

DOI: 10.12731/2227-930X-2023-13-2-75-85

УДК 629.11.012.8



Научная статья | Эксплуатация автомобильного транспорта

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК АМОРТИЗАТОРОВ

Н. Батжаргал, Д.А. Тихов-Тинников, А.И. Федотов

В статье рассмотрена методика определения рабочих характеристик амортизаторов автомобиля Toyota Prius 20. Исследование выполнено с применением стенда для диагностики амортизаторов, разработанного кафедрой автомобильного транспорта ИрНИТУ. Анализировались экспериментальные зависимости изменения силы сопротивления амортизатора от скорости перемещения его штока. Уровень работоспособности исследуемого амортизатора определялся сравнением полученных параметров с параметрами нового амортизатора.

Результаты экспериментальных исследований представлены в виде рабочих характеристик испытуемых амортизаторов и показателей, определяющих уровень работоспособности амортизаторов. Разработанные методики и реализующее их оборудование позволяет определить функциональные зависимости и уровень работоспособности амортизаторов, находившихся в условиях эксплуатации колесных транспортных средств (КТС).

Ключевые слова: работоспособность амортизаторов; устойчивость; сила сопротивления амортизатора

Для цитирования. Батжаргал Н., Тихов-Тинников Д.А., Федотов А.И. Экспериментальное исследование рабочих характеристик амортизаторов // International Journal of Advanced Studies. 2023. Т. 13, № 2. С. 75-85. DOI: 10.12731/2227-930X-2023-13-2-75-85

Original article | Operation of Road Transport

EXPERIMENTAL STUDY OF THE PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF SHOCK ABSORBERS

N. Batjargal, D.A. Tikhov-Tinnikov, A.I. Fedotov

The article discusses the methodology for determining the performance characteristics of Toyota Prius 20 shock absorbers. The study was conducted using a stand for the diagnosis of shock absorbers developed by the Department of Road Transport of INRTU (Irkutsk National Research Technical University). Tests were carried out for five front suspension shock absorbers, one – a new serviceable shock absorber, the rest – shock absorbers that were previously in operation. The experimental dependences of the change in the resistance force of the shock absorber on the speed of movement of its rod are analyzed. The level of operational characteristics of the shock absorber under study was determined by comparing the obtained parameters with the parameters of the new shock absorber.

The results of experimental studies are presented in the form of operational characteristics of tested shock absorbers and indicators that determine the level of operational characteristics of shock absorbers. The developed methods and the equipment implementing them make it possible to determine the functional dependencies and the level of performance of shock absorbers that were in the operating conditions of the vehicle.

Keywords: *characteristics of shock absorbers; stability; shock absorber resistance force*

For citation. *Batjargal N., Tikhov-Tinnikov D.A., Fedotov A.I. Experimental Study of the Performance Characteristics of Shock Absorbers. International Journal of Advanced Studies, 2023, vol. 13, no. 2, pp. 75-85. DOI: 10.12731/2227-930X-2023-13-2-75-85*

Введение

Амортизатор – важный элемент подвески, влияющий на характер взаимодействия пневматической шины с опорной поверхностью дороги при движении автомобиля [1].

В процессе эксплуатации работоспособность амортизаторов снижается. В результате ухудшается устойчивость движения автомобиля, увеличится тормозной путь, появится риск потери управления. Поэтому диагностика технического состояния амортизаторов является важной составляющей процесса обеспечения безопасности движения транспортных средств в условиях эксплуатации.

На сегодняшний день для диагностики технического состояния амортизаторов КТС на станциях технического обслуживания (СТО) используют вибростенды [5,10]. Однако полученные результаты лишь косвенно характеризуют стабильность пятна контакта и не дают количественной оценки качество сцепления шин с опорной поверхностью.

Проверка технического состояния амортизаторов вне КТС на испытательных стендах [9]. При этом техническое состояние амортизатора определяется с помощью коэффициента демпфирования. Но современные амортизаторы имеют переменные коэффициенты демпфирования. Поэтому данные методы не может быть оптимальным для оценки технического состояния амортизатора.

Основная часть

Основной функцией амортизатора является гашение колебаний, возникающих при движении автомобиля, а его работоспособность определяется соотношением между скоростью перемещения штока и силой сопротивления поршня [2].

