

ISSN 2309-1339



ВЕСТНИК БАРГУ

BARSU HERALD

СЕРИЯ
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

SERIES
ENGINEERING



№ 2 (12) 2022

Вестник БарГУ

Научно-практический журнал

Издаётся с марта 2013 года
Выходит 2 раза в год

№ 2 (12), ноябрь, 2022

Серия «Технические науки»

Учредитель: учреждение образования
«Барановичский государственный университет».

Адрес редакции:

ул. Войкова, 21, 225404 г. Барановичи.
Телефон: +375 (163) 64 34 77.
E-mail: vestnikbargu@gmail.com .

Подписные индексы: 00999 — для индивидуальных подписчиков; 009992 — для организаций.
Свидетельство о регистрации средств массовой информации № 1533 от 30.07.2012, выданное Министерством информации Республики Беларусь.

В соответствии с приказом Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 21 января 2015 г. № 16 научно-практический журнал «Вестник БарГУ» серия «Технические науки» включён в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по техническим наукам.

Научно-практический журнал «Вестник БарГУ» включен в РИНЦ (Российский индекс научного цитирования), лицензионный договор № 06-01/2016.

Выходит на русском, белорусском и английском языках.
Распространяется на территории Республики Беларусь.

Заведующий редакционно-издательской группой А. Ю. Сидоренко
Технический редактор Л. Н. Щербук
Компьютерная вёрстка С. М. Глушак
Корректор Н. Н. Колодко

Подписано в печать 27.10.2022. Формат 60 × 84 1/8.
Бумага ксероксная. Печать цифровая.
Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 14,00. Уч.-изд. л. 9,00.
Тираж 100 экз. Заказ . Цена свободная.

Полиграфическое исполнение: Гродненское областное унитарное полиграфическое предприятие «Слонимская типография».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/203 от 07.03.2014, № 2 от 25.02.2014. Адрес: ул. Хлюпина, 16, 231800 г. Слоним, Гродненская обл.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Кочурко В. И. (гл. ред. журн.), доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик Белорусской инженерной академии, академик Международной академии технического образования, академик Международной академии наук педагогического образования, академик Академии экономических наук Украины, заслуженный работник образования Республики Беларусь, профессор кафедры технического обеспечения сельскохозяйственного производства и агрономии (учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь).

Климук В. В. (зам. гл. ред. журн.), кандидат экономических наук, доцент, первый проректор (учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь).

Алифанов А. В. (гл. ред. сер.), лауреат Государственной премии Республики Беларусь в области науки и техники, доктор технических наук, профессор (государственное научное учреждение «Физико-технический институт Национальной академии наук Беларуси», Минск, Республика Беларусь; учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь).

Горбач Ю. Е. (отв. секретарь сер.) (учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь).

Зубрицкая Л. С. (ред. текстов на англ. яз.) (учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь).

Богданович И. А. (отв. за направление «Машиностроение и машиноведение»), кандидат технических наук, доцент (учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь); **Дубень И. В.** (отв. за направление «Процессы и машины агроинженерных систем»), кандидат технических наук, доцент (учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь).

Анискович Г. И., кандидат технических наук, доцент (учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», Минск, Республика Беларусь);

Белый А. В., академик Национальной академии наук Беларуси, доктор технических наук, профессор (государственное научное учреждение «Физико-технический институт Национальной академии наук Беларуси», Минск, Республика Беларусь); **Девойно О. Г.**, доктор технических наук, профессор, заведующий научно-исследовательской инновационной лабораторией плазменных и лазерных технологий (филиал Белорусского национального технического университета «Научно-исследовательская часть», Минск, Республика Беларусь);

Дремук В. А., кандидат технических наук, доцент (учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь); **Жигалов А. Н.**, доктор технических наук, доцент (учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь; государственное научное учреждение «Институт технологии металлов Национальной академии наук Беларуси», Могилев, Республика Беларусь); **Калугин Ю. К.**, кандидат технических наук, доцент (учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», Гродно, Республика Беларусь); **Карташевич А. Н.**, доктор технических наук, профессор (учреждение образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», Горки, Республика Беларусь);

Клочков А. В., доктор технических наук, профессор (учреждение образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», Горки, Республика Беларусь); **Клубович В. В.**, академик Национальной академии наук Беларуси, доктор технических наук, профессор (государственное научное учреждение «Физико-технический институт Национальной академии наук Беларуси», Минск, Республика Беларусь); **Сиваченко Л. А.**, доктор технических наук, профессор (межгосударственное образовательное учреждение высшего образования «Белорусско-Российский университет», Могилев, Республика Беларусь); **Томило В. А.**, доктор технических наук, профессор (Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь); **Шелег В. К.**, член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, доктор технических наук, профессор (Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь).

Promoter: Educational Institution
"Baranovichi State University".

Editorial address:

21 Voykova Str., 225404 Baranovichi.
Phone: +375 (163) 64 34 77.
E-mail: vestnikbargu@gmail.com .

Subscription indices: 00999 — for individual subscribers;
009992 — for companies.

