

УДК 621.89.097.2

А. А. Пивоварчик¹, кандидат технических наук, доцент,**А. К. Гавриленя**², кандидат технических наук, доцент,**А. С. Корольков**¹¹Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», ул. Ожешко, 22, 230021 Гродно, Республика Беларусь, +375 (29) 876 68 24, Pivovarchik_AA@grsu.by²Государственное научное учреждение «Институт экономики Национальной академии наук Беларуси», Национальная академия наук Беларуси, ул. Руссиянова, 50, 220141 Минск, Республика Беларусь, +375 (29) 22 259 33, AndrejGavrilenya@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СИНТЕТИЧЕСКИХ МОТОРНЫХ МАСЕЛ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В БЕНЗИНОВЫХ ДВИГАТЕЛЯХ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Целью настоящей работы является исследование кинематической вязкости и щелочного числа синтетических моторных масел в зависимости от пробега легкового автомобиля.

Научная новизна работы состоит в получении новых экспериментальных данных по изменению кинематической вязкости и щелочного числа синтетических моторных масел отечественных и импортных марок при увеличении пробега транспортного средства.

Введение содержит краткую информацию о требованиях, предъявляемых к кинематической вязкости и щелочному числу синтетических моторных масел, которые используются в бензиновых двигателях внутреннего сгорания легковых автомобилей.

В основной части описана методика проведения исследований по определению кинематической вязкости моторных масел, измеренной при 40 и 100 °С, и щелочного числа в зависимости от величины пробега транспортного средства. Установлено, что для бензиновых двигателей легковых автомобилей марки Skoda Rapid целесообразно использовать синтетические моторные масла марок «Лукойл Люкс SAE 5W-40» и Motul SAE 5W-30 X-Clean. Это обусловлено тем, что в процессе эксплуатации автомобиля исследуемые эксплуатационные показатели данных масел снижаются менее интенсивно, что, в свою очередь, свидетельствует о более высоком качестве масел.

Результаты исследований будут полезны инженерам-механикам при выборе синтетических моторных масел, используемых в бензиновых двигателях внутреннего сгорания, в целях увеличения надежности и работоспособности основных узлов двигателя.

Ключевые слова: бензиновый двигатель; автомобиль; моторное масло; вискозиметр; кинематическая вязкость; щелочное число; пробег.

Рис. 3. Библиогр.: 10 назв.

A. A. Pivovarchyk¹, PhD in Technical Sciences, Associate Professor,**A. K. Haurylenia**², PhD in Technical Sciences, Associate Professor,**A. S. Korolkov**¹¹Educational Institution “Yanka Kupala State University of Grodno”, 22 Ozheshko Str., 230021 Grodno, the Republic of Belarus, +375 (29) 876 68 24, Pivovarchik_AA@grsu.by²State Scientific Institution “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

RESEARCH OF PERFORMANCE OF SYNTHETIC MOTOR OILS INDICATORS USED IN GASOLINE ENGINES OF PASSENGER CARS

The purpose of this work is to study the kinematic viscosity and the alkaline number of synthetic motor oils depending on the mileage of a passenger car.

The scientific novelty of the work is in obtaining new experimental data on changes in the kinematic viscosity and the alkaline number of synthetic motor oils of domestic and imported brands with an increase in vehicle mileage.

The introduction contains brief information about the requirements for the kinematic viscosity and alkaline number of synthetic motor oils used in gasoline internal combustion engines of passenger cars.

The main part describes the methodology for conducting research to determine the kinematic viscosity of motor oils, measured at 40 and 100 °C, and the base number depending on the mileage of the vehicle. It has been established that it is advisable to use synthetic Lukoil Lux SAE 5W-40 and Motul SAE 5W-30 X-Clean engine oils for Skoda Rapid passenger car gasoline engines. This is due to the fact that during the operation of the car, the studied performance indicators of these oils decrease less intensively, which in turn indicates a higher quality of oils.

The results of the research will be useful to mechanical engineers when choosing synthetic engine oils used in gasoline internal combustion engines in order to increase the reliability and operability of the main engine components.

Key words: gasoline engine; car; engine oil; viscometer; kinematic viscosity; base number; mileage.

Fig. 3. Ref.: 10 titles.

