

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКА В МАШИНОСТРОЕНИИ

CONTROL METHODS AND DIAGNOSTICS IN MECHANICAL ENGINEERING

Научная статья

УДК 61.51:52.45.19

DOI: 10.26730/1999-4125-2022-3-22-31

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ МЕЖДУ ПРОДУКТАМИ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ДЕСТРУКЦИИ И ИСПАРЕНИЯ МОТОРНЫХ МАСЕЛ

Рябинин Александр Александрович,
Лысянникова Наталья Николаевна,
Сокольников Александр Николаевич,
Плахотникова Марина Анатольевна

Сибирский федеральный университет

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

Аннотация.

Научное и практическое значение представляют исследования связи между продуктами температурной деструкции и испарения моторных масел различной базовой основы с учетом тепловой энергии, поглощенной этими продуктами, и ее влияния на процессы, протекающие при окислении смазочного материала, противоизносные свойства и ресурс. С этой целью применен комплекс приборов, включающий: прибор для испытаний на термостойкость масел в диапазоне температур от 160 до 300°C; фотометрическое устройство для прямого фотометрирования; прибор для определения термоокислительной стабильности; малообъемный вискозиметр; прибор для испытания трущихся материалов; цифровой микроскоп; лабораторные весы, позволяющие определять оптические свойства, кинематическую вязкость, испаряемость и противоизносные свойства окисленных и термостабилизованных масел.

Данная работа устанавливает общие закономерности энергетической связи между процессами деструкции и испарения, заключающиеся в том, что процессы испарения начинаются в начале термостатирования масел, а процессы деструкции – после испарения определенной массы масла, зависящей от базовой основы, причем скорость процессов температурной деструкции выше, чем скорость испарения. Связь между количеством тепловой энергии, поглощенной продуктами температурной деструкции, и испарения описывается линейными уравнениями.



Информация о статье

Поступила:

12 апреля 2022 г.

Одобрена после
рецензирования:
7 июня 2022 г.

Принята к публикации:
17 июня 2022 г.

Ключевые слова:

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

Для цитирования: Рябинин А.А., Лысянникова Н.Н., Сокольников А.Н., Плахотникова М.А. Энергетическая связь между продуктами температурной деструкции и испарения моторных масел // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2022. № 3 (151). С. 22-31. doi: 10.26730/1999-4125-2022-3-22-31

Введение. Известно [1–8], что при термостатировании моторных масел они не могут бесконечно поглощать тепловую энергию, поэтому избыток ее сбрасывается в виде продуктов окисления, деструкции и испарения. Эти продукты определяются в различных единицах:

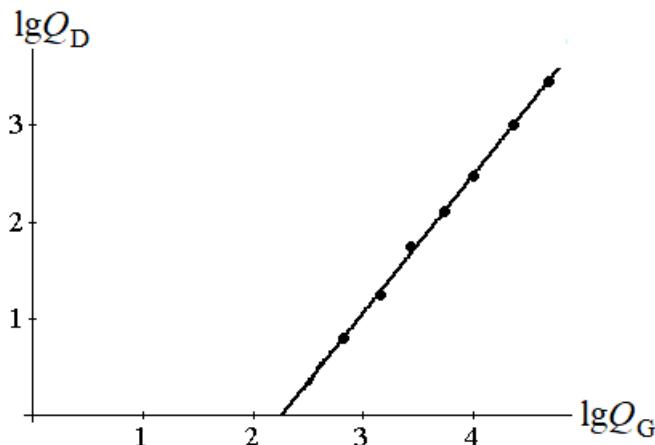


Рис. 1. Зависимость десятичного логарифма тепловой энергии, поглощенной продуктами температурной деструкции от десятичного логарифма тепловой энергии, поглощенной продуктами испарения при термостатировании минерального моторного масла Лукойл Стандарт 10W-40 SF/CC в температурном интервале от 140 до 260°С в течение 8 ч при каждой температуре
Fig. 1. Dependence of the decimal logarithm of thermal energy absorbed by thermal destruction products on the decimal logarithm of thermal energy absorbed by evaporation products during thermostating of the mineral engine oil Lukoil Standard 10W-40 SF / CC in the temperature range from 140 to 260 ° C for 8 hours at each temperature

оптической плотностью (безразмерная) и в граммах, поэтому для сравнения интенсивности процессов окисления или деструкции с процессами испарения необходимо применять энергетический показатель, характеризующий количество поглощенной тепловой энергии этими продуктами. В работах [9-16] предложены различные варианты определения показателей термоокислительной стабильности и температурной стойкости смазочных материалов.

