

**МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ УНИФИЦИРОВАННОГО
АВТОМОБИЛЬНОГО ЭЛЕКТРОМОТОРЕДУКТОРА**

© 2024 О.Д. Ибрагимов

Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия

Статья поступила в редакцию 10.12.2024

В работе представлены результаты разработки и реализации формализованной методики испытаний унифицированного автомобильного электромоторедуктора с улучшенными технико-экономическими характеристиками.

Ключевые слова: автомобильная промышленность; качество; машиностроение; автопром; испытание; унифицированный электромоторедуктор.

DOI: 10.37313/1990-5378-2024-26-6-115-121

EDN: IZIIXA

Для редукторов и моторедукторов общемашиностроительного применения требования к объёму и методам испытаний изложены в ГОСТ 29285–92, однако данный стандарт не учитывает в полном объёме специфику требований, предъявляемых к автотракторному электрооборудованию. Вследствие чего для оценки технического уровня и качества предложенной конструкции необходимо сформировать комплексный план испытаний (DVP) и установить методику проведения экспериментальных исследований, при разработке которых следует в первую очередь руководствоваться действующими стандартами [1 – 3].

Одним из ключевых документов, устанавливающих требования к автотракторному электрооборудованию, является ГОСТ Р 52230. В данном стандарте указаны виды, периодичность и методы проведения приёмосдаточных, периодических и типовых испытаний [4 – 6]. Отдельно отмечено, что при проведении типовых испытаний допускается производить проверку исключительно на соответствие тем требованиям или параметрам, на которые могут повлиять вносимые в конструкцию изменения [7 – 9].

Для более детального обзора рассматриваемого стандарта была составлена блок-схема, которая включает в себя полный объём проверок, входящих состав приёмосдаточных и периодических испытаний, продемонстрированная на рисунке 1.

Как видно из рисунка 1, стандарт ГОСТ Р 52230 в большей степени устанавливает общие требования для автотракторного электрооборудования, не учитывая специфику конкретных изделий, вследствие чего возникает целесообразность формирования методики испытаний на разработанную конструкцию электромоторедуктора [10 – 12].

*Ибрагимов Олег Дамирович, ассистент.
E-mail: ibrleg@outlook.com*

Для проверки соответствия габаритных размеров прототипа электромоторедуктора заданым при проектировании необходимо провести контроль габаритных размеров согласно методу 404–1 стандарта ГОСТ 20.57.406 любыми средствами измерений. Погрешности измерения не должны превышать значений, указанных в ГОСТ 8.051.

Проверка соответствия степени защиты от пыли и влаги производится по методике, описанной в стандарте ГОСТ 14254. Испытание на воздействие пыли для первых характеристических цифр 5 и 6 проводится с помощью специальной камеры пыли, при этом используемый порошок талька должен проходить через сито с размерами квадратной ячейки 75 мкм с толщиной проволоки 50 мкм. Количество порошка талька должно составлять 2 кг на кубический метр испытательной камеры. Испытание на воздействие воды для второй характеристической цифры 8 производится в резервуаре с водой, уровень которой и длительность проверки в соответствии со стандартом согласовывается непосредственно между изготовителем и потребителем [13].

Проверка работоспособности электромоторедуктора при воздействии вибрационных и ударных нагрузок, величина и продолжительность которых продемонстрирована в таблице 1, осуществляется по методике, описанной в стандарте ГОСТ Р 52230.

Данное испытание проводится на специальном стенде, на котором на плите стенда закрепляется электромоторедуктор в рабочем положении, при этом испытываемый компонент находится в нерабочем состоянии.

