

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,  
**Н. С. Рабцевич**<sup>3</sup>

<sup>1,3</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) 222 59 33, AndrejGavrilienya@mail.ru

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ СИНТЕТИЧЕСКИХ ТРАНСМИССИОННЫХ МАСЕЛ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОБУСОВ

Целью настоящей работы является исследование кинематической вязкости и температуры вспышки в открытом тигле синтетических трансмиссионных масел при увеличении пробега автобусов модели MAZ-215.

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

Введение содержит краткую информацию по требованиям, предъявляемым к кинематической вязкости и температуре вспышки в открытом тигле синтетических трансмиссионных масел, используемых в автобусах модели MAZ-215.

В основной части описана методика проведения исследований по определению изменения кинематической вязкости при температуре 100 °С и температуры вспышки в открытом тигле трансмиссионных масел в зависимости от величины пробега транспортного средства. Установлено, что минимальное снижение кинематической вязкости при температуре 100 °С после пробега транспортным средством 195 тыс. км наблюдается при использовании синтетического трансмиссионного масла марки Liqui Moly Vollsynthetisches Getriebeoil SAE 75W-90. Также установлено, что синтетические трансмиссионные масла марок Castrol Syntrans Multivehicle SAE 75W-90 и Liqui Moly Vollsynthetisches Getriebeoil SAE 75W-90 вследствие высоких эксплуатационных свойств могут быть применены в качестве трансмиссионных масел для автобусов модели MAZ-215.

Результаты исследований будут полезны инженерам-механикам при выборе марок синтетических трансмиссионных масел 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.

**А. А. Pivovarchyk**<sup>1</sup>, PhD in Technical Sciences, Associate Professor,  
**А. К. Haurylenia**<sup>2</sup>, PhD in Technical Sciences, Associate Professor,  
**N. S. Rabtsevich**<sup>3</sup>

<sup>1,3</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) 222 59 33, AndrejGavrilienya@mail.ru

## STUDY OF THE SYNTHETIC GEAR OILS PERFORMANCE PROPERTIES DURING BUS OPERATION

The purpose of this work is to study the kinematic viscosity and flash point in an open crucible of synthetic transmission oils with an increase in the MAZ-215 buses mileage.

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

The introduction contains brief information on the requirements for kinematic viscosity and flash point in an open crucible of synthetic transmission oils used in MAZ-215 model buses.

The main part describes the methodology for conducting research to determine changes in kinematic viscosity at a temperature of 100 °C and flash point in an open crucible of transmission oils, depending on the vehicle mileage. It has been found that a minimal decrease in kinematic viscosity at a temperature of 100 °C after a vehicle mileage of 195 thousand km is observed when using synthetic transmission oil brand Liqui Moly Vollsynthetisches Getriebeoil SAE 75W-90. It has also been established that synthetic transmission oils of Castrol Syntrans Multivehicle SAE 75W-90 and Liqui Moly Vollsynthetisches Getriebeoil SAE 75W-90 brands can be used as transmission oils for MAZ-215 buses due to their high performance properties.

The results of the research will be useful to mechanical engineers when choosing brands of synthetic transmission oils in order to increase the reliability and operability of the main buses transmission components.

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

Table 2. Ref.: 7 titles.

**Введение.** В настоящее время на внутреннем рынке Республики Беларусь в продаже имеются различные марки трансмиссионных масел (далее — ТМ), необходимых для технической эксплуатации и обслуживания транспортных средств различных категорий. Так, присутствует более 20 зарубежных производителей ТМ. Наиболее известными являются ТМ марок Mannol Extra Getriebeoil (Германия), Motul ATF VI (Франция), Lukoil (Россия), G-Energy G-Box ATF DX III (Италия) и др. Следует отметить, что выбор потребителями ТМ основывается на информации, указываемой производителем, которая, как правило, носит рекламный характер, а также на стоимости продукции, ее доступности, возможности централизованной закупки. Важным обстоятельством является и то, что владелец нового транспортного средства при выборе марки ТМ вынужден придерживаться рекомендаций завода-изготовителя, так как в ином случае транспортное средство будет снято с гарантийного обслуживания. В связи с этим представляют интерес и являются весьма актуальными результаты исследований эксплуатационных свойств ТМ в процессе эксплуатации конкретных моделей транспортных средств.

Известно, что к числу основных эксплуатационных свойств ТМ относятся кинематическая вязкость при температурах 100 и 40 °C, а также температура вспышки ТМ в открытом тигле. В свою очередь авторы [1—3] 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, именуемой граничным слоем. Смазывающая способность ТМ возрастает по мере увеличения кинематической вязкости масла. Также из работы [1] известно, что величина температуры вспышки ТМ в открытом тигле должна быть как можно выше и максимально длительный срок сохранять свое первоначальное значение. Согласно [1—3], температура вспышки в открытом тигле ТМ должна быть более 175 °C и, как правило, находиться в пределах от 180 до 230 °C, реже — немногим более 230 °C.