Целью настоящих исследований является исследование энергетической связи между продуктами температурной деструкции и испарения моторных масел различной базовой основы.

Для исследования выбраны моторные масла: минеральное Лукойл Стандарт 10W-40 SF/CC; частично синтетическое Spektrol Капитал 5W-40 SJ/CF; синтетические Castrolongthe 0W-30 SL/CF, Visco 5000 5W-40 SL/CF и Лукойл GenesisAdvansed 10W-40 SN/CF. В качестве средств контроля и испытания применялись прибор для термостатирования, фотометрическое устройство и электронные весы.

Методика исследования. Пробу моторного масла постоянной массы термостатируют последовательно при температуре 140°С в течение 8 ч без перемешивания, после чего взвешивают, определяют массу испарившегося масла G , отбирают часть пробы для прямого фотометрирования при толщине фотометрируемого слоя 2 мм, определяют оптическую плотность D

$$D = \lg \frac{300}{\Pi}, \quad (1)$$

где 300 – показания фотометра при незаполненной маслом кювете, мкА;

Π – показания фотометра при заполненной кювете термостатированным маслом, мкА.

Новую пробу масла испытывают по той же технологии, но при температуре на 20°С выше предыдущей. Испытания прекращают при температуре 300°С. В процессе термостатирования температура поддерживается автоматически с помощью терморегулятора. По данным оптической плотности и испаряемости, полученным при каждой температуре, определяется количество тепловой энергии, поглощенной продуктами температурной деструкции Q_D и испарения Q_G за 8 ч термостатирования при каждой температуре T

$$Q_D = T \cdot t \cdot D; \quad (2)$$

$$Q_G = T \cdot t \cdot G. \quad (3)$$

Полученные данные тепловой энергии, поглощенной продуктами температурной деструкции Q_D и испарения Q_G , логарифмируются, и эти данные десятичных логарифмов $\lg Q_D$ и $\lg Q_G$ используются для построения графических зависимостей десятичного логарифма тепловой

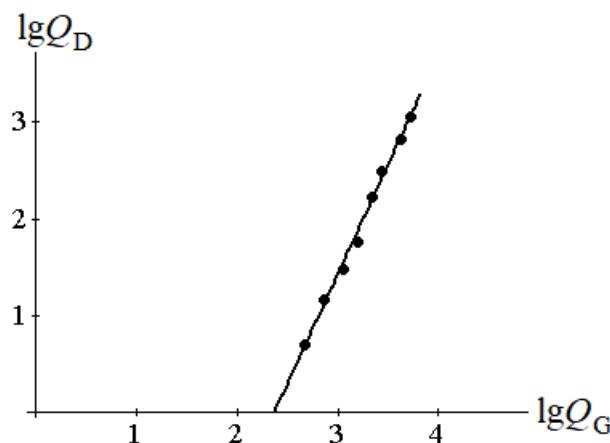


Рис. 2. Зависимость десятичного логарифма тепловой энергии поглощенной продуктами температурной деструкции от десятичного логарифма тепловой энергии, поглощенной продуктами испарения при термостатировании частично синтетического моторного масла Spectrol Capital 5W-40 SJ/CF в температурном интервале от 160 до 300°C в течение 8 ч при каждой температуре

Fig. 2. Dependence of the decimal logarithm of thermal energy absorbed by thermal destruction products on the decimal logarithm of thermal energy absorbed by evaporation products during thermostating of Spectrol Capital 5W-40 SJ / CF partially synthetic motor oil in the temperature range from 160 to 300 ° C for 8 hours at each temperature

энергии, поглощенной продуктами температурной деструкции от десятичного логарифма тепловой энергии, поглощенной продуктами испарения, по которым определяются соотношения между ними.