The certificate of the registration of mass media № 1533
of 30.07.2012 issued by the Ministry of Information
of Belarus.

*In compliance with the order of the Higher Attestation
Commission of the Republic of Belarus from January 21,
2015 № 16 the scientific and practical journal "BarSU
Herald. Engineering Series" is included into the List of
scientific publications of the Republic of Belarus for
publishing the results of theses research on engineering
sciences (mechanical engineering and machines,
processes and machines of agroengineering systems).*

*Scientific-and-practical journal "BarSU Herald"
is included into RSCI (Russian Science Citation Index),
license agreement № 06-01/2016.*

Issued in Russian, Belorussian and English. The journal is
distributed on the territory of the Republic of Belarus.

Managing editor A. Y. Sidorenko
Technical editor L. N. Scherbuk
Desktop Publishing S. M. Glushak
Proofreader N. N. Kolodko

Signed print 27.10.2022. Format 60 × 84 1/8. Paper xerox.
Digital printing. Headset Times. Conv. pr. s. l. 14,00.
Acc.-pub. s. l. 9,00. Circulation of 100 copies.
Order . Free price.

Printing performance: Grodno Regional Printing Unitary
Enterprise "Slonim printing establishment". The state
registration certificate of the publisher, manufacturer and
publications distributor № 1/203 of 07.03.2014, № 2
of 25.02.2014. Address: 16 Hlyupin Str., 231800 Slonim,
Grodno region.

EDITORIAL BOARD

Kochurko V. I. (*editor-in-chief*), DSc in Agriculture, Professor, Academician of the Belarusian Academy of Engineering, Academician of the International Academy of Technical Education, academician of the International Academy of Pedagogical Education, Academician of the Academy of Economic Sciences of Ukraine, Honored Worker of Education of the Republic of Belarus, Professor of Department of Technical Support of Agricultural Production Processes and Agronomic Sciences (Educational Institution "Baranovichi State University", Baranovichi, the Republic of Belarus).

Klimuk V. V. (*deputy editor-in-chief*), PhD in Economics, Associate Professor, first vice-rector (Educational Institution "Baranovichi State University", Baranovichi, the Republic of Belarus).

Alifanov A. V. (*the series editor-in-chief*), Laureate of the State Prize of the Republic of Belarus in the field of science and technology, DSc in Technical Sciences, Professor (State Scientific Institution "Physical-Technical Institute of the National Academy of Sciences of Belarus", Minsk, the Republic of Belarus; Educational Institution "Baranovichi State University", Baranovichi, the Republic of Belarus).

Gorbach Yu. E. (*responsible for the topic area "Engineering Sciences"*) (Educational Institution "Baranovichi State University", Baranovichi, the Republic of Belarus).

Zubritskaya L. S. (*ed. of texts in English*) (Educational Institution "Baranovichi State University", Baranovichi, the Republic of Belarus).

Bogdanovich I. A. (*responsible for the area "Mechanical Engineering and Machine Science"*), PhD in Technical Sciences, Associate Professor (Educational Institution "Baranovichi State University", Baranovichi, the Republic of Belarus); **Duben I. V.** (*responsible for the area "Processes and Machines of Agro engineering Systems"*), PhD in Technical Sciences, Associate Professor (Educational Institution "Baranovichi State University", Baranovichi, the Republic of Belarus).

Aniskovich G. I., PhD in Technical Sciences, Associate Professor (Educational Institution "Belarusian State Agrarian Technical University", Minsk, the Republic of Belarus); **Bely A. V.**, Academician of the National Academy of Sciences of Belarus, DSc in Technical Sciences, Professor (State Scientific Institution "Institute of Physics and Technology of the National Academy of Sciences of Belarus", Minsk, the Republic of Belarus); **Devoino O. G.**, DSc in Technical Sciences, Professor, Head of the Innovative Research Laboratory of Plasma and Laser Technologies (branch of the Belarusian National Technical University "Research Unit", Minsk, the Republic of Belarus); **Dremuk V. A.**, PhD in Technical Sciences, Associate Professor (Educational Institution "Baranovichi State University", Baranovichi, the Republic of Belarus); **Zhigalov A. N.**, DSc in Technical Sciences, Associate Professor (Educational Institution "Baranovichi State University", Baranovichi, the Republic of Belarus; State scientific institution "Institute of Metal Technology of the National Academy of Sciences of Belarus", Mogilev, the Republic of Belarus); **Kalugin Yu. K.**, PhD in Technical Sciences, Associate Professor (Educational Institution "Yanka Kupala Grodno State University", Grodno, the Republic of Belarus); **Kartashevich A. N.**, DSc in Technical Sciences, Professor (Educational Institution "Belarusian State of the Orders of the October Revolution and Labor Red Banner Agricultural Academy", Gorki, the Republic of Belarus); **Klochkov A. V.**, DSc in Technical Sciences, Professor (Educational Institution "Belarusian State of the Orders of the October Revolution and Labor Red Banner Agricultural Academy", Gorki, the Republic of Belarus); **Klubovich V. V.**, Academician of the National Academy of Sciences of Belarus, DSc in Technical Sciences, Professor (State Scientific Institution "Institute of Physics and Technology of the National Academy of Sciences of Belarus", Minsk, the Republic of Belarus); **Sivachenko L. A.**, DSc in Technical Sciences, Professor (Interstate Educational Institution of Higher Education "Belarusian-Russian University", Mogilev, the Republic of Belarus); **Tomilo V. A.**, DSc in Technical Sciences, Professor (Belarusian National Technical University, Minsk, the Republic of Belarus); **Sheleg V. K.**, A. M. of the National Academy of Sciences of Belarus, DSc in Technical Sciences, Professor (Belarusian National Technical University, Minsk, the Republic of Belarus).

