

Вестник БарГУ

Ежеквартальный научно-практический журнал

Издаётся с марта 2013 года
Выходит 2 раза в год

№ 1 (9), июнь, 2021

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: vestnik@barsu.by .

Подписные индексы: 00993 — для индивидуальных
подписчиков; 009932 — 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 опублико-
вания 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 и английском языках.
Распространяется на территории
Республики Беларусь.

Исполняющий обязанности заведующего
редакционно-издательской группой Н. Н. Колодко
Технический редактор Л. Н. Щербук
Компьютерная вёрстка С. М. Глушак
Корректор Н. Н. Колодко

Подписано в печать 31.05.2021. Формат 60 × 84 1/8.
Бумага ксероксная. Печать цифровая.
Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 10,75. Уч.-изд. л. 6,60.
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,
ректор учреждения образования «Барановичский государственный университет»
(Барановичи, Республика Беларусь).

Климук В. В. (*зам. гл. ред. журн.*), кандидат экономических наук, доцент,
проректор по научной работе учреждения 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
(Барановичи, Республика Беларусь); Горбач Ю. Е. (*отв. секретарь сер.*)
(Барановичи, Республика Беларусь).

Леон О. В. (*ред. текстов на англ. яз.*), кандидат филологических наук
(Барановичи, Республика Беларусь).

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

Анискович Г. И., кандидат технических наук, доцент (Минск, Республика
Беларусь); Белый А. В., член-корреспондент Национальной академии наук
Беларуси, доктор технических наук, профессор (Минск, Республика Бела-
русь); Гавриленя А. К., кандидат технических наук, доцент (Барановичи,
Республика Беларусь); Девойно О. Г., доктор технических наук, профессор
(Минск, Республика Беларусь); Дремук В. А., кандидат технических наук
(Барановичи, Республика Беларусь); Ивашко В. С., доктор технических наук,
профессор (Минск, Республика Беларусь); Калугин Ю. К., кандидат
технических наук, доцент (Гродно, Республика Беларусь); Карташевич А. Н.,
доктор технических наук, профессор (Горки, Республика Беларусь);
Клочков А. В., доктор технических наук, профессор (Горки, Республика
Беларусь); Клубович В. В., доктор технических наук, академик
Национальной академии наук Беларуси, профессор (Минск, Республика
Беларусь); Сиваченко Л. А., доктор технических наук, профессор (Могилев,
Республика Беларусь); Томило В. А., доктор технических наук, профессор
(Минск, Республика Беларусь); Шелег В. К., член-корреспондент
Национальной академии наук Беларуси, доктор технических наук,
профессор (Минск, Республика Беларусь).

BarSU Herald

A quarterly scientific and practical journal

Published since March 2013
It is published 2 times a year

1 (9), March, 2021

Engineering Series

Promoter: educational institution "Baranovichy State University".

Editorial address:
21 Voykova Str., 225404 Baranovichy.
Phone: +375 (163) 45 46 28.
E-mail: vestnik@barsu.by .

Subscription indices: 00993 — for individual subscribers;
009932 — 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 and English. The journal is distributed
on the territory of the Republic of Belarus.

Interim managing editor N. N. Kolodko
Technical editor L. N. Scherbuk
Desktop Publishing S. M. Glushak
Proofreader N. N. Kolodko

Signed print 31.05.2021. Format 60 × 84 1/8. Paper xerox.
Digital printing. Headset Times. Conv. pr. s. l. 10,75.
Acc.-pub. s. l. 6,60. 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 St., 231800 Slonim,
Grodno region.

EDITORIAL BOARD

Kochurko V. I. (*Editor-in-Chief*), Doctor of Agriculture, Professor, Member of the Belarusian Academy of Engineering, Member of the International Academy of Technical Education, Member of the International Academy of Pedagogical Education, Member of the Academy of Economic Sciences of Ukraine, Distinguished educator of the Republic of Belarus (Baranovichy, the Republic of Belarus).

Klimuk V. V. (*Deputy Editor-in-Chief*), Ph. D. in Economic Sciences, Associate Professor, (Baranovichy, the Republic of Belarus).

Alifanov A. V. (*Executive Editor of the Issue*), State-Prize Winner of the Republic of Belarus in Science and Technology, Doctor of Technical Sciences, Professor (Baranovichy, the Republic of Belarus).

Leon O. V., Ph. D in Philological Science (Baranovichy, the Republic of Belarus).

Bogdanovich I. A. (*in charge of the heading "Machine Building and Engineering Science"*), Ph. D of Technical Science, Associate Professor (Baranovichy, the Republic of Belarus); Duben I. V. (*in charge of the heading "Processes and Machines of Agro-engineering Systems"*), Ph. D. in Technical Sciences (Baranovichy, the Republic of Belarus).