Результаты исследования и их обсуждение. На рис. 1 представлена зависимость десятичного логарифма тепловой энергии, поглощенной продуктами температурной деструкции $\lg Q_D$, от десятичного логарифма тепловой энергии, поглощенной продуктами испарения $\lg Q_G$, минерального моторного масла Лукойл Стандарт 10W-40 SF/CC в температурном интервале от 140 до 260°C. Данная зависимость описывается линейным уравнением

$$\lg Q_D = 1,429 \lg Q_G - 3,225, \quad (4)$$

где 1,429 – коэффициент, характеризующий скорость изменения десятичного логарифма тепловой энергии, поглощенной продуктами температурной деструкции, или угол наклона зависимости $\lg Q_D = f(\lg Q_G)$; 3,225 – коэффициент, характеризующий потенциальную тепловую энергию, которую необходимо поглотить смазочным маслом для начала изменения десятичного логарифма тепловой энергии $\lg Q_D$.

Коэффициент корреляции составил: 0,999.

Среднее квадратическое отклонение: 0,0297.

Приравняв уравнение (4) к нулю, можно определить значение десятичного логарифма тепловой энергии, поглощенной продуктами испарения $\lg Q_G$, при котором начинаются изменения десятичного логарифма тепловой энергии, поглощенной продуктами температурной деструкции $\lg Q_D$, и которое составило 2,2568 (точка пересечения зависимости с осью абсцисс).

Так как угол наклона зависимости (рис. 1) составляет 1,429 или 55,02°, то скорость процессов деструкции превышает скорость процессов испарения. На основании полученных данных для сравнения моторных масел различной базовой основы предлагается применять следующие показатели: скорость процессов температурной деструкции; потенциальную тепловую энергию, необходимую для начала процессов температурной деструкции; значение десятичного логарифма тепловой энергии, поглощенной продуктами испарения, при котором начинаются процессы температурной деструкции; значение десятичного логарифма тепловой энергии, поглощенной продуктами температурной деструкции, при принятом значении десятичного логарифма тепловой энергии, поглощенной продуктами испарения ($\lg Q_G = \text{const}$).

На рис. 2 представлена зависимость десятичного логарифма тепловой энергии, поглощенной продуктами температурной деструкции, от десятичного логарифма тепловой

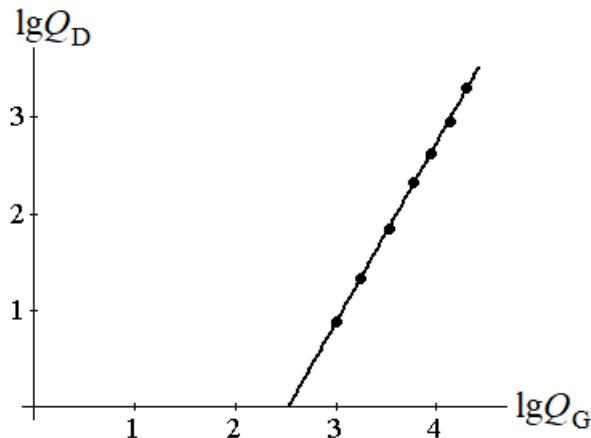


Рис. 3. Зависимость десятичного логарифма тепловой энергии поглощенной продуктами температурной деструкции от десятичного логарифма тепловой энергии, поглощенной продуктами испарения при термостатировании синтетического моторного масла Castrol long tec 0W-30 SL/CF в температурном интервале от 160 до 300°C в течение 8 ч при каждой температуре

Fig. 3. Dependence of the decimal logarithm of the thermal energy absorbed by the products of thermal destruction on the decimal logarithm of the thermal energy absorbed by the evaporation products when thermostating the synthetic engine oil Castrol long tec 0W-30 SL / CF in the temperature range from 160 to 300 ° C for 8 hours at each temperature

энергии, поглощенной продуктами испарения частично синтетического моторного масла Spektrol Капитал 5W-40 SJ/CF в температурном интервале от 160 до 300°C. Данная зависимость описывается линейным уравнением

$$\lg Q_D = 2,271 \lg Q_G - 5,386, \quad (5)$$

где 2,271 – коэффициент, характеризующий скорость процессов температурной деструкции; 5,386 – коэффициент, характеризующий потенциальную тепловую энергию, необходимую для начала процессов температурной деструкции.

Коэффициент корреляции составил: 0,993.

Среднее квадратическое отклонение: 0,0658.

Приравняв уравнение (5) к нулю, можно определить значение десятичного логарифма тепловой энергии, поглощенной продуктами испарения, при котором начинают изменяться значения десятичного логарифма тепловой энергии, поглощенной продуктами температурной деструкции, и которое составило 2,3716 (точка пересечения зависимости с осью абсцисс).

