

МЕТОДОЛОГИЯ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ МОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК В МОТОРНОЕ МАСЛО

Аметов В.А.¹, Зубрицкий А.В.¹, Шальков А.В.²

¹*Томский государственный архитектурно-строительный университет,
г.Томск;*

²*Филиал ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева», г.Прокопьевск*

Ключевые слова: методология, квалификационные испытания, автопрепарат, восстанавливающая добавка, эксплуатационные свойства, моторное масло.

Аннотация. В статье рассматриваются методологические вопросы проведения квалифицированных испытаний модифицирующих добавок, вводимых в моторные масло двигателей внутреннего сгорания с целью обеспечения работоспособности химмотологической системы двигатель-масло. Обосновывается необходимость и целесообразность добавления восстанавливающих присадок в картерное, поддерживающих и улучшающих топливно-экономические и экологические показатели элементов системы в процессе реальной эксплуатации двигателей автотранспортных средств. Предлагается использовать методологию проведения квалификационных сравнительных испытаний штатных и модифицированного добавкой моторных масел, включающих комплекс лабораторных, стендовых и эксплуатационных испытаний, в практику сертификационных испытаний. Эффективность предлагаемой методологии показана на примере добавления в масло бензиновых и дизельных двигателей восстанавливающей добавки «НаноКОР-F». Исследованы закономерности влияния восстанавливающей добавки на улучшение качественных характеристик моторных масел и технико-эксплуатационных показателей автомобилей.

METHODOLOGY FOR QUALIFICATION TESTING OF MODIFYING ADDITIVES IN ENGINE OIL

Ametov V.A.¹, Zubritsky A.V.¹, Shalkov A.V.²

¹*Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering, Tomsk;*

²*Prokopyevsk Branch of T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University,
Prokopyevsk;*

Keywords: methodology, qualification tests, autodrug, regenerating additive, performance properties, motor oil.

Abstract. The article deals with the methodological issues of conducting qualified tests of modifying additives introduced into the engine oil of internal combustion engines to ensure the operability of the engine-oil chemical system. The necessity and expediency of adding reducing additives to the crankcase, supporting, and improving the fuel, economic and environmental performance of the system elements in the process of real operation of motor vehicle engines is substantiated. It is proposed to use the methodology for conducting qualification comparative tests of standard and additive-modified motor oils, including a set of laboratory, bench, and operational

tests, in the practice of certification tests. The effectiveness of the proposed methodology is shown by the example of adding a reducing additive "NanoKOR-F" to the oil of gasoline and diesel engines. The regularities of the influence of the reducing additive on the improvement of the qualitative characteristics of motor oils and the technical and operational indicators of cars have been investigated.

Известно, что в полной мере безопасность и эффективность использования модифицирующих присадок и добавок в моторных маслах проявляется в условиях, максимально приближенных к реальным [2]. С этой целью ещё в конце 90-х годов XX-го столетия в нашей стране действовала Межведомственная комиссия, составленная из представителей ведущих головных организаций, разработавшая Порядок допуска к производству и применению топливно-смазочных материалов на основе выполнения специальных квалификационных испытаний [3].

В настоящее время сертификация препаратов, добавляемых в смазочное масло, осуществляется Органами по сертификации нефтепродуктов и продуктов органического синтеза на базе аккредитованных в системах сертификации испытательных или аналитических лабораторий (центров). Проверка выполняется на соответствие требований Технического Регламента [4] и, как правило, ограничивается показателями безопасности, и оформлением Сертификата соответствия или Декларацией производителя (поставщика) продукции. Что касается решений о выпуске такого нефтепродукта в серию и гарантий его безопасности, то они на сегодняшний день остаются приоритетом завода-производителя.

Предлагаемая авторами методология оценки безопасности и эффективности использования модифицирующих добавок представляет собой минимальный комплекс лабораторных, модельных (стендовых) и эксплуатационных испытаний партии моторного масла, проводимой в три этапа.

На первом этапе предусмотрены лабораторные исследования, выполняемые для проверки соответствия препарата требованиям нормативного документа (ГОСТ, ТУ или СТО) по основным параметрам и характеристикам, а также к качеству используемого сырья, материалов, маркировке и упаковке продукции.