Aniskovich G. I., Ph. D. in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Belarusian State Agrarian Technical University (Minsk, the Republic of Belarus); Bely A. V., A. M. of the National Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor (Minsk, the Republic of Belarus); Gavrilena A. K., Ph. D. in Technical Sciences, Associate Professor (Baranovichy, the Republic of Belarus); Devoino O. G., Doctor of Technical Sciences, Professor (Minsk, the Republic of Belarus); Dremuk V. A., Ph. D. in Technical Sciences, Associate Professor (Baranovichy, the Republic of Belarus); Ivashko V. S., Doctor of Technical Sciences, Professor (Minsk, the Republic of Belarus); Kalugin Y. K., Ph. D. in Technical Sciences, Associate Professor (Grodno, the Republic of Belarus); Kartashevich A. N., Doctor of Technical Sciences, Professor (Gorki, the Republic of Belarus); Klochkov A. V., Doctor of Technical Sciences, Professor (Gorki, the Republic of Belarus); Klubovich V. V., Doctor of Technical Sciences, Academician of the National Academy of Sciences of Belarus, Professor (Minsk, the Republic of Belarus); Sivachenko L. A., Doctor of Technical Sciences, Professor (Mogilev, the Republic of Belarus); Tomilo V. A., Doctor of Technical Sciences, Professor (Minsk, the Republic of Belarus); Sheleh V. K., A. M. of the National Academy of Sciences of Belarus, Doctor of Technical Sciences, Professor (Minsk, the Republic of Belarus).

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

- Дударев В. А., Михальков А. Д., Михальков В. С., Сиваченко Л. А.** Исследование работы вертикальной вибрационной мельницы для измельчения строительных материалов
- Клочков А. В., Емельяненко А. А., Федосов К. С.** Параметры индукции при объемном расположении магнитов
- Милукова А. М., Матяс А. Н., Лях А. А., Горчанин А. И., Толкачева О. А., Хан Цзинь.** Исследование физико-механических свойств титанового сплава после магнитно-импульсной обработки
- Попок Н. Н., Портянко С. А., Тихон Е. М., Анисимов В. С.** Моделирование и регулирование стружкообразования и потоков смазочно-охлаждающей технологической среды при фрезеровании
- Потапов В. А., Сиваченко Л. А., Дремук В. А.** Исследование влияния режимов работы цепного агрегата на показатели процесса измельчения мела в технологии производства извести
- Романчук И. А., Голубев В. С., Веера И. И.** Особенности формирования упрочняющих покрытий при комплексной лазерной и плазменно-порошковой наплавке

ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

- Бурдейко В. А., Ловкис В. Б.** Расчет щеток машины для сбора колорадского жука
- Зяц П. В., Казакевич П. П.** Результаты экспериментальных исследований машины для сбора колорадского жука
- Пивоварчик А. А., Гавриленя А. К., Заболотный О. Д.** Исследование вязкостно-температурных показателей полусинтетических моторных масел, используемых в бензиновых двигателях механических транспортных средств
- Пивоварчик А. А., Гавриленя А. К., Заболотный О. Д.** Исследование эксплуатационных показателей полусинтетических моторных масел марки SAE 10W40, используемых в бензиновых двигателях

MACHINE BUILDING AND ENGINEERING SCIENCE

- 4 Dudarev V. A., Mikhalkov A. D., Mikhalkov V. S., Sivachenko L. A.** Investigation of the operation of a vertical vibration mill for grinding building materials
- 10 Klochkov A. V., Emelianenko A. A., Fedosov K. S.** Induction parameters by the three-dimensional arrangement of magnets
- 18 Milyukova A. M., Matyas A. N., Liakh A. A., Gorchanin A. I., Tolkacheva O. A., Han Jin.** Improvement of physical and mechanical properties of titanium alloy by magnetic-pulse treatment
- 27 Popok N. N., Partsianka S. A., Tikhon E. M., Anisimov V. S.** Modeling and regulation of chip formation and flows of the lubricating and cooling process medium during milling
- 37 Potapov V. A., Sivachenko L. A., Dremuk V. A.** Research of the influence of the operating modes of the chain unit on the indicators of the process of grinding chalk in the technology of lime production
- 44 Romanchuk I. A., Golubev V. S., Vegera I. I.** Features of forming of consolidating coverages at complex laser and plasma-powder surfacing

PROCESSES AND MACHINES OF AGROENGINEERING SYSTEMS

- 53 Burdejko V. A., Lovkis V. B.** Calculation of the brushes of the colorado beetle harvesting machine
- 59 Zayats P. V., Kazakevich P. P.** Results of experimental studies colorado beetle harvesting machines
- 70 Pivovarchik A. A., Gavrilenia A. K., Zabolotny O. D.** Study of viscosity-temperature indices of semi-synthetic engine oils used in gasoline engines of power-driven vehicles
- 77 Pivovarchik A. A., Gavrilenia A. K., Zabolotny O. D.** Performance study of semi-synthetic SAE 10W40 engine oils used in gasoline engines