Угол наклона зависимости (рис. 2) составляет 2,271 или 66,23°, т.е. скорость процессов деструкции превышает скорость процессов испарения.

На рис. 3 представлена зависимость десятичного логарифма тепловой энергии, поглощенной продуктами температурной деструкции, от десятичного логарифма тепловой энергии, поглощенной продуктами испарения синтетического моторного масла Castrol long tec 0W-30 SL/CF в температурном интервале от 160 до 300°C. Данная зависимость описывается линейным уравнением

$$\lg Q_D = 1,862 \lg Q_G - 4,714, \quad (6)$$

где 1,862 – коэффициент, характеризующий скорость изменения десятичного логарифма тепловой энергии, поглощенной продуктами температурной деструкции, или угол наклона зависимости 61,76°; 4,714 – коэффициент, характеризующий потенциальную тепловую энергию, необходимую для начала процессов температурной деструкции.

Коэффициент корреляции составил: 0,999.

Среднее квадратическое отклонение: 0,0174.

Приравняв уравнение (6) к нулю, можно определить значение десятичного логарифма тепловой энергии, поглощенной продуктами испарения, при котором начинают изменяться значения десятичного логарифма тепловой энергии, поглощенной продуктами температурной деструкции, и которое составило 2,5317 (точка пересечения зависимости с осью абсцисс).

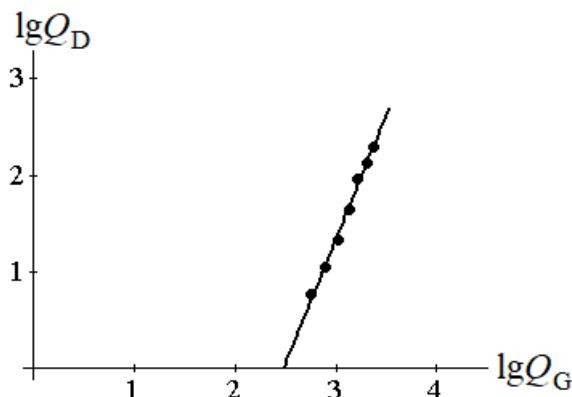


Рис. 4. Зависимость десятичного логарифма тепловой энергии поглощенной продуктами температурной деструкции от десятичного логарифма тепловой энергии, поглощенной продуктами испарения при термостатировании синтетического моторного масла Visco 5000 5W-40 SL/CF в температурном интервале от 180 до 300°C в течение 8 ч при каждой температуре

Fig. 4. Dependence of the decimal logarithm of thermal energy absorbed by thermal destruction products on the decimal logarithm of thermal energy absorbed by evaporation products during thermostating of Visco 5000 5W-40 SL / CF synthetic motor oil in the temperature range from 180 to 300 °C for 8 hours at every temperature

На рис. 4 представлена зависимость десятичного логарифма тепловой энергии, поглощенной продуктами температурной деструкции, от десятичного логарифма тепловой энергии, поглощенной продуктами испарения синтетического моторного масла Visco 5000 5W-40 SL/CF в температурном интервале от 180 до 300°C. Данная зависимость описывается линейным уравнением

$$\lg Q_D = 2,57 \lg Q_G - 6,381, \quad (7)$$

где 2,57 – коэффициент, характеризующий скорость изменения десятичного логарифма тепловой энергии, поглощенной продуктами температурной деструкции, или угол наклона зависимости 68,74°; 6,381 – коэффициент, характеризующий потенциальную тепловую энергию, необходимую для начала процессов температурной деструкции.

Коэффициент корреляции составил: 0,994.

Среднее квадратическое отклонение: 0,043.

Приравняв уравнение (7) к нулю, можно определить значение тепловой энергии, поглощенной продуктами испарения, при котором начинают изменяться значения десятичного логарифма тепловой энергии, поглощенной продуктами температурной деструкции, и которое составило 2,4829 (точка пересечения зависимости с осью абсцисс).

