

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА/OPERATION OF ROAD TRANSPORT**DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.166.80> EDN: NPRIES**ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ОТРАБОТАВШЕГО МОТОРНОГО МАСЛА АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПРИ ЗАМЕНЕ ЕГО ПО ФИКСИРОВАННОМУ РЕГЛАМЕНТУ**

Научная статья

Павлюков Г.В.¹, Кривцов С.Н.^{2,*}, Кривцова Т.И.³, Чубов А.А.⁴, Иванов А.М.⁵² ORCID : 0000-0003-0462-8455;³ ORCID : 0000-0001-9425-2062;⁴ ORCID : 0009-0007-7649-8887;^{1, 2, 3, 4} Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Российская Федерация⁵ Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, Якутск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (krivcov_sergei[at]mail.ru)

Аннотация

Целью исследования являлось выявление закономерностей изменения физико-химических показателей моторного масла к установленному межсервисному интервалу, а также оценка влияния технического состояния двигателей на эти параметры.

Эксперименты проводились на парке из 32 междугородних автобусов с двигателями Cummins. Пробы моторного масла отбирались после пробега в 15 тыс. км (скорректированный интервал замены). Лабораторный анализ включал определение кинематической вязкости при 40°C и 100°C, плотности и температуры вспышки в соответствии со стандартными методами (ГОСТ 33-82, 3900-85, 1421-53).

Установлено, что к моменту замены моторного масла, его кинематическая вязкость в большинстве случаев имеет тенденцию к снижению, что объясняется деградацией загущающих присадок. Изменения плотности оказались незначительными и разнонаправленными, что делает данный параметр малопригодным для однозначной оценки состояния масла без дополнительного анализа. Наиболее информативным параметром выступила температура вспышки: у части проб было зафиксировано её резкое снижение (в 3 и более раз), что прямо указывает на разжижение масла топливом или попадание в него антифриза, что коррелирует с большими пробегами отдельных автобусов без капитального ремонта ДВС и свидетельствует об износе цилиндропоршневой группы или старении уплотнений топливной аппаратуры.

Проведённое исследование демонстрирует, что при одинаковом фиксированном интервале замены, фактические свойства отработанного масла существенно изменяются в зависимости от индивидуального технического состояния каждого двигателя. Стандартный регламент замены не всегда обеспечивает оптимальный режим обслуживания, так как не учитывает реальную степень деградации масла и скрытые дефекты силового агрегата. Полученные данные обосновывают целесообразность внедрения инструментального контроля ключевых параметров отработанного масла для перехода от планово-предупредительной системы обслуживания к системе по фактическому состоянию, что позволит повысить надёжность двигателей и оптимизировать эксплуатационные затраты.

Ключевые слова: моторное масло, двигатель внутреннего сгорания, эксплуатационные свойства, вязкость масла, температура вспышки, плотность масла, техническое обслуживание, техническое состояние двигателя, пробег, автобус, Cummins.

PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF USED MOTOR OIL IN MOTOR VEHICLES WHEN REPLACED IN ACCORDANCE WITH A FIXED PROCEDURE

Research article

Pavlyukov G.V.¹, Krivtsov S.N.^{2,*}, Krivtsova T.I.³, Chubov A.A.⁴, Ivanov A.M.⁵² ORCID : 0000-0003-0462-8455;³ ORCID : 0000-0001-9425-2062;⁴ ORCID : 0009-0007-7649-8887;^{1, 2, 3, 4} Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation⁵ Northeastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk, Russian Federation

* Corresponding author (krivcov_sergei[at]mail.ru)

Abstract

The aim of the study was to identify patterns in changes to the physical and chemical properties of motor oil over the specified service interval, as well as to evaluate the impact of the technical condition of the engines on these parameters.

The experiments were carried out on a pool of 32 intercity buses fitted with Cummins engines. Motor oil samples were taken after 15,000 km of operation (adjusted oil change interval). Laboratory analysis included the determination of kinematic viscosity at 40°C and 100°C, density and flash point in accordance with standard methods (GOST 33-82, 3900-85, 1421-53).

It has been established that, by the time the engine oil is changed, its kinematic viscosity tends to decrease in most cases, which is attributed to the degradation of thickening additives. Changes in density proved to be insignificant and varied, making this parameter unsuitable for an unambiguous evaluation of the condition of the oil without further analysis. The most informative parameter was the flash point: in some samples, a sharp decrease (by a factor of 3 or more) was recorded, which

directly indicates the dilution of the oil with fuel or the ingress of antifreeze, correlating with the high mileage of some buses without major engine overhauls and indicating wear of the cylinder-piston group or aging of the fuel injection equipment.

