

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ С УЧЁТОМ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Р. Х. Хасанов

Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

e-mail: hasanov_r@mail.ru

Аннотация. Актуальность статьи заключается в следующих основных аспектах. Производители для обеспечения преимуществ при продаже в рамках жёсткой конкуренции предлагают новые современные легковые автомобили с наибольшим комплексом различных электронных и электрических систем, обеспечивающих надёжную, безопасную и удобную эксплуатацию автомобиля. В этой связи возникает необходимость сравнения параметров эффективности эксплуатации легковых автомобилей прошлых лет и современных автомобилей. Известно, что процесс эксплуатации любого, в том числе и легкового, автомобиля сопровождается не только процессом самой эксплуатации (как выполнения транспортной работы), системой поддержания и восстановления исправного технического состояния в виде диагностирования, технического обслуживания и ремонта, но и возникновением различных аварийных обстоятельств (дорожно-транспортные происшествия, пожары и т.п.). Автором ранее была предложена методика оценки эффективности эксплуатации автомобилей, которая была разработана и проверена при совокупности влияния неисправностей элементов различного иерархического уровня автомобилей, предопределяющих как образование технических неисправностей и отказов, приводящих к потере работоспособности автомобиля в целом, так и формирующих условия для возникновения дорожно-транспортных происшествий. Кроме того, методика оценки эффективности эксплуатации автомобилей позволяет учитывать мероприятия, связанные с предупреждением возникновения неисправностей и отказов, а также связанные с поддержанием и восстановлением технически исправного состояния автомобиля и его элементов. Целью настоящей статьи была проверить возможность использования методики оценки эффективности эксплуатации легковых автомобилей с учётом технического состояния элементов электрооборудования при безаварийной эксплуатации. Несмотря на малую вероятность возникновения такого события за весь жизненный цикл автомобиля, нельзя исключить возможность происхождения этого события в определённый период эксплуатации. Для исследования было принято решение использовать легковые автомобили LADA Vesta, как наиболее продаваемые в РФ. Таким образом, впервые предложенная автором научно-обоснованная методика позволяет получить результаты не только с учётом показателей отказов и неисправностей при эксплуатации и аварийных ситуациях, но и в условиях безаварийной эксплуатации автомобиля. Практическая значимость заключается в возможности применения этой методики, как для предприятий и организаций, так и для индивидуальных владельцев. Методика может быть использована при теоретических и практических исследованиях эффективности эксплуатации легковых автомобилей для оценки предлагаемых мероприятий.

Ключевые слова: легковые автомобили, эффективность эксплуатации, диагностирование, техническое обслуживание, ремонт, неисправность, отказ.

Для цитирования: Хасанов Р. Х. Оценка эффективности эксплуатации легковых автомобилей с учётом технического состояния электрооборудования // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2020. – №1. – С. 115–121. DOI: 10.25198/2077-7175-2020-1-115.

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF OPERATION OF PASSENGER CARS TAKING INTO ACCOUNT THE TECHNICAL CONDITION OF ELECTRICAL EQUIPMENT

R. H. Khasanov

Orenburg state University, Orenburg, Russia

e-mail: hasanov_r@mail.ru

Abstract. The relevance of the article is in the following main aspects. Manufacturers offer new modern passenger cars with the complex of various electronic and electrical systems that ensure reliable, safe and convenient operation of the car in order to provide advantages when selling in the framework of competition. In this regard,

there is a need to compare the parameters of the efficiency of operation of passenger cars of previous years and modern cars. It is known that the process of operation of any car is accompanied not only by the process of operation itself (as the performance of transport work), the system of maintaining and restoring the serviceable technical condition in the form of diagnosis, maintenance and repair, but also the emergence of various emergency circumstances (traffic accidents, fires, etc.). The author previously proposed a method of evaluating the efficiency of cars, which was developed and tested in the aggregate impact of failures of elements of different hierarchical level of the car that determine how education technical faults and failures, leading to loss of functionality of the car as a whole, and forming the conditions for the occurrence of emergency circumstances. In addition, the method of assessing the effectiveness of the operation of vehicles allows you to take into account activities related to the prevention of malfunctions and failures, as well as related to the maintenance and restoration of technically sound condition of the car and its elements. The purpose of this article was to check the possibility of using the method of efficiency evaluation of passenger vehicles with regard to the technical condition of electrical components during trouble-free operation. Despite the low probability of occurrence of such events over the lifetime of the car, there is a possibility of origin in a certain period of operation. For the study, it was decided to use Lada Vesta cars as the best-selling in Russia. Thus, for the first time proposed by the author scientifically-based methodology allows to obtain results not only taking into account the failure rates and malfunctions during operation and emergency situations, but also in the conditions of accident-free operation of the car. The practical significance lies in the possibility of applying this technique, both for enterprises and organizations, and for individual owners. The method can be used in theoretical and practical studies of the efficiency of operation of passenger cars to assess the proposed measures.

