятичного логарифма тепловой энергии.

Данная работа устанавливает возможности по определению температуры вспышки моторного масла без поджога паровоздушной смеси исходя из описания процессов термостатирования, изменения массы испарившегося продукта за время термостатирования, определения десятичного логарифма, зависящего от времени и температуры ранее описанных зависимостей, которые в свою очередь подвергаются анализу с помощью линейного уравнения по которому математическим путем и определяется температура вспышки моторного масла.

**Для цитирования:** Рябинин А.А. Метод определения температуры вспышки моторных масел // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2022. № 5 (153). С. 55-61. doi: 10.26730/1999-4125-2022-5-55-61

**Введение.** Температура вспышки смазочных масел характеризует их способность воспламенению при нагреве и последующему распространению пламени, поэтому является важным критерием для определения их огнеопасности, а также опасности взрыва. На практике этот показатель подлежит обязательному определению по ГОСТ 4333-87 и ГОСТ 6356-75 [1,2]. Известные отечественные и зарубежные стандарты основаны на регистрации температуры, при которой пары над поверхностью нефтепродукта (масла), нагреваемого в установленных стандартами условиях, вспыхивают при поднесении пламени от зажигательного устройства. Для реализации этих методов используются установки, в том числе, автоматические, содержащие поджигающие устройства.

Недостатком известных методов определения температуры вспышки масел и нефтепродуктов является необходимость осуществления поджога паровоздушной смеси и использование для этого специальных устройств, не гарантирующих точность определения

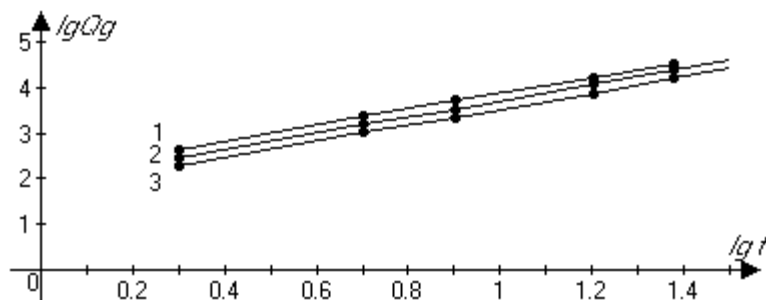


Рис. 1. Зависимости десятичного логарифма тепловой энергии, поглощенной продуктами испарения от десятичного логарифма времени и температуры термостатирования минерального моторного масла Toyota Castle 10W-30 SL: 1 – 180 °C; 2 – 170 °C; 3 – 160 °C

Fig. 1. Dependences of the decimal logarithm of thermal energy absorbed by the evaporation products on the decimal logarithm of the time and temperature of thermostatting of mineral engine oil Toyota Castle 10W-30 SL: 1 – 180 °C; 2 – 170 °C; 3 – 160 °C