УДК 621.89.097.2

А. А. Пивоварчик¹, А. К. Гавриленя², О. Д. Заболотный¹

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

²Учреждение образования «Барановичский государственный университет»,
Министерство образования Республики Беларусь, ул. Войкова, 21, 225404 Барановичи,
Республика Беларусь, +375 (29) 22 259 33, AndrejGavriljenja@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЯЗКОСТНО-ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЛУСИНТЕТИЧЕСКИХ МОТОРНЫХ МАСЕЛ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В БЕНЗИНОВЫХ ДВИГАТЕЛЯХ МЕХАНИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Целью настоящей работы является исследование изменения эксплуатационных показателей (кинематической вязкости при 40 и 100 °С, температуры вспышки в открытом тигле) полусинтетических моторных масел марки SAE 10W40 при увеличении величины пробега механического транспортного средства.

Научная новизна работы состоит в получении новых экспериментальных данных по изменению кинематической вязкости и температуры вспышки в открытом тигле полусинтетических моторных масел марки SAE 10W40 производителей компаний Shell, Castrol и Eni при увеличении пробега транспортного средства.

Показаны результаты исследования кинематической вязкости и температуры вспышки в открытом тигле полусинтетических моторных масел марки SAE 10W40 от производителей компаний Shell, Castrol и Eni. В результате проведенных исследований установлено, что исследуемое моторное масло марки Castrol Magnatec 10W40 обладает более высокими эксплуатационными показателями в сравнении с другими исследуемыми марками моторных масел.

Ключевые слова: механические транспортные средства; моторное масло; кинематическая вязкость; температура вспышки в открытом тигле.

Рис. 3. Библиогр.: 13 назв.

А. А. Pivovarchik¹, А. К. Gavriljenja², О. D. Zabolotny¹

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

²Baranovichi State University, the Ministry of Education of the Republic of Belarus, 21 Voykova Str.,
225404 Baranovichi, the Republic of Belarus, +375 (29) 222 59 33, AndrejGavriljenja@mail.ru

STUDY OF VISCOSITY-TEMPERATURE INDICES OF SEMI-SYNTHETIC ENGINE OILS USED IN GASOLINE ENGINES OF POWER-DRIVEN VEHICLES

The purpose of this work is to study the change in performance indices (kinematic viscosity at 40 and 100 °C, flash point in an open crucible) of semi-synthetic engine oils SAE 10W40 with an increase in the mileage of a power-driven vehicle.

The scientific novelty of the work consists in obtaining new experimental data on the change in the kinematic viscosity and flash point in an open crucible of semi-synthetic engine oils of the SAE 10W40 brand produced by Shell, Castrol and Eni with an increase in vehicle mileage.

The results of a study of the kinematic viscosity and flash point in an open crucible of semi-synthetic engine oils SAE 10W40 from the manufacturers of Shell, Castrol and Eni are shown. As a result of the studies, it was found that the tested Castrol Magnatec 10W40 engine oil has higher performance in comparison with other tested brands of engine oils.

Key words: power-driven vehicles; engine oil; kinematic viscosity; flash point in an open crucible.

Fig. 3. Ref.: 13 titles.

Введение. Двигатель внутреннего сгорания (далее — ДВС) является основным потребителем моторных масел. В настоящее время в мире более 177 компаний занимаются производством моторных масел. Отечественными и зарубежными производителями на мировом рынке выпускается более 3 400 различных марок моторных масел.

Моторные масла представляют собой сложные по химическому составу эксплуатационные материалы, которые в значительной мере определяют работу ДВС. Использование моторных масел при эксплуатации механических транспортных средств, оборудованных бензиновым двигателем, является неотъемлемой частью работы узлов и механизмов ДВС и определяет надежность, долговечность и работоспособность двигателя. Корректно подобранное моторное масло позволяет увеличить ресурс работы двигателя в среднем до 40 % и снизить расход топлива на 5...15 %. В свою очередь, знание эксплуатационных свойств моторных масел — необходимое условие для специалиста, работающего в сфере эксплуатации и обслуживания транспортных механических средств [1—10].

Кинематическая вязкость является одним из наиболее важных эксплуатационных показателей моторного масла. Именно от кинематической вязкости в значительной степени зависят надежность поступления масла в зазоры основных узлов трения двигателя, создание достаточно прочной масляной пленки при трении, легкость пуска двигателя при низких температурах, механические потери, расход топлива, интенсивность изнашивания и т. д. [1—9].

Кинематическая вязкость представляет собой отношение динамической вязкости к плотности моторного масла при той же температуре. Кинематическая вязкость не влияет на состояние масла, однако характеризует внутреннее трение состава или его сопротивление собственному течению, а также позволяет оценить показатели текучести моторного масла при рабочих температурах 100 и 40 °С.

