

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ САЙЛЕНТБЛОКОВ ПОДВЕСКИ АВТОМОБИЛЕЙ

Барадиев В.С.

Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, Улан-Удэ

Ключевые слова: сайлентблок, подвеска, контроль, силовая реакция, амплитуда, частота.

Аннотация. Неисправности элементов подвески автомобиля могут значительно влиять на активную безопасность автомобиля, например, снизить сцепление колеса с дорожной поверхностью. Существующие методы контроля элементов подвески, а именно сайлентблоков, не связаны с параметрами характеризующих их функциональные свойства, и не позволяют осуществлять контроль в условиях их жизненного цикла. В данной статье рассматриваются методики испытаний сайлентблоков подвески легковых автомобилей. Методы основаны на контроле функциональных свойств сайлентблоков подвески, реализующих процедуры измерения силовой реакции сайлентблоков на знакопеременные тестовые воздействия в виде поворота его наружной обоймы, относительно внутренней втулки на заданные углы. Приведены методы испытаний сайлентблоков подвески на стенде, реализующий режим статического и динамического нагружения, также на стенде реализующий метод «EUSAMA», и метод, основанный на измерении силовой реакции в условиях сервисных организаций.

METHODS OF CONTROL OF FUNCTIONAL PROPERTIES OF CAR SUSPENSION SILENT BLOCKS

Baradiev V.S.

East Siberia State University of Technology and Management, Ulan-Ude

Keywords: Silent block, suspension, control, force reaction, amplitude, frequency.

Abstract. Faults in vehicle suspension components can significantly affect the active safety of the vehicle, for example, reduce the adhesion of the wheel to the road surface. Existing methods for monitoring suspension components, namely silent blocks, are not related to the parameters characterizing their functional properties and do not allow monitoring under their life cycle conditions. This article discusses the methods for testing passenger car suspension silent blocks. The methods are based on monitoring the functional properties of suspension silent blocks, implementing procedures for measuring the force reaction of silent blocks to alternating test effects in the form of turning its outer race relative to the inner bushing at specified angles. The methods for testing suspension silent blocks on a stand implementing the static and dynamic loading mode, also on a stand implementing the "EUSAMA" method, and a method based on measuring the force reaction in service organizations are given.

Введение

В последнее время все больше внимания уделяется активной безопасности автомобиля. Большинство дорожно-транспортных происшествий сопровождаются нарушением устойчивости, управляемости автомобилей, которые в свою очередь зависят от характеристик подвески и их элементов [1, 2]. Наиболее важными элементами подвески, обеспечивающими стабильность контакта шин автомобиля с дорогой, являются амортизаторы и сайлентблоки подвески. Характеристики подвески и ее элементов оказывают существенное влияние на показатели активной безопасности транспортных средств [3-5].

Амортизаторы и сайлентблоки подвески со временем изнашиваются, что отрицательно сказывается на поведении автомобиля. Сайлентблоки также, как и амортизаторы являются демпфирующими элементами подвески, которые значительно влияют на её характеристики. Поэтому, начиная от момента изготовления до утилизации сайлентблоков, они нуждаются в контроле функциональных свойств. В процессе производства контроль сайлентблоков осуществляют посредством измерения геометрических размеров и свойств резины. При этом функциональные свойства сайлентблоков, влияющие на характеристики подвески автомобиля, чаще всего не учитывают. Низкие функциональные свойства сайлентблоков подвески могут приводить к нарушению устойчивости движения, управляемости и плавности

хода автомобиля, а также повышению и неравномерному износу его шин. Именно сайлентблоки обеспечивают поглощение вибрации, воспринимают знакопеременные нагрузки, демпфируют колебания поддрессоренных и неподдрессоренных масс автомобиля, возникающих при его движении. При этом сайлентблоки являются одними из наиболее уязвимых деталей подвески автомобиля. Конструкция сайлентблоков должна выдерживать высокие напряжения без существенных изменений функциональных свойств и геометрии. Сайлентблоки изнашиваются постепенно, поэтому водитель не замечает изменений в поведении автомобиля и может быть удивлен, когда наступает критическая ситуация [6].

Для контроля функциональных свойств сайлентблоков чаще всего применяют методы, обеспечивающие их контроль в составе подвески, когда сайлентблоки уже установлены на автомобиль. Среди них наибольшее распространение получили методы, основанные на вибрационных воздействиях на колеса автомобилей. Такие методы контроля в основном оценивают их демпфирующие свойства амортизаторов и не позволяют с достаточной достоверностью контролировать демпфирующие свойства сайлентблоков.