Keywords: passenger cars, operational efficiency, diagnosis, maintenance, repair, malfunction, failure.

Cite as: Khasanov, R. Kh. (2020) [Evaluation of the efficiency of operation of passenger cars taking into account the technical condition of electrical equipment]. *Intellect. Innovatsii. Investitsii* [Intellect. Innovations. Investments]. Vol. 1, pp. 115–121. DOI: 10.25198/2077-7175-2020-1-115.

Введение

Анализ данных аналитического агентства «АВТОСТАТ» показал, что по состоянию на 1 января 2019 года количество автотранспортных средств (АТС) в Российской Федерации достигло значения 51,8 млн единиц, что 1,3 раза больше, чем в 2009 году. При этом, 43,5 млн единиц приходится на сегмент легковых автомобилей, что составляет 84% от общего числа АТС. Кроме того, на начало 2019 года средний возраст легковых автомобилей в России достиг 11,4 года, что на 0,4 года меньше, чем в Соединенных Штатах Америки, где на начало 2019 года зафиксировано значение среднего возраста легковых автомобилей равное 11,8 лет. Эксперты аналитического агентства «АВТОСТАТ» определили, что средний годовой пробег легкового автомобиля в нашей стране имеет значение 17500 км, что практически на 10% больше, чем было определено пять лет ранее в РФ^{1,2}. Данная ситуация позволяет сделать вывод, что увеличение количества легковых автомобилей указывают на улучшение благосостояния граждан РФ, а повышение показателей средних годовых пробегов этих автомобилей в большей мере связано с прогрессированием показателей эксплуатационной надёжности, сопряжённых с совершенствованием конструктивно-технологических особенностей автомобилей,

позволяющих проезжать большее количество километров по сравнению с аналогичным прошлым периодом. Не следует забывать, что большие пробеги обязывают владельцев АТС увеличивать количество обращений в специализированные организации и предприятия для своевременного выполнения планово-предупредительных мероприятий, направленных на поддержание автомобилей в технически исправном состоянии.

Производители для обеспечения условий надёжной, безопасной и удобной эксплуатации оборудуют современные легковые автотранспортные средства различными электрическими и электронными системами и устройствами, осуществляющими выполнение функциональных процессов на основе получения и преобразования информации, поступающей от взаимодействия элементов автомобиля между собой или с окружающей средой через электрические импульсы на блок управления [9, 11, 12, 14]. В результате управляющее действие от этого блока предопределяет тот набор операций на системы автомобиля, выполняющий непосредственные управляющие манипуляции. По такому принципу работает один из вариантов исполнения антиблокировочной системы (АБС) автомобиля, когда при движении АТС информация о значениях коэффициента сцепления шин с поверхностью дорожно-

¹ В России числится около 52 млн единиц автотранспорта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.autostat.ru/news/37917/> (дата обращения: 11.10.2019).

² Средний возраст автомобилей с пробегом в регионах РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.autostat.ru/press-releases/39690/> (дата обращения: 11.10.2019).