В работах [3; 6; 8; 11] отмечается, что моторные масла по вязкости при 100 °С классифицируются на маловязкие (4...6 мм²/с), средневязкие (3...4 мм²/с), а также вязкие (8...9 мм²/с и выше). Вязкость моторного масла определяет толщину масляной пленки, образующуюся на поверхностях трения в процессе работы ДВС, его прокачиваемость при низких температурах, а также надежность смазывания при высоких температурах. К тому же вязкость оказывает существенное влияние на потери на трение и расход топлива.

В ГОСТ 10541-78 «Масла моторные универсальные и для автомобильных карбюраторных двигателей. Технические условия» указано, что кинематическая вязкость универсальных моторных масел при 100 °С, используемых в бензиновых ДВС, должна находиться в пределах не менее чем от 5,6 до 6,5 сСт, а температура вспышки не должна быть ниже 190 °С.

Исследователи в работе [6; 8] считают, что кинематическая вязкость моторного масла для бензиновых двигателей при 100 °С должна находиться в пределах от 3 до 16 сСт, а при 40 °С — не ниже 140 сСт. По мнению исследователей, представленному в работе [11], для увеличения срока службы двигателя кинематическая вязкость моторного масла бензиновых двигателей при 100 °С должна находиться в пределах от 12,0 до 14,0 сСт.

Температура вспышки моторного масла представляет собой низшую температуру, при которой пары нагреваемого моторного масла при определенных условиях образуют смесь с воздухом, взрывающуюся при поднесении пламени (первая вспышка). При температуре вспышки моторное масло еще не воспламеняется. Температуру вспышки определяют при нагревании моторного масла в открытом или закрытом тигле. Данный показатель моторного масла свидетельствует о наличии в масле легкокипящих фракций, что определяет способность состава образовывать нагар и сгорать при соприкосновении с горячими деталями двигателя. У качественного и хорошего моторного масла значение температуры вспышки должно быть как можно выше. У современных моторных масел температура вспышки превышает значение 200 °С и, как правило, находится в пределах от 210 до 230 °С и выше. В работах [3; 6; 8; 11; 12] указывается, что температура вспышки в открытом тигле для моторного масла, используемого в бензиновых ДВС, должна быть не ниже 165 °С.

Для определения сроков службы моторного масла в двигателях многие авторы рекомендуют использовать так называемые «браковочные показатели», при достижении которых моторное масло следует заменить [10—12]. Браковочные показатели для значения кинематической вязкости соответствуют следующим значениям: в сторону увеличения значения кинематической вязкости на 25 % и уменьшения первоначального значения более чем на 20 % [11—13].

Вследствие того, что условия эксплуатации механических транспортных средств могут быть различны, то по причине износа элементов ДВС, нарушения температурного режима работы и других факторов степень снижения эксплуатационных показателей моторных масел существенно возрастает и, как итог, установленные заводом-изготовителем требования по замене моторного масла могут не выполняться. Поэтому для уточнения фактических сроков замены моторного масла в целях увеличения срока службы двигателя представляют интерес исследования по определению возможной потери эксплуатационных показателей моторного масла: кинематической вязкости, измеренной при 40 и 100 °С и температуры вспышки в открытом тигле.

Материалы и методы исследования. Исследование прошли следующие марки полусинтетических моторных масел: Shell Helix HX7 10W40, Castrol Magnatec 10W40 и Eni Agip Gas Special 10W40. Выбор указанных марок моторных масел обусловлен тем, что при осуществлении пассажироперевозок данные моторные масла централизованно закупаются и используются в легковых автомобилях марки Volkswagen Polo Sedan. Согласно рекомендациям завода-изготовителя, замену данных моторных масел следует проводить после 15 тыс. км пробега.

В качестве подвижного состава принят легковой автомобиль марки Volkswagen Polo Sedan, оборудованный бензиновым ДВС (4 цилиндра) с распределенным впрыском топлива объемом 1 598 см³.

В целях получения достоверных результатов исследования выбранные марки моторных масел последовательно заливались в каждый из трех автомобилей. За результат исследования принималось среднее значение исследуемого показателя, полученное после отбора проб.

Перед проведением исследований проведена внеплановая замена моторного масла, при этом пробег всех транспортных средств составлял значение от 60 до 65 тыс. км. Через каждые 5 тыс. км до 15 тыс. км пробега отбиралась проба моторного масла для выполнения исследования по определению эксплуатационных показателей масла.

Следует также отметить, что после проведения экспериментов по исследованию эксплуатационных показателей моторного масла образец масла обратно заливался в двигатель транспортного средства. Доливание моторного масла в двигатель не проводилось вследствие того, что перед проведением исследований масло заливалось до максимального уровня по щупу, что, в свою очередь, позволило получать более корректные экспериментальные данные. Перед отбором пробы образца проводился контроль уровня моторного масла в двигателе.