Прежде чем устанавливать сайлентблоки на автомобиль обычно применяют визуальный метод контроля их геометрических параметров. Иногда выполняют контроль жесткости резины. При негативных результатах такого контроля сайлентблоки выбраковывают. При этом влияние демпфирующих свойств сайлентблоков на характеристики подвески автомобиля не учитывают. В условиях эксплуатации автомобилей, например, для автомобилей семейства ВАЗ 2101-07, сайлентблоки выбраковывают в следующих случаях:

- при невозможности дальнейшей регулировки развала колес;
- при разрывах и одностороннем «выпучивании» резины;
- если радиальное смещение центральной оси относительно наружной превышает 2,5 мм;
- если расстояние между упорной шайбой и внешним торцом наружной втулки не укладывается в пределы для нижнего рычага 3-7,5 мм, для верхнего рычага 1,5-5 мм

Проблема в том, что большинство мастеров при определении функциональных свойств сайлентблоков средствами измерения и данными критериями не пользуются.

В основном ссылаются на косвенный показатель – трещины в резине.

Изменение функциональных свойств сайлентблоков приводит к изменению динамических (амплитудно-частотных) характеристик подвески, что негативно влияет на стабильность пятен контакта шин с дорогой, устойчивости и управляемости автомобиля, а также на его активную безопасность.

Контроль функциональных свойств сайлентблоков выполняется в основном методами органолептического и визуального контроля. При этом изменение демпфирующих характеристик сайлентблоков, никак не учитывается. В связи с вышеизложенным актуальность приобретает научное исследование, связанное с разработкой метода контроля функциональных свойств сайлентблоков подвески автотранспортных средств.

Методы и материалы

Для решения поставленной задачи в рамках аналитического исследования использована математическая модель процесса функционирования динамической системы «поддрессоренная масса – подвеска – сайлентблок – неподдрессоренная масса – шина – вибростенд» с математическим описанием сайлентблока подвески на основе реологических элементов Гука и трения Сен-Венана [7].

Для оценки функциональных свойств сайлентблоков разработан коэффициент остаточного демпфирования сайлентблока $K_{ОД}$ который позволяет оценивать его упругодемпфирующие способности. Его получаем как частное от деления максимального значения момента M_T , создаваемого предъявленным сайлентблоком на номинальное значение момента M_N работоспособного сайлентблока.

На рисунке 1 представлены характеристики сайлентблоков с высокими качествами и низкими качествами, в виде сравнения результатов расчетов и результатов экспериментальных исследований сайлентблоков разного качества, которое вполне объективно способен оценить коэффициент $K_{ОД}$.

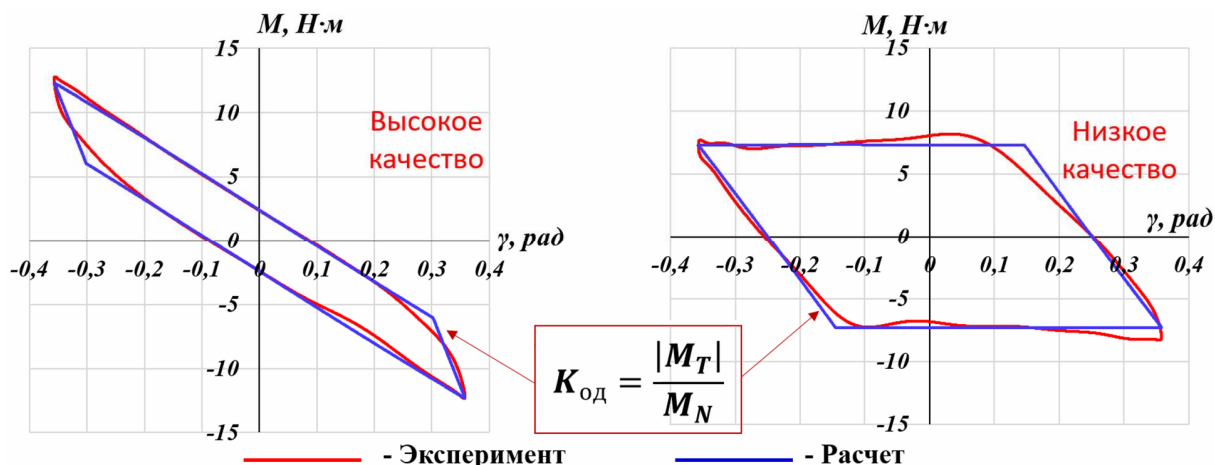


Рис. 1. Характеристики сайлентблоков подвески, в виде сравнения расчетных и экспериментальных исследований

На следующем этапе исследования были проведены испытания подвески автомобиля на вибростенде, реализующем метод «EUSAMA». Одновременно были получены расчетные результаты этого процесса на математической модели «поддрессоренная масса – подвеска – сайлентблок – недрессоренная масса – шина – вибростенд». Все испытания проводились с высокими и низкими качествами сайлентблоков. Результаты расчетных и экспериментальных данных имеют достаточное высокую сходимость (рис. 2).