На рис. 5 представлена зависимость десятичного логарифма тепловой энергии, поглощенной продуктами температурной деструкции, от десятичного логарифма тепловой энергии, поглощенной продуктами испарения синтетического моторного масла Lukoil GenesisAdvanced 10W-40 SN/CF в температурном интервале от 160 до 280°C. Данная зависимость описывается линейным уравнением

$$\lg Q_D = 1,598 \lg Q_G - 4,604, \quad (8)$$

где 1,598 – коэффициент, характеризующий скорость изменения десятичного логарифма тепловой энергии, поглощенной продуктами температурной деструкции, или угол наклона зависимости 57,96°; 4,604 – коэффициент, характеризующий потенциальную тепловую энергию, необходимую для начала процессов температурной деструкции.

Коэффициент корреляции составил: 0,999.

Среднее квадратическое отклонение: 0,0306.

Приравняв уравнение (8) к нулю, можно определить значение десятичного логарифма тепловой энергии, поглощенной продуктами испарения, при котором начинают изменяться

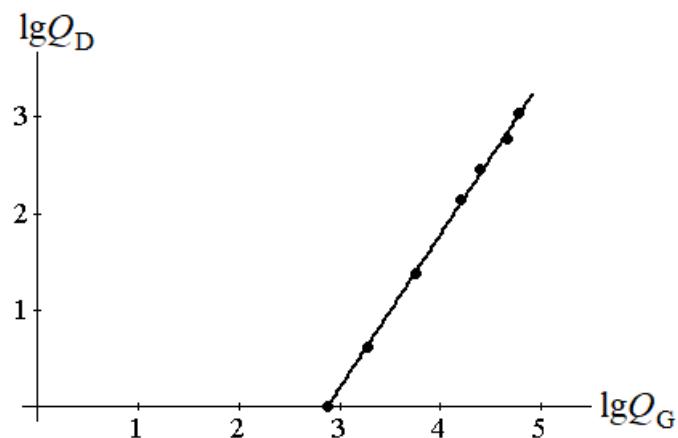


Рис. 5. Зависимость десятичного логарифма тепловой энергии поглощенной продуктами температурной деструкции от десятичного логарифма тепловой энергии, поглощенной продуктами испарения при термостатировании синтетического моторного масла Лукойл GenesisAdvanced 10W-40 SN/CF в температурном интервале от 160 до 280°С в течение 8 ч при каждой температуре

Fig. 5. Dependence of the decimal logarithm of the thermal energy absorbed by the products of thermal destruction on the decimal logarithm of the thermal energy absorbed by the evaporation products during thermostating of the synthetic engine oil Lukoil Genesis Advanced 10W-40 SN / CF in the temperature range from 160 to 280 ° C for 8 hours at each temperature

Таблица 1. Результаты испытания моторных масел различной базовой основы
Table 1. Test results of engine oils of various base bases

Марка масла	Скорость процессов деструкции	Потенциальная энергия	Начало процесса деструкции по значению $\lg Q_G$	Значение $\lg Q_D$ при $\lg Q_G = 3,5$
минеральное Лукойл Стандарт 10W-40 SF/CC	1,429 (55,02°)	3,225	2,2568	1,777
частично синтетическое Spectrol Капитал 5W-40 SJ/CF	2,271 (66,23°)	5,386	2,3716	2,563
синтетическое Castrol long tec0W-30 SL/CF	1,862 (61,76°)	4,714	2,5317	1,803
синтетическое Visco 50005W-40 SL/CF	2,57 (68,74°)	6,381	2,4829	2,614
синтетическое Лукойл GenesisAdvanced 10W-40 SN/CF	1,598 (57,96°)	4,604	2,8811	0,989

значения десятичного логарифма тепловой энергии, поглощенной продуктами температурной деструкции, и которое составило 2,8811 (точка пересечения зависимости с осью абсцисс).

Согласно данным таблицы 1, наименьшей скоростью температурной деструкции характеризуется минеральное масло 1,429, а наибольшей – 2,57 синтетическое Visco 5000 5W-40 SL/CF (в этом столбце указан угол наклона зависимости $\lg Q_D=f(\lg Q_G)$).

Показатели потенциальной энергии характеризуют необходимое количество тепловой энергии, поглощенной моторным маслом, нужной для того, чтобы начались процессы температурной деструкции. Этот показатель самый низкий – 3,285 – у минерального масла, а самый высокий – 6,381 – у синтетического масла Visco 5000 5W-40 SL/CF.