Проведено экспериментальное исследование с использованием стенда для определения экспериментальных характеристик амортизаторов. Стенд разработан сотрудниками кафедры автомобиль-

ного транспорта Иркутского национального исследовательского технического университета. Данное экспериментальное оборудование позволяет получать зависимости перемещения и силы сопротивления штока амортизатора от времени.

Испытаниям были подвергнуты 5 амортизаторов передней подвески автомобиля Toyota Prius 20, один из них новый исправный №1 и 4 амортизатора ранее использовавшийся на автомобиле №2, №3, №4, №5. Путем сравнения полученных параметров с параметрами нового амортизатора определялся уровень их работоспособности. Таким образом были определены амортизаторы для выполнения дальнейших экспериментов по изучению влияния технического состояния амортизаторов на устойчивость и управляемость автомобиля.

В процессе исследований амортизатора на стенде получена зависимость сигналы датчики от времени. На графике был выделен информативные участки (рисунок 1). В этот момент времени T амортизатор выполняет один рабочий цикл на ходе сжатия и отбоя.

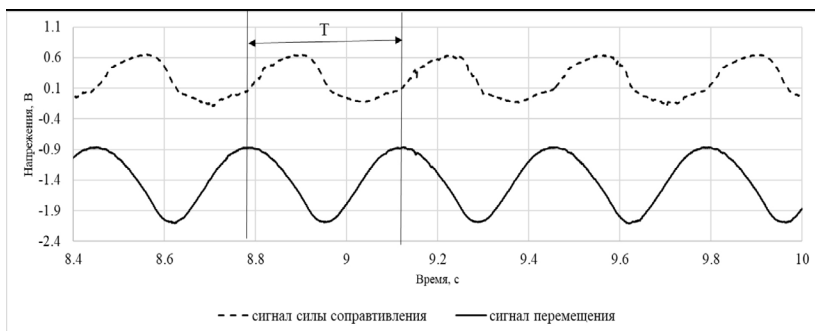


Рис. 1. Оциллограммы рабочего процесса исправного амортизатора при ходе сжатия и отбоя

Продифференцировав значения перемещения поршня амортизатора по времени, получаем скорость перемещения поршня амортизатора (Рисунок 2).

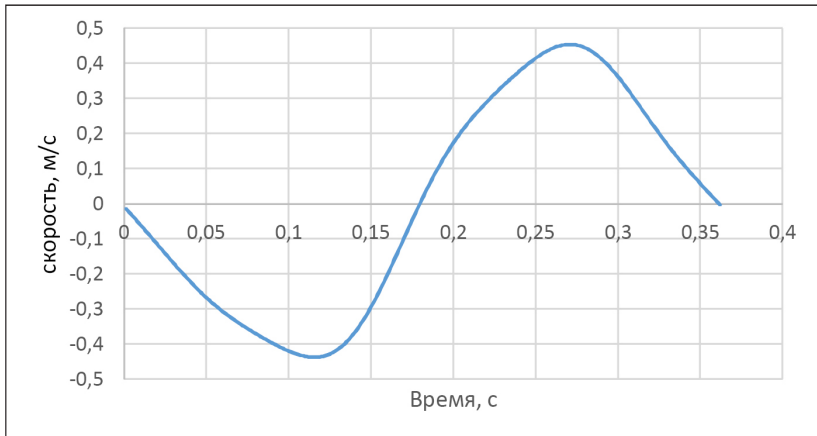


Рис. 2. График скорости штока амортизатора на один цикл

Используем значения силы сопротивления и скорости штока амортизатора для построения скоростных характеристик амортизаторов №1 и №2 (Рисунок 3).

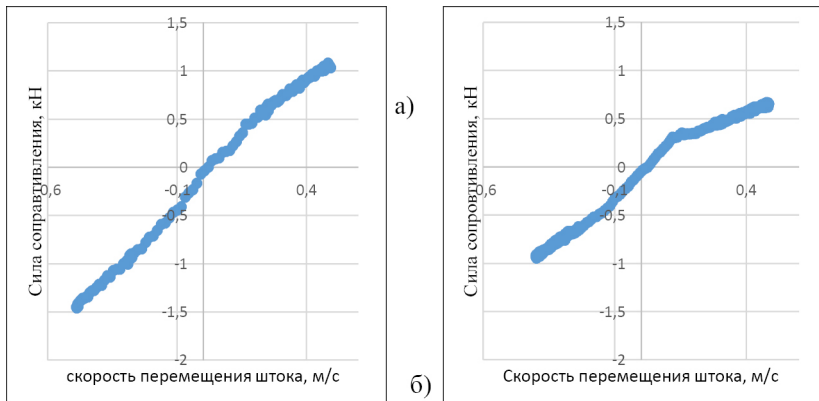


Рис. 3. Скоростные характеристики амортизаторов: а – исправный, новый амортизатор; б – амортизатор, бывший в эксплуатации

