

Научная статья

УДК 629.113

DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2024-21-1-98-107>

EDN: GZLAHN



# ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ АМОРТИЗАЦИОННЫХ СТОЕК АВТОМОБИЛЕЙ КАТЕГОРИИ М1 В УСЛОВИЯХ НАРУШЕНИЯ УСТОЯВШИХСЯ РЫНОЧНЫХ ОТНОШЕНИЙ МЕЖДУ КОНЕЧНЫМИ ПОТРЕБИТЕЛЯМИ ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ И ПОСТАВЩИКАМИ

С.Н. Кривцов, Т.И. Кривцова ✉

Иркутский национальный исследовательский технический университет,  
г. Иркутск, Россия✉ [tatyana\\_krivcova1985@mail.ru](mailto:tatyana_krivcova1985@mail.ru),

✉ ответственный автор

## АННОТАЦИЯ

**Введение.** За последние два года произошло нарушение устоявшихся рыночных отношений между конечными потребителями запасных частей и поставщиками. Это привело, с одной стороны, к значительному увеличению стоимости автокомпонентов, а с другой – к переориентированию рынка на новых альтернативных производителей и поставщиков. Основной целью работы являлась статистическая оценка показателей надежности наиболее дорогого элемента подвески – амортизационной стойки подвески Мак-Ферсон, в условиях замены оригинальных стоек на аналоги, доступные на рынке.

**Методы.** Исследование эксплуатационной надежности систем, узлов и агрегатов автомобилей категории М1 проводилось в условиях дилерского центра в течение 2022–2023 гг. В исследовании участвовали преимущественно автомобили с кузовом седан и передней подвеской Мак-Ферсон. При этом в каждом наряде-заказе фиксировалась причина обращения в сервис, пробег автомобиля, а также выполненные виды работ. Обработку экспериментальных данных выполняли с помощью программного обеспечения MS Excel и MatLab от MathWorks.

**Результаты и выводы.** Проведенные исследования позволили заключить, что обращения по подвеске автомобиля практически вдвое превышают другие обращения. На наиболее дорогие элементы – передние амортизационные стойки, приходится до трети всех отказов по подвеске. Для оценки показателей надежности альтернативных стоек определен закон распределения отказов (нормальный), вероятность отказа и безотказной работы, а также определены параметры закона распределения: математическое ожидание, среднеквадратическое отклонение и коэффициент вариации. Установлено, что ресурс задних амортизаторов как минимум на 30% больше, а обращений на станции технического обслуживания значительно меньше. Таким образом, эксплуатация автомобиля со стойками альтернативных производителей вполне целесообразна, несмотря на то, что ресурс стоек альтернативных производителей, как правило, ниже, чем у оригинальных брендов.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** амортизатор, надежность, подвеска Мак-Ферсон, альтернативные производители, ремонт подвески, ресурс амортизаторов, неисправности подвески, наряд-заказ, автомобиль категории М1, автокомпоненты

**КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Статья поступила в редакцию 20.11.2023; одобрена после рецензирования 23.12.2023; принята к публикации 20.02.2024.**

**Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.**

**Прозрачность финансовой деятельности:** авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах. Конфликт интересов отсутствует.

**Для цитирования:** Кривцов С.Н., Кривцова Т.И. Оценка показателей надежности амортизационных стоек автомобилей категории М1 в условиях нарушения устоявшихся рыночных отношений между конечными потребителями запасных частей и поставщиками // Вестник СибАДИ. 2024. Т. 21, № 1. С. 98–107. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2024-21-1-98-107>

© Кривцов С.Н., Кривцова Т.И., 2024



Контент доступен под лицензией  
Creative Commons Attribution 4.0 License.

Origin article  
DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2024-21-1-98-107>  
EDN: GZLAHN

## EVALUATION OF RELIABILITY INDICATORS OF SHOCK ABSORBERS STRUTS OF M1 CATEGORY CARS IN CONDITIONS OF VIOLATION OF ESTABLISHED MARKET RELATIONS BETWEEN END USERS OF SPARE PARTS AND SUPPLIERS

Sergey N. Krivtsov, Tatyana I. Krivtsova ✉  
Irkutsk National Research Technical University,  
Irkutsk, Russian  
✉ [tatyana\\_krivcova1985@mail.ru](mailto:tatyana_krivcova1985@mail.ru),  
✉ corresponding author

### ABSTRACT

**Introduction.** Over the past two years, there has been a violation of established market relations between end users of spare parts and suppliers. This led, on the one hand, to a significant increase in the cost of automotive components, and, on the other, to a reorientation of the market to new alternative manufacturers and suppliers. The main purpose of the work was a statistical assessment of the reliability indicators of the most expensive suspension element – the McPherson suspension strut, in the conditions of replacing the original struts with analogues available on the market.

**Methods.** The study of the operational reliability of systems, components and assemblies of M1 cars was conducted in a dealership during 2022-2023. The study mainly involved cars with a sedan body and a McPherson front suspension. At the same time, the reason for contacting the service, the mileage of the car, as well as the types of work performed were recorded in each work order. The experimental data were processed using MS Excel and MatLab software from MathWorks.