Введение. Кинематическая вязкость и щелочное число являются важнейшими эксплуатационными показателями, характеризующими функциональное назначение моторного масла. Кинематическая вязкость представляет собой отношение динамической вязкости к плотности моторного масла при идентичной температуре. Кинематическая вязкость оказывает влияние на поступление моторного масла в зазоры основных узлов трения двигателя (цилиндропоршневая группа, коленчатый вал), создание гидродинамического режима трения в данных узлах, легкость пуска двигателя при низких температурах, механические потери в двигателе, расход топлива, интенсивность изнашивания двигателя и т. д. [1—4]. Щелочное число указывает на время, в течение которого моторное масло способно нейтрализовать вредные для него кислоты, которые вызывают коррозионный износ деталей двигателя и усиливают процессы образования различных углеродистых отложений. Для нейтрализации вредных кислот в моторное масло вводят присадку — гидроксид калия.

Согласно требованиям ГОСТ 10541-78 «Масла моторные универсальные и для автомобильных карбюраторных двигателей. Технические условия», кинематическая вязкость универсальных моторных масел при 100 °C, используемых в бензиновых двигателях внутреннего сгорания, при легких условиях эксплуатации транспортного средства должна находиться в пределах от 5,6 до 6,5 сСт, при тяжелых условиях работы — не менее 12 сСт. В работе [5] установлено, что кинематическая вязкость синтетического моторного масла для бензиновых двигателей при 100 °C должна находиться в пределах от 6 до 10 сСт, а при 40 °C — не ниже 75 сСт, что обеспечивает высокую работоспособность двигателя. В свою очередь, в работе [3] указывается на то, что для увеличения срока службы бензинового двигателя кинематическая вязкость синтетического моторного масла при 100 °C должна находиться в пределах от 8,0 до 12,0 сСт.

В странах Европы и США не рекомендуется использовать моторные масла со значением щелочного числа более 6 мг · КОН / г, а в странах СНГ принято использовать моторные масла, щелочное число которых — не менее 9 мг · КОН / г.

Для определения сроков службы моторного масла в двигателях внутреннего сгорания ряд авторов рекомендует использовать браковочные показатели, при достижении которых моторное масло следует заменить [3; 4]. Браковочные показатели для значения щелочного числа и кинематической вязкости соответствуют следующим значениям: увеличение значения кинематической вязкости на 25 % и уменьшение первоначального значения более чем на 20 %. Авторы работ [5; 6] считают, что замену моторного масла следует проводить при снижении показателя кинематической вязкости на 30 % и более.

Условия эксплуатации механических транспортных средств могут быть весьма различны. По причине износа элементов двигателя внутреннего сгорания, нарушения температурного режима работы и других факторов степень снижения эксплуатационных свойств моторных масел существенно возрастает, что требует корректировки установленных заводом-изготовителем сроков замены моторного масла. В связи с этим представляет интерес исследование изменения кинематической вязкости, измеренной при 40 и 100 °C, и щелочного числа моторных масел в целях уточнения их фактических сроков замены [7—10].

Материалы и методы исследования. Исследование прошли используемые в бензиновых двигателях внутреннего сгорания синтетические моторные масла марок Motul SAE 5W-30 X-Clean (Франция), Shell Helix Ultra Professional AV SAE 5W-40 (Британия—Нидерланды), «Лукойл Люкс SAE 5W-40» (Россия), «Нафтан Премьер SAE 5W-40» (Беларусь). Выбор обусловлен тем, что данные моторные масла централизованно закупаются и используются при обслуживании легковых автомобилей специализированными станциями по обслуживанию подвижного состава Республики Беларусь. Выбранные для исследований моторные масла заливались в новые легковые автомобили марки Skoda Rapid (12 автомобилей), оборудованные бензиновым двигателем (4 цилиндра) с распределенным впрыском топлива объемом $1\,598\text{ см}^3$. За результат исследования принималось среднее арифметическое значение кинематической вязкости, полученное после отбора по одной пробе из трех автомобилей и проведения трех измерений. Перед проведением исследований осуществлялась компьютерная диагностика каждого автомобиля. Установлено, что двигатели легковых автомобилей полностью исправны, в частности, проверено натяжение ремня газораспределительного механизма, тепловые зазоры, исправность стартера, генератора, приборов системы зажигания и питания, напряжение бортовой сети — 12,4 В. Моторное масло в двигатель легкового автомобиля заливалось в объеме 3,6 л.