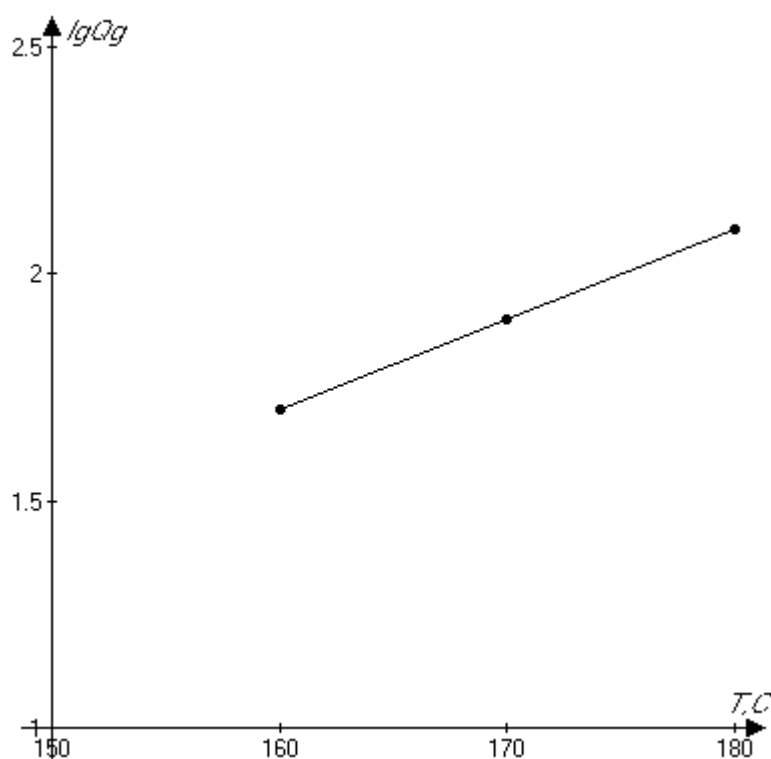


Рис. 2. Зависимость десятичного логарифма тепловой энергии, поглощенной массой испарившегося масла от температуры термостатирования минерального моторного масла Toyota Castle 10W-30 SL

Fig. 2. Dependence of the decimal logarithm of thermal energy absorbed by the mass of evaporated oil on the temperature of thermostatting of mineral engine oil Toyota Castle 10W-30 SL

температуры вспышки. Так как незадолго до вспышки производят поджог в результате уменьшается концентрация паров нефтепродукта, а для ее увеличения необходимо увеличивать температуру нагрева, поэтому это влияет на точность определения температуры вспышки.

В этой связи разработка методов исключающих поджог паров нефтепродуктов является актуальной задачей [3-7].

Для реализации метода используются следующие средства испытания и контроля: прибор для термостатирования смазочных масел и электронные весы для измерения массы испарившегося масла. [8, 9] Для исследования выбрано всесезонное моторное минеральное масло Toyota Castle 10W-30 SL. Методика исследования заключается в следующем. Проба смазочного масла постоянной массы ( $100 \pm 0.1$  г.) термостатируют при атмосферном давлении без

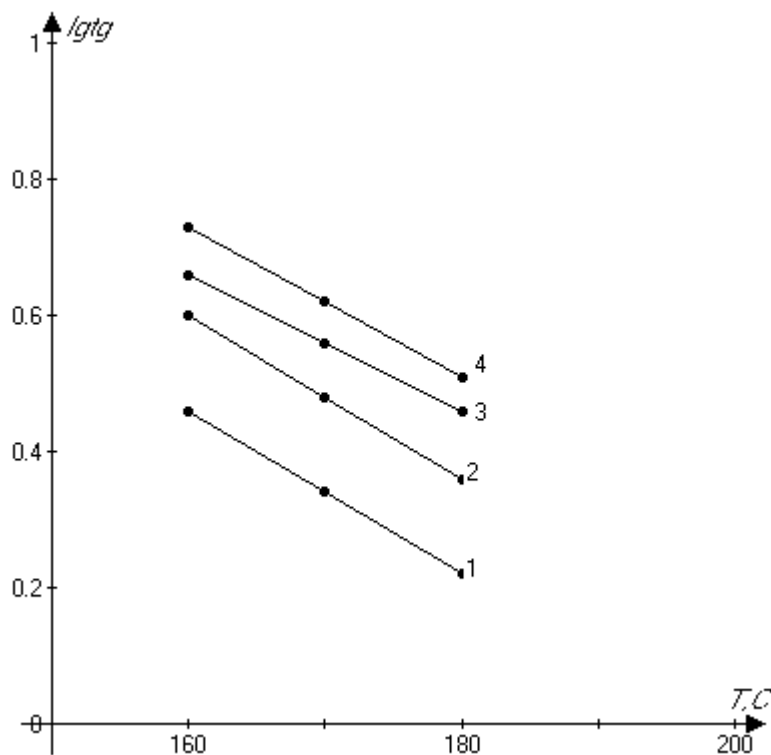


Рис. 3. Зависимости десятичного логарифма времени термостатирования от температуры и десятичного логарифма тепловой энергии, поглощенной массой испарившегося масла: 1 –  $\lg Q_G = 2.5$ ; 2 –  $\lg Q_G = 2.75$ ; 3 –  $\lg Q_G = 2.9$ ; 4 –  $\lg Q_G = 3.0$