Испытание на сохранение работоспособности электромоторедуктора после пребывания в нерабочем состоянии при циклическом изменении температур (повышенной, пониженной) проводится в термокамере без подачи нагрузки

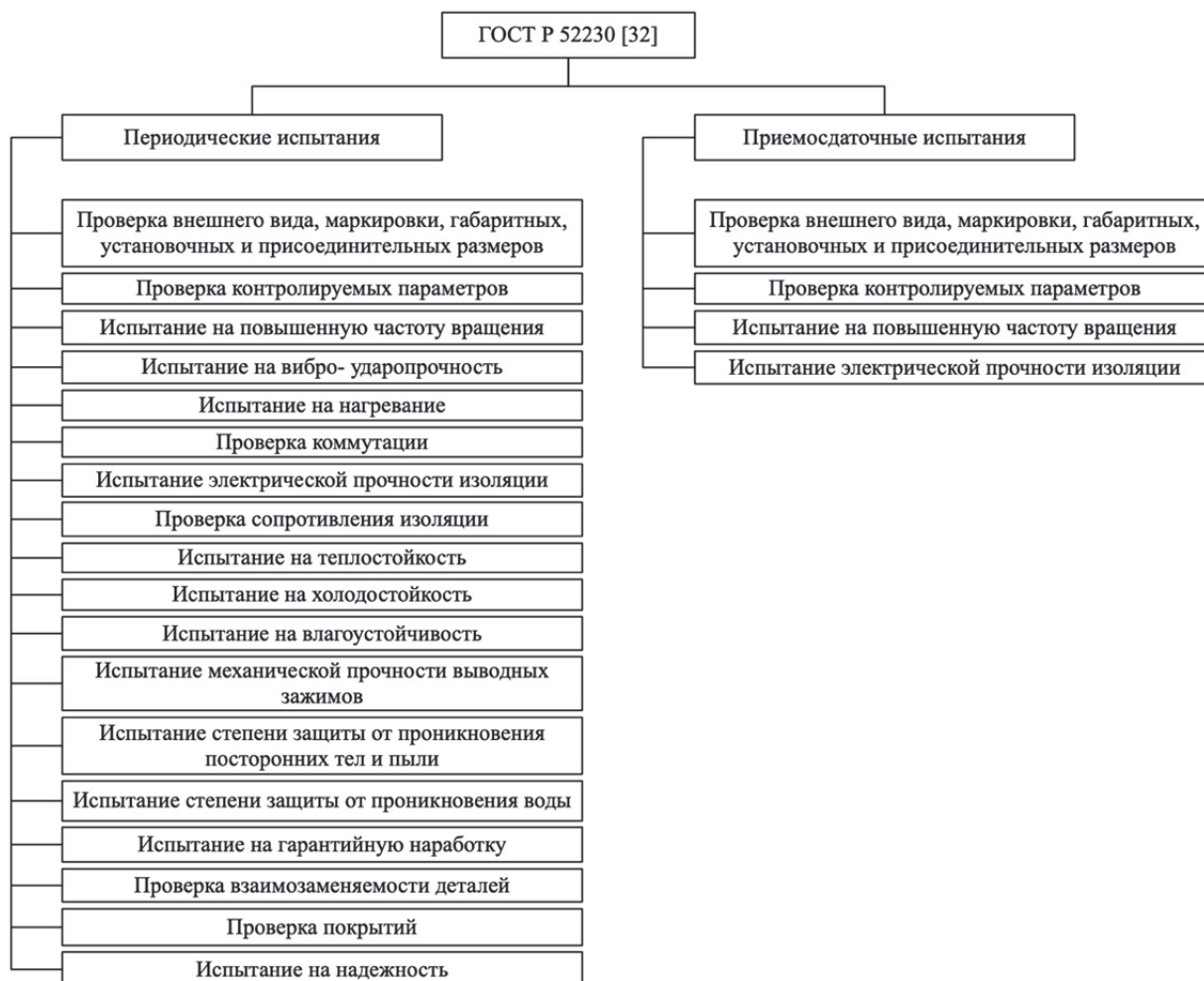


Рисунок 1 – Периодические и приемосдаточные испытания

Таблица 1 – Испытание на вибро- и ударопрочность

Вил нагрузки	Частота вибрации, Гц	Максимальное ускорение (или замедление), м/с ²	Продолжительность испытаний
	При типовых испытаниях		
Вибрационная	50 – 250	50	8 ч
Ударная	–	100	10000 ударов

на испытуемое изделие в соответствии с методом 205–2 стандарта ГОСТ 20.57.406.

