

**PROCESSES AND MACHINES OF AGROENGINEERING SYSTEMS**

УДК 621.89.097.2

**А. А. Пивоварчик**<sup>1</sup>, кандидат технических наук, доцент,

**А. К. Гавриленя**<sup>2</sup>, кандидат технических наук, доцент

<sup>1</sup>Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», ул. Ожешко, 22, 230021 Гродно, Республика Беларусь, +375 (29) 876 68 24, Pivovarchik\_AA@grsu.by

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

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ  
ПОЛУСИНТЕТИЧЕСКИХ ТРАНСМИССИОННЫХ МАСЕЛ В ПРОЦЕССЕ  
ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОБУСОВ МОДЕЛИ МАЗ-226**

Целью настоящей работы является исследование кинематической вязкости и температуры вспышки в открытом тигле полусинтетических трансмиссионных масел при увеличении пробега автобусов модели МАЗ-226.

Научная новизна работы состоит в получении новых экспериментальных данных по изменению кинематической вязкости и температуры вспышки в открытом тигле полусинтетических трансмиссионных масел зарубежных марок при увеличении пробега автобуса.

Введение содержит краткую информацию по требованиям, предъявляемым к кинематической вязкости и температуре вспышки в открытом тигле полусинтетических трансмиссионных масел, используемых в трансмиссии автобусов модели МАЗ-226.

В основной части описана методика проведения исследований по определению изменения кинематической вязкости при 100 °С и температуры вспышки в открытом тигле полусинтетических трансмиссионных масел в зависимости от величины пробега транспортного средства. Установлено, что лучший результат по изменению кинематической вязкости при температуре 100 °С и температуры вспышки в открытом тигле после пробега автобуса модели МАЗ-226 110 тыс. км наблюдается при использовании полусинтетических трансмиссионных масел марок «Лукойл ТМ-5 75W-90» и Gazpromneft 80W-90.

Результаты исследований будут полезны инженерам-механикам при выборе марок полусинтетических трансмиссионных масел, используемых в дизельных двигателях внутреннего сгорания в целях увеличения надежности и работоспособности основных узлов трансмиссии автобусов.

**Ключевые слова:** автобус; трансмиссионное масло; кинематическая вязкость; температура вспышки в открытом тигле; пробег.

Табл. 2. Библиогр.: 7 назв.

**A. A. Pivovarchyk**<sup>1</sup>, PhD in Technical Sciences, Associate Professor,

**A. K. Haurylenia**<sup>2</sup>, PhD in Technical Sciences, Associate Professor

<sup>1</sup>Institution of Education “Yanka Kupala State University of Grodno”, 22 Ozhesko Str., 230021 Grodno, the Republic of Belarus, +375 (29) 876 68 24, Pivovarchik\_AA@grsu.by

<sup>2</sup>Institution of Education “Baranavichy State University”, 21 Voykova Str., 225404 Baranavichy, the Republic of Belarus, +375 (29) 22 259 33, AndrejGavriljenja@mail.ru

**RESEARCH OF THE PERFORMANCE PROPERTIES OF SEMI-SYNTHETIC  
TRANSMISSION OILS DURING THE OPERATION OF MAZ-226 MODEL BUSES**

The purpose of this work is to study the kinematic viscosity and flash point in an open crucible of semi-synthetic transmission oils with an increase in the mileage of the MAZ-226 model buses.

The scientific novelty of the work consists in obtaining new experimental data on the changes in the kinematic viscosity and flash point in an open crucible of foreign brands semi-synthetic transmission oils with an increase in the the bus mileage.

The introduction contains brief information on the requirements for kinematic viscosity and flash point in an open crucible of semi-synthetic transmission oils used in the transmission of MAZ-226 buses.

The main part describes a research methodology for determining changes in kinematic viscosity at 100 °C and flash point in an open crucible of semi-synthetic transmission oils, depending on the vehicle mileage. It has been found that the best result in changing the kinematic viscosity at a temperature of 100 °C and the flash point in an open crucible after running the MAZ-226 bus model 110 thousand km is observed when using semi-synthetic transmission oils of Lukoil TM-5 75W-90 and Gazpromneft 80W-90 brands.

The research results will be useful to mechanical engineers when choosing brands of semi-synthetic transmission oils used in diesel internal combustion engines in order to increase the reliability and operability of the main transmission components of buses.

**Key words:** bus; transmission oil; kinematic viscosity; flash point in an open crucible; mileage.

Table 2. Ref.: 7 titles.