**Results and conclusions.** The conducted research allowed us to conclude that the appeals on the suspension of the car are almost twice as high as other appeals. The most expensive elements – the front shock struts, account for up to a third of all suspension failures. To assess the reliability indicators of alternative racks, the failure distribution law (normal), the probability of failure and uptime are determined, and the parameters of the distribution law are determined: mathematical expectation, standard deviation and coefficient of variation. It was found that the resource of the rear shock absorbers is at least 30% more, and there are significantly fewer calls at the service station. Thus, the operation of a car with racks from alternative manufacturers is quite reasonable, despite the fact that the resource of racks from alternative manufacturers is usually lower than that of the original brands.

**KEYWORDS:** shock absorber, reliability, suspension McPherson, alternative manufacturers, repair of suspension, resource of shock absorbers, failures of suspension, service order, automobile of category M1, autocomponents

**CONFLICT OF INTEREST:** The authors declare no conflict of interest.

The article was submitted 20.11.2023; approved after reviewing 23.12.2023; accepted for publication 20.02.2024.

All author has read and approved the final manuscript.

Financial transparency: the author has no financial interest in the presented materials or methods. There is no conflict of interest.

For citation. Krivtsov S.N., Krivtsova T.I. Evaluation of reliability indicators of shock absorbers struts of M1 category cars in conditions of violation of established market relations between end users of spare parts and suppliers. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2024; 21 (1): 98-107. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2024-21-1-98-107>

© Krivtsov S.N., Krivtsova T.I., 2024



Content is available under the license  
Creative Commons Attribution 4.0 License.

## ВВЕДЕНИЕ

Современный автомобильный рынок – это сложный механизм, на функционирование которого влияет множество факторов, одним из которых является техническая политика фирм-производителей автомобилей и фирм-производителей автомобильных компонентов. За последние два года произошло нарушение устоявшихся рыночных отношений между конечными потребителями запасных частей и поставщиками. Это привело, с одной стороны, к значительному увеличению стоимости автокомпонентов, а с другой – к переориентированию рынка на новых альтернативных производителей и поставщиков.

В течение эксплуатации техническое состояние систем, узлов и агрегатов автотранспортных средств ухудшается, равно как и эксплуатационные свойства автомобилей [1,2]. Причем наиболее важно при этом контролировать техническое состояние узлов и систем, непосредственно влияющих на безопасность дорожного движения.

Одним из наиболее уязвимых мест в условиях России является подвеска автомобиля, поскольку эксплуатация происходит в достаточно тяжелых условиях [3,4]. При ухудшении технического состояния подвески происходит снижение устойчивости и управляемости автомобиля, так как ухудшается контакт колес с дорожным покрытием, увеличение тормозного пути, нарушение корректной работы антиблокировочной системы и системы курсовой устойчивости [3,4,5,6].

Подвеску и ходовую часть при этом можно контролировать как стендовыми методами [6,7,8], так и в дорожных условиях [2,9,10,11]. При этом определенный интерес представляет надежность элементов подвески, что позволит не только прогнозировать остаточный ресурс [12,13,14], но и целесообразную периодичность контроля.

Стремление к обеспечению заданного уровня качества выполнения ремонтно-обслуживающих воздействий дилерскими центрами и станциями технического обслуживания наталкивается на противоречие, вызванное недостатком знаний об эксплуатационной надежности альтернативных запасных частей в условиях нарушения устоявшихся рыночных отношений между конечными потребителями запасных частей и поставщиками при отсутствии технологической поддержки со стороны зарубежных фирм-производителей. Поэтому выполнение исследования, направленного на обеспечение заданного уровня качества вы-

полнения работ и выявление показателей эксплуатационной надежности узлов, влияющих на устойчивость, управляемость и в конечном итоге на безопасность дорожного движения, является актуальным.

В связи с написанным ранее основной целью работы являлась статистическая оценка вероятности отказа (безотказной работы) наиболее дорогого элемента подвески – амортизационной стойки подвески Мак-Ферсон, в условиях замены оригинальных стоек на аналоги, доступные на рынке.

## МЕТОДЫ

Исследование эксплуатационной надежности систем, узлов и агрегатов автомобилей категории М1 проводилось в условиях дилерского центра «Агат-Авто», специализирующегося на продаже, обслуживании и ремонте автомобилей марки Kia в течение 2022–2023 гг. Однако этот центр обслуживает и автомобили других марок. В исследовании участвовали преимущественно автомобили с кузовом седан. При этом в каждом наряде-заказе фиксировалась причина обращения в сервис, пробег автомобиля, а также выполненные виды работ. Техническое состояние проверялось как инструментальными методами, так и визуальным осмотром, например, наличие течей (рисунок 1), люфтов и т.п.



Рисунок 1 – Фотография типичной неисправности амортизационной стойки (течь)  
Источник: составлено авторами.

Figure 1 – Photography of typical failure of shock absorber strut (leakage)  
Source: compiled by the authors.