The research shows that, even with a fixed oil change interval, the actual properties of used oil vary significantly depending on the individual technical condition of each engine. Standard oil change schedules do not always ensure optimal maintenance, as they do not take into account the actual degree of oil degradation or hidden defects in the power unit. The obtained data substantiate the feasibility of introducing instrumental monitoring of key parameters of used oil to transition from a scheduled preventive maintenance system to a condition-based system, which will improve engine reliability and optimise operating costs.

Keywords: motor oil, internal combustion engine, performance characteristics, oil viscosity, flash point, oil density, maintenance, engine condition, mileage, bus, Cummins.

Введение

Автомобильный транспорт играет ключевую роль в экономике любого государства, обеспечивая мобильность населения и перемещение грузов. И пока еще главной силовой установкой автомобилей и автобусов коммерческого сегмента остается двигатель внутреннего сгорания. Одним из важнейших факторов, влияющих на эффективность эксплуатации автотранспорта, является качество моторного масла. Свойства моторных масел влияют, прежде всего, на надежность двигателя, пусковые свойства, затраты на эксплуатацию и т.д. [1], [2], [3].

Каким бы качественным ни было моторное масло, оно в процессе эксплуатации подвержено старению, деградации, и, в конечном счете, нуждается в замене [4], [5]. Это происходит потому, что в процессе эксплуатации с увеличением наработки (пробега) изменяются физико-механические свойства масла, такие как вязкость, плотность, температура вспышки [6], [7], смазывающие свойства [8], [9], щелочное и кислотное числа и др. [10], [11]. Операция по замене масла входит в перечень операций по техническому обслуживанию и выполняется по определенному регламенту [12]. Как показали многочисленные исследования [12], [13], [14], производители автомобильной техники зачастую указывают неоптимальные интервалы смены моторных масел, поскольку условия эксплуатации порой различаются весьма значительно. В связи с этим, логичным мероприятием является корректировка нормативов периодичности в зависимости от условий эксплуатации, как правило, в сторону сокращения [12]. С одной стороны, это повышает затраты на эксплуатацию, а с другой стороны, является вынужденной мерой по обеспечению требуемого уровня работоспособности. При этом остается также актуальным вопрос, как о классификации условий эксплуатации, так и о замене масла по фактическому состоянию. Выполненные работы по исследованию изменения параметров моторных масел, как правило, ограничиваются наблюдением за единичными транспортными средствами или очень небольшими группами. В связи с этим проведение исследования, направленного на выявление закономерностей изменения физико-механических свойств масел у большой группы автотранспортных средств при замене их по фиксированной периодичности является актуальным и обладает научной новизной.

В работе поставлены следующие задачи:

1. Выполнить отбор проб отработавшего масла и исследовать их физико-механические свойства у парка однотипных автотранспортных средств при фиксированном межсервисном интервале;
2. Выполнить анализ эксплуатационных свойств моторных масел и оценить их разброс при фиксированном межсервисном пробеге.

Материалы и методы

Эксперименты проводились в условиях автотранспортного предприятия ООО «Автоколонна 1880» города Иркутска, занимающейся перевозкой пассажиров по междугородным маршрутам. В качестве объектов для наблюдения выбраны междугородные автобусы GOLDEN DRAGON, YUTONG и HIGER в количестве 32 единиц. Выбор их обусловлен тем, что они имеют сходную силовую установку Cummins, а также одинаковый регламент замены масла. Эти транспортные средства приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Автобусный парк предприятия ООО «Автоколонна 1880»

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.166.80.1>

№	Бортовой номер	Модель	Год выпуска	Общий пробег, км	Пробег после капитального ремонта, км
1	100	GOLDEN DRAGON XML 6126	2017	946 650	-
2	101	GOLDEN DRAGON XML 6126	2017	1 200 768	100 768
3	102	GOLDEN DRAGON XML 6126	2017	1 326 786	376 786
4	103	GOLDEN DRAGON XML	2017	1 276 423	-