го полотна в единицу времени передаётся непосредственно от колёс на датчики. Блок управления АБС принимает эту информацию, обрабатывает и преобразует в электрический сигнал, вследствие чего формируется воздействие на каждое колесо в виде либо тормозящего, либо растормаживающего эффектов. Наличие различных дополнительных электрических и электронных систем и устройств в легковых автомобилях, с одной стороны, позволяет улучшить эксплуатационные свойства, с другой стороны, закладывает удорожание производства, эксплуатации, ремонта и обслуживания АТС. В ходе проведенных исследований в работах [6–8] было установлено, что до 30% неисправностей приходится на элементы электрооборудования из числа всех неисправностей у легковых автомобилей. Если рассматривать долю обращений в сервисные предприятия и организации города Оренбурга,

то можно отметить, что наиболее часто владельцы легковых автомобилей обращаются с неисправностями системы освещения и сигнализации (до 28%) и системы электроснабжения (до 20%). Примерно в равных соотношениях проявляются неисправности системы зажигания (до 13%), информационно-диагностической системы (до 12%) и системы пуска (до 12%) у легковых автомобилей. Примерно каждый десятый случай зафиксирован с неисправностями систем вспомогательного оборудования электрической системы легковых автомобилей (до 9%), а наиболее редко встречаются случаи, связанные с неисправностями систем электронного управления силовыми агрегатами легковых автомобилей (до 6%) [2–5]. Результаты полученные в ходе обследования обращений легковых автомобилей в сервисные центры города Оренбурга представлены на рисунке 1.

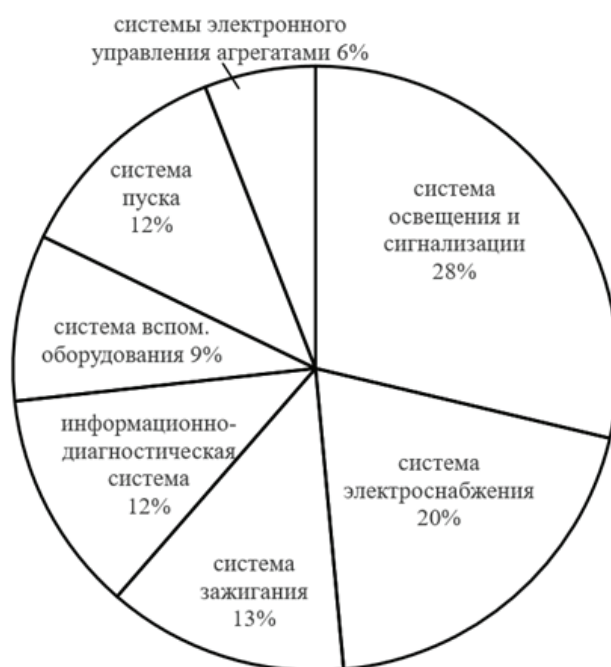


Рисунок 1. Диаграмма распределения неисправностей и отказов систем электрооборудования легковых автомобилей

Методологический аппарат исследования

В этой связи, возникает необходимость оценки эффективности эксплуатации легковых автомобилей, как результирующей составляющей использования автомобиля. Для объективного обоснования возможности применения представляемой методики в условиях, рассматриваемых в данной статье, предлагается проанализировать на автомобилях марки LADA модельного ряда Vesta, как наиболее продаваемых за 2018 год и 6 месяцев 2019 года³.

В рамках статей [1, 12, 13] автором было предложено оценивать эффективность эксплуатации автомобилей с учётом аварийных ситуаций, возникающих в процессе эксплуатации [5], а также при отказе силового агрегата – дизельного двигателя автомобиля [15]. При этом, общий вид для определения комплексного показателя эффективности эксплуатации автомобилей представлен выражением (1):

³ Комплектации и цены на официальном сайте АО «АВТОВАЗ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.lada.ru/cars/vesta/sw/> (дата обращения: 11.10.2019).

$$\Delta'' = \begin{bmatrix} f_{\Delta mn}(k_{\Delta mn}^i, k^i, N_{\Delta mn}^i \dots \wedge^i_{\Delta mn}) \\ \vdots \\ f_n(k_n^i, k^i, N_n^i \dots \wedge^i_n) \end{bmatrix} = \Delta''_{\Delta mn} + \dots + \Delta''_n \Rightarrow \Delta''_i, \quad (1)$$

где

$k_{\Delta mn}^i$ – коэффициент уровня безопасности, учитывающий долю ДТП (аварийной ситуации) на АТС по причине какой-либо неисправности или отказа i -го элемента;

k^i – коэффициент уровня безопасности, учитывающий долю пожаров (аварийной ситуации) на АТС по причине какой-либо неисправности или отказа i -го элемента;

k^i – коэффициент, учитывающий число неисправностей и отказов i -го элемента;