В случае соответствия препарата (присадки, добавки) требованиям, заложенным в НД, назначается 2-ой этап сравнительных модельных (стендовых) испытаний масла, без и с модифицирующей добавки в своём составе на модельной установке или штатном двигателе, на оригинальном стенде. Целями модельных (стендовых) испытаний служит оценка конкретного влияния добавки на показатели износа отдельных трибосопряжений или деталей [3, 11], эффективные параметры ДВС - крутящий момент (M_e), номинальную мощность (N_e) и удельного эффективного расхода g_e [6, 7], выбросы загрязняющих веществ с отработавшими газами бензиновых двигателей и дизелей [8, 9].

В случае успешного проведения модельных (стендовых) испытаний в соответствии с предлагаемой методологией проводятся эксплуатационные

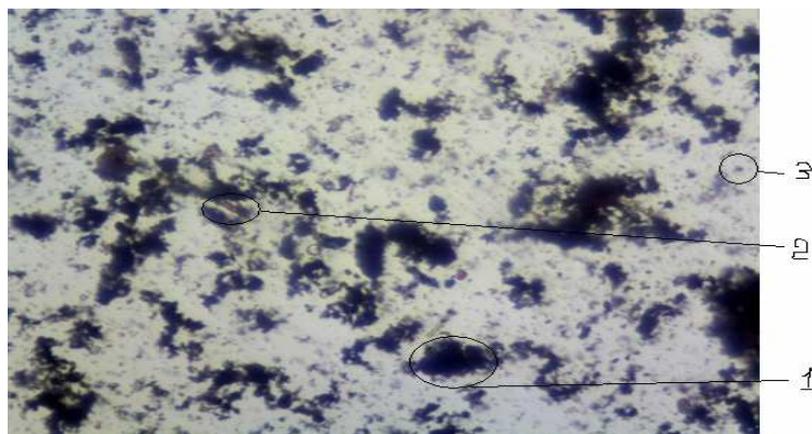
испытания ДВС (3-й этап). Его целью служит сравнительная оценка влияния добавки на топливно-экономические и экологические показатели, в том числе эксплуатационный или линейный расход топлива (V_T , л/100км), общее техническое состояние ЦПГ, определяемого по компрессии в цилиндрах в конце такта сжатия ($P_{сж}$) и содержанию в ОГ АТС нормируемых вредных веществ у бензиновых (CO , C_nH_m ,) и двигателей с самовоспламенением от сжатия (K^{-1}). После получения положительных результатов и принятия Производителем решения о подаче заявки на сертификацию препарата настоящий комплекс исследований следует оформить Протоколами испытаний установленной формы в целях получения Сертификата соответствия в Росакредитации.

Ниже представлены результаты использования предлагаемой методологии (комплекса методов испытаний), использованных при сертификации восстанавливающей добавки (далее автопрепарата) «НаноКОР-Ф», производимого по ТУ 0257-001090303230-2012 [1].

Лабораторные исследования автопрепарата выполнялась по показателям, характеризующим его внешний вид, плотность и содержание основного модифицирующего компонента - ультрадисперсного порошка (УДП), состоящего алмазов, железа, модифицированного политетрафторэтилена и базового синтетического масла. После согласования с производителем и разработчиком ТУ при определении состава нерастворимых осадков использовался метод эмиссионного спектрального анализа моторного масла, разработанный в НАМИ при участии сотрудников ТГАСУ [5].

На первом этапе испытаний было установлено соответствие автопрепарата требованиям ТУ 0257-001090303230-2012 по внешнему виду, плотности, содержанию УДП алмаза, железа и политетрафторэтилена, а также по содержанию основы автопрепарата.

Внешний вид ультрадисперсных частиц наглядно представлен на рисунке 1.