№	Бортовой номер	Модель	Год выпуска	Общий пробег, км	Пробег после капитального ремонта, км
		6126			
5	105	GOLDEN DRAGON XML 6126	2017	1 373 948	-
6	107	GOLDEN DRAGON XML 6126	2017	1 342 764	-
7	108	GOLDEN DRAGON XML 6126	2017	1 165 863	-
8	109	GOLDEN DRAGON XML 6126	2017	1 052 445	-
9	111	HIGER KLQ6128LQ	2023	173 142	-
10	112	HIGER KLQ6128LQ	2023	170 866	-
11	114	GOLDEN DRAGON XML 6126	2020	817 358	-
12	116	GOLDEN DRAGON XML 6126	2020	863 301	-
13	117	GOLDEN DRAGON XML 6126	2020	844 743	-
14	118	GOLDEN DRAGON XML 6126	2018	862 943	100 000
15	119	GOLDEN DRAGON XML 6127	2019	507 009	-
16	120	YUTONG ZK6122H	2023	373 016	-
17	121	YUTONG ZK6122H	2023	351 898	-
18	122	YUTONG ZK6938HB9	2023	241 794	-
19	123	YUTONG ZK6938HB9	2023	217 971	-
20	124	YUTONG ZK6938HB9	2023	316 487	-
21	125	YUTONG ZK6938HB9	2023	249 997	-
22	126	YUTONG ZK6938HB9	2023	227 652	-
23	131	GOLDEN DRAGON XML 6126	2017	669 349	-
24	701	GOLDEN DRAGON XML 6127	2013	1 883 430	-
25	702	GOLDEN DRAGON XML 6127	2013	1 874 000	-

№	Бортовой номер	Модель	Год выпуска	Общий пробег, км	Пробег после капитального ремонта, км
26	703	GOLDEN DRAGON XML 6127	2013	1 696 000	596 000
27	704	GOLDEN DRAGON XML 6127	2013	1 499 000	299 000
28	706	GOLDEN DRAGON XML 6127	2013	1 722 000	300 000
29	709	GOLDEN DRAGON XML 6127	2013	1 513 000	413 000
30	712	GOLDEN DRAGON XML 6127	2013	1 644 000	544 000
31	717	GOLDEN DRAGON XML 6127	2013	1 506 000	450 000
32	719	GOLDEN DRAGON XML 6127	2013	1 615 826	55 000

Периодичность замены масла скорректирована в сторону уменьшения от интервала, рекомендованного заводом — изготовителем автобусов и составляет 15 тыс. км. пробега на основании опыта предприятия. Для указанных автобусов на автотранспортном предприятии используется моторное масло PETRO-CANADA Heavy Duty Engine Oil 15W-40 API: CI-4 Plus, CI-4, CH-4, SL, ACEA: E7.

Пробы масел отбирались при проведении очередного технического обслуживания на 15 тыс. км. пробега в количестве 250 мл от каждого автобуса. Измерялись следующие свойства: плотность, вязкость при 40 и 100 °С, а также температура вспышки в закрытом тигле по методикам, указанным в таблице 2.

Таблица 2 - Методики, применяемые при экспериментальных исследованиях образцов отработанного моторного масла

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.166.80.2>

№, п/п	Параметр	Оборудование	ГОСТ
1	Вязкость	Вискозиметр капиллярный ВПЖ-2, термостат, нагревательный прибор, секундомер, термометр, образец масла	ГОСТ 33-82
2	Плотность	Ареометр, термометр, стеклянный цилиндр, образец масла	ГОСТ 3900-85
3	Температура вспышки	Прибор для определения температуры вспышки — ПВНЗ, термометр, образец масла	ГОСТ 1421-53
4	Метод бумажной хроматографии	Фотометр фотоэлектрический КФК-3, беззольный бумажный фильтр, образец масла	ГОСТ 2917-76

Результаты и обсуждение

На первом этапе было проверено соответствие заявленных характеристик фактическим данным. Результаты отображены в таблице 3.

Таблица 3 - Характеристики эксплуатационных свойств нового моторного масла

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.166.80.3>

Характеристика	Заявленная	Эксперимент
Кинематическая вязкость при 40 °С, сСт	115,3	110,19
Кинематическая вязкость при 100 °С, сСт	15,37	14,59
Плотность при 15 °С, кг/м ³	863	884
Температура вспышки, °С	231 (в открытом тигле)	240 (в закрытом тигле)

Анализ данных, представленных в таблице 3, позволяет сделать заключение о соответствии фактических показателей заявленным. На втором этапе производились измерения параметров моторных масел, отработавших на указанных в таблице 1 автобусах 15 тыс. км. пробега. Результаты представлены на рис. 1–4 и сведены в таблицу 4.