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

Горавский И. А., Жигалов А. Н., Винничек К. С. Технология и режимы аэродинамического звукового воздействия на осевой фрезерный инструмент из быстрорежущих сталей

Кебез А. В., Кривонос Ю. И., Бучик Т. Ю., Паранин С. Н., Спирин А. В. Исследование модельных индукторных систем на основе волокнистого нанокompозита мелкодисперсного сплава медь-ниобий

Малеронк В. В., Алифанов А. В., Милукова А. М., Богданович И. А. Моделирование процесса магнитно-импульсной обработки с предварительным нагревом осевого режущего инструмента

Милукова А. М., Алифанов А. В., Матяс А. Н., Толкачева О. А. Исследование физико-механических свойств ножей из стали 30X13 после магнитно-импульсной обработки

Патапаў У. А., Русан С. І., Сівачэнка Л. А. Камбінаваны метады сілавага аналізу прываднага механізма ланцужнага аргэрата

Пивоварчик А. А., Гавриленя А. К., Корольков А. С. Исследование влияния величины пробега легкового транспортного средства на плотность и температуру вспышки в открытом тигле моторных масел «Лукойл Люкс 5W-40» и «Нафтан Премьер 5W-40»

Шматов А. А. Многомерная оптимизация термогидрохимической обработки твердого сплава в гидрозолье оксидов цинка и молибдена

ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

Голубев В. С., Вегера И. И., Ходюш В. Е., Дробышевский П. С. Наплавка износостойких слоев на рабочие кромки противорезущих брусьев кормоуборочных комбайнов

Груданов В. Я., Ткачёва Л. Т., Белохвостов Г. И., Кунаш М. В. Новые направления в конструировании глушителей шума поршневых двигателей внутреннего сгорания

Китун А. В., Швед И. М., Бондарев С. Н., Скорб И. И. Оптимизация выбора оборудования для удаления навоза механическими стационарными средствами на животноводческих фермах и комплексах

Крупенин П. Ю., Крупенин Ю. А. Диагностирование доильной установки в переходных режимах работы

Михайлов К. М., Михайлов М. И. Влияние расположения ножей режущего барабана кормоуборочного комбайна на параметры его образующей

MACHINE BUILDING AND ENGINEERING SCIENCE

4 Goravskii I. A., Jigalov A. N., Vinnichak K. S. Technology and modes of aerodynamic sound impact on axial milling tools made of high-speed steels

16 Kebets A. V., Krivonos Y. I., Buchik T. Y., Paraniin S. N., Spirin A. V. Study of model inductor systems based on a fibrous nanocomposite of a finely dispersed copper-niobium alloy

24 Maleronok V. V., Alifanov A. V., Miliukova A. M., Bogdanovich I. A. Magnetic-pulsed process modeling with the axial cutting tool preheating

30 Miliukova A. M., Alifanov A. V., Matsias A. N., Tolkachova O. A. Study of physical and mechanical properties of knives made of 30X13 steel after magnetic pulse treatment

36 Potapov V. A., Rusan S. I., Sivachenko L. A. Combined method of force analysis of the chain unit drive mechanism

47 Pivovarchyk A. A., Haurylenia A. K., Korolkov A. S. The study of the influence of the mileage of a passenger vehicle on the density and flash point in an open crucible of Lukoil Lux 5W-40 and Naphthan Premier 5W-40 motor oils

53 Shmatov A. A. Multidimensional optimization of hard alloy thermo-hydrochemical treatment in zinc and molybdenum oxides hydrosol

PROCESSES AND MACHINES OF AGROENGINEERING SYSTEMS

65 Golubev V. S., Vegera I. I., Khodziush U. E., Drobyshevsky P. S. Surfacing of wear-resistant layers on the working edges of anti-cutting bars of forage harvesters

74 Grudanov V. Ya., Tkacheva L. T., Belokhvostov G. I., Kunash M. V. New directions in the noise mufflers design of reciprocating internal combustion engines

85 Kitun A. V., Shved I. M., Bondarev S. N., Skorb I. I. Optimization of the equipment selection for manure removal by mechanical stationary means on livestock farms and complexes