Проверка степени уровня эмиссии собственных импульсных помех на выводах питания (не более I степени эмиссии) осуществляется по методике, которая изложена в стандарте ГОСТ 33991. Предельные значения амплитуд помех для бортовых сетей 12 В продемонстрированы в таблице 2.

План испытаний электродвигателя для автотранспортных средств (АТС) продемонстрирован в таблице 3.

В качестве примера, приведем некоторые результаты испытаний, разработанной конструкции унифицированного электродвигателя с улучшенными технико-экономическими показателями.

Объектом испытаний является унифицированный герметичный электродвигатель модификации ТЛА–2107, разработанный по предложенной комплексной методике проектирования, внешний вид которого продемонстрирован на рисунке 2.

Таблица 2 – Предельные значения амплитуд импульсных помех

Вид собственных помех	Степень эмиссии помех			
	I	II	III	IV
1, 2	+ 25	+ 50	+ 75	+ 100
	– 25	– 50	– 100	– 150

Таблица 3 – План испытаний конструкции электромоторедуктора для АТС

п/п	Наименование показателя	Требуемые значения	Метод
1	2	3	4
1	Проверка габаритных размеров	Соответствие разработанной конструкции	ГОСТ 20.57.406, метод 404–1
2	Степень защиты от пыли и влаги	Соответствие защиты IP68	ГОСТ 14254
3	Работоспособность при воздействии вибрационных и ударных нагрузок	Работоспособность при воздействии синусоидальных вибрационных нагрузок с частотой 50–250 Гц, с ускорением 50 м/с ² в течение 8 часов и ударных нагрузок с ускорением 100 м/с ² , 10 000 ударов	ГОСТ Р 52230
4	Термоцикличность	Сохранение работоспособности после пребывания в нерабочем состоянии при циклическом изменении предельных температур (повышенной + 105 °С, пониженной – 50 °С) [38]	ГОСТ 20.57.406, метод 205–2
5	Испытание на ресурс для стояночного тормоза	100 000 циклов	В соответствии с установленной методикой
6	Испытание на ресурс для выдвигающейся подножки	300 000 циклов	В соответствии с установленной методикой
7	Степень уровня эмиссии собственных импульсных помех на выводах питания	Не более I степени эмиссии	ГОСТ 33991
8	Испытание на удержание в обесточенном состоянии заданного момента	Не менее 60 Н·м	В соответствии с установленной методикой



Рисунок 2 – Электромоторедуктор модификации TLA–2107

Проверка габаритных размеров. Целью проведения испытания является проверка соответствия контролируемых габаритных размеров испытываемого объекта геометрическим параметрам разработанной по предложенной методике конструкции электромоторедуктора.

Проверка габаритных размеров изделия осуществляется по методу 404–1 государственного стандарта ГОСТ 20.57.406.

В качестве контролируемых были выбраны следующие геометрические параметры электромоторедуктора:

1. Наружный диаметр корпуса двигателя;
2. Осевая длина корпуса двигателя;
3. Наружный диаметр корпуса двигателя с учётом поверхностей под монтажные винты;
4. Толщина стенок корпуса двигателя;

5. Наружный диаметр якоря двигателя;
6. Диаметр косозубого цилиндрического зубчатого колеса;
7. Диаметр вершин витка червяка.

Для осуществления проверки контролируемых геометрических параметров электромоторредуктора модификации ТЛА–2107 на соответствие значениям, вследствие отсутствия строгих требований к измерительному инструменту в стандарте, в качестве оборудования применяется нониусный штангенциркуль типа ШЦ–1 с диапазоном измерений от 0 до 150 мм и погрешностью 20 мкм, внешний вид которого продемонстрирован на рисунке 3.



Рисунок 3 – Внешний вид штангенциркуля ШЦ–1

Стоит отдельно отметить, что погрешность используемого измерительного прибора не превышает значений, установленных государственным стандартом ГОСТ 8.051.



Рисунок 4 – Замер наружного диаметра корпуса двигателя

Замер наружного диаметра корпуса двигателя электромоторредуктора модификации ТЛА–2107 с помощью штангенциркуля ШЦ–1 продемонстрирован на рисунке 4.