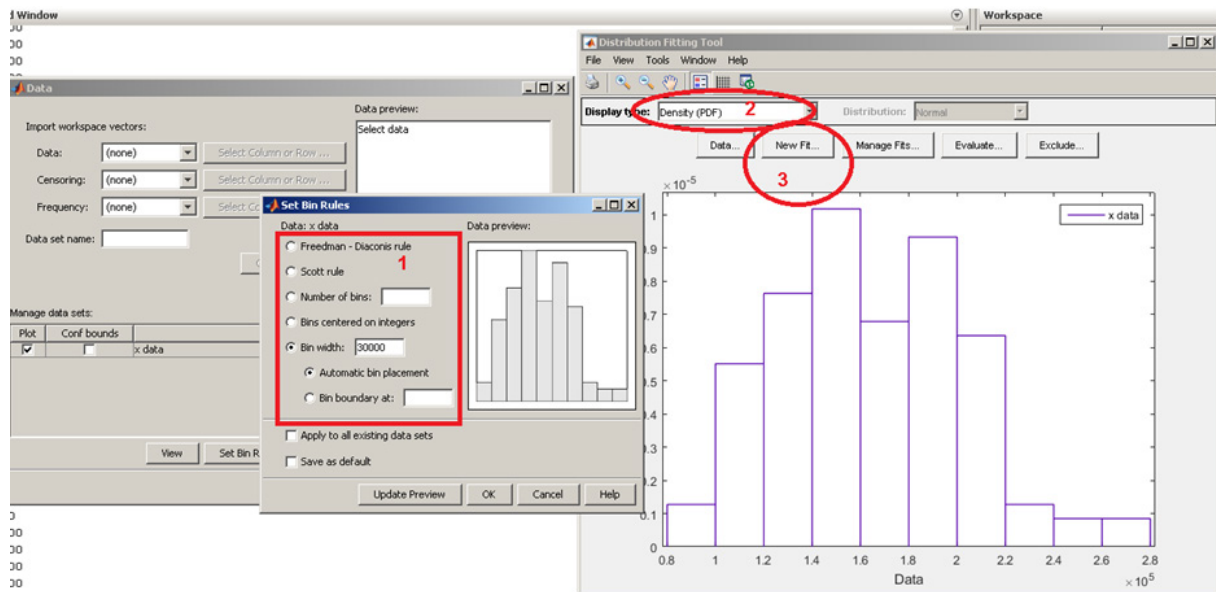


Рисунок 2 – Скриншот обработки данных в Math Lab:  
 1 – установка ширины вариационного ряда;  
 2 – выбор графика (накопленная вероятность, распределение и др.);  
 3 – построение графической зависимости  
 Источник: составлено авторами.

Figure 2 – Screenshot of data processing in Math Lab  
 1 – Definition of variation interval width;  
 2 – Choice of graphic (accumulated probability, density etc.);  
 3 – Building a graphical dependency  
 Source: compiled by the authors.

Наиболее частыми причинами обращения на станцию технического обслуживания были:

- посторонние стуки и шумы в передней и задней частях автомобиля;
- ухудшение плавности хода автомобиля (понижение демпфирующих свойств подвески).

При необходимости подтверждения наличия заявленного симптома проводилась тестовая поездка на автомобиле. В ряде случаев, особенно в спорных ситуациях или неявных проявлениях неисправности, проводилась проверка на вибростенде методом Eusama. В дальнейшем осуществлялась обработка данных, которые систематизировались и определялись статистические показатели. После устранения неисправностей также проводилась тестовая поездка для контроля работоспособности и качества выполненных ремонтно-обслуживающих воздействий.

Количество интервалов  $k$ , на которое необходимо разбить размах  $R$ , рассчитывалось по выражению<sup>1</sup>

$$k = 1 + 3,32 \cdot \lg N, \quad (1)$$

где  $N$  – объем выборки испытаний.

Необходимый объем выборки обследования определялся с доверительной вероятностью  $\alpha = 0,95$  и относительной погрешностью  $\delta = 5\%$ .

Ширину интервала вариационного ряда определяли по правилу

$$h = \frac{l_{\max} - l_{\min}}{k}. \quad (2)$$

Гипотеза о том, что распределение является нормальным, проверялась с помощью критерия согласия  $\chi^2$  Пирсона<sup>1</sup>:

$$\chi^2_{\text{опыт}} = \sum_{i=1}^k \frac{(\bar{m}_i - m_i)^2}{m_i}, \quad (3)$$

где  $m_i$  – эмпирические частоты, полученные из выборки;

$\bar{m}_i$  – теоретические частоты, полученные расчетным путем.

<sup>1</sup> Веденяпин Г.М. Общая методика экспериментального исследования обработки опытных данных. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Колос, 1973. 195 с.