94 Krupenin P. Y., Krupenin Y. A. Diagnosis of the milking machine in transient operation modes

100 Mikhailov K. M., Mikhailov M. I. Influence of the cutting drum knives position of a forage harvester on the parameters of its generator

УДК 621.89.097.2

А. А. Пивоварчик¹, кандидат технических наук, доцент,
А. К. Гавриленя², кандидат технических наук, доцент,
А. С. Корольков¹

¹Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», ул. Ожешко, 22, 230021 Гродно, Республика Беларусь, +375 (29) 876 68 24, Pivovarchik_AA@grsu.by

²Государственное научное учреждение «Институт экономики Национальной академии наук Беларуси», ул. Руссиянова, 50, 220141 Минск, Республика Беларусь, +375 (29) 22 259 33, AndrejGavrilenya@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ПРОБЕГА ЛЕГКОВОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА НА ПЛОТНОСТЬ И ТЕМПЕРАТУРУ ВСПЫШКИ В ОТКРЫТОМ ТИГЛЕ МОТОРНЫХ МАСЕЛ «ЛУКОЙЛ ЛЮКС 5W-40» И «НАФТАН ПРЕМЬЕР 5W-40»

Целью настоящей работы является уточнение фактических сроков замены синтетических моторных масел путем исследования влияния величины пробега легкового транспортного средства на плотность при 15 °С и температуру вспышки моторных масел в открытом тигле.

Научная новизна работы состоит в получении новых экспериментальных данных по изменению плотности при 15 °С и температуры вспышки в открытом тигле синтетических моторных масел марок «Лукойл Люкс 5W-40» и «Нафтан Премьер 5W-40» при изменении величины пробега транспортного средства.

Введение содержит краткую информацию о плотности при 15 °С, температуре вспышки в открытом тигле и рекомендуемых сроках замены моторных масел.

В основной части работы представлены результаты исследования эксплуатационных свойств моторных масел марок «Лукойл Люкс 5W-40» и «Нафтан Премьер 5W-40». В результате экспериментальных исследований установлено, что при пробеге легковым транспортным средством 15 тыс. км плотность синтетического моторного масла «Нафтан Премьер 5W-40» при 15 °С увеличилась на 0,64 п. п. меньше, чем моторного масла марки «Лукойл Люкс 5W-40». Показано, что при пробеге легковым транспортным средством 15 тыс. км плотность, измеренная при 15 °С, и температура вспышки исследуемых синтетических моторных масел в открытом тигле находятся в допустимых пределах.

Результаты исследований будут полезны инженерам-механикам при определении сроков замены синтетических моторных масел, используемых в бензиновых двигателях внутреннего сгорания легковых транспортных средств.

Ключевые слова: бензиновый двигатель внутреннего сгорания; моторное масло; пробег; плотность; температура вспышки в открытом тигле.

Рис. 2. Библиогр.: 15 назв.

А. А. Pivovarchyk¹, PhD in Technical Sciences, Associate Professor,
А. К. Haurylenia², PhD in Technical Sciences, Associate Professor,
А. S. Korolkov¹

¹Yanka Kupala State University of Grodno, 22 Ozheshko Str., 230021 Grodno, the Republic of Belarus, +375 (29) 876 68 24, Pivovarchik_AA@grsu.by

²State Scientific Institution "The Institute of Economics of the National Academy of Sciences of Belarus", 50 Russiyanova Str., 220141 Minsk, the Republic of Belarus, +375 (29) 22 259 33, AndrejGavrilenya@mail.ru

THE STUDY OF THE INFLUENCE OF THE MILEAGE OF A PASSENGER VEHICLE ON THE DENSITY AND FLASH POINT IN AN OPEN CRUCIBLE OF LUKOIL LUX 5W-40 AND NAPHTHAN PREMIER 5W-40 MOTOR OILS

The purpose of this work is to clarify the actual terms of synthetic motor oils replacement by studying the effect of the passenger vehicle mileage on the density at 15 °С and the flash point of motor oils in an open crucible.

The scientific novelty of the work consists in obtaining new experimental data on changes in density at 15 °С and flash point in an open crucible of synthetic motor oils of the Lukoil Lux 5W-40 and Naphthan Premier 5W-40 brands when the vehicle mileage changes.

The introduction contains brief information about the density at 15 °C, the flash point in an open crucible and the recommended timing of engine oil replacement.

The main part of the paper presents the results of the study of Lukoil Lux 5W-40 and Naphthan Premier 5W-40 motor oils operational properties. As a result of experimental studies, it was found that when a passenger vehicle ran 15 thousand km, the density of synthetic Naphthan Premier 5W-40 engine oil at 15 °C increased by 0,64 percentage points less than Lukoil Lux 5W-40 engine oil. It is shown that when a passenger vehicle runs 15 thousand km, the density measured at 15 °C and the flash point of the studied synthetic motor oils in an open crucible are within acceptable limits.

The results of the research will be useful to mechanical engineers in determining the timing of synthetic motor oils replacement used in gasoline internal combustion engines of passenger vehicles.

Key words: gasoline internal combustion engine; engine oil; mileage; density; flash point in an open crucible.