По результатам замеров контролируемых геометрических параметров электромоторредуктора модификации ТЛА–2107 была составлена карта измерений, которая продемонстрирована в таблице 4.

Как видно из таблицы 4, расхождение контролируемых геометрических параметров электромоторредуктора модификации ТЛА–2107 не превышает 1 %, на основании чего можно сделать вывод о соответствии габаритных размеров испытываемого образца значениям разработанной по предложенной методике расчета конструкции [14].

Таблица 4 – Карта измерений электромоторредуктора модификации ТЛА–2107

№	Контролируемый параметр	Размер, установленный в процессе расчетного проектирования, мм	Измеренное значение опытного образца, мм	Расхождение, %
1	2	3	4	5
1	Наружный диаметр корпуса двигателя	60	59,7	0,5
2	Осевая длина корпуса двигателя	95,3	95,42	0,13
3	Наружный диаметр корпуса двигателя с учётом поверхностей под монтажные винты	63,5	63,77	0,42
4	Толщина стенок корпуса двигателя	2	2,02	0,99
5	Наружный диаметр якоря двигателя	42	41,9	0,24
6	Диаметр косозубого цилиндрического зубчатого колеса	54,6	54,56	0,07
7	Диаметр вершин витка червяка	9,9	9,85	0,5

Проверка степени защиты от пыли и влаги. Целью проведения испытания является проверка соответствия испытываемого объекта, конструкция которого была разработана по предложенной методике проектирования, степени защиты от пыли и влаги IP68.

Проверка соответствия степени защиты от проникновения пыли и влаги оболочки электродвигателя модификации ТЛА-2107 проводится по методике, описанной в государственном стандарте ГОСТ 14254.

Оборудование для проведения данного испытания продемонстрировано в таблице 5.

Испытание электродвигателя модификации ТЛА-2107 на первую характеристическую цифру 6 производилось в специальной

камере пыли RSC-1000La без подключения к вакуумному насосу вследствие того, что данная оболочка относится к 2 категории, порошок талька поддерживался во взвешенном состоянии в закрытой испытательной камере с помощью насоса циркуляции пыли на протяжении 8 часов.

Испытание на вторую характеристическую цифру 8 проводилось путём полного погружения образца в рабочее положение в испытательную ёмкость ЁИ200 объёмом 200 литров на протяжении 30 минут.

Проведение испытания степени защиты оболочки испытываемого образца от проникновения пыли и влаги продемонстрировано на рисунке 5.

Таблица 5 – Оборудование для испытания на степень защиты от пыли и влаги

№	Наименование, тип, модель	Диапазон измерений	Класс точности (разряд), погрешность
1	2	3	4
1	Источник питания постоянного тока, GPR-73510HD	Выходное напряжение: 0 ... 35 В; Выходной ток: 0 ... 10 А	± 0,5 %
2	Камера пыли, RSC-1000La	Рабочая температура: 40 и выше °С; Рабочая влажность: ниже 40 % RH; Концентрация пыли: 1,3 г/м ³	–
3	Ёмкость испытательная объёмом 200 л, ЁИ200	–	–