Отбор проб моторного масла осуществлялся на прогретом двигателе через несколько минут после его остановки. Образцы масел после проведения экспериментов по исследованию кинематической вязкости заливали обратно в двигатели автомобилей. Доливание моторного масла в двигатель не проводилось вследствие того, что перед проведением исследований объем залитого масла соответствовал максимальному уровню по щупу. Необходимо отметить, что перед отбором проб образца осуществлялся контроль фактического уровня моторного масла в двигателе [7].

Кинематическую вязкость моторного масла исследовали в соответствии с требованиями, изложенными в ГОСТ 33-2000 «Нефтепродукты. Прозрачные и непрозрачные. Определение кинематической вязкости и расчет динамической вязкости». Сущность метода по определению кинематической вязкости заключалась в измерении комбинированным стеклянным вискозиметром ВПЖ-4 с диаметром капилляра 1,47 мм времени истечения определенного объема моторного масла под воздействием силы тяжести при постоянной температуре. Для нагрева и поддержания необходимой температуры исследований (40 и 100 °С) использовался термостатирующий прибор «Термостат А2» [7—10].

Кинематическую вязкость моторного масла определяли по формуле

$$v = \Pi t, \quad (1)$$

где Π — калибровочная постоянная вискозиметра, $\text{мм}^2 / \text{с}^2$; для вискозиметра ВПЖ-4 $\Pi = 0,3\text{ мм}^2 / \text{с}^2$;

t — время истечения образца из вискозиметра, с.

Щелочное число определялось с использованием иономера И-160МИ в соответствии с требованиями ГОСТ 30050-93 «Нефтепродукты. Общее щелочное число. Метод потенциометрического титрования хлорной кислотой».

Результаты исследования и их обсуждение. Полученные экспериментальные данные по изменению кинематической вязкости синтетических моторных масел при температуре 40 °С показывают, что исследуемый показатель с увеличением пробега легкового автомобиля снижается у всех четырех исследуемых масел (рисунок 1). При пробеге автомобиля до 15 тыс. км кинематическая вязкость при 40 °С моторного масла Shell Helix Ultra Professional AV SAE 5W-40 уменьшается с 87,42 до 58,94 сСт, моторного масла марки Motul SAE 5W-30 X-Clean — с 69,1 до 52,7 сСт. При использовании моторных масел марки «Лукойл Люкс SAE 5W-40» и «Нафтан Премьер SAE 5W-40» данный показатель снижается с 77,8 до 60,6 сСт и с 85,5 до 61,4 сСт соответственно.