Fig. 3. Dependences of the decimal logarithm of the incubation time on the temperature and the decimal logarithm of the thermal energy absorbed by the mass of the evaporated oil: 1 –  $\lg Q_G = 2.5$ ; 2 –  $\lg Q_G = 2.75$ ; 3 –  $\lg Q_G = 2.9$ ; 4 –  $\lg Q_G = 3.0$

перемешивания при трех температурах в течении времени, обеспечивающего испарение установленной минимальной массы масла при каждой температуре. Масло Toyota Castle 10W–30 SL испытывалось при температурах 160, 170 и 180°C. Через равные промежутки времени термостатирования пробу масла взвешивают, определяют массу испарившегося масла. Термостатирование продолжают до испарения установленной массы для каждой температуры. По полученным данным испаряемости определяется тепловая энергия  $Q$ , поглощенная массой испарившегося масла  $G$ :

$$Q_G = T \cdot t \cdot G, \quad (1)$$

где  $T$  – температура термостатирования, °C;  $t$  – время термостатирования, час;  $G$  – масса испарившегося масла, г.

Вычисляется десятичный логарифм тепловой энергии  $\lg Q_G$  и затем строятся графические зависимости десятичного логарифма тепловой энергии, поглощенной массой испарившегося масла от десятичного логарифма времени и температуры термостатирования (рис.1).

Данные зависимости описываются линейными уравнениями для температур:

$$180^\circ\text{C} \text{ (прямая 1) } \lg Q_G = 1.7398 \cdot \lg t_G + 2.1366 \quad (2)$$

$$170^\circ\text{C} \text{ (прямая 2) } \lg Q_G = 1.7863 \cdot \lg t_G + 1.9309 \quad (3)$$

$$160^\circ\text{C} \text{ (прямая 3) } \lg Q_G = 1.7542 \cdot \lg t_G + 1.7681 \quad (4)$$

Коэффициент корреляции: 0.9998; 0.9998; 0.9991.

Среднее квадратическое отклонение: 0.0088; 0.0113; 0.0227.

Представленные на рис.1 зависимости пересекают ось ординат при значениях  $\lg Q_G$  для температур 180°C – 2.1; 170°C – 1.9; 160°C – 1.7. На рис. 2 представлена зависимость десятичного логарифма тепловой энергии, поглощенной массой испарившегося масла от температуры термостатирования.

Данная зависимость описывается линейным уравнением:

$$\lg Q_G = 0.02T - 1,5 \quad (5)$$

Коэффициент корреляции: 0.9999.

Среднее квадратическое отклонение:  $1.7 \cdot 10^{-19}$ .

Решая уравнение (5) определяется температура начала процесса испарения исследуемого масла, которая составляет  $75^\circ\text{C}$ .

Если на зависимостях, представленных на (рис.1) провести горизонтальные штриховые линии при значениях десятичного логарифма тепловой энергии равных 2.5; 2.75; 2.9; 3.0. Определить координаты по  $\lg t_G$  пересечения этих линий с зависимостями для каждой температуры и построить графические зависимости десятичного логарифма времени термостатирования от температуры и значений десятичного логарифма тепловой энергии (рис. 3), то можно определить критические температуры для каждого значения  $\lg Q_G$ .

Данные зависимости описываются линейными уравнениями для значений  $\lg Q_G$ .

$$\lg Q_G = 2.5 \quad \lg t_G = -0.012 \cdot T + 2.38 \quad (6)$$

$$\lg Q_G = 2.75 \quad \lg t_G = -0.012 \cdot T + 2.52 \quad (7)$$

$$\lg Q_G = 2.9 \quad \lg t_G = -0.01 \cdot T + 2.26 \quad (8)$$

$$\lg Q_G = 3.0 \quad \lg t_G = -0.011 \cdot T + 2.49 \quad (9)$$

Коэффициент корреляции: 0.9999; 0.9999; 0.9999; 0.9999.