**Введение.** В настоящее время на внутреннем рынке Республики Беларусь доступны различные марки трансмиссионных масел (далее — ТМ), необходимых для технической эксплуатации и обслуживания транспортных средств различных категорий. На рынке присутствует более 20 зарубежных производителей, реализующих под своим брендом различные марки ТМ. Наиболее известными ТМ являются: Castrol Transmax Dell III, «Лукойл ТМ-5», Gazpromneft, Mannol Extra Getriebeoel, Motul ATF VI. Следует отметить, что выбор конечными потребителями ТМ основывается, как правило, на информации, указываемой производителем, которая в большинстве случаев носит рекламный характер. На выбор потребителя также оказывает влияние стоимость ТМ, его доступность и возможность централизованной закупки. При этом должны учитываться научные, аналитические и экспериментальные данные, полученные при исследовании ТМ в процессе эксплуатации конкретных моделей транспортных средств. Следует отметить фактор достоверности полученных результатов, заключающийся в невозможности подбора транспортных средств, имеющих абсолютно идентичные технические характеристики в момент проведения экспериментов. С данной точки зрения, наиболее подходящими являются новые транспортные средства. Однако новые транспортные средства находятся на гарантийном обслуживании, и их владелец в выборе марки ТМ строго придерживается рекомендаций завода-изготовителя, так как в случае использования иного ТМ транспортное средство будет снято с гарантийного обслуживания. Тем не менее экспериментальный подход также должен применяться при выборе потребителем необходимой марки ТМ.

Известно, что к числу основных эксплуатационных свойств ТМ относят кинематическую вязкость при температурах 100 и 40 °C, а также температуру вспышки в открытом тигле. В свою очередь, в работах [1—3] авторы отмечают, что смазывающая способность ТМ — это способность снижать сопротивление движению (уменьшать силы трения) и предупреждать изнашивание трущихся деталей в условиях жидкофазного и граничного режимов. Это обеспечивается за счет образования (адсорбции) на твердой поверхности прочной масляной пленки. Смазывающая способность ТМ возрастает по мере увеличения кинематической вязкости масла [1]. Также известно, что у ТМ температура вспышки в открытом тигле должна быть как можно выше, т. е. максимально длительный срок сохранять свое первоначальное значение [1]. Согласно литературным данным [1—3], температура вспышки в открытом тигле для ТМ зарубежных и отечественных производителей должна быть более 175 °C и, как правило, находиться в пределах от 180 до 230 °C и реже чуть выше 230 °C.

Целью данной работы является изучение изменения кинематической вязкости и температуры вспышки в открытом тигле полусинтетических ТМ при эксплуатации автобусов модели MAZ-226, что позволит определить оптимальные сроки замены ТМ.

**Материалы и методы исследования.** Экспериментальные исследования эксплуатационных свойств ТМ в зависимости от пробега автобусов модели MAZ-226, оборудованных мостами производства Hande Axle, проводили с использованием полусинтетических ТМ марок Castrol Transmax Dell III 80W-90, «Лукойл ТМ-5 75W-90» и Gazpromneft 80W-90. Методика проведения исследований по определению кинематической вязкости ТМ при температуре 100 °C с точки зрения выбора необходимого лабораторного оборудования приведена в работе [2]. Интервал отбора пробы ТМ для проведения исследований составлял

10 тыс. км после 80 тыс. км пробега. Автобусы перед заливкой ТМ имели пробег, равный 110,8 и 102,5 тыс. км. Кинематическую вязкость при температуре 100 °С выбранных для исследования полусинтетических ТМ определяли по ГОСТ 33-2000 «Нефтепродукты. Прозрачные и непрозрачные жидкости. Определение кинематической вязкости и расчет динамической вязкости». Методика проведения исследований по определению кинематической вязкости при температуре 100 °С с точки зрения порядка отбора проб ТМ для проведения экспериментов представлена в научных работах [4—7]. ТМ заливали в трансмиссии в установленном при замене объеме до необходимого уровня. Температуру вспышки в открытом тигле при исследовании ТМ определяли в соответствии с требованиями ГОСТ 4333-2014 «Нефтепродукты. Методы определения температур вспышки и воспламенения в открытом тигле».