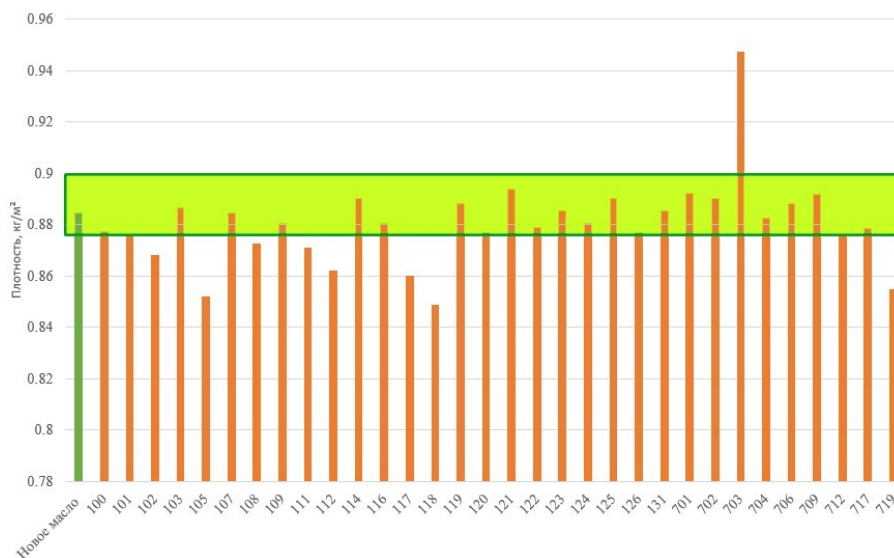


Рисунок 1 - Результаты исследования плотности образцов

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.166.80.4>

Примечание: в качестве абсцисс указаны бортовые номера автобусов на предприятии

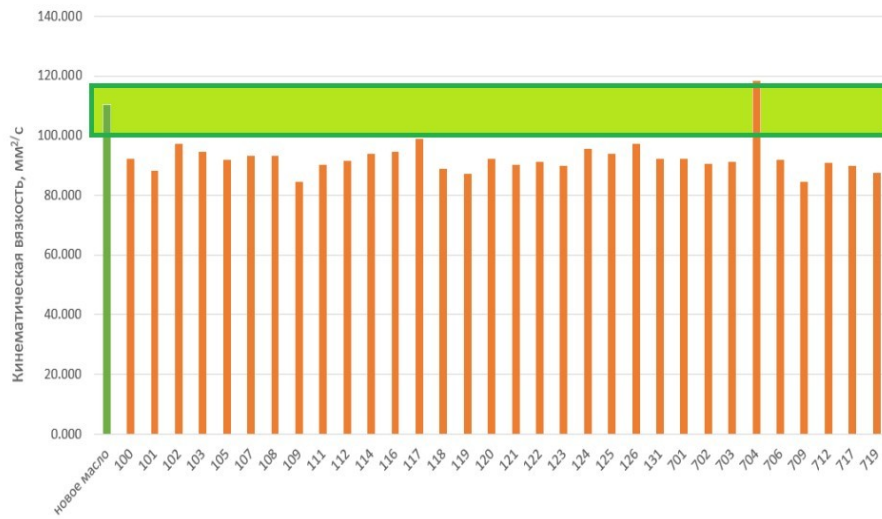


Рисунок 2 - Результаты исследования вязкости при 40 °С
 DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.166.80.5>

Примечание: в качестве оси абсцисс указаны бортовые номера автобусов на предприятии

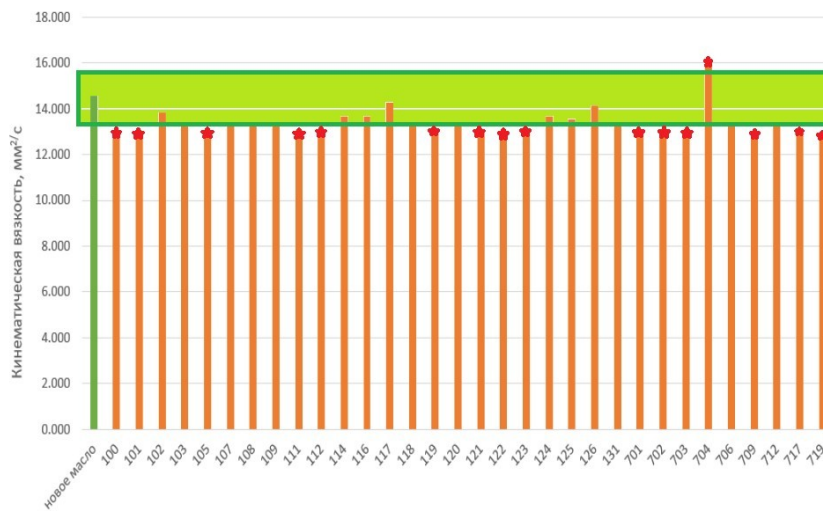


Рисунок 3 - Результаты исследования вязкости при 100 °С
 DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.166.80.6>