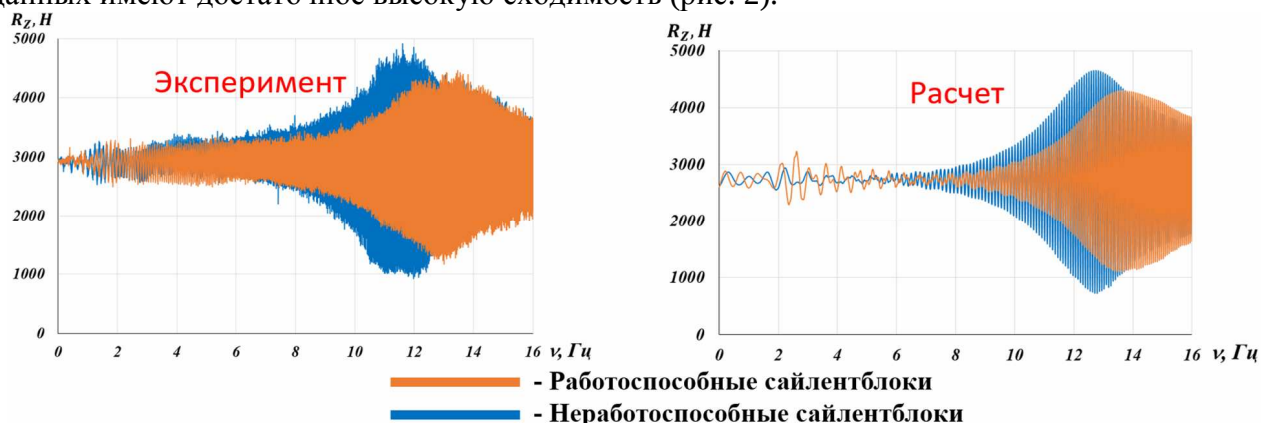


Рис. 2. Амплитудно-частотные характеристики подвески, в виде сравнения расчетных и экспериментальных исследований

В ходе большого объема аналитических и экспериментальных исследований установлена зависимость изменения амплитуды колебаний A_{Rz} и резонансной частоты ν подвески от функциональных свойств сайлентблоков (рис. 3) [8]. Доля влияния функциональных свойств сайлентблоков на общую характеристику подвески автомобиля может достигать 24% (рис. 3).

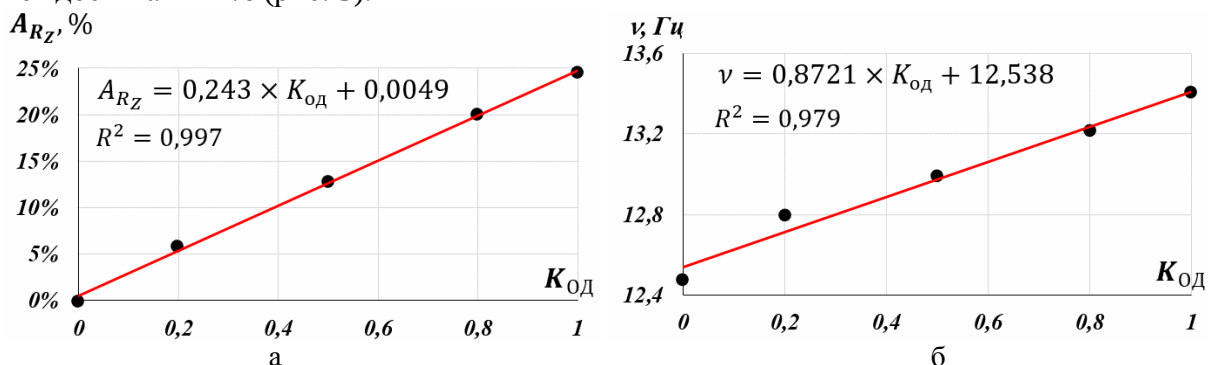


Рис. 3. Влияние функциональных свойств сайлентблоков на АЧХ подвески:
а – изменение амплитуды колебаний; б – изменение частоты колебаний