Fig. 2. Ref.: 15 titles.

Введение. В настоящее время требования по увеличению работоспособности, надежности и эффективности работы транспортных средств привели к существенному ужесточению эксплуатационных показателей смазочных моторных масел [1; 2].

Из работ [1—10] известно, что одними из важнейших эксплуатационных показателей моторных масел являются плотность, измеренная при 15 °C, и температура вспышки в открытом тигле. Авторы научных работ [1—15] отмечают, что конкретные конструкционные особенности и условия эксплуатации механических транспортных средств должны соответствовать определенным по составу и свойствам топливу и смазочным материалам. Необоснованный и некорректный выбор марки моторного масла, а также несвоевременная замена моторного масла приводят к существенному уменьшению срока службы и надежности работы транспортного средства (до 40 %), повышенному расходу топлива (от 3 до 15 %).

Имеющаяся информация в научной и технической литературе о сроках замены моторных масел в большинстве случаев носит рекомендательный характер. Результаты исследований, опубликованные в работах [1; 2; 4; 6], показывают, что сроки замены синтетических моторных масел в бензиновых двигателях внутреннего сгорания (далее — ДВС) различны и варьируются в пределах от 15 до 20 тыс. км пробега, а также в значительной степени зависят от типа двигателя и его технического состояния, условий эксплуатации транспортного средства, количества присадок в моторном масле. В работах [10—15] указывается, что систематический контроль состояния моторных масел позволяет существенно уменьшить финансовые затраты при эксплуатации автотранспортных механических средств.

Для организации пассажирских перевозок в Республике Беларусь транспортными предприятиями довольно часто используются легковые автомобили Skoda Rapid. В руководстве по эксплуатации и обслуживанию данного транспортного средства указывается, что при нормальных условиях эксплуатации замену моторного масла следует проводить через 1 год эксплуатации транспортного средства или 15 тыс. км пробега, при тяжелых условиях эксплуатации — через 7,5 тыс. км пробега. В работах [1; 5; 9—12] отмечается, что замена минерального масла проводится после 10...15 тыс. км пробега, а синтетического моторного масла — после 20...35 тыс. км пробега. Согласно нормативно-технической документации (ТКП 248-2010) замена моторного масла для легковых транспортных средств проводится при выполнении технического обслуживания (ТО) и технического ремонта, при этом сроки замены определяются с учетом поправочных коэффициентов, характеризующих условия работы подвижного состава и климатические условия. Следует отметить, что при определении сроков замены не учитывается марка моторного масла.

В работах [1—9] указано, что плотность моторных масел, измеренная при 15 °C, в процессе эксплуатации транспортных средств должна находиться в интервале от 830 до 880 кг / м³. Увеличение плотности моторного масла свидетельствует об увеличении содержащихся в масле механических примесей и (или) воды, что негативно сказывается на сроке службы двигателя.

Температура вспышки в открытом тигле современных моторных масел превышает 175 °C и, как правило, находится в пределах от 190 до 230 °C и выше [1—5; 10—13].

Целью настоящей работы является уточнение фактических сроков замены синтетических моторных масел путем исследования изменения их плотности при 15 °С и температуры вспышки в открытом тигле в процессе эксплуатации транспортных средств.

Материалы и методы исследования. Исследование прошли синтетические моторные масла марок «Лукойл Люкс 5W-40» и «Нафтан Премьер 5W-40», которые используются в бензиновых двигателях легковых транспортных средств. Определение плотности моторных масел проводилось по ГОСТ 3900-85 «Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности», температуры вспышки в открытом тигле — по ГОСТ 4333-87 «Нефтепродукты. Методы определения температур вспышки и воспламенения в открытом тигле». Выбор указанных марок моторных масел обусловлен тем, что данные моторные масла централизованно закупаются и используются в легковых автомобилях Skoda Rapid при осуществлении пассажирских перевозок. Данные легковые автомобили оборудованы четырехцилиндровым бензиновым двигателем с распределенным впрыском топлива объемом 1 598 см³. Изготовителем легковых автомобилей Skoda Rapid рекомендуется замена моторных масел после 15 тыс. км пробега. В целях получения достоверных результатов эксперимента исследуемые моторные масла заливались в каждые три автомобиля. За результат исследования принимали среднее арифметическое значение показателя, полученное после отбора пробы с каждого из трех автомобилей.

Перед исследованием изменения плотности при 15 °С и температуры вспышки моторных масел в открытом тигле были проведены ТО-2 и диагностика легковых автомобилей. Проверено натяжение цепи газораспределительного механизма, напряжение бортовой сети, отрегулированы тепловые зазоры, стартер, генератор, приборы системы зажигания и питания. Величина пробега легковых транспортных средств находилась в диапазоне от 25 до 30 тыс. км. Объем залитого масла в двигатель автомобиля составил 3,6 л. Для проведения исследования пробы моторного масла отбирались через каждые 5 тыс. км. После исследования эксплуатационных показателей образец моторного масла заливался обратно в двигатель легкового транспортного средства. Доливание моторного масла не проводилось вследствие того, что перед проведением исследований масло заливалось в ДВС до максимального уровня по щупу. Перед отбором проб проводился контроль уровня моторного масла в двигателе. Плотность при 15 °С и температура вспышки моторного масла в открытом тигле определялись по стандартным методикам с использованием специализированного и сертифицированного оборудования.