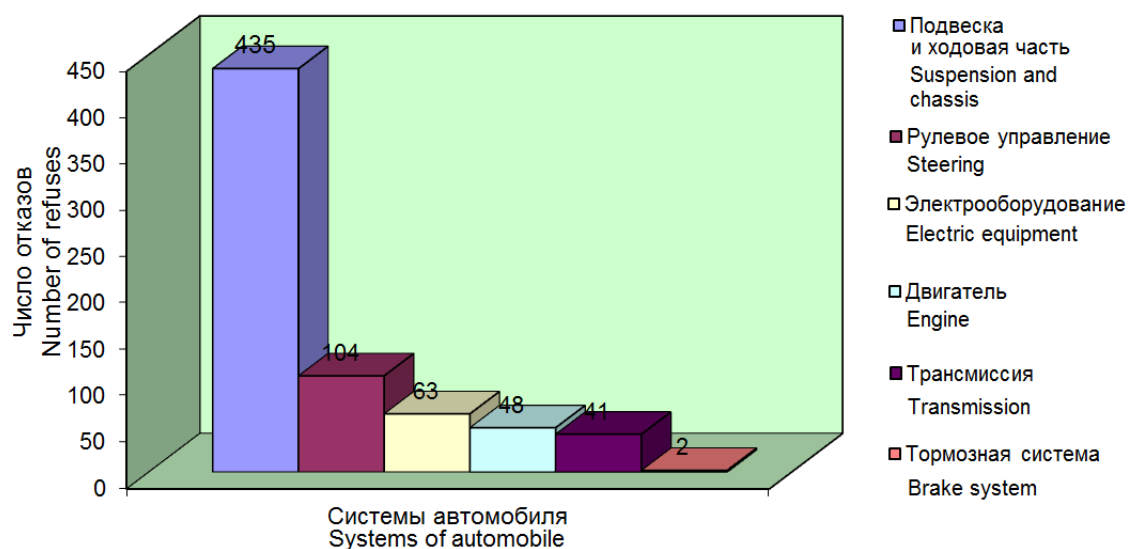


Рисунок 3 – Распределение отказов по автомобилям категории M1 в условиях Восточной Сибири  
Источник: составлено авторами.

Figure 3 – Distribution of failures by M1 category cars in the conditions of Eastern Siberia  
Source: compiled by the authors.

Среднее квадратичное отклонение определялось по известному выражению

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (l_i - l_{cp})^2}{N-1}}. \quad (4)$$

Коэффициент вариации находился по формуле

$$v = \frac{\sigma}{\mu} = \frac{\sigma}{l_{cp}}, \quad (5)$$

где  $l_{cp}$  –средний пробег или мат. ожидание ( $\mu$ ),  $\sigma$ – среднеквадратическое отклонение.

Обработку экспериментальных данных выполняли с помощью программного обеспечения MSExcel и MatLab от MathWorks (рисунок 2).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Наибольший процент обращений на станции технического обслуживания и дилерские сервисные центры имеют проблемы с подвеской (рисунок 3). Общее число отказов по подвеске значительно (практически вдвое) превышает остальные. Это вполне логично,

учитывая то, что эксплуатация автотранспортных средств в Восточной Сибири осуществляется в тяжелых условиях. Этот факт согласуется с данными, представленными в работе [2].

На рисунке 4 представлено распределение отказов элементов подвески и ходовой части. Обращает внимание на себя тот факт, что наибольший процент обращений по подвеске составляют неисправности шаровых шарниров, линков стабилизатора и сайлент-блоков (свыше 60%). Но это относится к негарантийным автотранспортным средствам, пробег которых составляет свыше 100 тыс. км. В то же время достаточно высок процент отказов амортизаторов (до трети всех случаев), причем пробег до отказа достаточно невелик, в том числе у новых автомобилей. В первую очередь речь идет о наиболее распространенной подвеске типа Мак-Ферсон. Причем в расчет брались данные преимущественно по новым амортизаторам альтернативных производителей, в том числе новых автомобилей, некоторые из которых находились на гарантии. Это позволило оценить ресурс и его разброс.

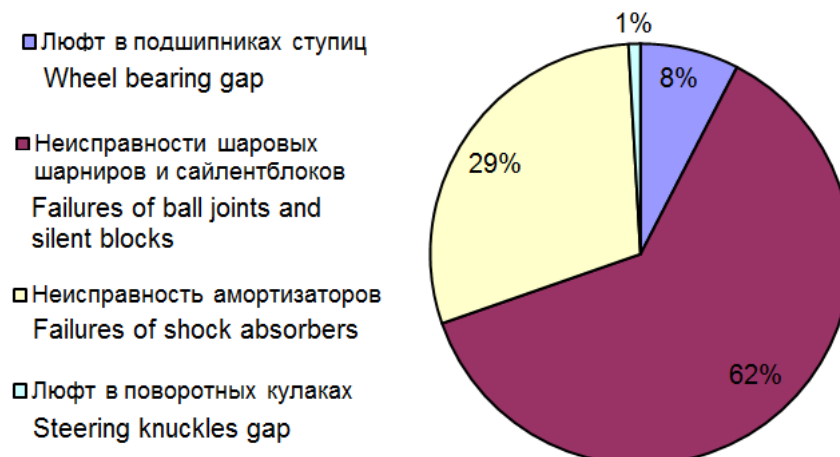


Рисунок 4 – Процентное соотношение отказов подвески легковых автомобилей категории М1 в условиях Восточной Сибири  
Источник: составлено авторами.

Figure 4 – The percentage of suspension failures of M1 passenger cars in the conditions of Eastern Siberia  
Source: compiled by the authors.