Начало процесса температурной деструкции по значению десятичного логарифма тепловой энергии, поглощенной продуктами испарения, определяет массу испарившегося масла, после которой наступает деструкция. Данный показатель самый низкий – 2,2568 – у минерального масла, а самый высокий – 2,8811 – у синтетического масла Лукойл GenesisAdvanced 10W-40 SN/CF.

Температурная стойкость исследуемых масел может определяться по значению десятичного логарифма тепловой энергии, поглощенной продуктами температурной деструкции, при постоянном значении десятичного логарифма тепловой энергии, поглощенной продуктами испарения, например, $\lg Q_G = 3,5$. Этот показатель самый низкий – 0,989 – у синтетического моторного масла Лукойл GenesisAdvanced 10W-40 SN/CF, а самый высокий – 2,614 у синтетического масла Visco 5000 5W-40 SL/CF.

Анализ представленных экспериментальных данных показывает значительное несоответствие классификации моторных масел группам эксплуатационных свойств по API. Так, классификация масла Visco 5000 5W-40 SL/CF завышена и должна соответствовать группе SH, а классификация минерального масла занижена и должна соответствовать SH или SJ.

Выводы. Проведенными исследованиями моторных масел установлено, что применение энергетического метода определения количества тепловой энергии, поглощенной продуктами температурной деструкции и испарения позволяет установить линейную связь между этими процессами и обосновать показатели для сравнения смазочных масел, включающие скорость процессов деструкции, потенциальную энергию, необходимую для начала процессов деструкции, значения десятичного логарифма тепловой энергии, поглощенной продуктами испарения, значения десятичного логарифма тепловой энергии, поглощенной продуктами температурной деструкции при заданном значении тепловой энергии, поглощенной продуктами испарения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковальский Б. И. Термоокислительная стабильность трансмиссионных масел: монография. Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2011, 150 с.
2. Шаталов К. В. [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. [и др.] Теоретические предпосылки использования отработанных моторных масел при обкатке отремонтированных двигателей тракторов // Наука в центральной России. 2017. № 4(28). С. 19-29.
4. Непогодьев А. В. Механизм окисления масла в поршневых двигателях // Химия и технология топлив и масел. 1997. №4. С. 34-38.
5. Остриков В. В. [и др.] 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. [и др.] 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. [и др.] 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. 2015. №3. С. 3-6.
9. Ермилов Е. А. [и др.] Оценка влияния процессов окисления и температурной деструкции на противоизносные 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. [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. [et al.] 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. [et al.] Control method of thermo-oxidative stability factors of synthetic motor oil // Lecture Notes in Mechanical Engineering (см. в книгах). 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. [и др.] 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. [и др.] 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. [и др.] 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 / Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, Государственная публичная научно-техническая библиотека Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирский государственный аграрный университет. Новосибирск : Государственная публичная научно-техническая библиотека СО РАН, 2020. С. 226-234.

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

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

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

Лысянникова Наталья Николаевна, Сибирский федеральный университет, (660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 82/6), канд. техн. наук, pmalysheva@sfu-kras.ru

Сокольников Александр Николаевич, Сибирский федеральный университет, (660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 82/6), канд. техн. наук, asokolnikov@sfu-kras.ru

Плахотникова Марина Анатольевна, ст. преподаватель, Сибирский федеральный университет, (660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 82/6), mplakhotnikova@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; выводы; написание текста.

Лысянникова Наталья Николаевна – постановка исследовательской задачи; научный менеджмент; обзор соответствующей литературы; концептуализация исследования; написание текста, сбор и анализ данных; выводы; написание текста.

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

Плахотникова Марина Анатольевна – постановка исследовательской задачи; научный менеджмент; обзор соответствующей литературы; концептуализация исследования; написание текста, сбор и анализ данных; выводы; написание текста.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Original article**THE ENERGY RELATIONSHIP BETWEEN THE PRODUCTS OF THERMAL DEGRADATION AND EVAPORATION OF MOTOR OILS**

**Alexander A. Ryabinin, Natalia N. Lysyannikova,
Alexander N. Sokolnikov, Marina A. Plakhotnikova**

Siberian Federal University

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

**Article info**

Submitted:
12 April 2022

Approved after reviewing:
7 June 2022

Accepted for publication:
17 June 2022

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

Abstract.