Выбранные в качестве объекта исследования моторные масла исследовали по следующим эксплуатационным показателям: кинематической вязкости, измеренной при 40 и 100 °С, температуре вспышки в открытом тигле.

Исследование кинематической вязкости образцов моторного масла проводилось согласно ГОСТ 33-2000 «Нефтепродукты. Прозрачные и непрозрачные. Определение кинематической вязкости и расчет динамической вязкости». Температуру вспышки определяли по ГОСТ 4333-87 «Нефтепродукты. Методы определения температур вспышки и воспламенения в открытом тигле». Для определения вышеуказанных эксплуатационных показателей использовалось специализированное сертифицированное оборудование на базе УП «Белоруснефть-Гроднооблнефтепродукт».

Результаты исследования и их обсуждение. Полученные и представленные на рисунке 1 экспериментальные данные по изменению кинематической вязкости моторных масел, измеренной при температуре 40 °С, показывают, что исследуемый показатель с увеличением величины пробега транспортного средства до 15 тыс. км снижается у всех трех моторных масел марок Shell Helix HX7 10W40, Castrol Magnatec 10W40 и Eni Agip Gas Special 10W40.

Установлено, что снижение кинематической вязкости, измеренной при 40 °С и при пробеге транспортным средством 15 тыс. км, моторного масла марки Shell Helix HX7 10W40

составило 28,41 сСт, для моторных масел марок Castrol Magnatec 10W40 и Eni Agip Gas Special 10W40 — 26,6 и 35,2 сСт соответственно. При пробеге транспортным средством 10 тыс. км кинематическая вязкость, измеренная при 40 °С, для моторного масла марки Shell Helix HX7 10W40 уменьшилась на 17,5 %, для моторных масел марок Castrol Magnatec 10W40 и Eni Agip Gas Special 10W40 — на 16,5 и 19,5 % соответственно.

Как показано на рисунке 1, наиболее интенсивное снижение кинематической вязкости моторных масел при 40 °С происходит при пробеге транспортным средством более 10 тыс. км. Также можно отметить, что при пробеге транспортным средством 15 тыс. км кинематическая вязкость при 40 °С для моторного масла марки Shell Helix HX7 10W40 уменьшилась на 29,5 %, а для моторных масел марок Castrol Magnatec 10W40 и Eni Agip Gas Special 10W40 — на 24,9 и 26,7 % соответственно.

На рисунке 2 представлены экспериментальные данные по изменению кинематической вязкости моторных масел, измеренной при температуре 100 °С.

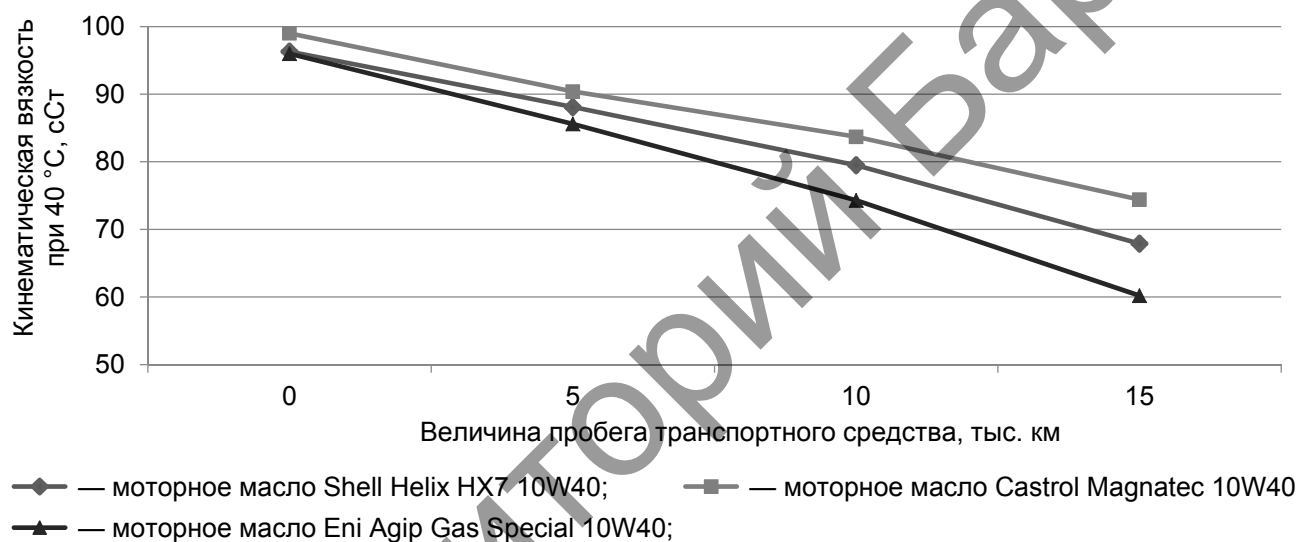


Рисунок 1. — Результаты исследования кинематической вязкости моторных масел при 40 °С