Примечание: в качестве оси абсцисс указаны бортовые номера автобусов на предприятии

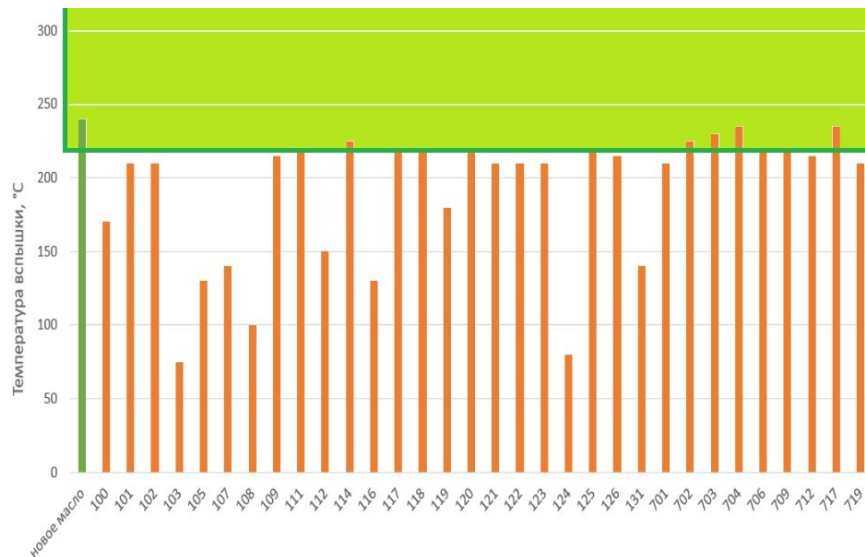


Рисунок 4 - Результаты исследования температуры вспышки образцов
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.166.80.7>

Примечание: в качестве оси абсцисс указаны бортовые номера автобусов на предприятии

Анализ данных, представленных на рисунке 1 и табл. 4 позволяет заключить, что плотность отработавшего моторного масла к указанному интервалу может, как увеличиваться, так и уменьшаться. Но пределы изменения, за исключением образца масла с бортовым номером № 703 отличаются незначительно. Но при этом, увеличение плотности в данных случаях, как правило, связано с наличием примесей в виде нагара, сажи и других механических загрязнений. Сам по себе параметр плотности без детального анализа причин, вызывающих его изменение недостаточно информативен.

Таблица 4 - Статистические параметры отработанного моторного масла

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.166.80.8>

Параметр	Плотность	Вязкость при 40 градусах Цельсия	Температура вспышки
Среднее	0,880417	92,51853	190,625
Стандартная ошибка	0,003026	1,013172	8,205249
Медиана	0,880657	91,93	210
Мода	0,890522	92,386	210
Стандартное отклонение	0,017118	5,731364	46,4159
Дисперсия выборки	0,000293	32,84854	2154,435
Эксцесс	7,09823	12,98739	0,560101
Асимметричность	1,543359	2,930948	-1,32034
Интервал	0,09864	33,733	160
Минимум	0,848939	84,484	75
Максимум	0,947579	118,217	235
Сумма	28,17333	2960.593	6100
Наибольший(1)	0,947579	118,217	235
Наименьший(1)	0,848939	84,484	75
Уровень надежности (95,0%)	0,006172	2,066377	16,73472

Числовые значения вязкости отработавших моторных масел качественно повторяют друг друга, как при 40 °С, так и при 100 °С, поэтому, на наш взгляд, достаточно измерения вязкости при одной температуре. Выполненный анализ позволил сделать вывод о тенденции уменьшения вязкости моторных масел к пробегу 15 тыс. км практически для всех рассматриваемых образцов. Это подтверждает в целом проведенные ранее исследования [4], [5], [6], [7] и объясняется срабатыванием и разложением присадок-загустителей. Случай повышения вязкости единичен и связан по данным



предприятия с эксплуатацией в условиях повышенной запыленности по дорогам с грунтовым покрытием. Двигатель данного автобуса подвергался капитальному ремонту 4 раза.

Особый интерес представляет анализ данных представленных на рис. 4 по температуре вспышки моторного масла. Значительная доля публикаций, посвященных ее изменению от наработки (пробега), не выявила сколько-нибудь значимых изменений [1], [11], [13]. Наши исследования показывают, что у некоторых проб отработавших масел наблюдаются существенные отличия (более, чем в три раза), причем данные случаи не единичны и не являются выбросами, а автотранспортные средства при этом продолжают эксплуатироваться. Возможными причинами снижения температуры вспышки является наличие в масле топлива или антифриза. Попадание топлива, как правило, вызвано ухудшением технического состояния цилиндра-поршневой группы, о чем свидетельствуют достаточно большие пробеги автобусов без капитального ремонта. Другой причиной является ухудшение свойств резиновых уплотнительных колец форсунок вследствие длительного воздействия температуры, что провоцирует попадание топлива в масло. Так или иначе, это крайне нежелательное явление, требующие оперативного реагирования, поскольку влияет на угар масла, вероятность прогара поршня [15] и даже ухода дизельного двигателя в «разнос».