1 – модифицированного политетрафторэтилена; 2 – железа; 3 – алмазов
Рис. 1. Микрофотографии (x350) ультрадисперсных частиц в поле микроскопа

Массовую плотность автопрепарата (ρ , г/см³) рассчитывали по известной формуле:

$$\rho = (M 1 - M 2) / V, \quad (1)$$

где $M 1$ – масса чистой и сухой пробирки с пробкой, г;

$M 2$ – масса пробирки с автопрепаратом, г;

V – объем автопрепарата, принятый для взвешивания (10 мл).

По результатам взвешивания на аналитических весах 2-го класса с учетом массы чистой пробирки и массы пробирки с 10 мл добавки плотность автопрепарата составила 0,8418 г/см³, что с учетом погрешности метода практически совпадает с заявленной в ТУ 0257-001090303230-2012 плотностью (0,842 г/см³).

Для расчета содержания ультрадисперсных алмазов, железа и модифицированного политетрафторэтилена «Флуралит» и обеспечения достаточной точности использовать 80 мл автопрепарата. Для расчета исходными данными были приняты: рекомендуемый объем моторного масла (5 л) и объем концентрата автопрепарата ($V = 80$ мл), помещенный в упаковку и плотность продукта при температуре $20 \pm 0,5^\circ\text{C}$ ($\rho^{20} = 0,842$ г/мл). Концентрация в автопрепарате ультрадисперсного железа и меди, принятая по результатам спектрального анализа, принята равной: $C_{\text{Fe}}=15,5\text{г/т}$ и $C_{\text{Cu}}=28,0\text{г/т}$ соответственно.

Итоговые значения результатов лабораторных испытаний представлены в таблице 1.

На рисунках 2-4 представлены зависимости эффективной мощности N_e , эффективного крутящего момента M_e , часового G_T и удельного эффективного расхода g_e топлива от частоты вращения коленчатого вала, полученные в ходе стендовых испытаний при максимальной подаче топлива у дизеля.

При испытании двигателя без добавки в моторное топливо максимумы крутящего момента и мощности наблюдались при частоте вращения от 1700 до 1950 мин⁻¹. Объясняется тем, что при такой частоте вращения вала за счет уплотняющего эффекта, создаваемого автопрепаратом, за счет повышения давления и температуры в цилиндрах в конце такта сжатия улучшаются условия сгорания топлива. При минимальных оборотах, вследствие понижения этих параметров в цилиндрах дизеля, прироста N_e и M_e не наблюдается. Об этом свидетельствует незначительный рост крутящего момента, наблюдаемый при использовании автопрепарата, укладывается в пределы погрешности ($\pm 2,5\%$), определяемой средствами измерения.

Из анализа зависимости $g_e = f(n)$ следует, что характер изменения удельного эффективного расхода топлива в случае использования автопрепарата имеет явную тенденцию к снижению (рис. 3).

Результаты измерения параметра дымности ОГ – коэффициента непрозрачности (K^{-1}), полученные при стендовом испытании в режиме холостого хода дизеля приведены в таблице 2.

Табл. 1. Итоговые значения результатов лабораторных исследований

Наименование показателя (характеристики)	Нормативное значение показателя	Фактическое значение показателя	Метод испытания
Внешний вид:			
- после длительного хранения	Жидкость с осадком темно-коричневого цвета	Жидкость с осадком темно-коричневого цвета	Содержимое упаковки переливали в прозрачный стеклянный цилиндр для визуального осмотра.
- после энергичного встряхивания	Однородная жидкость темно-коричневого цвета	Однородная жидкость темно-коричневого цвета	Упаковку с автопрепаратом энергично встряхивали в течение 3 мин, содержимое переливали в прозрачный стеклянный цилиндр для визуального осмотра.
Плотность при температуре (20±0,5) °С, г/см ³	0,842 ^{±1.0}	0,8418	По п.п. 4.3 ТУ 0257-001-90303230-2012
Содержание ультрадисперсных алмазов в 80 мл автопрепарата, г, не менее	0,3	1,03	ГОСТ 20684-75, методика эмиссионного спектрального анализа ТГАСУ
Содержание ультрадисперсного железа в 80 мл автопрепарата, г, не менее	1,0	1,044	ГОСТ 20684-75, методика эмиссионного спектрального анализа ТГАСУ
Содержание ультрадисперсного модифицированного политетрафторэтилена «Флуралит» в 80 мл автопрепарата, г, не менее	0,5	1,88	ГОСТ 20684-75
Содержание синтетического масла М-9С, мл, не менее	80,0	80,0	Содержимое упаковки переливали в прозрачный стеклянный мерный цилиндр для определения объема.