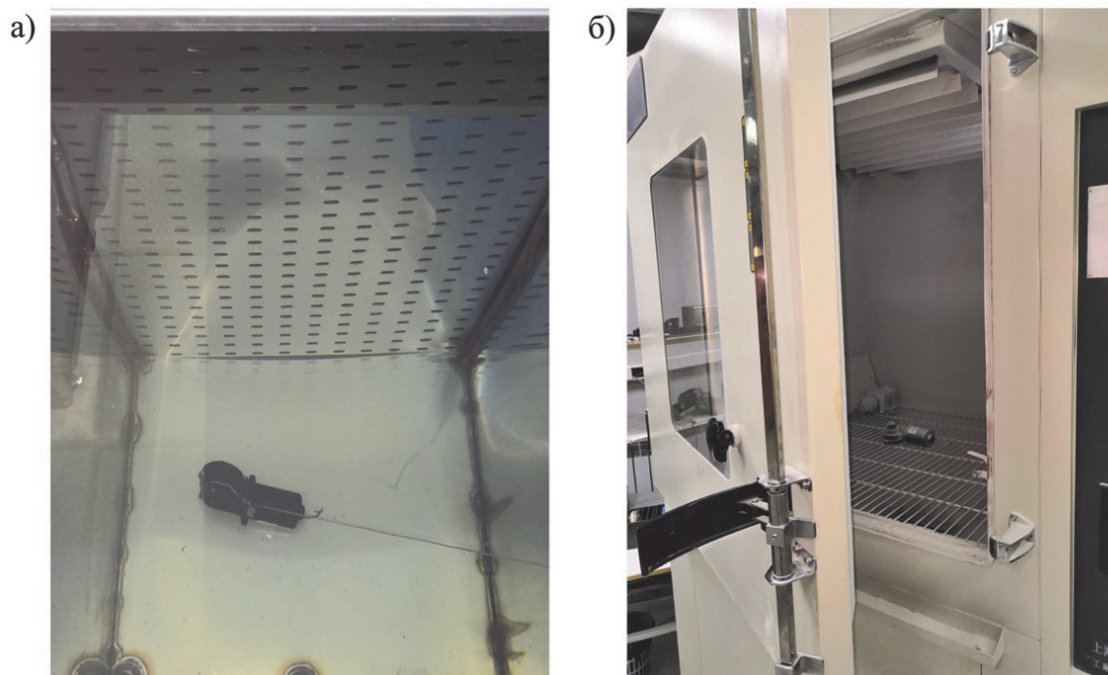


Рисунок 5– Испытание степени защиты оболочки электродвигателя модификации ТЛА-2107 от проникновения пыли (а) и влаги (б)



Рисунок 6 – Проверка сохранения работоспособности образца при напряжении питания 12 В

В ходе проведения данных испытаний в соответствии с требованиями государственного стандарта была произведена проверка сохранения работоспособности электромоторедуктора модификации ТЛА-2107 при номинальном напряжении питания 12 В подключением образца к источнику постоянного тока RSC-1000La, продемонстрированная на рисунке 6.

Таким образом, по результатам испытаний было установлено, что пыль и влага не проникают в оболочку электромоторедуктора модификации ТЛА-2107, работоспособность испытываемого образца сохранена [15], из чего следует, что конструкция разработанного по предложенной методике компонента соответствует IP68 по стандарту ГОСТ 14254.

Далее проведена проверка работоспособности электромоторедуктора при воздействии вибрационных и ударных нагрузок, проверка работоспособности в условиях термоцикличности, испытание на ресурс для стояночного тормоза, испытание на ресурс для выдвигающейся подножки, оценка степени уровня эмиссии собственных импульсных помех на выводах питания, испытание на удержание в обесточенном состоянии заданного момента

По результатам реализации методики испытаний конструкции унифицированного автомобильного электромоторедуктора с улучшенными технико-экономическими показателями получены положительные результаты, которые обеспечивают возможность внедрения автомобильного компонента в конструкцию автомобилей, а также обеспечивают возможность применения предложенной методики испытаний для схожих конструкций электромоторедуктора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козловский, В.Н. Моделирование энергоемких накопителей автомобильной комбинированной энергоустановки / В.Н. Козловский, В.И. Строганов, В.В. Дебелов, С.В. Петровский // Грузовик. – 2018. – № 11. – С. 13-14.