$N_{\Delta mn}^i, N^i$ – количество ДТП и пожаров (аварийных ситуаций), произошедших из-за неисправностей или отказов i -го элемента;

$U_{\Delta mn}^i, U_n^i$ – величина ущерба от ДТП и пожаров (аварийных ситуаций), произошедших из-за неисправностей или отказов i -го элемента;

$\Delta''_{\Delta mn}$ – величина изменения комплексного показателя с учетом ДТП (аварийной ситуации), учитывающего разность показателей предыдущего и последующего периодов эксплуатации;

Δ''_n – величина изменения комплексного показателя с учетом пожаров (аварийной ситуации), учитывающего разность показателей предыдущего и последующего периодов эксплуатации.

Комплексный показатель эффективности эксплуатации легковых автомобилей позволяет учитывать не только удельные и другие показатели эксплуатации, диагностирования, технического обслуживания и ремонта, но и возможный ущерб от аварийных и иных ситуаций, как по отдельным показателям, так и в общем (дифференцированном) виде путём сравнения предыдущего (настоящего) и прогнозируемого периодов эксплуатации [15]. Принципиально важным при использовании комплексного показателя эффективности эксплуатации легковых автомобилей является возможность применения методики оценки эффективности также при отсутствии каких-либо аварийных ситуаций и при возникновении неисправностей и отказов у элементов, не относящихся к группам основных или базовых деталей автомобиля [8]. Несмотря на то, что в настоящее время за весь срок жизненного цикла легкового автомобиля трудно представить его безаварийную эксплуатацию, однако такое обстоятельство для автомобиля возможно на определённом временном промежутке и, соответственно, оценка эффективности должна быть обеспечена при этих обстоятельствах.

В таком случае коэффициент уровня безопасности, учитывающий долю ДТП с АТС по причине какой-либо неисправности или отказа i -го элемента ($k_{\Delta mn}^i$) и коэффициент уровня безопасности, учитывающий долю пожаров на АТС по причине какой-либо неисправности или отказа i -го элемента (k^i) принимаются равными нулю и в дальнейших расчётах не учитываются.

Тогда значимую роль приобретает показатель, учитывающий долю неисправностей и отказов элементов АТС в соответствии с их иерархическим уровнем в общей структуре автомобиля. В качестве такого показателя было принято решение использовать коэффициент, учитывающий число неисправностей и/или отказов i -го элемента АТС. При этом, следует учесть, что одна часть неисправностей и отказов элементов АТС будет иметь постепенный, прогнозируемый характер образования, а другая часть неисправностей и отказов элементов АТС будет иметь внезапный, не прогнозируемый характер образования. Естественно, что для владельцев легковых и других автомобилей наиболее благоприятной ситуацией будет, когда характер образования будет представлен в постепенной и прогнозируемой форме, что позволит заблаговременно обеспечить условия ремонтно-восстановительного воздействия с соответствующим оборудованием, персоналом и производственно-технической базой.

Коэффициент, учитывающий число неисправностей и отказов i -го элемента, может определяться по формуле:

$$k^i = \sum k^i = \sum (D^{\Delta mn, i} + D^{\Delta mn} + D^i), \quad (2)$$

где

$D^{\Delta mn, i}$ – коэффициент, учитывающий долю неисправностей и отказов по причине технической неисправности АТС, включающих неисправности и отказы i -го элемента;

$D^{\Delta mn}$ – коэффициент, учитывающий долю неисправностей и отказов агрегатов и систем АТС, включающих неисправности и отказы i -го элемента;

D^i – коэффициент, учитывающий долю неисправностей и отказов i -го элемента.

Если учесть, что для сравнительного анализа необходимо рассчитать коэффициент, учитывающий долю неисправностей и отказов i -го элемента, на настоящий момент времени и после введения предлагаемых мероприятий по совершенствованию

процесса эксплуатации на основе своевременного проведения ремонтно-профилактических воздействий. В таком случае необходимо принять во внимание показатели эксплуатационной надёжности до и после применения организационно-технических мероприятий. В этом случае соблюдается условие обеспечения взаимосвязи показателей эксплуатации АТС и надёжностных показателей его элементов при выполнении транспортной работы.