Возникновение отказов телескопических стоек амортизаторов происходит по ряду причин, наиболее распространенными из которых являются нарушение герметичности в результате износа или механического повреждения сальника, нарушение работы клапанов из-за их засорения или деформации, а также повышение паразитных утечек, возникающих в результате увеличения зазора между рабочими поверхностями поршней и цилиндрами [1,7,15]. При этом возникают такие симптомы, как пониженные демпфирующие свойства, стуки и другие посторонние шумы.

Примечательно, что статистический анализ позволил констатировать репрезентативность выборки по отказам передних амортизаторов автомобилей с подвеской типа Мак-Ферсон. При этом количество обращений по амортизаторам задней подвески было значительно ниже (почти в два раза). А пробеги до возникновения отказов выше (в среднем более чем на 30%). Вероятной причиной сниженного ко-

личества обращений по амортизаторам задней подвески является то, что автовладельцы предпочитали ремонтировать амортизаторы в этом случае самостоятельно или на других СТО, особенно по окончании гарантии, обычно составляющей 100 тыс. км. Для передней подвески получена гистограмма, закон распределения, вероятность отказа и безотказной работы передних амортизационных стоек передней подвески автотранспортных средств категории М1 (рисунок 5).

Анализ данных, представленных на рисунке 5, позволяет сделать заключение о том, что отказы амортизаторов передней подвески автомобилей категории М1 подчиняются нормальному распределению с параметрами, указанными в таблице. Гипотеза о нормальном распределении подтверждается по критерию Пирсона. Полученные данные о надежности подвески в целом не противоречат данным, приведенным ранее, например, в работах [13,14].

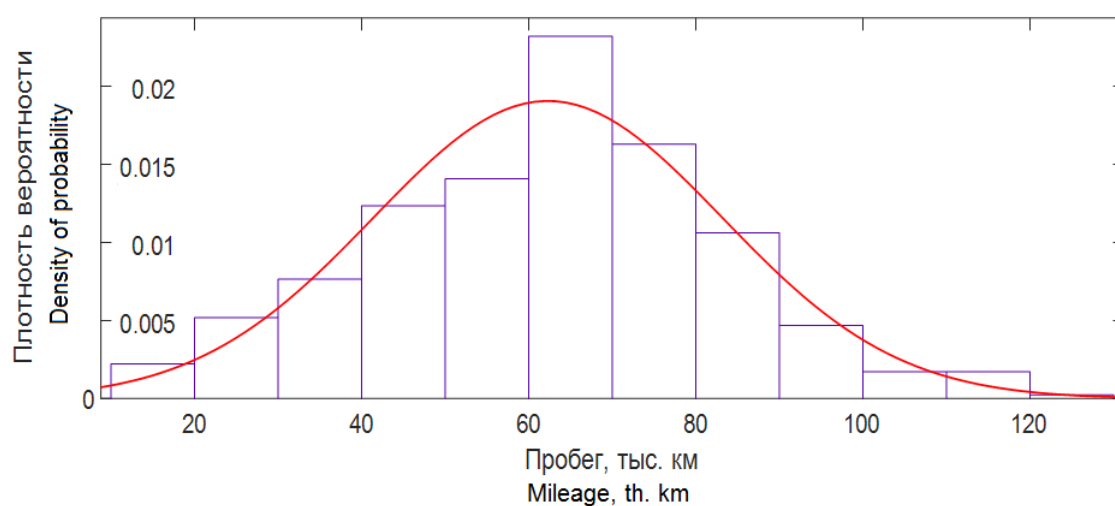


Рисунок 5 – Диаграмма плотности распределения вероятности отказа амортизационных стоек передней подвески типа Мак-Ферсона автомобилей категории М1  
Источник: составлено авторами.

Figure 5 – Density distribution diagram of the probability of failure of shock absorber struts of the McPherson type front suspension of cars of category M1  
Source: compiled by the authors.

Для амортизационных передних стоек определены также вероятности отказа и безотказной работы. Результаты приведены на рисунке 6, а, б.

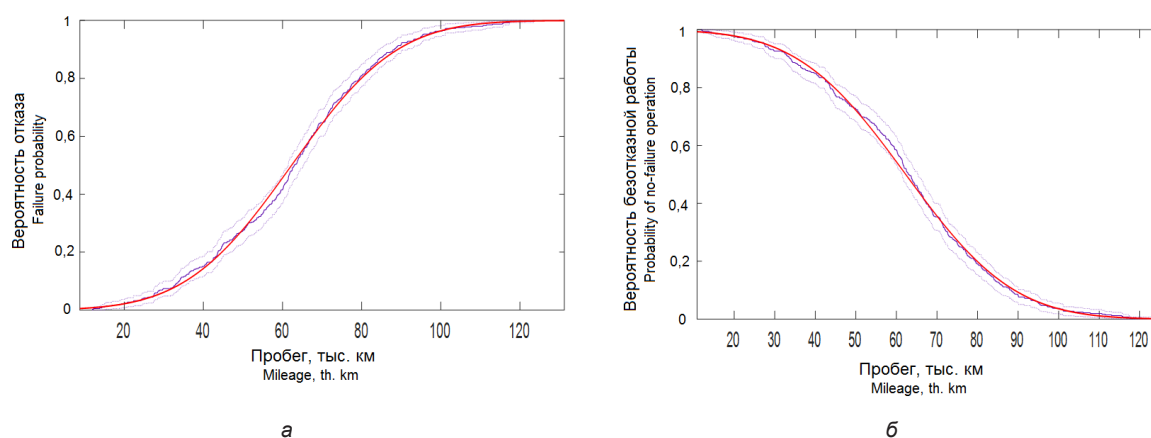


Рисунок 6 – График зависимости вероятности отказа (а) и вероятности безотказной работы амортизационных стоек передней подвески типа Мак-Ферсон автомобилей категории М1  
Источник: составлено авторами.