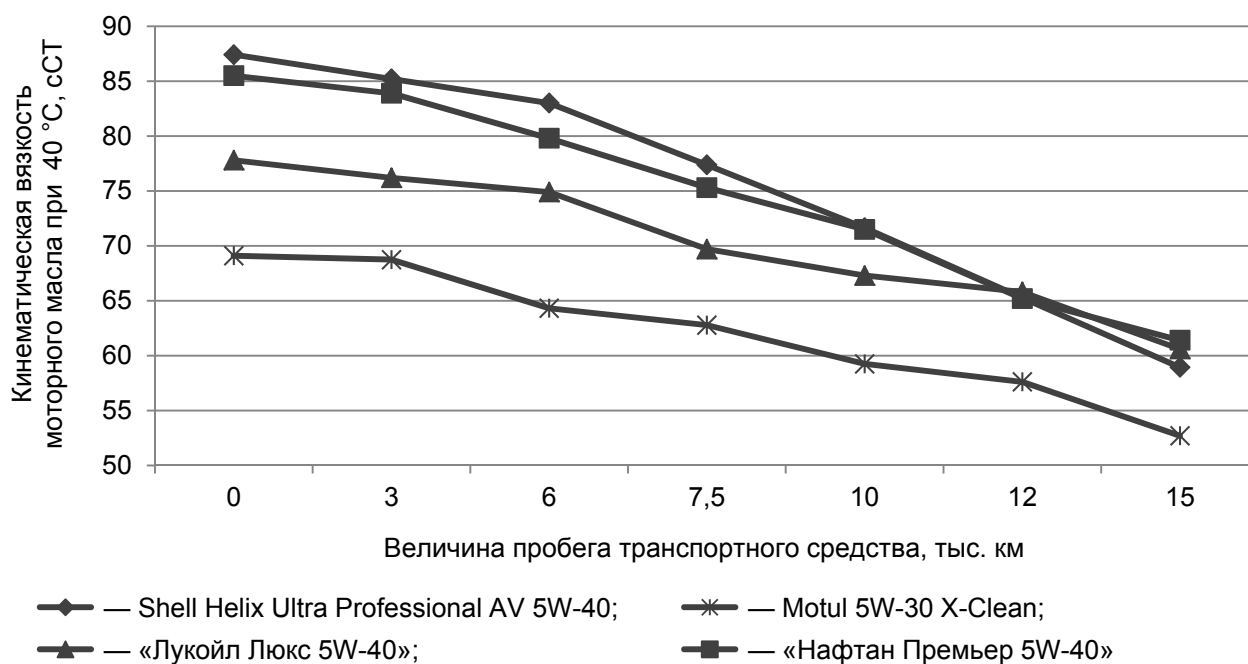


Рисунок 1. — Результаты исследования кинематической вязкости при 40 °С синтетических моторных масел

Установлено, что при пробеге транспортным средством 10 тыс. км кинематическая вязкость моторного масла Shell Helix Ultra Professional AV SAE 5W-40, измеренная при 40 °С, уменьшилась на 18,1 %, моторных масел Motul SAE 5W-30 X-Clean — на 14,3 %, «Лукойл Люкс SAE 5W-40» — на 20,0 %, «Нафтан Премьер SAE 5W-40» — на 16,4 %. При этом наиболее интенсивное снижение кинематической вязкости исследуемых моторных масел при 40 °С происходит при пробеге транспортного средства от 7,5 до 15 тыс. км. При рекомендуемом для замены масла пробеге транспортного средства (15 тыс. км) кинематическая вязкость при 40 °С моторного масла Shell Helix Ultra Professional AV SAE 5W-40 в сравнении с исходным значением уменьшилась на 32,6 %, моторных масел Motul SAE 5W-30 X-Clean, «Лукойл Люкс SAE 5W-40» и «Нафтан Премьер SAE 5W-40» — на 23,8; 22,1 и 28,2 % соответственно.

Результаты исследований показывают, что при пробеге автомобилем 15 тыс. км кинематическая вязкость, измеренная при 100 °С, моторного масла Shell Helix Ultra Professional AV SAE 5W-40 уменьшается с 13,1 до 7,4 сСт, а моторного масла Motul SAE 5W-30 X-Clean — с 11,9 до 8,1 сСт (рисунок 2). При использовании моторных масел «Лукойл Люкс SAE 5W-40» и «Нафтан Премьер SAE 5W-40» данный показатель снижается с 13,5 до 8,3 сСт и с 14,7 до 8,2 сСт соответственно. Установлено, что при пробеге транспортным средством 10 тыс. км кинематическая вязкость моторного масла Shell Helix Ultra Professional AV SAE 5W-40, измеренная при 100 °С, уменьшилась на 16,8 %, при использовании моторных масел марок Motul SAE 5W-30 X-Clean, «Лукойл Люкс SAE 5W-40» и «Нафтан Премьер SAE 5W-40» — на 17,4; 11,6 и 11,1 % соответственно. Следует отметить, что снижение кинематической вязкости при 100 °С моторного масла марки Motul SAE 5W-30 X-Clean носит практически линейный характер.

Таким образом, при пробеге транспортного средства, который рекомендуется для замены масла (15 тыс. км), кинематическая вязкость при 100 °С моторного масла Shell Helix Ultra Professional AV SAE 5W-40 в сравнении с исходным значением уменьшилась на 43,6 %, а при использовании моторных масел Motul SAE 5W-30 X-Clean, «Лукойл Люкс SAE 5W-40» и «Нафтан Премьер SAE 5W-40» — на 32,0; 38,6 и 44,3 % соответственно.