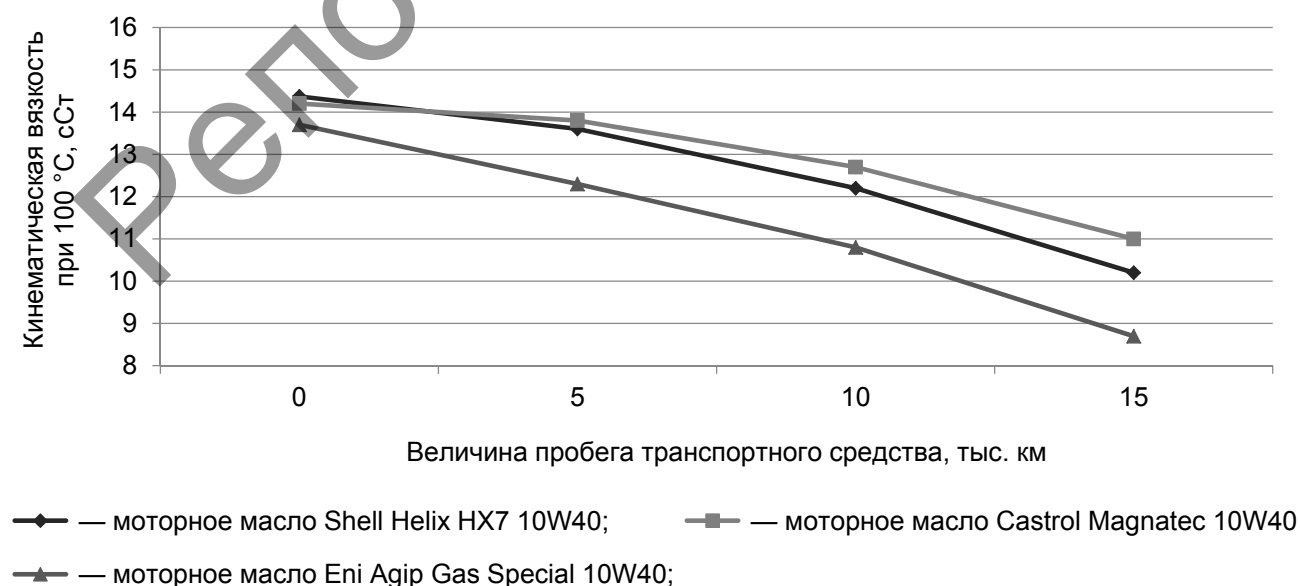


Рисунок 2. — Результаты исследования кинематической вязкости моторных масел при 100 °С

Результаты исследования изменения кинематической вязкости моторных масел, измеренной при температуре 100 °С, свидетельствуют о том, что при пробеге транспортным средством 15 тыс. км наибольшее изменение контролируемого эксплуатационного показателя наблюдается при использовании полусинтетического моторного масла марки Eni Agip Gas Special 10W40 (5 сСт). Лучший результат получен при использовании моторного масла марки Castrol Magnatec 10W40 (3,2 сСт). Промежуточный результат получен при использовании моторного масла марки Shell Helix HX7 10W40 (4,17 сСт). Однако следует отметить, что максимальное изменение величины кинематической вязкости, измеренной при 100 °С, наблюдается после 10 тыс. км пробега транспортным средством: для масла марки Shell Helix HX7 10W40 — 2,0 сСт, для моторных масел марок Castrol Magnatec 10W40 и Eni Agip Gas Special 10W40 — 1,7 и 2,1 сСт соответственно.

Установлено, что при пробеге транспортным средством 15 тыс. км значение кинематической вязкости, измеренной при 100 °С, для моторного масла марки Shell Helix HX7 10W40 уменьшилось на 29,1 %, а для моторных масел марок Castrol Magnatec 10W40 и Eni Agip Gas Special 10W40 — на 22,6 и 37,5 % соответственно. Так как кинематическая вязкость исследуемых моторных масел снизилась более чем на 20 %, то, согласно работам [11—13], моторные масла необходимо заменить раньше срока, указанного в нормативно-технической документации.

Однако, по мнению авторов работ [8; 11], замену моторного масла следует проводить при снижении кинематической вязкости на 30 % и более. Как видно из рисунка 2, изменение кинематической вязкости при 100 °С на величину, превышающую 30 %, наблюдается при использовании только моторного масла марки Eni Agip Gas Special 10W40.