Результаты исследования и их обсуждение. На рисунке 1 показано изменение плотности исследуемых моторных масел при 15 °С в зависимости от величины пробега транспортного средства.

Результаты экспериментов показали, что при увеличении величины пробега плотность всех исследуемых моторных масел возрастает. При пробеге транспортным средством 15 тыс. км плотность моторного масла марки «Лукойл Люкс 5W-40» увеличивается с 847,0 до 874,6 кг / м³, моторного масла марки «Нафтан Премьер 5W-40» — с 910,6 до 934,5 кг / м³. Установлено, что при пробеге транспортным средством 15 тыс. км плотность при 15 °С моторных масел марок «Лукойл Люкс 5W-40» и «Нафтан Премьер 5W-40» увеличивается на 3,26 и 2,62 % соответственно. Менее интенсивное увеличение плотности синтетического моторного масла марки «Нафтан Премьер 5W-40» обусловлено тем, что данное моторное масло содержит большее количество синтетических добавок (до 40 % от основы). Следует отметить, что к увеличению плотности моторного масла могут привести отложения, нагары и осадки, образующиеся в ДВС в процессе эксплуатации транспортного средства. Отложения в ДВС образуются в результате превращения углеводородов, которые являются основой моторных масел. Нагары представляют собой твердые углеродистые вещества, откладывающиеся на стенках камеры сгорания, клапанах, свечах, днище поршня и на верхнем пояске боковой поверхности поршня. Химический состав нагара зависит как от качества масла и топлива, так и от режима работы двигателя, запыленности воздуха, наличия присадок и др. [1; 6; 10—12].

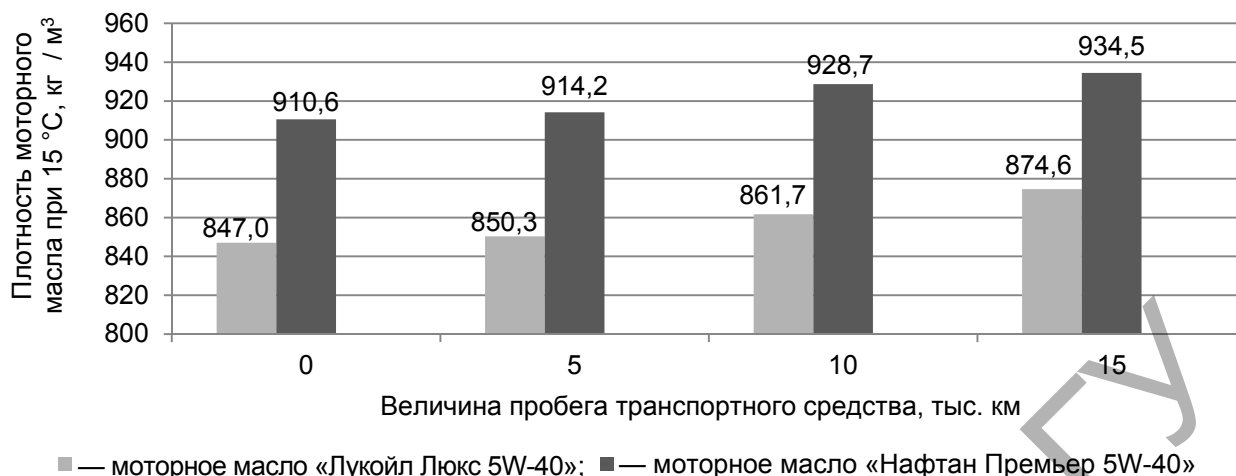


Рисунок 1. — Изменение плотности синтетических моторных масел при увеличении величины пробега транспортного средства

Основную часть нагара составляют карбены и карбоиды (50,0...70,0 %), смолы и масла (15,0...40,0 %), асфальтены и оксикислоты (3,0...6,0 %), зола (1,0...10,0 %). Количество образующегося нагара зависит от качества масла и его расхода, а также от качества применяемого топлива. Толщина слоя нагара зависит от теплового режима работы двигателя: чем ниже температура стенок камеры сгорания, тем больший слой нагара на них образуется. Из работ [1; 7—13] известно, что в летний период эксплуатации транспортного средства нагара образуется меньше, чем в зимний. Осадки откладываются на стенках поддона картера, крышке головки блока цилиндров, шейках коленчатого вала и других деталях двигателя, а также в фильтрах и маслопроводах. Осадки состоят из масла (50,0...85,0 %), воды (5,0...35,0 %) и продуктов их окисления: оксикислот (2,0...15,0 %), карбенов и карбоидов (2,0...10,0 %), асфальтенов (0,1...15,0 %) [4; 6—8; 12].