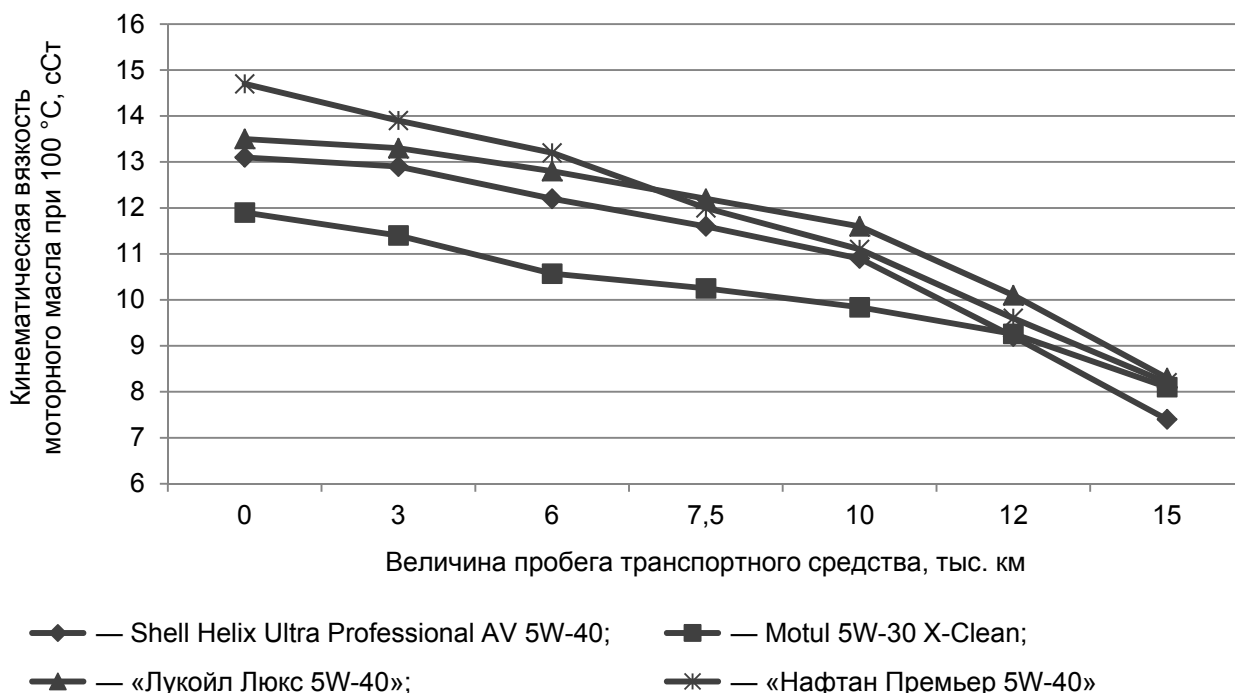


Рисунок 2. — Результаты исследования кинематической вязкости при 100 °С синтетических моторных масел

Снижение кинематической вязкости, как правило, связано с неисправностью отдельных узлов или системы двигателя (неполное сгорание топливно-воздушной смеси, утечка из системы питания в моторное масло топлива (бензина)). Установлено, что кинематическая вязкость моторного масла марки Motul SAE 5W-30 X-Clean, измеренная при 100 °С, при пробеге транспортным средством 15 тыс. км снижается менее интенсивно, чем у других исследуемых масел, т. е. уменьшается на 11,6 п. п. менее интенсивно по сравнению с моторным маслом Shell Helix Ultra Professional AV SAE 5W-40, на 6,6 и 12,3 п. п. менее интенсивно, чем при использовании моторных масел «Лукойл Люкс SAE 5W-40» и «Нафтан Премьер SAE 5W-40» соответственно.

Представленные на рисунке 3 экспериментальные данные показывают, что щелочное число моторного масла Shell Helix Ultra Professional AV SAE 5W-40 при пробеге транспортным средством 15 тыс. км уменьшилось на 6,02 мг · КОН / г. Установлено, что существенное изменение щелочного числа (с 9,78 до 6,21 мг · КОН / г) наблюдается при пробеге от 5 до 10 тыс. км. При увеличении пробега с 10 до 15 тыс. км через каждые последующие 2,5...3,0 тыс. км щелочное число в среднем снижается на 0,45 мг · КОН / г.

Экспериментально установлено, что при пробеге 15 тыс. км щелочное число моторного масла Motul 5W-30 X-Clean уменьшилось на 3,4 мг · КОН / г. Наиболее интенсивное снижение значения щелочного числа моторного масла Motul 5W-30 X-Clean происходит в интервале пробега от 10 до 15 тыс. км. При этом щелочное число снижается со значения 8,3 до 6,8 мг · КОН / г, что составляет почти 15 % от первоначального значения для данного моторного масла. Результаты исследований показывают, что щелочное число моторных масел марок «Лукойл Люкс SAE 5W-40» и «Нафтан Премьер SAE 5W-40» при пробеге транспортным средством 15 тыс. км уменьшилось на 3,5 мг · КОН / г.