Результаты

Как отмечалось выше, сайлентблоки подвески относятся к элементам влияющих на активную безопасность автомобиля. Результаты проведенного научного исследования позволяют значительно повысить активную безопасность автомобиля за счет разработанных новых эффективных методик контроля качества и функциональных свойств сайлентблоков на этапах их жизненного цикла. Данные методики реализуются за счет измерения силовой реакции сайлентблоков на знакопеременные тестовые воздействия в виде поворота его наружной обоймы, относительно внутренней на заданные углы от его начального положения.

Разработанные методики охватывают жизненный цикл подвески автомобилей, с момента их изготовления до эксплуатации. Результаты выполненного исследования позволяют реализовать три методики контроля качества и функциональных свойств сайлентблоков.

1. Разработана методика контроля качества сайлентблоков в условиях производства (а также для входного контроля на предприятиях). Она основана на измерении и анализе функциональных зависимостей реактивного момента сайлентблоков на тестовые воздействия в виде угловых колебаний его наружной обоймы, относительно внутренней втулки на углы ($+20^\circ$ и -20°) от начального положения. Методика реализуется на разработанном стенде, представленная на рисунке 4. Наибольшая чувствительность методики выявлена при частоте угловых колебаний 2 Гц.

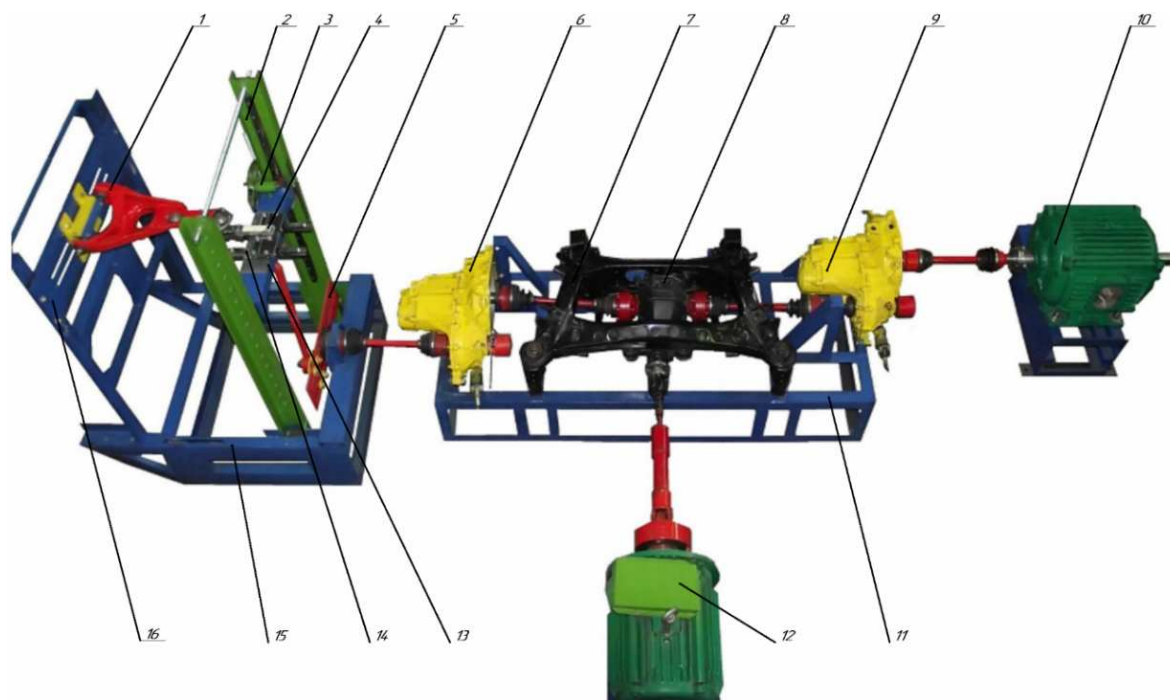


Рис. 4. Внешний вид стенда: 1 – испытуемый сайлентблок в составе рычага; 2 – направляющие; 3 – датчик перемещения; 4 – силоизмерительный датчик; 5 – кривошипно-шатунный механизм; 6, 8 – редуктор; 7 – рама; 9 – мультипликатор; 10 – маховик; 11 – рама стенда; 12 – электродвигатель; 13 – ползун; 14 – согласующее устройство; 15 – рама КШМ и основание стойки рычага; 16 – стойка рычага

Разработанная методика позволяет эффективно выявлять сайлентблоки с низкими функциональными упругодемпфирующими свойствами на самых ранних этапах жизненного цикла.