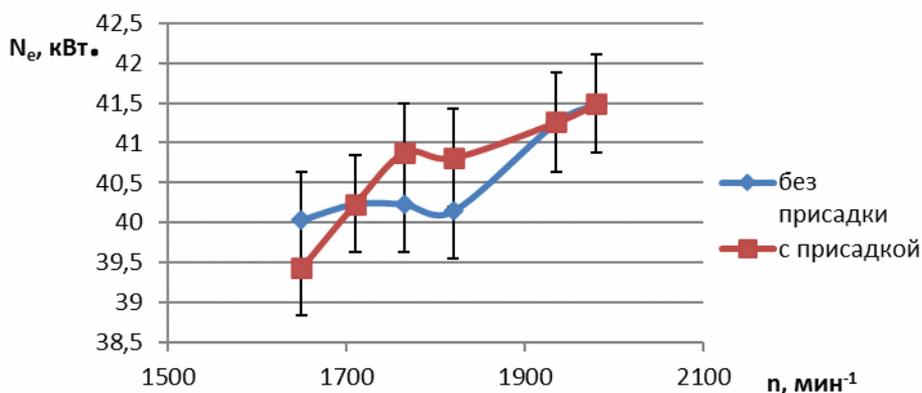


Рис. 2. Зависимость $N_e = f(n)$

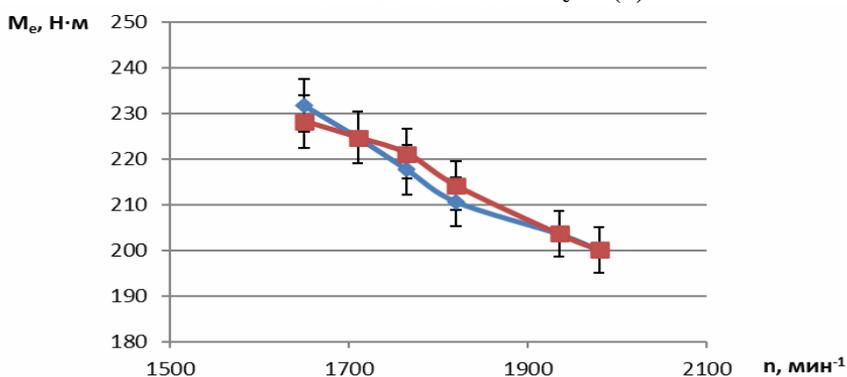


Рис. 3. Зависимость $M_e = f(n)$

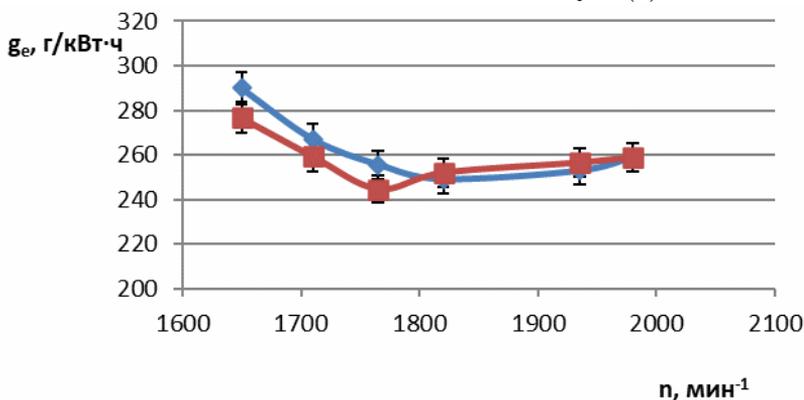


Рис. 4. Зависимость $g_e = f(n)$

Из анализа данных таблицы 2 видно, что значения коэффициента K_n при постоянных оборотах дизеля на этапе испытания с добавкой НаноКОР-Ф в масло имеют также тенденцию к снижению, хотя в виду малой продолжительности испытаний остается в пределах погрешности метода [9].