Результаты исследований показали, что наиболее интенсивное изменение плотности моторных масел при 15 °С происходит при пробеге транспортным средством более 10 тыс. км, что является следствием так называемого «естественного старения», вызванного воздействием высокой температуры и давления в рабочей зоне ДВС.

На рисунке 2 показаны результаты исследований изменения температуры вспышки в открытом тигле синтетических моторных масел в зависимости от величины пробега транспортного средства.

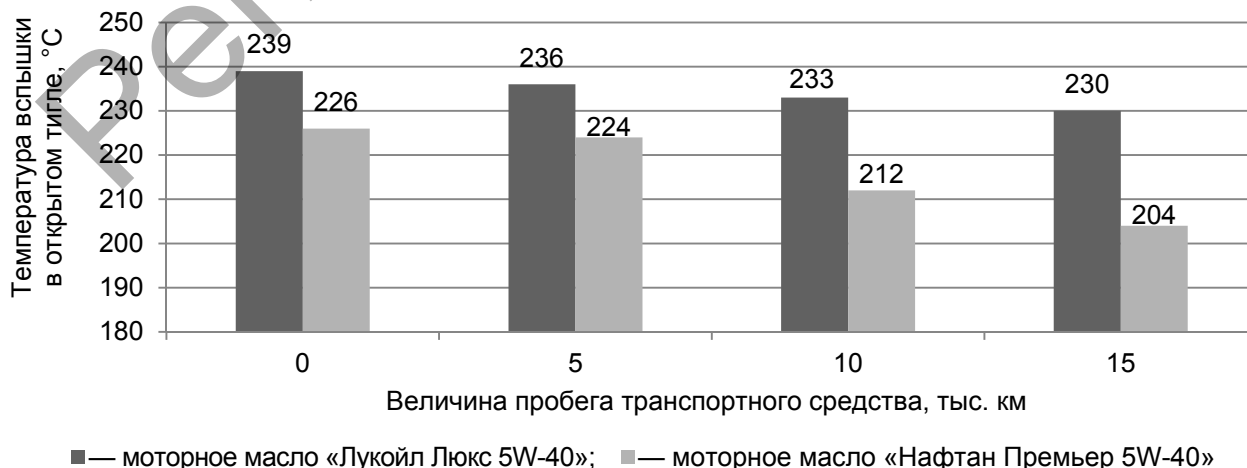


Рисунок 2. — Изменение температуры вспышки в открытом тигле синтетических моторных масел при увеличении величины пробега транспортного средства

Результаты экспериментов показали, что с увеличением величины пробега транспортного средства температура вспышки в открытом тигле исследуемых моторных масел снижается. Установлено, что исходное значение температуры вспышки в открытом тигле моторного масла «Нафтан Премьер 5W-40» составляет 226 °С, моторного масла «Лукойл Люкс 5W-40» — 239 °С. Минимальное значение температуры вспышки в открытом тигле при пробеге легковым транспортным средством 15 тыс. км моторного масла «Нафтан Премьер 5W-40» составило 204 °С, моторного масла «Лукойл Люкс 5W-40» — 230 °С. Снижение температура вспышки в открытом тигле моторного масла марки «Нафтан Премьер 5W-40» при пробеге до 10 тыс. км равно 14 °С и носит практически линейный характер. При аналогичном пробеге легкового транспортного средства снижение температуры вспышки моторного масла марки «Лукойл Люкс 5W-40» в открытом тигле составляет 6 °С. При дальнейшем увеличении пробега транспортного средства с 10 до 15 тыс. км наблюдается менее интенсивное снижение температуры вспышки в открытом тигле и составляет 8 и 3 °С для моторных масел марок «Нафтан Премьер 5W-40» и «Лукойл Люкс 5W-40» соответственно.

Установлено, что через каждые последующие 5 тыс. км пробега температура вспышки моторного масла марки «Нафтан Премьер 5W-40» в открытом тигле снижается в среднем на 7,3 °С, моторного масла «Лукойл Люкс 5W-40» — на 2,2 °С.

Результаты исследований показали, что при пробеге транспортным средством 15 тыс. км температура вспышки моторного масла марки «Нафтан Премьер 5W-40» в открытом тигле по сравнению с исходным значением снизилась на 9,8 %, моторного масла марки «Лукойл Люкс 5W-40» — на 3,8 %. Полученный результат свидетельствует о более высоком качестве сырья, используемого при получении моторного масла марки «Лукойл Люкс 5W-40».

Заключение. В результате проведенных экспериментов установлено, что при пробеге легкового транспортного средства до 15 тыс. км плотность, измеренная при 15 °С, и температура вспышки в открытом тигле исследуемых марок масел находятся в допустимых пределах, что подтверждает целесообразность замены масла после 15 тыс. км пробега.