Figure 6 – Graph of the dependence of the probability of failure (a) and the probability of failure-free operation (b) of shock-absorbing struts of the McPherson-type front suspension of cars of category M1  
Source: compiled by the authors.

Таблица

Статистические характеристики закона распределения отказов амортизаторов передней подвески типа Мак-Ферсон автомобилей категории М1

Источник: составлено авторами.

Table

Statistical characteristics of the distribution law of failures of shock absorbers of the McPherson front suspension of cars of category M1

Source: compiled by the authors.

Элемент Element	Статистические характеристики Statistical characteristics				
	Закон распределения Distribution law	Мат. Ожидание, тыс. км mathematical expectation, th km	Средне квадр. отклонение, тыс. км. standard deviation, th. km	Коэфф. вариации Coefficient of variation	Доверительный интервал, тыс. км (p=0,95) Confidence interval, th km (p=0,95)
Передняя амортизационная стойка Front shock absorber strut	Норм.	62,29	20,93	0,34	21...104,1

Косвенным подтверждением большей надежности амортизаторов задней подвески по отношению к передней являются данные одного из известных производителей амортизаторов (рисунок 7).

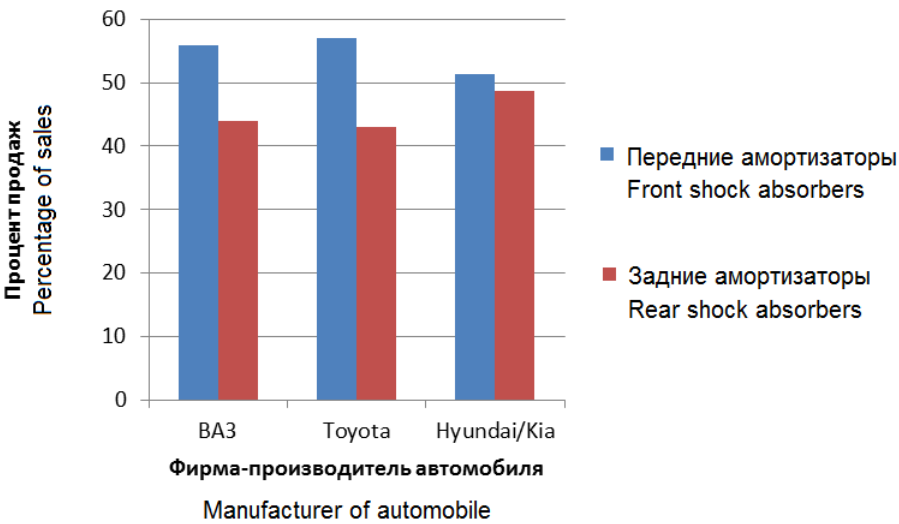


Рисунок 7 – Соотношение процента продаж амортизаторов автомобилей категории М1 для наиболее популярных брендов (данные дистрибьютора)

Источник: составлено авторами.

Figure 7 – The ratio of the percentage of sales of shock absorbers of M1 cars for the most popular brands (distributor data)

Source: compiled by the authors.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Замена амортизационных стоек именитых брендов на стойки более дешевых альтернативных производителей в современных рыночных реалиях вполне целесообразна без значительного снижения ресурса. При этом наработка на отказ передних стоек в среднем на 30% ниже, чем задних.

Отказы передних амортизационных стоек в условиях Восточной Сибири подчиняются при этом нормальному распределению со следующими параметрами: математическое ожидание 62,3 тыс. км пробега, среднеквадратическое отклонение 20,9 тыс. км пробега, коэффициент вариации 0,34.