Of scientific and practical importance are studies of the relationship between the products of thermal degradation and evaporation of motor oils of various basic bases, taking into account the thermal energy absorbed by these products for the processes occurring during the oxidation of the lubricant, anti-wear properties and service life. For this purpose, a set of instruments was used, including: a device for testing the thermal stability of oils in the temperature range from 160 to 300 °C; photometric device for direct photometry; device for determining thermal-oxidative stability; low-volume viscosimeter; device for testing rubbing materials; digital microscope; laboratory balances that makes it possible to determine the optical properties, kinematic viscosity, volatility and anti-wear properties of oxidized and temperature-controlled oils. This work establishes the general regularities of the energy connection between the processes of destruction and evaporation, which consist in the fact that the evaporation processes begin at the beginning of the temperature control of oils, and the destruction processes after the evaporation of a certain mass of oil, depending on the base, and the rate of thermal destruction processes is higher than the rate of evaporation. The relationship between the amount of thermal energy absorbed by the products of thermal destruction and evaporation is described by linear equations.

For citation: Ryabinin A.A., Lysyannikova N.N., Sokolnikov, A.N., Plakhotnikova M.A. The energy relationship between the products of thermal degradation and evaporation of motor oils. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta=Bulletin of the Kuzbass State Technical University.* 2022; 3(151):22-31. (In Russ., abstract in Eng.). doi: 10.26730/1999-4125-2022-3-22-31

REFERENCES

1. Kovalsky B.I. [et al.] 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; 20(6): 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; 4(28): 19-29.
4. Nepogodiev A.V. The mechanism of oil oxidation in piston engines // Chemistry and technology of fuels and oils. 1997; 4: 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; 6(48): 91-99. DOI 10.35887/2305-2538-2021-6-91-99.
6. Bagdasarov L.N. [et al.] 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; 4(285): 113-120.
7. Lashkhi V.L. [et al.] Oil as a complex colloidal system. *World of oil products. Bulletin of oil companies.* M.: 2015; 9: 32-35.
8. Chudinovskikh A.L. Himmotological principle for assessing the propensity of automotive motor oils to the formation of deposits. *Chemistry and technology of fuels and oils.* 2015; 3: 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; 24-2: 21-25. DOI 10.18411/lj-31-03-2017-2-04.

10. Rasheed A.K. [et al.] Study of graphene nanolubricant using thermogravimetric analysis. *Journal of Materials Research*. 2016; 31(13): 1939-1946. DOI 10.1557/jmr.2015.359.
11. Heredia-Cancino J.A. [et al.] Effect of degradation on tribological performance of engine lub-ricants at elevated temperatures. *Tribology International*. 2018; 124: 230-237. DOI 10.1016/j.triboint.2018.04.015.
12. Lysyannikova N.N. [et al.] Control method of thermo-oxidative stability factors of synthetic motor oil. *Lecture Notes in Mechanical Engineering (see in books)*. 2019; 9783319956299: 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; 7(7): 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; 3(619): 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; 1(17):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. [et al.] 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 / Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences, State Public Scientific and Technical Library of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk State Agrarian University*. 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, Siberian Federal University, (82/6, pr. Svobodnyi, Krasnoyarsk, 660041), C. Sc. in Engineering, aaryabinin@sfu-kras.ru.ru

Natalia N. Lysyannikova, Siberian Federal University, (82/6, pr. Svobodnyi, Krasnoyarsk, 660041), C. Sc. in Engineering, nmalysheva@sfu-kras.ru

Alexander N. Sokolnikov, Siberian Federal University, (82/6, pr. Svobodnyi, Krasnoyarsk, 660041), C. Sc. in Engineering, asokolnikov@sfu-kras.ru

Marina A. Plakhotnikova, senior lecturer, Siberian Federal University, (82/6, pr. Svobodnyi, Krasnoyarsk, 660041), mplakhotnikova@sfu-kras.ru

Contribution of the authors:

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

Natalia N. Lysyannikova – research problem statement; scientific management; reviewing the relevant literature; conceptualisation of research; writing the text, data collection; data analysis; drawing the conclusions; writing the text.

Alexander N. Sokolnikov – research problem statement; scientific management; reviewing the relevant literature; conceptualisation of research; writing the text, data collection; data analysis; drawing the conclusions; writing the text.

Marina A. Plakhotnikova – research problem statement; scientific management; reviewing the relevant literature; conceptualisation of research; writing the text, data collection; data analysis; drawing the conclusions; writing the text.

All authors have read and approved the final manuscript.