Исследования также показали, что при пробеге легковым транспортным средством 15 тыс. км плотность при 15 °С синтетического моторного масла «Нафтан Премьер 5W-40» увеличивается на 0,64 п. п. меньше, чем моторного масла марки «Лукойл Люкс 5W-40», а температура вспышки моторного масла марки «Лукойл Люкс 5W-40» снижается на 6 п. п. меньше, чем моторного масла марки «Нафтан Премьер 5W-40». Данные результаты свидетельствуют о более высоких эксплуатационных свойствах по исследуемым показателям моторного масла марки «Лукойл Люкс 5W-40».

Список цитированных источников

1. Пивоварчик, А. А. Исследование эксплуатационных показателей синтетических моторных масел, используемых в бензиновых двигателях легковых механических транспортных средств / А. А. Пивоварчик, А. С. Корольков, Н. Н. Алифировец // Вестн. ГрДУ імя Я. Купалы. Сер. 6 : Тэхніка. — 2021. — Т. 11, № 2. — С. 21—27.
2. Пивоварчик, А. А. Исследование эксплуатационных свойств полусинтетических моторных масел, используемых в бензиновых двигателях внутреннего сгорания легковых автомобилей модели Volkswagen Polo Sedan / А. А. Пивоварчик, О. Д. Заболотный // Вестн. ГрДУ імя Я. Купалы. Сер. 6 : Тэхніка. — 2021. — Т. 11, № 1. — С. 25—33.
3. Пивоварчик, А. А. Исследование вязкостно-температурных показателей полусинтетических моторных масел, используемых в бензиновых двигателях механических транспортных средств / А. А. Пивоварчик, А. К. Гавриленя, О. Д. Заболотный // Вестн. БарГУ. Сер. «Технические науки». — 2021. — № 1 (9). — С. 70—76.
4. Пивоварчик, А. А. Исследование эксплуатационных показателей полусинтетических моторных масел марки SAE 10W40, используемых в бензиновых двигателях / А. А. Пивоварчик, А. К. Гавриленя, О. Д. Заболотный // Вестн. БарГУ. Сер. «Технические науки». — 2021. — № 1 (9). — С. 77—84.
5. Liehpaо, O. F. Ashless Antiwear and Extreme-Pressure Additives / O. F. Liehpaо // Lubricant additives: chemistry and applications / ed. L. R. Rudnick. — New York, 2009. — P. 3, ch. 8. — P. 214—257.

6. Исследования характеристик моторных масел 5w40 и 10w40 / Е. Б. Ахметбай [и др.] // Эпоха науки. Техн. науки. — 2018. — № 16. — С. 159—163.
7. *Варакин, А. Г.* Сравнительный тест полусинтетических моторных масел / А. Г. Варакин, А. М. Лопоткин, А. Е. Хохлов // Вестн. Нижегород. гос. инженер.-экон. ун-та. — 2014. — № 10 (41). — С. 17—22.
8. *Пивоварчик, А. А.* Исследование эксплуатационных свойств полусинтетических моторных масел, используемых в дизельных двигателях внутреннего сгорания / А. А. Пивоварчик, А. К. Гавриленя, А. И. Сергей // Вестн. БарГУ. Сер. «Технические науки». — 2020. — № 8. — С. 111—118.
9. *Долгова, Л. А.* Обеспечение рационального ресурса моторного масла в двигателях / Л. А. Долгова, В. В. Салмин // Вестн. Чуваш. гос. пед. ун-та им. И. Я. Яковлева. — 2012. — № 2 (74). — С. 146—156.
10. *Корнеев, С. В.* Изменение характеристик моторных масел в газопоршневых двигателях большой мощности / С. В. Корнеев // Вестн. Сиб. гос. автомобил.-дорож. акад. — 2017. — Вып. 4—5 (56—57). — С. 37—41.
11. *Корнеев, С. В.* Оценка достоверности прогнозирования периодичности смены моторного масла в двигателях / С. В. Корнеев, А. П. Серков // Ом. науч. вестн. — 2014. — № 1. — С. 62—65.
12. *Пивоварчик, А. А.* Исследование температурно-вязкостных показателей полусинтетических моторных масел, используемых в дизельных двигателях механических транспортных средств / А. А. Пивоварчик, А. И. Сергей // Весн. Гродз. дзярж. ун-та імя Я. Купалы. Сер. 6 : Тэхніка. — 2019. — Т. 9, № 1. — С. 78—87.
13. Влияние условий эксплуатации автомобилей на ресурс работы моторного масла / И. И. Ширлин [и др.] // Вестн. Сиб. гос. автомобил.-дорож. акад. — 2013. — Вып. 4 (32). — С. 42—45.
14. *Доблер, В. И.* Повышение эксплуатационной надежности двигателей дорожных и строительных машин трибологическим контролем состояния и активацией моторных масел : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.05.04 / В. И. Доблер ; Том. политех. ун-т. — Томск, 2005. — 23 с.
15. *Чудиновских, А. Л.* Разработка научных основ химмотологической оценки автомобильных моторных масел : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.17.07 / А. Л. Чудиновских ; Рос. гос. ун-т нефти и газа им. И. М. Губкина. — М., 2016. — 50 с.

Поступила в редакцию 14.03.2022.