Среднее квадратическое отклонение:  $1.35 \cdot 10^{-19}$ ;  $5.75 \cdot 10^{-20}$ ;  $5.75 \cdot 10^{-20}$ ; 0.

Решая уравнение (6) определяется критическая температура для  $\lg Q_G = 2.5$ , которая составила  $-220^\circ\text{C}$ ; а решая уравнение (7) определяется критическая температура для  $\lg Q_G = 2.75$ , которая составила  $-213.64^\circ\text{C}$ , решая уравнение (8) определяется критическая температура для  $\lg Q_G = 2.9$ , которая составила  $-220.9^\circ\text{C}$ , а решая уравнение (9) определяется критическая температура для  $\lg Q_G = 3.0$ , которая составила  $-226.36^\circ\text{C}$  и является температурой вспышки. Таким образом, показано, что с увеличением количества тепловой энергии, поглощенной массой испарившегося масла увеличивается значение температуры вспышки. Для исследуемого минерального масла Toyota Castle 10W-30 SL по параметрам температура вспышки составляет  $225^\circ\text{C}$ . Поэтому для определения температуры вспышки предполагаемым методом необходимо использовать значение  $\lg Q_G = 2.9$  [10-17].

При этом количество тепловой энергии, поглощенной массой испарившегося масла составило:

$$794.328 = 180 \cdot 2.884 \cdot G \quad G = 1.53 \text{ г.}$$

где 2,884 – время термостатирования. Таким образом для измерения температуры вспышки необходимо испарить при термостатировании при  $T = 180^\circ\text{C}$  всего 1.53 граммов масла.

Выводы:

1. Разработанный метод контроля температуры вспышки смазочных масел, включающий термостатирование и измерение массы испарившегося масла, определение десятичного логарифма тепловой энергии, поглощенной массой испарившегося масла, зависимость которого от десятичного логарифма времени и температуры термостатирования описывается линейными уравнениями, что позволяет исключить операцию поджога и средства поджога, вычислить температуру, принятую за температуру вспышки.

2. Для сравнения масел одного назначения предложено температуру вспышки вычислять при постоянном значении тепловой энергии, поглощенной массой испарившегося масла равной  $\lg Q_G = 2.9$ .

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковальский Б.И., Безбородов Ю.Н., Фельдман Л.И., Малышева Н.Н. Термоокислительная стабильность трансмиссионных масел: монография – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2011, 150 с.
2. Шаталов К.В., Горюнова А.К., Лихтерова Н.М. [и др.] Применение продуктов сульфатцеллюлозного производства в качестве присадок к топливам реактивных двигателей // Вестник Московского государственного университета леса - Лесной вестник. – 2016. – Т. 20. – № 6. – С. 107-115.
3. Остриков В.В., Афанасьев Д.И., Снежко В.А., Снежко А.В. Теоретические предпосылки использования отработанных моторных масел при обкатке отремонтированных двигателей тракторов // Наука в центральной России. – 2017. – № 4(28). – С. 19-29.
4. Непогодьева А.В. Механизм окисления масла в поршневых двигателях // Химия и технология топлив и масел. – 1997. – №4. – С. 34-38.