Среди возможных причин снижения кинематической вязкости также следует отметить неполное сгорание топливно-воздушной смеси и утечку топлива из системы питания в моторное масло. В результате кинематическая вязкость масла может значительно снизиться. Кроме того, под воздействием легких фракций топлива моторное масло будет окисляться значительно быстрее, как следствие, образующиеся при этом органические кислоты и отложения значительно ухудшают его качество, снижая кинематическую вязкость. В результате повреждаются подшипники, на деталях ДВС интенсивно образуются нагар и лаковые отложения, что способствует увеличению количества механических примесей в моторном масле. О возможном наличии топлива в моторном масле также свидетельствует снижение температуры вспышки масла в открытом тигле до 175 °С и ниже [12; 13].

На рисунке 3 представлены результаты исследования изменения температуры вспышки полусинтетических моторных масел марок Shell Helix HX7 10W40, Castrol Magnatec 10W40 и Eni Agip Gas Special 10W40. Установлено, что температура вспышки в открытом тигле при исследовании образцов всех моторных масел с увеличением величины пробега транспортного средства снижается.

Наибольшее снижение температуры вспышки в открытом тигле при эксплуатации транспортного средства с использованием моторного масла марки Shell Helix HX7 10W40 наблюдается в период пробега от 5 до 10 тыс. км и в сравнении с исходным значением составляет 14 °С. При аналогичном пробеге при исследовании моторного масла марки Castrol Magnatec 10W40 данный показатель равен 8 °С, для моторного масла марки Eni Agip Gas Special 10W40 — 9 °С (см. рисунок 3). При дальнейшем увеличении пробега транспортного средства с 10 до 15 тыс. км наблюдается менее интенсивное снижение температуры вспышки в открытом тигле и для моторных масел марок Shell Helix HX7 10W40 и Castrol Magnatec 10W40 — 9 и 11 °С соответственно. Однако при использовании моторного масла марки Eni Agip Gas Special 10W40 температура вспышки в открытом тигле при пробеге от 10 до 15 тыс. км снизилась на 12 °С.

Установлено, что через каждые 5 тыс. км пробега транспортным средством температура вспышки в открытом тигле для моторного масла марки Shell Helix HX7 10W40 снижается в среднем на 10,1 °С, для моторного масла Castrol Magnatec 10W40 — на 7,3 °С, для моторного масла марки Eni Agip Gas Special 10W40 — на 9,3 °С.

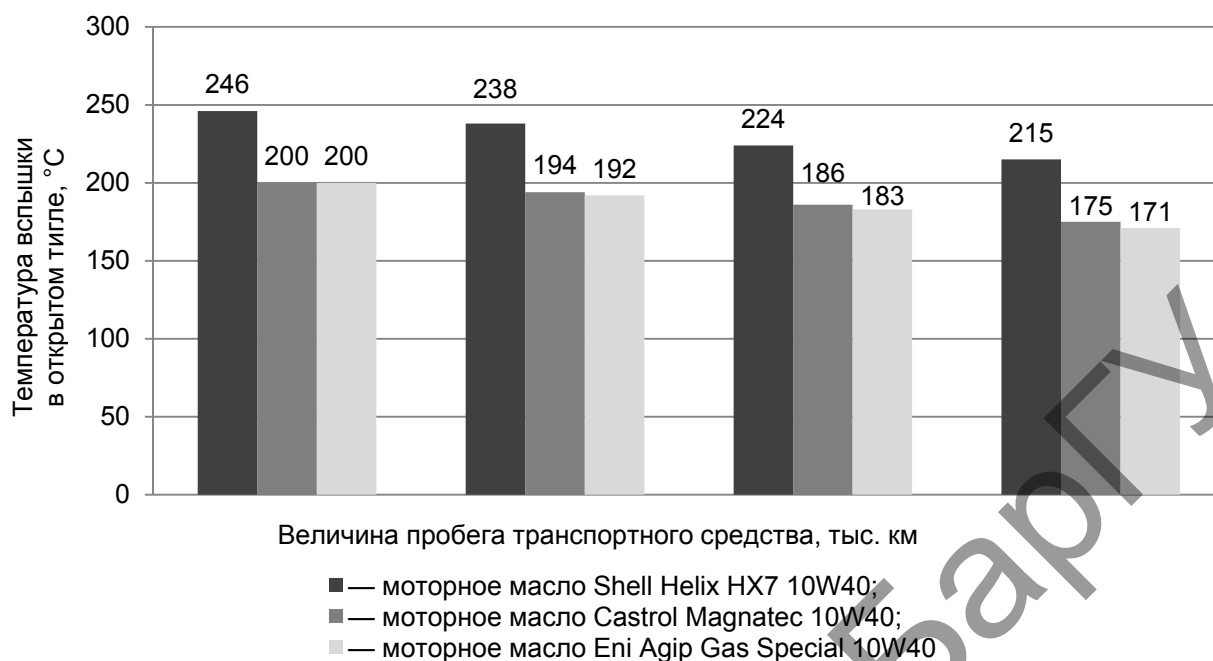


Рисунок 3. — Результаты исследований температуры вспышки в открытом тигле моторных масел

Результаты исследований, представленные на рисунке 3, свидетельствуют о том, что температура вспышки в открытом тигле при использовании моторного масла марки Shell Helix HX7 10W40 снизилась на 12,7 %, моторного масла Castrol Magnatec 10W40 — на 12,5 %, моторного масла марки Eni Agip Gas Special 10W40 — на 14,5 %.