Рассчитаем оценку эффективности эксплуатации легковых автомобилей на примере автомобилей марки LADA модельного ряда Vesta. Согласно обобщения результатов работ [6, 9] применение своевременной диагностики и технического обслуживания элементов электрооборудования легковых автомобилей позволит сократить за тот же период эксплуатации число неисправностей и отказов минимум на 10%.

Коэффициент, учитывающий число неисправностей и отказов элементов электрооборудования АТС, согласно имеющимся данным, равен:

$$k^* = (D^{ac31} \cdot D^{ac11}) + (D^{ac21} \cdot D^{ac21}) + (D^{ac31} \cdot D^{ac11}), \quad (3)$$

где

$D^{ac31}, D^{ac32}, \dots, D^{ac3n}$ – коэффициент, учитывающий долю АТС, имеющих неисправности и отказы элементов электрооборудования, в нашем случае 100%;

D^{ac11} – коэффициент, учитывающий долю неисправностей и отказов в системе освещения и сигнализации, 28%;

D^{ac21} – коэффициент, учитывающий долю неисправностей и отказов в системе электроснабжения, 20%;

D^{ac31} – коэффициент, учитывающий долю неисправностей и отказов в системе зажигания АТС, 13%;

D^{ac41} – коэффициент, учитывающий долю неисправностей и отказов в информационно-диагностической системе АТС, 12%;

D^{ac51} – коэффициент, учитывающий долю неисправностей и отказов в системе вспомогательного оборудования АТС, 9%;

D^{ac61} – коэффициент, учитывающий долю неисправностей и отказов в системе пуска, 12%;

D^{ac71} – коэффициент, учитывающий долю неисправностей и отказов в системе электронного управления агрегатами, 6%.

$$k^* = (1 \cdot 0,28) + (1 \cdot 0,20) + \dots + (1 \cdot 0,06) = 1,0.$$

Результаты исследования

Для расчета среднегодового значения величины изменения комплексного показателя с технического состояния элементов электрооборудования для легковых АТС выбрана стоимость нового автомобиля марки LADA модельного ряда Vesta, как наиболее массово приобретаемого в последние годы⁴, тогда, $C_a = 670000$ рублей на октябрь 2019 года⁵.

Величину снижения ущерба от возникновения внезапных, непрогнозируемых неисправностей и отказов электрооборудования на АТС за счет организации своевременной диагностики и технического обслуживания элементов электрооборудования, определим из формулы:

$$\Delta PA_{\infty} = (Z_r - Z_{r*}) \cdot A_{\infty}, \quad (4)$$

где

Z_r – средние затраты за год эксплуатации одного легкового АТС при существующей системе эксплуатации с учётом средней стоимости 1 нормо-часа равной 600 рублей и коэффициента, учитывающего число неисправностей и отказов элементов электрооборудования АТС до внедрения мероприятий равного 1,0;

Z_{r*} – средние затраты за год эксплуатации одного легкового АТС при организации своевременной диагностики и технического обслуживания элементов электрооборудования с учётом средней стоимости 1 нормо-часа равной 600 рублей и коэффициента, учитывающего число неисправностей и отказов элементов электрооборудования АТС после внедрения мероприятий равного 0,9;

A_{∞} – среднее количество обращений легковых АТС за год в сервисные предприятия города Оренбурга по причине неисправности электрооборудования, $A_{\infty} = 150000$.

$$\Delta PA_{\infty} = (1000 \cdot 1 - 1000 \cdot 0,9) \cdot 150000 = 1500000 \text{ рублей в год.}$$

Полученные новые результаты комплексного показателя эффективности эксплуатации легковых автомобилей с учётом снижения числа внезапных, непрогнозируемых неисправностей и отказов элементов электрооборудования за счёт совершенствования организации диагностирования и технического обслуживания элементов электрооборудования для легковых автомобилей в городе Оренбурге составили 1500000 рублей в год.

⁴ В России числится около 52 млн единиц автотранспорта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.autostat.ru/news/37917/> (дата обращения: 11.10.2019).