5. Остриков В.В., Корнев А.Ю. Актуальные проблемы повышения эффективности использования топлив и смазочных материалов в АПК // Наука в центральной России. – 2020. – № 6(48). – С. 91-99. – DOI 10.35887/2305-2538-2021-6-91-99.
6. Багдасаров Л. Н., Агабеков С.С., Стахив В.И. 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.
7. Лашхи В.Л., Чудиновских А.Л., Салутенова В.А. Масло как сложная коллоидная система // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. М.: №9, 2015. С. 32-35.
8. Чудиновских А.Л. Химмотологический принцип оценки склонности автомобильных моторных масел к образованию отложений // Химия и технология топлив и масел. - №3. - 2015. - С. 3-6.
9. Ермилов Е.А., Балясников В.А., Олейник В.З., Агровиченко Д.В. Оценка влияния процессов окисления и температурной деструкции на противозносные свойства моторных масел // Тенденции развития науки и образования. – 2017. – № 24-2. – С. 21-25. – DOI 10.18411/lj-31-03-2017-2-04.
10. Rasheed A.K., Khalid M., Walvekar R. [et al.] Study of graphene nanolubricant using thermogravimetric analysis // Journal of Materials Research. – 2016. – Vol. 31. – No 13. – P. 1939-1946. – DOI 10.1557/jmr.2015.359.
11. 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. – Vol. 124. – P. 230-237. – DOI 10.1016/j.triboint.2018.04.015.
12. 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. – No 9783319956299. – P. 1039-1048. – DOI 10.1007/978-3-319-95630-5\_109.
13. Balabanov V. I. Self-organization of friction conditions when using repair and recovery additives to lubricants // Трибологичен журнал БУЛТРИБ. – 2018. – Vol. 7. – No 7. – P. 132.
14. 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(619). – С. 18-21.
15. Балабанов В. И. Технологии и препараты для очистки масляной системы двигателя при безразборном сервисе автомобиля // Аграрный вестник Приморья. – 2020. – № 1(17). – С. 5-7.
16. Сердалин М.К., Бардола А.С., Кузьмин Д.Е., Кулаева А.Г. Влияние присадок на эксплуатационные свойства масел // Инновационные технологии в АПК, как фактор развития науки в современных условиях : Сборник международной научно-исследовательской конференции, посвященной 70-летию создания факультета ТС в АПК (МЕХ ФАК), Омск, 26 ноября 2020 года. – Омск : Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2020. – С. 584-589.
17. Вахрушев В.В., Немцев А.Е., Иванов Н.М. Обоснование номенклатуры квалификационных показателей для экспресс-оценки качества работающего моторного масла // Труды международной научной онлайн-конференции "АгроНаука-2020" : Сборник статей, Новосибирск, 05–06 ноября 2020 года – Новосибирск: Государственная публичная научно-техническая библиотека СО РАН, 2020. – С. 226-234.

© 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), aaryabinin@sfu-kras.ru

*Заявленный вклад авторов:*

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

*Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

## Original article

## METHOD FOR DETERMINING THE FLASH POINT OF MOTOR OILS

Alexander A. Ryabinin

Siberian Federal University

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



## Article info

Submitted:

12 September 2022

Approved after reviewing:

01 October 2022

Accepted for publication:

11 October 2022

**Keywords:** thermal destruction; volatility; thermal energy absorbed by the lubricant; thermostating; optical density; the beginning of the destruction processes.

**Abstract.**

The article presents the results of testing a new method for determining the flash point of engine oil, which excludes the ignition of a vapor-air mixture. The method involves thermostating the lubricant at three temperatures of 160, 170 and 180°C, recording the mass of evaporated oil during thermostating, determining the amount of thermal energy absorbed by the mass of evaporated oil as the product of temperature and time and the mass of evaporated oil, calculating the decimal logarithm of thermal energy, by the absorbed mass of the evaporated oil and plotting the dependences of the decimal logarithm of the thermal energy absorbed by the mass of the evaporated oil on the decimal logarithm of the time and thermostating temperature, by which the flash point is determined at a certain constant value of the decimal logarithm of the thermal energy.

This work establishes the possibilities for determining the flash point of engine oil without igniting the vapor-air mixture based on the description of thermostating processes, the change in the mass of the evaporated product during thermostating, determining the decimal logarithm of the previously described dependencies, which are dependent on time and temperature, which in turn are analyzed using a linear equation by which the flash point of engine oil is determined mathematically.

**For citation:** Ryabinin A.A. Method for determining the flash point of motor oils. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2022; 5(153):55-61. (In Russ., abstract in Eng.). doi: 10.26730/1999-4125-2022-5-55-61