Согласно требованиям, изложенным в руководстве по эксплуатации автобуса модели МАЗ-226, ведущий мост должен быть заправлен ТМ в соответствии с руководством по эксплуатации моста *Hande Axle*. При выборе применяемого масла следует руководствоваться условиями эксплуатации автобуса. Первая замена масла ведущего моста *Hande Axle HDZ386* проводится через 4—5 тыс. км пробега. В дальнейшем замена масла проводится через каждые 100 тыс. км пробега или один раз в год. Рекомендуются для использования в Республике Беларусь являющиеся ТМ, соответствующие классу GL-5 и классификации по SAE 75W-80 и 80W-90.

**Результаты исследования и их обсуждение.** В таблице 1 представлены результаты исследования по определению изменения кинематической вязкости при температуре 100 °С полусинтетических ТМ в процессе эксплуатации автобуса модели МАЗ-226. Показано, что кинематическая вязкость при температуре 100 °С во всех исследуемых образцах полусинтетических ТМ с увеличением пробега уменьшается, что происходит ввиду естественного «старения» трансмиссионного масла. Определено, что изначально полусинтетические ТМ марок «Лукойл ТМ-5 75W-90» и *Gazpromneft 80W-90* имеют более высокую кинематическую вязкость при температуре 100 °С (16,1 и 14,3 мм<sup>2</sup>/с соответственно), что более чем в 1,9 раза превышает исходное значение кинематической вязкости ТМ марки *Castrol Transmax Dell III 80W-90* (7,2 мм<sup>2</sup>/с).

При использовании ТМ марки *Castrol Transmax Dell III 80W-90* при пробеге автобуса модели МАЗ-226 110 тыс. км кинематическая вязкость при температуре 100 °С снижается с 7,2 до 5,1 мм<sup>2</sup>/с, а при использовании ТМ марок «Лукойл ТМ-5 75W-90» и *Gazpromneft 80W-90* при аналогичном значении пробега транспортного средства кинематическая вязкость при температуре 100 °С снижается с 16,1 до 14,0 мм<sup>2</sup>/с и с 14,3 до 12,4 мм<sup>2</sup>/с соответственно (см. таблицу 1). Наиболее интенсивное снижение кинематической вязкости при температуре 100 °С у всех ТМ наблюдается после 90 тыс. км пробега. Показано, что после пробега транспортным средством 100 тыс. км кинематическая вязкость при температуре 100 °С в ТМ марки *Castrol Transmax Dell III 80W-90* снижается до 5,7 мм<sup>2</sup>/с (на 1,5 мм<sup>2</sup>/с), а при использовании ТМ «марок Лукойл ТМ-5 75W-90» и *Gazpromneft 80W-90* — до 14,6 (на 1,1 мм<sup>2</sup>/с) и до 13,2 мм<sup>2</sup>/с (на 0,9 мм<sup>2</sup>/с) соответственно.

Т а б л и ц а 1. — Результаты изменения кинематической вязкости при температуре 100 °С различных зарубежных полусинтетических ТМ

Пробег автобуса модели МАЗ-226, тыс. км	Кинематическая вязкость при температуре 100 °С в исследуемых синтетических ТМ, мм <sup>2</sup> /с		
	Castrol Transmax Dell III 80W-90	Лукойл ТМ-5 75W-90	Gazpromneft 80W-90
Исходное значение	7,2	16,1	14,3
80	7,0	15,7	14,1
90	6,6	15,3	13,7
100	5,7	14,6	13,2
110	5,1	14,0	12,4

В результате проведенных экспериментов установлено, что после 100 тыс. км пробега кинематическая вязкость при температуре 100 °С во всех исследуемых полусинтетических ТМ снизилась в пределах от 11,5 (Gazpromneft 80W-90) до 29,2 % (Castrol Transmax Dell III 80W-90). Данное изменение кинематической вязкости при температуре 100 °С свидетельствует о том, что не все исследуемые ТМ обладают высокими эксплуатационными свойствами по вышеуказанному показателю. В соответствии с данными научной работы [2] ТМ следует заменить при изменении исследуемого показателя более чем на 20 % от исходного значения, что, как правило, наблюдается по истечении установленного нормативной документацией срока замены ТМ.

Проведенные исследования показали (таблица 2), что температура вспышки в открытом тигле во всех исследуемых образцах полусинтетических ТМ с увеличением пробега уменьшается, что также является следствием естественного «старения» трансмиссионного масла. Следует отметить, что изначально полусинтетическое ТМ марки Gazpromneft 80W-90 имеет более высокую температуру вспышки в открытом тигле (230 °С), что на 14—18 °С превышает исходное значение температуры вспышки в открытом тигле ТМ марок Castrol Transmax Dell III 80W-90 (216 °С) и «Лукойл ТМ-5 75W-90» (212 °С).