Целью данной работы является определение изменения кинематической вязкости и температуры вспышки синтетических ТМ при эксплуатации автобусов модели MAZ-215.

**Материалы и методы исследования.** Экспериментальное исследование синтетических ТМ марок ZF Ecofluid X SAE 80W-90, Castrol Syntrans Multivehicle SAE 75W-90 и Liqui Moly Vollsynthetisches Getriebeoil SAE 75W-90 проводили в целях установления зависимости эксплуатационных свойств указанных масел от величины пробега автобусов модели MAZ-215, оборудованных дизельным двигателем внутреннего сгорания модели Daimler OM 926LA и трансмиссией ZF 6HP 604C. Отбор проб ТМ проводили в автобусах, пробег которых равен 150, 165, 180 и 195 тыс. км. Методика проведения исследований по определению кинематической вязкости при температуре 100 °C с точки зрения порядка отбора проб ТМ для проведения экспериментов представлена в научных работах [4—7]. Кинематическую вязкость при температуре 100 °C для выбранных ТМ определяли по ГОСТ 22 «Нефтепродукты. Прозрачные и непрозрачные жидкости. Определение кинематической

вязкости и расчет динамической вязкости». Температуру вспышки в открытом тигле при исследовании ТМ определяли в соответствии с требованиями ГОСТ 4333 «Нефтепродукты. Методы определения температур вспышки и воспламенения в открытом тигле».

Рекомендуемый срок замены исследуемых ТМ, согласно данным, изложенным в инструкции по эксплуатации для автобусов марки МА3-215, при осуществлении городских пассажирских перевозок составляет 3 года (180 тыс. км пробега). Следует отметить, что в руководстве по эксплуатации рекомендуется использовать определенное синтетическое ТМ — ZF Ecofluid X SAE 80W-90. При этом категорически запрещено доливание и смешивание с другими маслами.

В таблицах 1 и 2 представлены результаты экспериментального исследования, целью которого являлось определение изменения кинематической вязкости при температуре 100 °С и температуры вспышки в открытом тигле исследуемых ТМ в процессе эксплуатации автобусов модели МА3-215 с дизельным двигателем, оборудованных трансмиссией ZF 6HP 604С, в зависимости от величины пробега транспортного средства.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Экспериментально подтверждено, что кинематическая вязкость при температуре 100 °С во всех исследуемых образцах синтетических ТМ при увеличении пробега автобуса модели МА3-215 уменьшается, что происходит ввиду естественного «старения» ТМ. Показано, что изначально ТМ марки Castrol Syntrans Multivehicle SAE 75W-90 при температуре 100 °С имеет более высокую кинематическую вязкость (15,09 мм<sup>2</sup>/с), а масла марок Liqui Moly Vollsynthetisches Getriebeoil SAE 75W-90 и ZF Ecofluid X SAE 80W-90 — 14,3 и 9,3 мм<sup>2</sup>/с соответственно (см. таблицу 1).

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

Пробег автобуса, тыс. км	Кинематическая вязкость при температуре 100 °С, мм <sup>2</sup> /с		
	Castrol Syntrans Multivehicle SAE 75W-90	Liqui Moly Vollsynthetisches Getriebeoil SAE 75W-90	ZF Ecofluid X SAE 80W-90
Исходное значение	15,09	14,30	9,30
150	14,20	13,50	8,90
165	13,60	13,10	8,10
180	12,10	12,40	7,60
195	10,70	11,30	6,70

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

Пробег автобуса, тыс. км	Температура вспышки в открытом тигле, °С		
	Castrol Syntrans Multivehicle SAE 75W-90	Liqui Moly Vollsynthetisches Getriebeoil SAE 75W-90	ZF Ecofluid X SAE 80W-90
Исходное значение	190	190	240
150	185	187	235
165	178	182	229
180	172	175	220
195	167	169	208

Установлено, что при использовании ТМ марки Castrol Syntrans Multivehicle SAE 75W-90 при пробеге автобуса 195 тыс. км кинематическая вязкость при температуре 100 °С снижается до 10,7 мм<sup>2</sup>/с (на 29,1 %), при использовании ТМ марок Liqui Moly Vollsynthetisches Getriebeoil SAE 75W-90 и ZF Ecofluid X SAE 80W-90 при аналогичном пробеге транспортного средства кинематическая вязкость снижается до 11,3 (21,0 %) и 6,7 мм<sup>2</sup>/с (28,0 %) соответственно. Наиболее интенсивное снижение кинематической вязкости исследуемых масел при температуре 100 °С наблюдается после 180 тыс. км пробега. Показано, что при пробеге транспортным средством 180 тыс. км кинематическая вязкость при температуре 100 °С ТМ марки Castrol Syntrans Multivehicle SAE 75W-90 снижается до 12,1 мм<sup>2</sup>/с (на 2,99 мм<sup>2</sup>/с), а ТМ марок Liqui Moly Vollsynthetisches Getriebeoil SAE 75W-90 и ZF Ecofluid X SAE 80W-90 до 12,4 мм<sup>2</sup>/с (на 1,9 мм<sup>2</sup>/с) и 7,6 мм<sup>2</sup>/с (1,7 мм<sup>2</sup>/с) соответственно.