Основной вывод целесообразности и целесообразности введения автопрепарата в моторное масло, возможно получить в результате достаточно продолжительного эксплуатационного испытания, соизмеримого со сроком службы масла в ДВС, при периодичности пробега автомобиля между очередными заменами масла может находиться в диапазоне 10...15 тыс. км.

Табл. 2. Результаты измерения параметра дымности ОГ – коэффициента непрозрачности (K^{-1}), полученные при стендовом испытании в режиме холостого хода дизеля

Частота вращения коленчатого вала, мин ⁻¹	Значение K^{-1} (в м ⁻¹) в отработанных газах двигателя при работе на моторном масле	
	без присадки	с присадкой
1000	0,151	0,150
2000	0,191	0,190
Режим свободного ускорения	0,662	0,647

Эксплуатационные испытания по исследованию влияния модифицированного моторного масла на техническое состояние ЦПГ, технико-экономические и экологические показатели бензинового инжекторного двигателя (мод. G4GC), выполнены на базе легкового автомобиля «Kia Sportage», работающего в смешанном режиме "город-трасса". Выполнялись сравнительные замеры параметров двигателя (компрессия в цилиндрах) и автомобиля (линейный расход топлива) и токсичности ОГ (содержание CO и C_nH_m) как в период работы на стандартном моторном масле Liqui Moly «Moligen» (SAE 5W-30, API SN), так после введения автопрепарата в масло.

В целом эксплуатационные испытания выполнены в три этапа. На первом этапе эксплуатация автомобиля осуществлялась без автопрепарата в масле двигателя на пробеге автомобиля, равного 3000 км. Отсчет второго этапа испытаний начался после модифицирования моторного масла введением автопрепарата, осуществляемый на пробеге, равном 600 км. На заключительном третьем этапе, выполненном на пробеге 6000 км со снятием в конце и начале каждого испытания параметров токсичности и величины линейного расхода топлива.

Результаты замеров содержания нормируемых токсичных веществ в ОГ автомобиля «Kia Sportage» в ходе испытания представлены на рисунках 5-7.

По результатам эксплуатационных испытаний было также выявлено положительное влияние автопрепарата на топливную экономичность. Последняя определялась путем фиксирования объемов заправляемого топлива водителем автомобиля «до полного бака» и отношения его на каждые 100 км фактического пробега. Установлено, если средний расход топлива без использования автопрепарата в моторном масле находился в пределах 10,2...10,5 л/100 км, то после модифицирования масла после значительного пробега (6000 км) снизился до уровня 9,28...9,34 л/100 км. Из полученных результатов следует, что снижение линейного расхода топлива автомобилем в условиях реальной эксплуатации в сравнении с исходным расходом составляет около 11 %.

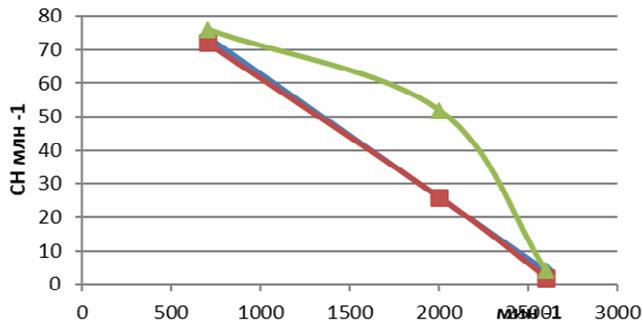


Рис. 5. Зависимость изменения (выделено цветом) содержания СН в ОГ автомобиля при эксплуатации: а) до добавления автопрепарата в масло (зеленый); после добавления автопрепарата при пробеге 600 км (красный); тоже при пробеге 6000 км (синий)