2. Panyukov, D.I. Highlights of russian experience in implementing ISO/TS 16949 / D.I. Panyukov, V.N. Kozlovskiy // Life Science Journal. 2014. Т. 11. № 8s. С. 439-444.
3. Козловский, В.Н. Моделирование электрооборудования автомобилей в процессах проектирования и производства: монография / В.Н. Козловский. – Тольятти, 2009.
4. Козловский, В.Н. Надежность системы электрооборудования легкового автомобиля / В.Н. Козловский, В.Е. Ютт // Электроника и электрооборудование транспорта. – 2008. – № 3. – С. 37-40.
5. Козловский, В.Н. Методология анализа и прогнозирования качества автомобилей в эксплуатации / В.Н. Козловский, Д.В. Антипов, А.В. Зятров // Актуальные проблемы экономики. – 2016. – Т. 186. – № 12. – С. 387-398.
6. Козловский, В.Н. Комплекс обеспечения качества системы электрооборудования автомобилей / В.Н. Козловский, Д.И. Панюков. – Saarbrücken, 2014.
7. Козловский, В.Н. Комплекс электронных систем управления движением легкового автомобиля с комбинированной силовой установкой. Часть 1 / В.Н. Козловский, В.И. Строганов, В.В. Дебелов, М.А. Пьянов // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2014. – Т. 10. – № 1. – С. 40-49.
8. Козловский, В.Н. Проблема стратегического планирования улучшения качества и надежности системы электрооборудования автомобилей / В.Н. Козловский, А.В. Зятров // Электроника и электрооборудование транспорта. – 2012. – № 1. – С. 44-47.
9. Панюков, Д.И. Новое руководство по FMEA: структурный анализ процессов / Д.И. Панюков, В.Н. Козловский, Д.В. Айдаров // Методы менеджмента качества. – 2020. – № 10. – С. 36-42.
10. Немцев, А.Д. Моделирование – инструмент управления качеством продукции / А.Д. Немцев, В.Н. Козловский // Автомобильная промышленность. – 2003. – № 10. – С. 1.-7.
11. Ерохина, Л.И. Инновационные механизмы управления потенциалом сферы сервиса в регионе / Л.И. Ерохина, О.Н. Наумова, Л.С. Любохинец, В.П. Лещишена, О.В. Любохинец, Г.М. Кулапина, О.В. Маркова, Н.В. Никитина, И.А. Калашникова, В.Н. Дудко, Е.В. Мещерякова, В.Н. Козловский, С.Н. Цветкова, Т.В. Кретинина, Е.А. Бреусова, С.В. Фатеева, С.Н. Новоселов, Н.М. Ульяницкая, М.М. Ша-

- блыкин, Г.А. Буряков и др. – Тольятти, 2013.
12. Козловский, В.Н. Стратегическое планирование конкурентоспособности с точки зрения качества / В.Н. Козловский, С.А. Шанин, Д.И. Панюков // Стандарты и качество. – 2017. – № 3. – С. 76-80.
 13. Козловский, В.Н. Моделирование электронной системы vvt управления двигателем легкового автомобиля / В.Н. Козловский, В.В. Дебелов, М.А. Пьянов // Электроника и электрооборудование транспорта. – 2014. – № 4. – С. 5-12.
 14. Панюков, Д.И. Формирование эффективной FMEA-команды / Д.И. Панюков, В.Н. Козловский, С.А. Шанин // Стандарты и качество. – 2017. – № 7. – С. 68-72.
 15. Дебелов, В.В. Электронная система управления автомобиля «start-stop» Дебелов В.В., Козловский В.Н., Ютт В.Е. Электроника и электрооборудование транспорта. – 2014. – № 2. – С. 6-9.

TESTING METHODOLOGY OF A UNIFIED AUTOMOTIVE ELECTRIC GEARMOTOR

© 2024 O.D. Ibragimov

Samara State Technical University, Samara, Russia

The paper presents the results of the development and implementation of a formalized testing methodology for a unified automobile electric gearmotor with improved technical and economic characteristics.

Keywords: automotive industry; quality; mechanical engineering; auto industry; testing; unified electric gearmotor.