Снижение температуры вспышки в открытом тигле в исследуемых марках полусинтетических моторных масел обусловлено уменьшением в процессе эксплуатации транспортного средства числа фракций дистиллятных топлив (легких углеводородов), а также числа легких продуктов термического и термоокислительного разложения масла. Влияние на величину изменения температуры вспышки моторного масла в открытом тигле также оказывает химический состав основы моторного масла и количество присадок, основанных на воспламеняющихся компонентах.

Заключение. Результаты выполненных исследований показывают, что кинематическая вязкость, измеренная при 40 °С и при пробеге транспортным средством 15 тыс. км, полусинтетических моторных масел марок Shell Helix HX7 10W40 и Eni Agip Gas Special 10W40 в сравнении с моторным маслом марки Castrol Magnatec 10W40 уменьшилась на 4,6 и 12,4 % соответственно.

Установлено, что кинематическая вязкость, измеренная при 100 °С и при пробеге транспортным средством 15 тыс. км, полусинтетических моторных масел марок Shell Helix HX7 10W40 и Eni Agip Gas Special 10W40 в сравнении с моторным маслом марки Castrol Magnatec 10W40 уменьшилась на 6,5 и 13,9 % соответственно.

Экспериментально установлено, что температура вспышки в открытом тигле при пробеге транспортным средством 15 тыс. км моторных масел марок Shell Helix HX7 10W40 и Castrol Magnatec 10W40 снизилась на 1,8...1,9 % меньше, чем при использовании моторного масла марки Eni Agip Gas Special 10W40.

В результате проведенных исследований установлено, что моторное масло марки Castrol Magnatec 10W40 обладает более высокими эксплуатационными показателями по исследуемым показателям в сравнении с другими марками моторных масел.

Список цитированных источников

1. *Васильева, Л. С.* Автомобильные эксплуатационные материалы : учебник / Л. С. Васильева. — М. : Наука-Пресс, 2003. — 421 с.
2. *Топливо, смазочные материалы и технические жидкости : учеб. пособие / В. В. Остриков [и др.].* — Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. — 304 с.
3. *Карташевич, А. Н.* Топливо, смазочные материалы и технические жидкости / А. Н. Карташевич, В. С. Товстыка, А. В. Гордеенко. — М. : Инфра-М, 2015. — 420 с.
4. *Геленов, А. А.* Автомобильные эксплуатационные материалы : учеб. пособие / А. А. Геленов, Т. И. Соченко, В. Г. Спиркин. — 4-е изд., стер. — М. : Академия, 2015. — С. 115—116.
5. *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.
6. *Трембач, Е. В.* Моторные и трансмиссионные масла, присадки / Е. В. Трембач. — Ростов н/Д : Феникс, 2000. — С. 81—97.
7. *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.
8. *Трофименко, И. Л.* Автомобильные эксплуатационные материалы : учеб. пособие / И. Л. Трофименко, Н. А. Коваленко, В. П. Лобах. — Минск : Новое знание, 2008. — 232 с.
9. *Сырбаков, А. П.* Топливо и смазочные материалы : учеб. пособие / А. П. Сырбаков, М. А. Корчуганова ; Том. политехн. ун-т. — Томск : Изд-во Том. политехн. ун-та, 2015. — 159 с.
10. *Пивоварчик, А. А.* Исследование температурно-вязкостных показателей полусинтетических моторных масел, используемых в дизельных двигателях механических транспортных средств / А. А. Пивоварчик, А. И. Сергей // Вестн. Гродз. дзярж. ун-та імя Янкі Купалы. Сер. 6 : Тэхніка. — 2019. — Т. 9, № 1. — С. 78—87.
11. *Трубилов, А. К.* Автомобильные эксплуатационные материалы : учеб. пособие / А. К. Трубилов, В. А. Хитрюк. — Минск : Респ. ин-т проф. образования, 2012. — С. 79—105.
12. *Дашивец, Г. И.* Обоснование периодичности замены моторных масел при эксплуатации тракторных двигателей : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.03 / Г. И. Дашивец ; ЦНИИ механизации и электрификации сел. хоз-ва Нечернозем. зоны СССР. — Минск, 1990. — 15 с.
13. *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 (Нац. исслед. ун-т) им. И. М. Губкина. — М., 2016. — 50 с.

Поступила в редакцию 05.03.2021.