⁵ Комплектации и цены на официальном сайте АО «АВТОВАЗ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.lada.ru/cars/vesta/sw/> (дата обращения: 11.10.2019).

Заключение

Таким образом, в данной статье автором на примере автомобиля марки LADA модельного ряда Vesta была проведена оценка эффективности эксплуатации легковых автомобилей с учётом мероприятий по совершенствованию организации диагностирования и технического обслуживания элементов электрооборудования. Научная новизна заключается в предложенной автором методике оценки комплексного показателя эффективности эксплуатации легковых автомобилей, позволяющей получать результаты с учётом использования различных показателей. Практическая значимость полученных результатов заключается в возможности применения предлагаемой автором методики

для ситуаций не только с учётом аварийных повреждений или с учётом эксплуатационных отказов основных и базовых элементов автомобилей, но и используя данные о значениях показателей технического состояния других элементов автомобиля за определённый период эксплуатации, оценить эффективность эксплуатации легковых автомобилей, как для предприятий и организаций, так и для индивидуальных владельцев на основе опыта эксплуатации предшествующих по сроку автомобилей. На основе результатов применения предложенной автором методики имеется возможность при дальнейших исследованиях проведения комплексной оценки эффективности эксплуатации легковых автомобилей с учётом предлагаемых мероприятий.

Литература

1. Баловнев С. В., Хасанов Р. Х. Обоснование показателя оценки безопасности автотранспортных средств // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2015. – № 4 (179). – С. 136–141.
2. Бондаренко Е. В. Исследование элементов электрооборудования автомобильного транспорта в процессе эксплуатации // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2014. – № 9(92). – С. 159–163.
3. Бондаренко Е. В. О взаимосвязи противопожарной безопасности и параметров автомобилей технического состояния автомобилей // Мир транспорта и технологических машин – ГТО Орел : Госуниверситет – УНПК. – 2011. – № 4 (35). – С. 73–80.
4. Бондаренко Е. В. Обеспечение безопасности автотранспортных средств с учетом технического состояния элементов электрооборудования // Мир транспорта и технологических машин – ГТО Орел: Госуниверситет. – УНПК. – 2012. – № 2 (37) – С. 96–100.
5. Голованов В. С. Диагностический параметр элементов электрооборудования автомобиля // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2014. – №10(171). – С. 49–53.
6. Козловский В. Н. Обеспечение качества и надежности системы электрооборудования автомобилей: дис... д-ра техн. наук: 05.09.03. – Тольятти, 2010. – 249 с.
7. Пузаков А. В. Обоснование диагностических параметров автомобильных генераторных установок // Вестник Оренбургского государственного университета, 2014. – № 10 (171). – С. 158–163.
8. Рассоха В. И. Эксплуатация легковых автомобилей с учетом технического состояния электрических проводов // Автомобильная промышленность, 2018. – № 2. – С. 25–27.
9. Сидорин Е. С. Совершенствование организации технического обслуживания элементов системы электрооборудования легковых автомобилей: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10. – Оренбург, 2015. – 148 с.
10. Сидорин Е. С. Определение периодичности технического обслуживания элементов электрооборудования автомобилей // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2014. – № 10. – С. 188–193.
11. Соснин Д.А. Электронный привод акселератора современного автомобиля // Ремонт и сервис.- 2008. – № 12. – С. 42–43.
12. Хасанов Р. Х. К вопросу оценки эффективности эксплуатации автомобилей // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2017. – № 11. – С. 55–58.
13. Хасанов Р. Х. Обоснование комплексного показателя эффективной эксплуатации автомобилей // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2015. – № 9 (184). – С. 225–231.
14. Ютт В. Е., Голубчик Т. В., Нгуен К. Т., Лазарев Д. Б. Повышение энергетической эффективности электропривода транспортных средств с независимыми двигателями // Научное обозрение. Технические науки. – 2015. – № 1. – С. 133–133.
15. Suleimanov I. F. The rationale for the methods of assessment of the influence of technical condition of camshafts on the parameters of diesel engines [Электронный ресурс] // International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development (IJMPERD), 2018. – Vol. 8, Special Iss. 8. – P. 426–432.