Таким образом, проведенные нами исследования позволяют заключить, что сокращение периода замены отработавшего масла является недостаточной мерой по поддержанию работоспособности дизельных двигателей в эксплуатации, в случае, когда техническое состояние двигателя является предельным или близким к нему. В связи с этим необходимо применять комплексный подход, в том числе основанный на применении средств бортового мониторинга параметров моторных и иных масел, указывающих на достижение предельного состояния.

Заключение

1. В результате исследования проб масла, отобранных у однотипного парка автобусов через фиксированный интервал, установлено, что помимо естественной деградации и изменения свойств значительное влияние оказывает индивидуальное техническое состояние двигателей;

2. В зависимости от технического состояния при фиксированном интервале замены плотность топлива может, как оставаться практически неизменной, так и уменьшаться либо увеличиваться в достаточно небольших пределах, что делает этот параметр для оценки малоинформативным без детального анализа причин, вызывающих его изменение;

3. Вязкость отработавших моторных масел с увеличением пробега имеет общую тенденцию к снижению, увеличиваясь однако при эксплуатации двигателей в достаточно тяжелых условиях эксплуатации и повышенной запыленности;

4. Температура вспышки при фиксированном диапазоне может значительно изменяться в сторону уменьшения (разность может достигать три и более раза) при ухудшении технического состояния двигателя, например, при значительном износе цилиндра-поршневой группы, высыханию уплотнительных колец инжекторов, а также вследствие попадания в масло антифриза.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Нестеренко Г.А., Омский государственный технический университет, Омск Российская Федерация
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.166.80.9>

Conflict of Interest

None declared.

Review

Nesterenko G.A., Omsk State Technical University, Omsk Russian Federation
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.166.80.9>

Список литературы / References

1. Григорьев М.А. Качество моторного масла и надежность двигателей / М.А. Григорьев, Б.М. Бунаков, В.А. Долецкий. — Москва: Изд-во стандартов, 1981. — 231 с.
2. Скиндер Н.И. О необходимости систематического контроля качества работающих моторных масел / Н.И. Скиндер, Ю.А. Гурьянов // Химия и технология топлив и масел. — 2003. — № 5. — С. 28–30.
3. Замальдинов М.М. Влияние загрязнения масла на надежность и долговечность двигателя / М.М. Замальдинов, С.А. Яковлев, Д.Е. Молочников [и др.] // Материалы Всероссийской научно-практической конференции: Перспективы развития механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства. — Чебоксары: Чувашская ГСХА, 2019. — С. 421–427.
4. Колода А.В. Анализ физико-химических параметров моторного масла, характеризующих процесс его старения / А.В. Колода, Д.А. Маркин // Вестник науки. — 2025. — Т. 4, № 5 (86). — С. 1584–1594.
5. Ковальский Б.И. Исследование влияния продуктов температурной деструкции на процессы окисления минерального моторного масла / Б.И. Ковальский, Ю.Н. Безбородов, Д.В. Агровиченко [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. — 2014. — № 11-2.
6. Ахметбай Е.Б. Исследования характеристик моторных масел 5W40 и 10W40 / Е.Б. Ахметбай, Н.Б. Жаркенов, А.О. Икишева [и др.] // Эпоха науки. — 2018. — № 16. — С. 159–163. — DOI: 10.24411/2409-3203-2018-11644. — EDN: VRBZLO.
7. Пивоварчик А.А. Исследование кинематической вязкости полусинтетических моторных масел, используемых в дизельных двигателях механических транспортных средств / А.А. Пивоварчик, А.К. Гавриленя, А.И. Сергей // Вестник Барановичского государственного университета. Серия: Технические науки. — 2019. — № 7. — С. 96–101. — EDN: XCMFXD.