## REFERENCES

1. Kovalsky B.I., Bezborodov Yu.N., Feldman L.I., Malysheva N.N. Thermal-oxidative stability of transmission oils: monograph - Krasnoyarsk: Sib. feder. un-t, 2011, 150 p.
2. Shatalov K. V., Goryunova A. K., Likhterova N. M. [et al.] Application of cellulose sulphate products as jet fuel additives // Bulletin of the Moscow State Forest University - Forest Bulletin. - 2016. - T. 20. - No. 6. - P. 107-115.
3. Ostrikov V. V., Afanasiev D. I., Snezhko V. A., Snezhko A. V. Theoretical prerequisites for the use of used motor oils when running in repaired tractor engines // Science in Central Russia. - 2017. - No. 4 (28). - P. 19-29.
4. Nepogodiev A.V. The mechanism of oil oxidation in piston engines // Chemistry and technology of fuels and oils. - 1997. - No. 4. - P. 34-38.
5. Ostrikov V.V., Kornev A.Yu. Actual problems of improving the efficiency of the use of fuels and lubricants in the agro-industrial complex, Science in Central Russia. - 2020. - No. 6(48). - P. 91-99. - DOI 10.35887/2305-2538-2021-6-91-99.
6. Bagdasarov L.N., Agabekov S.S., Stakhiv V.I. Study of the effect of biodiesel fuel on the thermal-oxidative stability of motor oil // Proceedings of the Russian State University of Oil and Gas named after I.M. Gubkin. - 2016. - No. 4 (285). - P. 113-120.
7. Lashkhi V.L., Chudinov-skikh A.L., Salutenova V.A. Oil as a complex colloidal system // World of oil products. Bulletin of oil companies. - No. 9. - 2015. - P. 32-35.
8. Chudinovskikh A.L. Himnotological principle for assessing the propensity of automotive motor oils to the formation of deposits // Chemistry and technology of fuels and oils. - No. 3. - 2015. - P. 3-6.
9. Ermilov E. A., Balyasnikov V. A., Oleinik V. Z., Agrovichenko D. V. Evaluation of the influence of oxidation and thermal degradation processes on the antiwear properties of motor oils // Trends in the development of science. and education. - 2017. - No. 24-2. - P. 21-25. - DOI 10.18411/lj-31-03-2017-2-04.
10. Rasheed A.K., Khalid M., Walvekar R. [et al.] Study of graphene nanolubricant using thermogravimetric analysis // Journal of Materials Research. - 2016. - Vol. 31. - No 13. - P. 1939-1946. - DOI 10.1557/jmr.2015.359.
11. 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. - Vol. 124. - P. 230-237. - DOI

10.1016/j.triboint.2018.04.015.

12. 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. – No 9783319956299. – P. 1039-1048. – DOI 10.1007/978-3-319-95630-5\_109.

13. Balabanov V. I. Self-organization of friction conditions when using repair and recovery additives to lubricants // Tribological journal BULTRIB. - 2018. - Vol. 7. - No 7. - P. 132.

14. Ostrikov V. V., Afonichev D. N., Orobinsky V. I., Balabanov V. I. Removal of aging products from working motor oils without draining them from crankcases of engine engines // Chemistry. and technology of fuels and oils. - 2020. - No. 3 (619). - P. 18-21.

15. Balabanov V. I. Technologies and preparations for cleaning the engine oil system with in-place vehicle service // Agrarian Bulletin of Primorye. - 2020. - No. 1 (17). - P. 5-7.

16. Serdalin M. K., Bardola A. S., Kuzmin D. E., Kulaeva A. G. Influence of additives on the performance properties of oils. conditions: Collection of the international research conference dedicated to the 70th anniversary of the creation of the TS faculty in the agro-industrial complex (MEH FAK), Omsk, November 26, 2020. – Omsk: Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, 2020. - P. 584-589.

17. Vakhrushev V.V., Nemtsev A.E., Ivanov N. M. Substantiation of the nomenclature of qualification indicators for the express assessment of the quality of a working motor oil // Proceedings of the international scientific online conference "AgroScience-2020 ": Collection of articles, Novosibirsk, November 05–06, 2020. - Novosibirsk: State Public Scientific and Technical Library of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2020. - P. 226-234.

© 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:*

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

*Contribution of the authors:*

Alexander A. Ryabinin - research problem statement; conceptualisation of research; drawing the conclusions; writing the text, research problem statement; scientific management; data collection; data analysis, reviewing the relevant literature; conceptualisation of research; data analysis; drawing the conclusions.

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