References

1. Balovnev, S. V., Khasanov, R. H. (2015) [Justification of indicator of vehicle safety]. *Vestnik OGU* [Bulletin of OSU]. Vol. 4 (179), pp. 136–141. (In Russ.).

2. Bondarenko, E. V. (2014) [Investigation of elements of electrical equipment of motor transport in the process of operation]. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of Irkutsk state technical University]. Vol. 9 (92), pp. 159–163. (In Russ.).
3. Bondarenko, E. V. (2011) [On the relationship of fire safety and parameters of cars technical condition of cars]. *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin* [World of transport and technological machines]. Vol. 4 (35), pp. 73–80. (In Russ.).
4. Bondarenko, E. V. (2012) [Ensuring the safety of vehicles taking into account the technical condition of the elements of electrical equipment]. *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin* [World of transport and technological machines]. Vol. 2 (37), pp. 96–100. (In Russ.).
5. Golovanov, V. S. (2014) [Diagnostic parameter of elements of electric equipment of the car]. *Vestnik OGU* [Bulletin of OSU]. Vol. 10 (171), pp. 49–53. (In Russ.).
6. Kozlovsky, V. N. (2010) *Obespechenie kachestva i nadezhnosti sistemy elektrooborudovaniya avtomobilej. Dokt. Diss.* [Ensuring the quality and reliability of the system of electrical equipment of cars. Doc. Diss.]. Tolyatti. 249 p.
7. Puzakov, A. V. (2014) [Justification of diagnostic parameters of automobile generator sets]. *Vestnik OGU* [Bulletin of OSU]. Vol. 10 (171), pp. 158–163. (In Russ.).
8. Rassokha, V. I. (2018) [Exploitation of passenger cars taking into account the technical condition of electric wires]. *Avtomobil'naya promyshlennost'* [Automotive industry]. Vol. 2, pp. 25–27. (In Russ.).
9. Sidorin, E. S. (2015) *Sovershenstvovanie organizatsii tekhnicheskogo obsluzhivaniya elementov sistemy elektrooborudovaniya legkovykh avtomobilej. Kand. Diss.* [Perfection of the organization of maintenance of elements of system of electric equipment of cars. Cand. Diss.]. Orenburg. 148 p.
10. Sidorin, E. S. (2014) [Determination of periodicity of maintenance of elements of electric equipment of cars]. *Vestnik OGU* [Bulletin of OSU]. Vol. 10, pp. 188–193. (In Russ.).
11. Sosnin, D. A. (2008) [Electronic drive accelerator modern car]. *Remont i servis* [Repair and service]. Vol. 12, pp. 42–43. (In Russ.).
12. Khasanov, R. H. (2017) [On the issue of assessing the efficiency of operation of cars]. *Intellekt. Innovatsii. Investitsii* [Intelligence. Innovations. Investments]. Vol. 11, pp. 55–58. (In Russ.).
13. Khasanov, R. H. (2015) [Justification of the complex indicator of effective operation of cars]. *Vestnik OGU* [Bulletin of OSU]. Vol. 9 (184), pp. 225–231. (In Russ.).
14. Jutt, V. E., Golubchik, T. V., Nguyen, K. T., Lazarev, D. B. (2015) [Improving the energy efficiency of electric vehicles with independent propulsion] *Nauchnoe obozrenie. Tekhnicheskie nauki*. [Scientific review. Technical science.]. Vol. 1, pp. 133–133. (In Russ.).
15. Suleimanov, I. F. (2008) [The rationale for the methods of assessment of the influence of technical condition of camshafts on the parameters of diesel engines]. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development (IJMPERD)*. Vol. 8, Special Iss. 8, pp. 426–432. (In Eng.).

Информация об авторе:

Рустем Халилович Хасанов, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры автомобильного транспорта, Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия
e-mail: hasanov_r@mail.ru

Статья поступила в редакцию 18.10.2019; принята в печать 22.01.2020.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Information about the author:

Rustem Halilovich Khasanov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, The senior lecturer of the Department of road transport, Orenburg state University, Orenburg, Russia
e-mail: hasanov_r@mail.ru

The paper was submitted: 18.10.2019.

Accepted for publication: 22.01.2020.

The author has read and approved the final manuscript.