2. Методика контроля сайлентблоков в составе подвески автомобиля на вибростендах, создающих тестовые воздействия по методу «EUSAMA» (рис. 5). Она позволяет заводам-изготовителям и сервисным организациям выполнять контроль функциональных свойств сайлентблоков на основе анализа амплитуды колебаний A_{Rz} и резонансных частот ν неподдрессоренных масс автомобиля.

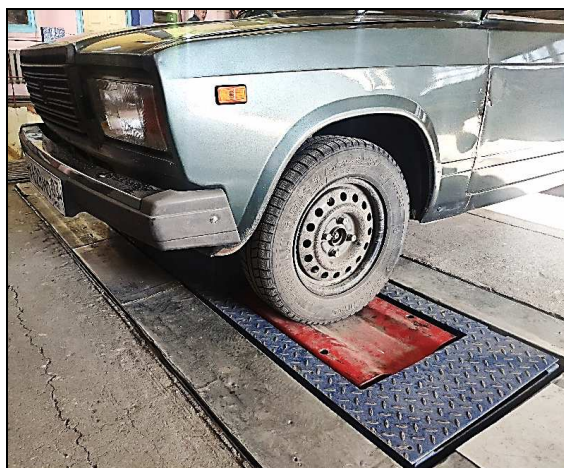


Рис. 5. Методика контроля сайлентблоков в составе подвески автомобиля на вибростенде по методу «EuSAMA»

3. Экспресс методика контроля функциональных свойств сайлентблоков в составе подвески, отличающаяся тем, что она позволяет оперативно измерять реактивный момент, создаваемых сайлентблоками, при повороте рычага подвески относительно его начального положения на углы $+20^\circ$ и -20° . Измерение реактивного момента обеспечивают динамометрическим ключом. Это дает возможность определять необходимость замены сайлентблоков, снижать трудоемкость ремонта подвески за счет отказа от неоправданной замены сайлентблоков. Предлагаемая методика проста и экономит время и найдет применение в сервисных организациях, где необходимо найти и исключить из эксплуатации автомобили с критически низкими функциональными свойствами сайлентблоков.

Нормативные значения коэффициента $K_{ОД}$ учитывают, что подвеска автомобиля относится к системам, влияющим на активную безопасность автомобиля. Поэтому она должна соответствовать допустимому уровню безотказности. Допустимая вероятность безотказной работы для систем, обеспечивающих безопасность автомобиля $R_0=0,9-0,98$ [9, 10]. Согласно соответствующему диапазону, имеются предельные и допустимые значения норматива $K_{ОД}$, где $K_{ОД(п)}=0,69$ и $K_{ОД(д)}=0,8$ соответственно.

Заключение

При помощи параметра коэффициента остаточного демпфирования $K_{ОД}$, полученного в результате экспериментально-аналитических работ, характеризующий качество сайлентблоков, применяемого в разработанных методах контроля функциональных свойств сайлентблоков подвески автомобилей, можно разделять предъявленные сайлентблоки на три вида: «Неудовлетворительные», «Удовлетворительные», «Хорошие». При $K_{ОД} < 0,69$ сайлентблоки соответствуют предельно низким функциональным свойствам и признаются как «Неудовлетворительные»; при $0,69 \leq K_{ОД} \leq 0,8$ сайлентблоки соответствуют допустимым функциональным свойствам и признаются как «Удовлетворительные»; при $K_{ОД} > 0,8$ сайлентблоки соответствуют высоким функциональным свойствам, они признаются как «Хорошие» и способны вместе с амортизатором обеспечивать требуемую активную безопасность автомобиля.

Список литературы

1. Тихов-Тинников Д.А. Методы контроля технического состояния подвески АТС в условиях эксплуатации // International Journal of Advanced Studies. – 2021. – Т. 11, № 4. – С. 18-30. – doi.org/10.12731/2227-930X-2021-11-4-18-30.
2. Денисов И.В., Баженов Ю.В. Анализ технических неисправностей систем автомобиля, влияющих на безопасность движения // Проблемы эксплуатации и обслуживания транспортно-технологических машин: Материалы международной научно-технической конференции. – Тюмень: ТГНУ, 2009. – С. 102-106.
3. Денисов И.В. Разработка методики управления техническим состоянием систем автомобиля, влияющих на безопасность движения: дисс. ... канд. тех. наук. – Владимир, 2011. – 224 с.