Учитывая выявленные статистические данные о надежности передней подвески, можно рекомендовать ее проверку в стендовых или дорожных условиях с периодичностью 20-30 тыс. км пробега, то есть через одно номерное техническое обслуживание.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Kamarul Ariffin Zakaria, Mohamad Iqmal Faris Idris, Sivakumar Dharmalingam, Suhaila Salleh, Nortazi Sanusi and Mohd Ahadlin Mohd Daud Fatigue strain signal characteristic and damage of automobile suspension system ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences VOL. 13, NO. 1, JANUARY 2018
2. Тихов-Тинников Д.А. Методы контроля технического состояния подвески АТС в условиях эксплуатации // *International Journal of Advanced Studies*. 2021. Т. 11. № 4. Р. 18-30.
3. Lysenko A.V. et al. Method of Road holding Control of the Vehicle of Category M 1 under Operating Conditions // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019. Vol. 632, 012046. [https:// doi. org/10.1088/1757-899x/632/1/012046](https://doi.org/10.1088/1757-899x/632/1/012046)
4. Чернышов К.В., Новиков В.В., Санжапов Р.Р., Котов В.В. Анализ влияния сопротивления амортизатора на сохранность груза, безотрывное качение колеса и потери энергии в подвеске автомобиля. *Научный рецензируемый журнал «Вестник СибАДИ»*. 2022;19(2):258-277. [https://doi. org/10.26518/2071-7296-2022-19-2-258-277](https://doi.org/10.26518/2071-7296-2022-19-2-258-277)
5. Lozia, Z., and Zdanowicz, P. Simulation Assessment of the Impact of Inertia of the Vibration Plate of a Diagnostic Suspension Tester on Results of the EUSAMA Test of Shock Absorbers Mounted in a Vehicle. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 421, 2018, p. 022018, [doi:10.1088/1757-899x/421/2/022018](https://doi.org/10.1088/1757-899x/421/2/022018).
6. Popovic V., Vasic B., Petrovic M., and Mitic S. System approach to vehicle suspension system control in CAE environment, *Stroj. Vestnik/Journal Mech. Eng.* 2011.vol. 57, no. 2, pp. 100–109.
7. Поздеев А.В. Определение неисправностей гидравлических амортизаторов при стендовых испытаниях / А.В. Поздеев, А.В. Похлебин, К.В. Чер-

нышов, Ю.М. Мухидинов, Ш.М. Мухучев // *Известия волгоградского ГТУ. серия: наземные транспортные системы*. 2015. 6 (166). С. 71-76

8. Парфеньева И. Е. Оценка технического уровня гидравлических амортизаторов автомобилей // *Технические науки - от теории к практике*. 2013. № 21. С. 37-45.

9. Balaji P. A., Venkatesh S. N., Sugumaran V. S., Fault Diagnosis of Suspension System Based on Spectrogram Image and Vision Transformer. *Eksploratacjai Niezawodnosc – Maintenance and Reliability*. 2024: 26(1). <http://doi.org/10.17531/ein/174860>

10. Остренко А.Г. Контроль технического состояния амортизаторов автомобиля в процессе движения / Остренко А.Г., Огрызков С.В // *Вісник СевНТУ*. 2014. № 152. С. 82-84.

11. Ryabov I. M., Novikov V.V., Pozdneev A.V. Efficiency of Shock Absorber in Vehicle Suspension // *Procedia Engineering*. Vol. 150: 2nd International Conference on Industrial Engineering (ICIE-2016) / ed. by A.A. Radionov. [Elsevier publishing], 2016. P. 354-362.

12. Abd Rahim, A.A., Abdullah, S., Singh Karam Singh, S. and Nuawi, M.Z. (2019), «Reliability assessment on automobile suspension system using wavelet analysis», *International Journal of Structural Integrity*, Vol. 10 No. 5, pp. 602-611. [https://doi. org/10.1108/IJSI-04-2019-0035](https://doi.org/10.1108/IJSI-04-2019-0035)

13. Баженов Ю.В., Баженов М.Ю., Каленов В.П. Исследование эксплуатационной надежности передней подвески автомобиля // *Транспорт: наука, техника, управление*. Научный информационный сборник. 2021. № 11. С. 27-32.

14. Денисов И.В., Денисов И.В. Методика определения общей вероятности безотказной работы технических систем автомобиля (на примере передней подвески ВА3-2170) // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 9-7. С. 1425-1429.

15. Ferreira C. A New Methodology for Detection of a Loose or Worn ball joint used in vehicles suspension system. Gomes JFS, editor. *Conf Theor Exp Mech Mater / 11th Natl Congr Exp Mech Porto/ Portugal*. 2018;10(November):1–6.

## REFERENCES

1. Kamarul Ariffin Zakaria, Mohamad Iqma IFaris Idris, Sivakumar Dharmalingam, Suhaila Salleh, Nortazi Sanusi and Mohd Ahadlin Mohd Daud Fatigue strain signal characteristic and damage of automobile suspension system ARPN. *Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2018; VOL. 13, NO. 1, JANUARY.
2. Tihov-Tinnikov D.A. Methods for monitoring the technical condition of the suspension of vehicle under operating conditions. *International Journal of Advanced Studies*. 2021; T. 11. no 4: 18-30. (in Russ.)
3. Lysenko A.V. et al. Method of Road holding Control of the Vehicle of Category M 1 under Operating Conditions. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019; Vol. 632: 012046. [https:// doi. org/10.1088/1757-899x/632/1/012046](https://doi.org/10.1088/1757-899x/632/1/012046)