8. Алимова З. Факторы, влияющие на ресурс моторных масел, при эксплуатации в условиях высокой запыленности воздуха / З. Алимова, С. Пулатов // Современные тенденции развития транспортной отрасли : Материалы II Международной научно-практической конференции, Нижний Новгород, 20–21 февраля 2025 года. — Нижний Новгород: Приволжский государственный университет путей сообщения, 2025. — С. 231–234. — EDN: SKZKJB.
9. Кривцова Т.И. Изменение смазывающих свойств автомобильных моторных масел в течение межсервисного пробега / Т.И. Кривцова, С.Н. Кривцов // Транспорт Урала. — 2021. — № 4 (71). — С. 84–89.
10. Порядина Д.А. Исследование эксплуатационных свойств моторных масел по результатам контрольного анализа / Д.А. Порядина, С.И. Галев, И.А. Жоров // Вестник Науки и Творчества. — 2024. — № 2 (93). — С. 39–43. — EDN: EJGMEC.
11. Сафаров Ж.А.У. Исследование физико-химических свойств и химического состава отработанных моторных масел / Ж.А.У. Сафаров, Р.Р. Хайитов // Universum: технические науки. — 2021. — № 6-4 (87). — С. 14–19. — DOI: 10.32743/UniTech.2021.87.6.11898. — EDN: SGBGVZ.
12. Золотов В.А. Научно-методические основы прогнозирования периодичности смены моторных масел в двигателях / В.А. Золотов // Трение, износ, смазка. — 2008. — № 3. — С. 71–79.
13. Пивоварчик А.А. 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» / А.А. Пивоварчик, А.К. Гавриленя, А.С. Корольков // Вестник Барановичского государственного университета. Серия: Технические науки. — 2022. — № 2 (12). — С. 47–52. — EDN: WYUJQW.
14. Григоров А.Б. Уточнение сроков смены моторных масел при их эксплуатации в автобусах «Богдан»-А091 и ПАЗ-4234 / А.Б. Григоров, И.С. Наглюк, П.В. Карножицкий // Автомобильный транспорт. — 2008. — № 23. — С. 85–88.
15. Кривцов С.Н. Причины прогара поршней дизельных двигателей, оснащенных аккумуляторной топливopодающей системой / С.Н. Кривцов // Грузовик. — 2024. — № 12. — С. 43–49.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Grigor'ev M.A. Kachestvo motornogo masla i nadezhnost' dvigatelej [Quality of motor oil and engine reliability] / M.A. Grigor'ev, B.M. Bunakov, V.A. Doleckij. — Moscow: Publishing House of Standards, 1981, —231 p. [in Russian]
2. Skinder N.I. O neobходимosti sistematicheskogo kontrolja kachestva rabotajushhih motornyh masel [On the need for systematic quality control of operating motor oils] / N.I. Skinder, Ju.A. Gur'janov // Himija i tehnologija topliv i masel [Chemistry and Technology of Fuels and Oils]. — 2003. — № 5. — P. 28–30. [in Russian]
3. Zamal'dinov M.M. Vlijanie zagriznenija masla na nadezhnost' i dolgovechnost' dvigatelja [Influence of oil contamination on engine reliability and durability] / M.M. Zamal'dinov, S.A. Jakovlev, D.E. Molochnikov [et al.] // Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii: Perspektivy razvitija mehanizacii, jelektifikacii i avtomatizacii sel'skohozjajstvennogo proizvodstva [Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference: Prospects for the Development of Mechanization, Electrification and Automation of Agricultural Production]. — Cheboksary: Chuvashskaja GSHA, 2019. — P. 421–427. [in Russian]
4. Koloda A.V. Analiz fiziko-himicheskikh parametrov motornogo masla, harakterizujushhih process ego starenija [Analysis of physico-chemical parameters of motor oil characterizing the process of its aging] / A.V. Koloda, D.A. Markin // Vestnik nauki [Bulletin of Science]. — 2025. — Vol. 4, № 5 (86). — P. 1584–1594. [in Russian]
5. Koval'skij B.I. Issledovanie vlijanija produktov temperaturnoj destrukcii na processy okislenija mineral'nogo motornogo masla [Study of the influence of thermal degradation products on the oxidation processes of mineral motor oil] / B.I. Koval'skij, Ju.N. Bezborodov, D.V. Agrovichenko [et al.] // Izvestija Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tehnicheskie nauki [Proceedings of Tula State University. Technical Sciences]. — 2014. — № 11-2. [in Russian]
6. Ahmetbaj E.B. Issledovanija harakteristik motornyh masel 5W40 i 10W40 [Study of characteristics of 5W40 and 10W40 motor oils] / E.B. Ahmetbaj, N.B. Zharkenov, A.O. Ikisheva [et al.] // Jepoha nauki [Epoch of Science]. — 2018. — № 16. — P. 159–163. — DOI: 10.24411/2409-3203-2018-11644. — EDN: VRBZLO. [in Russian]
7. Pivovarchik A.A. Issledovanie kinematicheskoi vjazkosti polusinteticheskikh motornyh masel, ispol'zuemyh v dizel'nyh dvigateljah mehanicheskikh transportnyh sredstv [Study of kinematic viscosity of semi-synthetic motor oils used in diesel engines of mechanical vehicles] / A.A. Pivovarchik, A.K. Gavrilenja, A.I. Sergej // Vestnik Baranovichskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Tehnicheskie nauki [Bulletin of Baranovichi State University. Series: Technical Sciences]. — 2019. — № 7. — P. 96–101. — EDN: XCMFXD. [in Russian]
8. Alimova Z. Faktory, vlijajushhie na resurs motornyh masel, pri jekspluatcii v uslovijah vysokoi zapylennosti vozduha [Factors affecting the life of motor oils when operating in conditions of high air dust content] / Z. Alimova, S. Pulatov // Sovremennye tendencii razvitija transportnoj otrasli : Materialy II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Nizhnij Novgorod, 20–21 fevralja 2025 goda [Modern trends in the development of the transport industry : Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference, Nizhny Novgorod, February 20–21, 2025]. — Nizhnij Novgorod: Privolzhskij gosudarstvennyj universitet putej soobshhenija, 2025. — P. 231–234. — EDN: SKZKJB. [in Russian]
9. Krivcova T.I. Izmenenie smazyvajushhih svojstv avtomobil'nyh motornyh masel v techenie mezhservisnogo probega [Change in lubricating properties of automotive motor oils during service interval] / T.I. Krivcova, S.N. Krivcov // Transport Urala [Transport of the Urals]. — 2021. — № 4 (71). — P. 84–89. [in Russian]
10. Porjadina D.A. Issledovanie jekspluatacionnyh svojstv motornyh masel po rezul'tatam kontrol'nogo analiza [Study of operational properties of motor oils based on the results of control analysis] / D.A. Porjadina, S.I. Gaev, I.A. Zhorov // Vestnik Nauki i Tvorchestva [Bulletin of Science and Creativity]. — 2024. — № 2 (93). — P. 39–43. — EDN: EJGMEC. [in Russian]



