

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.

A. A. Pivovarchyk¹, PhD in Technical Sciences, Associate Professor,
A. K. Haurylenia², PhD in Technical Sciences, Associate Professor,
A. 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].

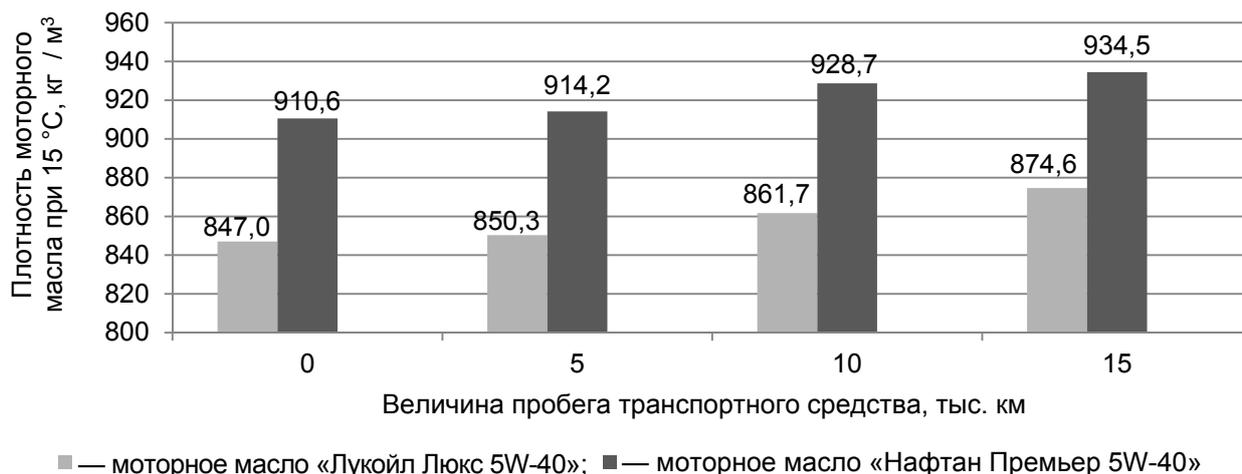


Рисунок 1. — Изменение плотности синтетических моторных масел при увеличении величины пробега транспортного средства

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.

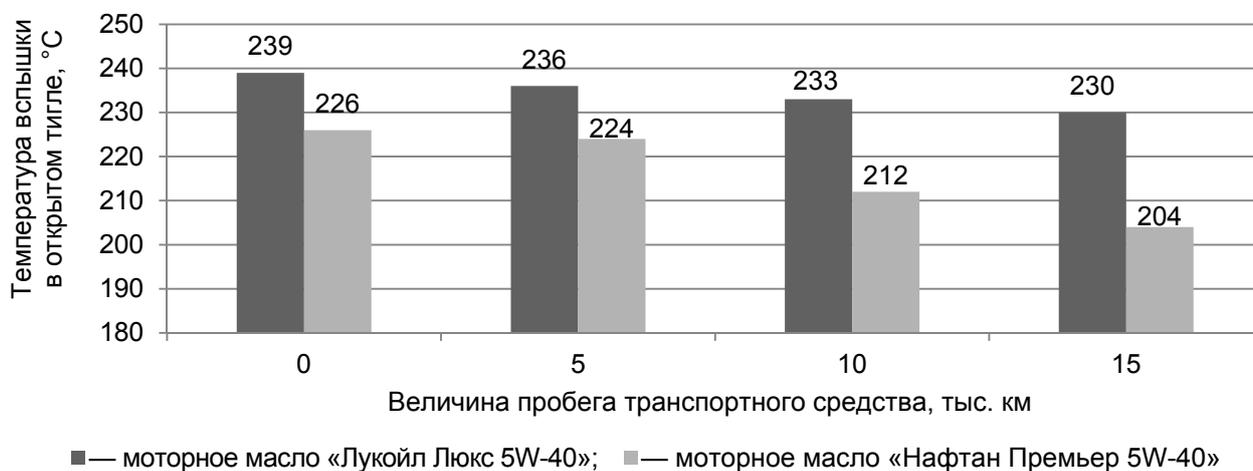


Рисунок 2. — Изменение температуры вспышки в открытом тигле синтетических моторных масел при увеличении величины пробега транспортного средства

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.