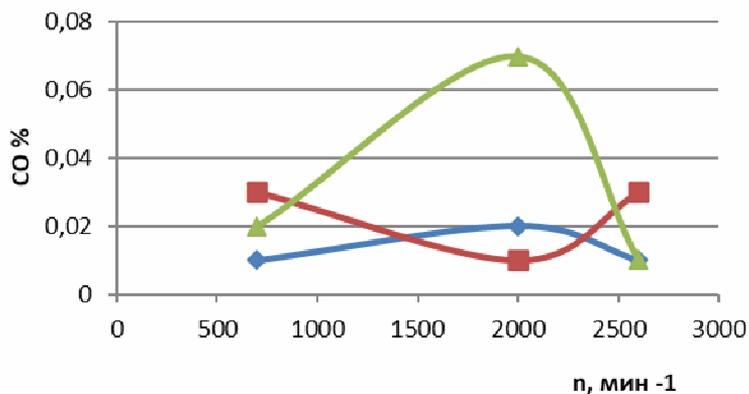


Рис. 6. Зависимость изменения содержания СО в ОГ автомобиля при эксплуатации: а) без добавления автопрепарата (зеленая линия), после добавления присадки при пробеге 580 км (красная линия), после добавления присадки при пробеге 6000 км (синяя линия)

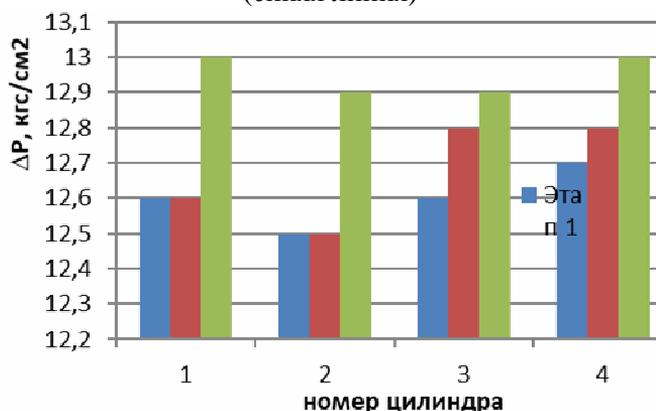


Рис. 7. Значение компрессии двигателя: а) до введения в масло автопрепарата; б) после введения автопрепарата на пробеге 600 км; в) то же на пробеге 6000км

Таким образом, результаты проведения эксплуатационных испытаний дали положительные изменения технико-экономических и экологических показателей двигателя автомобиля, что обусловлено снижением линейного

расхода топлива, ростом компрессии в цилиндрах двигателя. При этом негативных последствий при использовании данной присадки выявлено не было.

Список литературы

1. ТУ 0257-001090303230-2012. Восстанавливающая присадка НаноКОР. Технические условия. – Томская обл., с. Моряковский затон: ООО НПП «НаноКОР-Восток», 2012.
2. Аметов В.А. Пути совершенствования специализированных комплексов для испытания модельных трибосопряжений на трение и износ в условиях, максимально приближенных к реальным. / В.А. Аметов, С.Е. Буханченко, С.А. Ларионов, А.Л. Терехов // Вестник ТГАСУ. – 1999. – №1. – С. 13-22.
3. Аметов В.А. Контроль работоспособности трибологических систем транспортных средств: монография / В.А. Аметов, Ю.С. Саркисов, С.Р. Ижэндеева, Г.Г. Корешков. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 232 с.
4. Порядок допуска к производству и применению новых и модернизированных горюче-смазочных материалов (ГСМ). Разработан Межведомственной комиссией. Изд-во: Госстандарта РФ, 1981.
5. Технический регламент Таможенного Союза. ТР ТС 030/2012. Принят Решением Совета ЕАЭК от 20 июля 2012 года N 59. О требованиях к смазочным материалам, маслам и специальным жидкостям (с изм. на 03 марта 2017 г.).
6. ГОСТ 14846-81. Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 42 с.
7. ГОСТ 18509-88. Дизели тракторные и комбайновые. Методы стендовых испытаний. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1988.- 128с.
8. ГОСТ Р 52033-2003. Автомобили с бензиновыми двигателями. Выбросы загрязняющих веществ с отработавшими газами. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 8 с.
9. ГОСТ Р 52160-2003. Автотранспортные средства, оснащенные двигателями с воспламенением от сжатия. Дымность отработавших газов. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. – 7 с.
10. ГОСТ Р 52386-2005. Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия. – М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2009. – 35 с.
11. ОСТ 31.007-81. Метод спектрального определения продуктов износа автомобильных двигателей и некоторые элементов присадок в отложениях, на деталях и фильтрах. – М.: НАМИ, 1981. – 27 с.