4. Chernyshov K.V., Novikov V.V., Sanzhapov R.R., Kotov V.V. Analysis of shock absorber resistance impact on load safety, continuous wheel rolling and energy loss in vehicle suspension. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2022;19(2):258-277. (In Russ.) <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2022-19-2-258-277>
5. Lozia, Z. and Zdanowicz, P. Simulation Assessment of the Impact of Inertia of the Vibration Plate of a Diagnostic Suspension Tester on Results of the EUSAMA Test of Shock Absorbers Mounted in a Vehicle. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2018; vol. 421: 022018, doi:10.1088/1757-899x/421/2/022018
6. Popovic V., Vasic B., Petrovic M., and Mitic S. System approach to vehicle suspension system control in CAE environment, *Stroj. Vestnik Journal Mech. Eng.* 2011; vol. 57, no. 2: 100–109.
7. Pozdeev A.V., Pohlebin A.V., Chernyshov K.V., Muhidinov Yu.M., Muhuchev Sh.M. Troubleshooting of hydraulic shock absorbers during bench tests. *Izvestiya volgogradskogo GTU. seriya: nazemnye transportnye sistemy*. 2015; 6 (166): 71-76. (in Russ.)
8. Parfen'eva I. E. Assessment of the technical level of hydraulic shock absorbers cars. *Tekhnicheskie nauki – ot teorii k praktike*. 2013; no 21: 37-45. (in Russ.)
9. Balaji P. A., Venkatesh S. N., Sugumaran V. S., Fault Diagnosis of Suspension System Based on Spectrogram Image and Vision Transformer. *Eksploatacja i Niezawodnosc – Maintenance and Reliability*. 2024; 26(1). <http://doi.org/10.17531/ein/174860>
10. Ostrenko A.G., Ogryzkov S.V. Monitoring the technical condition shock car in the movement. *Visnik SevNTU*. 2014;152: 82-84. (in Russ.)
11. Ryabov I.M., Novikov V.V., Pozdneev A.V. Efficiency of Shock Absorber in Vehicle Suspension. *Procedia Engineering. 2nd International Conference on Industrial Engineering (ICIE-2016)*. ed. by A.A. Radionov. [Elsevier publishing]. 2016; Vol. 150: 354- 362.
12. Abd Rahim, A.A., Abdullah, S., Singh Karam Singh, S. and Nuawi, M.Z. Reliability assessment on automobile suspension system using wavelet analysis. *International Journal of Structural Integrity*. 2019; Vol. 10 No. 5: 602-611. <https://doi.org/10.1108/IJSI-04-2019-0035>
13. Bazhenov Yu.V., Bazhenov M.Yu., Kalenov V.P. Investigation of operational reliability of vehicle front suspension. *Transport: science, equipment, management*. 2021; 11: 27-32. (in Russ.)
14. Denisov I.V., Denisov I.V. The method of determination of the probability of non-failure operation of technical systems of the car (for example, the front suspension VAZ-2170). *Fundamental research*. 2014; 9-7:1425-1429. (in Russ.)
15. Ferreira C. A. New Methodology for Detection of a Loose or Worn ball joint used in vehicles suspension system. Gomes JFS, editor. *Conf Theor Exp Mech Mater / 11th Natl Congr Exp Mech Porto/Portugal*. 2018;10(November):1–6.

## ЗАЯВЛЕННЫЙ ВКЛАД АВТОРОВ

Кривцов С.Н. Сбор статистических данных, обработка данных, получение зависимостей вероятности отказа и безотказной работы амортизационных стоек передней подвески, расчет статистических характеристик закона распределения отказов. Проведение сравнительного анализа, формулировка выводов, интерпретация результатов исследования.

Кривцова Т.И. Анализ и обобщение данных литературы, сбор и систематизация данных, написание текста рукописи, редактирование текста рукописи, оформление рукописи, работа с графическим материалом.

## STATED CONTRIBUTION OF AUTHORS

Sergey N. Krivtsov Collection of statistical data, data processing, obtaining dependences of the probability of failure and trouble-free operation of the shock-absorbing struts of the front suspension, calculation of statistical characteristics of the law of distribution of failures. Comparative analysis; formulation of conclusions; interpretation of research results;

Tatiana I. Krivtsova Analysis and generalization of literature data; collection and systematization of data; writing the text of the manuscript; editing the text of the manuscript; design of the manuscript; work with graphic material.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Кривцов Сергей Николаевич – д-р. техн. наук, доц., проф. кафедры «Автомобильный транспорт» Иркутского национального исследовательского технического университета (664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова 83), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0462-8455>, SPIN-код: 9278-4018, e-mail: [krivcov\\_sergei@mail.ru](mailto:krivcov_sergei@mail.ru)

Кривцова Татьяна Игоревна – канд. техн. наук, доц. кафедры «Автомобильный транспорт» Иркутского национального исследовательского технического университета (664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова 83), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9425-2062>, SPIN-код: 5695-7595, e-mail: [tatyana\\_krivcova1985@mail.ru](mailto:tatyana_krivcova1985@mail.ru)

## INFORMATION ABOUT AUTHORS

Sergey N. Krivtsov – Dr. of Sci., Associate Professor; Professor of the Automobile Transport Department, Irkutsk National Research Technical University (Lermontov Street, 83, Irkutsk, 664074), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0462-8455>, SPIN-код: 9278-4018, e-mail: [krivcov\\_sergei@mail.ru](mailto:krivcov_sergei@mail.ru)

Tatiana I. Krivtsova – Cand. of Sci., Associate Professor; Automobile Transport Department, Irkutsk National Research Technical University (Lermontov Street, 83, Irkutsk, 664074), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9425-2062>, SPIN-код: 5695-7595, e-mail: [tatyana\\_krivcova1985@mail.ru](mailto:tatyana_krivcova1985@mail.ru)