11. Safarov Zh.A.U. Issledovanie fiziko-himicheskikh svojstv i himicheskogo sostava otrabotannyh motornyh masel [Study of physico-chemical properties and chemical composition of used motor oils] / Zh.A.U. Safarov, R.R. Hajitov // Universum: tehicheskie nauki [Universum: Technical Sciences]. — 2021. — № 6-4 (87). — P. 14–19. — DOI: 10.32743/UniTech.2021.87.6.11898. — EDN: SGBGVZ. [in Russian]
12. Zolotov V.A. Nauchno-metodicheskie osnovy prognozirovaniya periodichnosti smeny motornyh masel v dvigateljah [Scientific and methodological foundations for predicting the frequency of motor oil changes in engines] / V.A. Zolotov // Trenie, iznos, smazka [Friction, Wear, Lubrication]. — 2008. — № 3. — P. 71–79. [in Russian]
13. Pivovarchik A.A. Issledovanie vlijaniya velichiny probega legkovogo transportnogo sredstva na plotnost' i temperaturu vspyshki v otkrytom tigle motornyh masel «LUKOIL ljuks 5W-40» i «Naftan prem'er 5W-40» [Study of the influence of the mileage of a passenger vehicle on the density and open cup flash point of motor oils "LUKOIL Lux 5W-40" and "Naftan Premier 5W-40"] / A.A. Pivovarchik, A.K. Gavrilena, A.S. Korol'kov // Vestnik Baranovichskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Tehicheskie nauki [Bulletin of Baranovichi State University. Series: Technical Sciences]. — 2022. — № 2 (12). — P. 47–52. — EDN: WYCJQW. [in Russian]
14. Grigorov A.B. Utochnenie srokov smeny motornyh masel pri ih jekspluatacii v avtobusah «Bogdan»-A091 i PAZ-4234 [Refinement of motor oil change intervals during their operation in buses "Bogdan"-A091 and PAZ-4234] / A.B. Grigorov, I.S. Nagljuk, P.V. Karnozhickij // Avtomobil'nyj transport [Automobile Transport]. — 2008. — № 23. — P. 85–88. [in Russian]
15. Krivcov S.N. Prichiny progara porshnej dizel'nyh dvigatelej, osnashennyh akumuljatornoj toplivopodajushhej sistemoj [Causes of piston burnout in diesel engines equipped with a common rail fuel system] / S.N. Krivcov // Gruzovik [Truck]. — 2024. — № 12. — P. 43–49. [in Russian]