Т а б л и ц а 2. — Результаты изменения температуры вспышки в открытом тигле в исследуемых зарубежных полусинтетических ТМ

Пробег автобуса модели МАЗ-226, тыс. км	Температура вспышки в открытом тигле в исследуемых синтетических ТМ, °С		
	Castrol Transmax Dell III 80W-90	Лукойл ТМ-5 75W-90	Gazpromneft 80W-90
Исходное значение	216	212	230
80	215	211	229
90	213	210	227
100	210	208	224
110	206	206	221

При использовании ТМ марки Castrol Transmax Dell III 80W-90 при пробеге автобуса модели МАЗ-226 110 тыс. км температура вспышки в открытом тигле снижается с 216 до 206 °С, а для ТМ марок «Лукойл ТМ-5 75W-90» и Gazpromneft 80W-90 при аналогичном значении пробега транспортного средства температура вспышки в открытом тигле снижается до 206 и 221 °С соответственно. Наиболее интенсивное снижение значения температуры вспышки в открытом тигле у всех исследуемых ТМ наблюдается после 90 тыс. км пробега. Показано (см. таблицу 2), что после пробега транспортным средством 100 тыс. км температура вспышки в открытом тигле в ТМ марки Castrol Transmax Dell III 80W-90 снизилась до 210 °С (на 6 °С), при использовании ТМ марок «Лукойл ТМ-5 75W-90» и Gazpromneft 80W-90 — до 208 (на 4 °С) и 224 °С (на 6 °С) соответственно.

В результате проведенных экспериментов установлено, что при пробеге автобуса модели МАЗ-226 100 тыс. км значение температуры вспышки в открытом тигле в исследуемых полусинтетических ТМ в сопоставлении с исходным значением снизилось на величину в пределах от 1,9 (Лукойл ТМ-5 75W-90) до 2,8 % (Castrol Transmax Dell III 80W-90). Данное изменение температуры вспышки в открытом тигле свидетельствует о том, что все исследуемые ТМ обладают достаточно высокой температурой вспышки в открытом тигле. В научных работах [2; 3] указано, что ТМ следует заменить при изменении температуры вспышки в открытом тигле более чем на 20 % от исходного значения, что наблюдается по истечении установленного нормативной документацией срока замены ТМ.

**Заключение.** По результатам исследования установлено, что лучший показатель по изменению кинематической вязкости при температуре 100 °С и температуры вспышки в открытом тигле при пробеге автобуса модели MA3-226 110 тыс. км наблюдается в полусинтетических ТМ марок «Лукойл ТМ-5 75W-90» и Gazpromneft 80W-90. Следовательно, использование полусинтетических ТМ марок «Лукойл ТМ-5 75W-90» и Gazpromneft 80W-90 позволит увеличить надежность и работоспособность основных узлов трансмиссии автобусов модели MA3-226.

#### Список цитируемых источников

1. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости : учеб. пособие / В. В. Остриков, С. А. Нагорнов, О. А. Клейменов [и др.]. — Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. — 304 с.
2. Методы контроля и результаты исследования состояния трансмиссионных и моторных масел при их окислении и триботехнических испытаниях : монография / В. И. Верещагин, В. С. Янович, Б. И. Ковальский [и др.]. — Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2017. — 208 с.
3. Селезнев, М. В. Динамика изменения кинематической вязкости трансмиссионного масла в среднем мосту автомобилей КамАЗ / М. В. Селезнев // Проблемы научной мысли. — 2017. — Т. 1, № 10. — С. 69—74.
4. Пивоварчик, А. А. Исследование температурно-вязкостных показателей полусинтетических моторных масел, используемых в дизельных двигателях механических транспортных средств / А. А. Пивоварчик, А. И. Сергей // Веснік Гродзенскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя Я. Купалы. Серыя 6, Тэхніка. — 2019. — Т. 9, № 1. — С. 78—87.
5. 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 // Вестник БарГУ. Серия «Технические науки». — 2021. — № 1 (9). — С. 70—76.
6. 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 // Вестник БарГУ. Серия «Технические науки». — 2021. — № 1 (9). — С. 77—84.
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 // Веснік Гродзенскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя Я. Купалы. Серыя 6, Тэхніка. — 2021. — Т. 11, № 2. — С. 21—27.

Поступила в редакцию 28.03.2024.