4. Калачев С.М. Экспериментально-расчетный метод контроля качества работы гасящих устройств подвески автомобиля: дисс. ... канд. тех. наук. – М., 2006. – 170 с.
5. Кузнецов Н.Ю. Контроль технического состояния автомобильных амортизаторов на основе характеристик сцепления шин с опорной поверхностью: дисс. ... канд. тех. наук. – Иркутск, 2019. – 221 с.
6. Барадиев В.С., Тихов-Тинников Д.А. Экспериментальное исследование силовых характеристик автомобильных сайлентблоков // Безопасность колесных транспортных средств в условиях эксплуатации: Материалы 99-й Международной научно-технической конференции – Иркутск: Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2017. – С. 12-20.
7. Барадиев В.С., Тихов-Тинников Д.А., Федотов А.И., Алексеев А.В. Математическая модель процесса функционирования сайлентблока на основе элементов Гука и Сен-Венана // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2019. – Т. 16, № 6(70). – С. 706-716. – doi.org/10.26518/2071-7296-2019-6-706-716.
8. Барадиев В.С. Математическая модель процесса изменения амплитудно-частотной характеристики подвески автомобиля в виброрежиме при изменении технического состояния сайлентблоков // International Journal of Advanced Studies. – 2022. – Т. 12, № 1. – С. 76-91. – DOI: 10.12731/2227-930X-2022-12-1-76-91.
9. Кузнецов Е.С., Болдин А.П., Власов В.М. и др. Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и дополн. – М.: Наука, 2001. – 535 с.
10. Кузнецов Е.С. Управление технической эксплуатацией автомобилей. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1990. – 272 с.

References

1. Tihov-Tinnikov D.A. Methods for monitoring the technical condition of the suspension of vehicle under operating conditions // International Journal of Advanced Studies. 2021, vol. 11, no 4, pp. 18-30. doi.org/10.12731/2227-930X-2021-11-4-18-30.
2. Denisov I.V., Bagenov Y.V. Analysis of technical malfunctions of vehicle systems affecting traffic safety // Problems of operation and maintenance of transport and technological machines: Proceedings of the International Scientific and Technical Conference. – Tyumen: TSNU, 2009. – P. 102-106.
3. Denisov I.V. Development of a methodology for managing the technical condition of vehicle systems that affect traffic safety: diss. ... cand. of tech. sc. – Vladimir, 2011. – 224 p.
4. Kalachev S.M. Experimental and computational method of quality control of car suspension damping devices: diss. ... cand. of tech. sc. – M., 2006. – 170 p.
5. Kuznetsov N.Yu. Control of the technical condition of automobile shock absorbers based on the characteristics of tire adhesion to the bearing surface: diss. ... cand. of tech. sc. – Irkutsk, 2019. – 221 p.
6. Baradiev V.S., Tihov-Tinnikov D.A. Experimental study of the power characteristics of automotive silent blocks // Safety of wheeled vehicles in operating conditions: Proceedings of the 99th International Scientific and Technical Conference – Irkutsk: Irkutsk National Research Technical University, 2017. – P. 12-20.
7. Baradiev V.S., Tihov-Tinnikov D.A., Fedotov A.I., Alekseev A.V. Mathematical model of the functioning process of a rubber bushing on the hooke and saint-venant elements' basis // The Russian Automobile and Highway Industry Journal. 2019, vol. 16(6), pp. 706-716. doi.org/10.26518/2071-7296-2019-6-706-716.
8. Baradiev V.S. Mathematical model of the process of changing the amplitude-frequency characteristics of the car suspension in vibration mode when the technical condition of the silent blocks changes // International journal of advanced studies. 2022, vol. 12, no. 1, pp. 76-91. DOI: 10.12731/2227-930X-2022-12-1-76-91.
9. Kuznetsov E.S., Boldin A.P., Vlasov V.M. and others. Technical operation of cars: A textbook for universities. 4th ed., revised and supplement. – M.: Science, 2001. – 535 p.
10. Kuznetsov E.S. Vehicle maintenance management. – 2nd ed., revised and add. – M.: Transport, 1990. – 272 p.

Сведения об авторах:

Information about authors:

Барадиев Виктор Сергеевич – старший преподаватель кафедры «Автомобили» vsgutu-ka@mail.ru	Baradiev Victor Sergeevich – senior lecturer at the Department of "Automobiles"
--	--

Получена 26.01.2025