Проведенные исследования показали, что при пробеге транспортным средством 15 тыс. км щелочное число моторного масла Shell Helix Ultra Professional AV SAE 5W-40 в сравнении с исходным значением уменьшилось почти на 66,0 %. При использовании моторных масел марок Motul SAE 5W-30 X-Clean, «Лукойл Люкс SAE 5W-40» и «Нафтан Премьер SAE 5W-40» щелочное число после 15 тыс. км пробега снизилось на 33,0; 32,5 и 38,7 % соответственно.

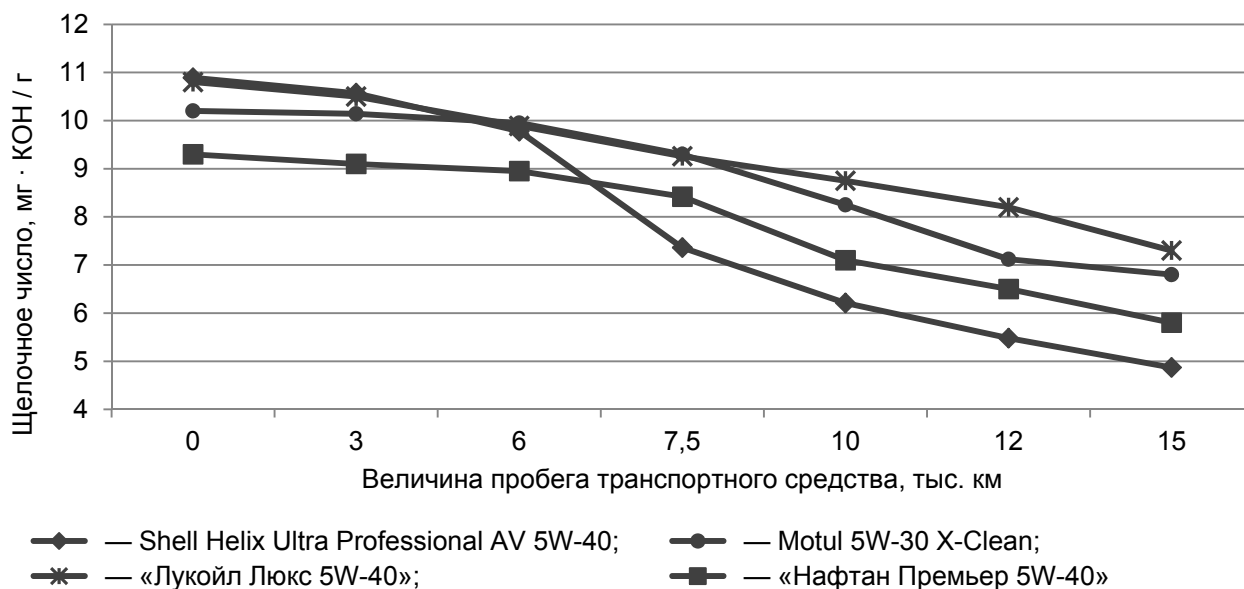


Рисунок 3. — Результаты исследования щелочного числа синтетических моторных масел

Заключение. Установлено, что для бензиновых двигателей легковых автомобилей марки Skoda Rapid целесообразно использовать синтетические моторные масла марок «Лукойл Люкс SAE 5W-40» и Motul SAE 5W-30 X-Clean. Это обусловлено тем, что с увеличением пробега автомобиля кинематическая вязкость и щелочное число данных масел снижаются менее интенсивно.

Список цитированных источников

1. 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.
2. 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.
3. Шпак, Е. Д. Физико-химические показатели качества моторного масла / Е. Д. Шпак, В. И. Митрофанова // Вестн. Амур. гос. ун-та. Сер. «Естественные и экономические науки». — 2019. — № 85. — С. 103—106.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. 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 // Весн. ГрДУ імя Я. Купалы. Сер. 6 : Тэхніка. — 2021. — Т. 11, № 2. — С. 21—27.
8. 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 // Весн. ГрДУ імя Я. Купалы. Сер. 6 : Тэхніка. — 2021. — Т. 11, № 1. — С. 25—33.
9. 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.
10. 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.

Поступила в редакцию 14.03.2022.