В результате проведенного исследования установлено, что при пробеге 180 тыс. км значение кинематической вязкости при температуре 100 °С во всех исследуемых синтетических ТМ снизилось на величину в пределах от 13,3 до 19,8 %. Данное изменение кинематической вязкости при температуре 100 °С свидетельствует о том, что данные ТМ обладают высокими эксплуатационными свойствами по исследуемому показателю. В работе [2] рекомендуется замена ТМ при изменении кинематической вязкости при температуре 100 °С более чем на 20 % от исходного значения, что наблюдается по истечении установленного нормативной документацией срока замены ТМ. Минимальное допустимое значение кинематической вязкости при 100 °С для ТМ составляет 5,0 мм<sup>2</sup>/с [1].

Экспериментально установлено, что температура вспышки в открытом тигле во всех исследуемых образцах синтетических ТМ с увеличением пробега автобуса модели МА3-215 снижается (см. таблицу 2). Показано, что изначально ТМ марки ZF Ecofluid X SAE 80W-90 в сравнении с другими исследуемыми синтетическими ТМ имеет более высокую температуру вспышки (240 °С).

Так, при пробеге автобуса модели МА3-215 195 тыс. км температура вспышки в открытом тигле ТМ марки Castrol Syntrans Multivehicle SAE 75W-90 снижается до 167 °С (12,1 %), при использовании ТМ марок Liqui Moly Vollsynthetisches Getriebeoil SAE 75W-90 и ZF Ecofluid X SAE 80W-90 — до 169 °С (11,1 %) и 208 °С (13,3 %) соответственно. Наиболее интенсивное снижение значения температуры вспышки в открытом тигле у всех масел наблюдается после 180 тыс. км пробега. Экспериментальные данные, представленные в таблице 2, показывают, что после пробега транспортным средством 180 тыс. км температура вспышки в открытом тигле в исследуемом образце ТМ марки Castrol Syntrans Multivehicle SAE 75W-90 снижается до 172 °С (18 °С), ТМ марок Liqui Moly Vollsynthetisches Getriebeoil SAE 75W-90 и ZF Ecofluid X SAE 80W-90 — до 175 (15 °С) и 220 °С (20 °С) соответственно.

Согласно рекомендациям, изложенным в литературных источниках [1; 2], ТМ следует заменить при изменении температуры вспышки в открытом тигле более чем на 20 % от первоначального значения. В результате проведенных экспериментов установлено, что после 195 тыс. км пробега температура вспышки в открытом тигле во всех исследуемых синтетических ТМ снизилась на величину от 11,1 до 13,3 %. Таким образом, незначительное изменение температуры вспышки в открытом тигле свидетельствует о том, что исследуемые ТМ обладают высокими эксплуатационными свойствами по данному показателю.

По результатам проведенного исследования можно утверждать, что минимальное снижение температуры вспышки в открытом тигле при пробеге транспортным средством 195 тыс. км наблюдается при использовании синтетического ТМ марки Liqui Moly Vollsynthetisches Getriebeoil SAE 75W-90.

**Заключение.** Экспериментально установлено, что кинематическая вязкость при температуре 100 °С и температура вспышки в открытом тигле синтетических ТМ марок Castrol Syntrans Multivehicle SAE 75W-90, Liqui Moly Vollsynthetisches Getriebeoil SAE 75W-90 и ZF

Ecofluid X SAE 80W-90 при использовании в автобусах MA3-215, оборудованных трансмиссией ZF 6HP 604C, при пробеге 195 тыс. км снижаются в допустимых пределах. При этом менее интенсивное снижение исследуемых эксплуатационных свойств наблюдается у синтетического ТМ марки Liqui Moly Vollsynthetisches Getriebeoil SAE 75W-90.

#### Список цитированных источников

1. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости : учеб. пособие / В. В. Остриков [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 [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 науч. 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 // Весн. Гродз. дзярж. ун-та імя Я. Купалы. Сер. 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 // Вестн. БарГУ. Сер. «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 // Вестн. БарГУ. Сер. «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 // Весн. ГрДУ імя Я. Купалы. Сер. 6, Тэхніка. — 2021. — Т. 11, № 2. — С. 21—27.

Поступила в редакцию 05.09.2023.