DOI: 10.37313/1990-5378-2024-26-6-115-121

EDN: IZIIXA

REFERENCES

1. Kozlovskij, V.N. Modelirovanie energoemkikh nakopitelej avtomobil'noj kombinirovannoj energoustanovki / V.N. Kozlovskij, V.I. Stroganov, V.V. Debelov, S.V. Petrovskij // Gruzovik. – 2018. – № 11. – S. 13-14.
2. Panyukov, D.I. Highlights of russian experience in implementing ISO/TS 16949 / D.I. Panyukov, V.N. Kozlovskij // Life Science Journal. 2014. T. 11. № 8s. S. 439-444.
3. Kozlovskij, V.N. Modelirovanie elektrooborudovaniya avtomobilej v processah proektirovaniya i proizvodstva: monografiya / V.N. Kozlovskij. – Togliatti, 2009.
4. Kozlovskij, V.N. Nadezhnost' sistemy elektrooborudovaniya legkovogo avtomobilya / V.N. Kozlovskij, V.E. Yutt // Elektronika i elektrooborudovanie transporta. – 2008. – № 3. – S. 37-40.
5. Kozlovskij, V.N. Metodologiya analiza i prognozirovaniya kachestva avtomobilej v ekspluatatsii / V.N. Kozlovskij, D.V. Antipov, A.V. Zayatrov // Aktual'nye problemy ekonomiki. – 2016. – T. 186. – № 12. – S. 387-398.
6. Kozlovskij, V.N. Kompleks obespecheniya kachestva sistemy elektrooborudovaniya avtomobilej / V.N. Kozlovskij, D.I. Panyukov. – Saarbrücken, 2014.
7. Kozlovskij, V.N. Kompleks elektronnyh sistem upravleniya dvizheniem legkovogo avtomobilya s kombinirovannoj silovoj ustanovkoj. Chast' 1 / V.N. Kozlovskij, V.I. Stroganov, V.V. Debelov, M.A. P'yanov // Elektrotekhnicheskie i informacionnye komplekсы i sistemy. – 2014. – T. 10. – № 1. – S. 40-49.
8. Kozlovskij, V.N. Problema strategicheskogo planirovaniya uluchsheniya kachestva i nadezhnosti sistemy elektrooborudovaniya avtomobilej / V.N. Kozlovskij, A.V. Zayatrov // Elektronika i elektrooborudovanie transporta. – 2012. – № 1. – S. 44-47.
9. Panyukov, D.I. Novoe rukovodstvo po FMEA: strukturnyj analiz processov / D.I. Panyukov, V.N. Kozlovskij, D.V. Ajdarov // Metody menedzhmenta kachestva. – 2020. – № 10. – S. 36-42.
10. Nemcev, A.D. Modelirovanie - instrument upravleniya kachestvom produkcii / A.D. Nemcev, V.N. Kozlovskij // Avtomobil'naya promyshlennost'. – 2003. – № 10. – S. 1-7.
11. Erohina, L.I. Innovacionnye mekhanizmy upravleniya potencialom sfery servisa v regione / L.I. Erohina, O.N. Naumova, L.S. Lyubohinec, V.P. Leshchishena, O.V. Lyubohinec, G.M. Kulapina, O.V. Markova, N.V. Nikitina, I.A. Kalashnikova, V.N. Dudko, E.V. Meshcheryakova, V.N. Kozlovskij, S.N. Cvetkova, T.V. Kretinina, E.A. Breusova, S.V. Fateeva, S.N. Novoselov, N.M. Ul'yanickaya, M.M. Shablykin, G.A. Buryakov i dr. – Tol'yatti, 2013.
12. Kozlovskij, V.N. Strategicheskoe planirovanie konkurentosposobnosti s točki zreniya kachestva / V.N. Kozlovskij, S.A. Shanin, D.I. Panyukov // Standarty i kachestvo. – 2017. – № 3. – S. 76-80.
13. Kozlovskij, V.N. Modelirovanie elektronnoj sistemy vvt upravleniya dvigatelem legkovogo avtomobilya / V.N. Kozlovskij, V.V. Debelov, M.A. P'yanov // Elektronika i elektrooborudovanie transporta. – 2014. – № 4. – S. 5-12.
14. Panyukov, D.I. Formirovanie effektivnoj FMEA-komandy / D.I. Panyukov, V.N. Kozlovskij, S.A. Shanin // Standarty i kachestvo. – 2017. – № 7. – S. 68-72.
15. Debelov, V.V. Elektronnaya sistema upravleniya avtomobilya «start-stop» Debelov V.V., Kozlovskij V.N., Yutt V.E. Elektronika i elektrooborudovanie transporta. – 2014. – № 2. – S. 6-9.