References

1. TU 0257-001090303230-2012. Reducing additive NanoCOR. Technical conditions. – Tomsk region., P. Moryakovsky Zaton: OOO NPP NanoKOR-Vostok, 2012.
2. Ametov V.A. Ways of improving specialized complexes for testing model tribo-couplings for friction and wear in conditions as close as possible to real ones. / V.A. Ametov, S.E. Bukhanchenko, S.A. Larionov, A.L. Terekhov // Bulletin of TSUACE. 1999. No. 1. P. 13-22.
3. Ametov V.A. Monitoring the performance of tribological systems of vehicles: monograph / V.A. Ametov, Yu.S. Sarkisov, S.R. Izhendeeva, G.G. Koreshkov. – Tomsk: Publ. house of Tomsk Polytechnic University, 2011. – 232 p.
4. The procedure for admission to the production and use of new and modernized fuels and lubricants (POL). Developed by the Interdepartmental Commission. Publishing house: Gosstandart RF, 1981.
5. Technical regulations of the Customs Union. TR CU 030/2012. Adopted by the Decision of the EAEC Council dated July 20, 2012 N 59. On the requirements for lubricants, oils and special fluids (as amended on March 03, 2017).

6. GOST 14846-81. Automotive engines. Bench test methods. - М.: ИПК Publ. house of standards, 2003. - 42 p.
7. GOST 18509-88. Tractor and combine diesel engines. Bench test methods. – М.: USSR State Committee for Standards, 1988. – 128p.
8. GOST R 52033-2003. Cars with gasoline engines. Emissions of pollutants with exhaust gases. Norms and methods of control when assessing technical condition. – М.: ИПК Publ. house of standards, 2003. – 8 p.
9. GOST R 52160-2003. Motor vehicles equipped with compression ignition engines. Smoke in the exhaust gases. Norms and methods of control when assessing technical condition. – М.: ИПК Publ. house of standards, 2004. – 7 p.
10. GOST R 52386-2005. Diesel fuel EURO. Technical conditions. – М.: STANDARTINFORM, 2009. – 35 p.
11. OST 31.007-81. Method of spectral determination of wear products of automobile engines and some elements of additives in deposits, on parts and filters. – М. NAMI, 1981. – 27 p.

Сведения об авторах:

Information about authors:

<p>Аметов Винур Абдурафиевич – доктор технических наук, профессор кафедры автомобильного транспорта и электротехники, эксперт системы ТЭКСЕРТ, руководитель Испытательного центра ГСМ и АТС, Томский государственный архитектурно-строительный университет, Томск, Россия, ametov@tsuab.ru</p>	<p>Ametov Vinur Abdurafievich L – doctor of technical sciences, professor of the Department of Automobile Transport and Electrical Engineering, Expert of the TEKSERT system, Head of the Test Center for Fuels and Lubricants and motor vehicles, Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering, Tomsk, Russian Federation, ametov@tsuab.ru</p>
<p>Зубрицкий Алексей Валерьевич – инженер-исследователь, заведующий лабораторией, Томский государственный архитектурно-строительный университет, Томск, Россия</p>	<p>Zubritsky Alexey Valerievich – research engineer, Head of Laboratory, Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering, Tomsk, Russian Federation</p>
<p>Шальков Антон Владимирович – старший преподаватель кафедры информационных технологий, машиностроения и автотранспорта филиала Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева в г. Прокопьевске, Прокопьевск, Россия, prk-s@yandex.ru</p>	<p>Shalkov Anton Vladimirovich – senior lecturer of the Department of Information Technologies, Mechanical Engineering and Automotive of the Prokopyevsk Branch of T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Prokopyevsk, Russian Federation, prk-s@yandex.ru</p>

Получена 08.12.2020