По полученным графикам с использованием известных методов аппроксимации (рисунок 4) для каждого из амортизаторов,

были определены функциональные зависимости силы сопротивления амортизатора от скорости штока в виде кусочно-линейных функций и сведены в таблицу 1.

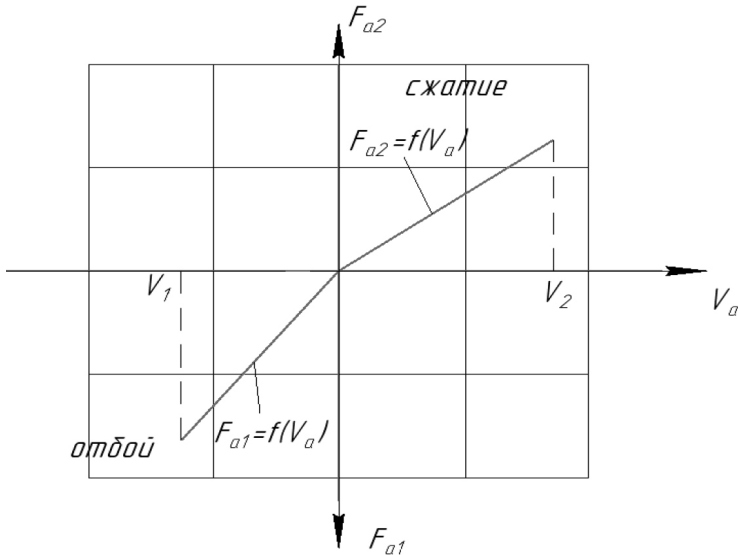


Рис. 4. Функциональная зависимость силы сопротивления амортизатора от скорости его штока

Оценку уровня работоспособности амортизатора произведем по методике [3], предусматривающей определение мощности сопротивления, которое создается амортизатором в заданном диапазоне скорости при его сжатии и отбое на один цикл работы.

Мощность силы сопротивления амортизатора на ходе сжатия $N_{сж}$ определяется по формуле:

$$N_{сж} = \int_0^{V_2} F_{a2}(V_a) \cdot dV_a \quad (1)$$

где: V_2 – максимальная скорость штока амортизатора при сжатии.

Мощность сопротивления амортизатора на ходе отбоя, определим по формуле

$$N_{\text{отб}} = \int_{V_1}^0 F_{a1}(V_a) \cdot dV_a \quad (2)$$

где: V_1 – максимальная скорость штока амортизатора при отбое.

В качестве показателя, устанавливающего уровни технического состояния амортизаторов, от 0% до 100% примем относительную разность χ мощностей, создаваемых силами сопротивления амортизатора. Относительную разность суммарных мощностей сопротивления исследуемого амортизатора, определим по формуле [3]:

$$\chi = 100\% - \frac{\left[\frac{|N_{\text{сжк}} - N_{\text{сжи}}|}{N_{\text{сжк}}} + \frac{|N_{\text{отб}} - N_{\text{отби}}|}{N_{\text{отб}}} \right]}{2} \cdot 100\% \quad (3)$$

где: $N_{\text{сжи}}$ – мощность, потребляемая при сжатии испытуемого амортизатора; $N_{\text{сжк}}$ – мощность, потребляемая при сжатии нового амортизатора; $N_{\text{отби}}$ – мощность, потребляемая при отбое предъявленного амортизатора; $N_{\text{от}}$ – мощность, потребляемая нового амортизатора, на ходе отбоя.

Для каждого из амортизаторов была определена функциональная зависимость в кусочно-линейной функции и вычислены по формулам (1-3) показатели характеризующие уровень испытуемого амортизатора, снижение его эксплуатационных свойств и демпфирующих функции (таблица 1).

Таблица 1.

Функциональные зависимости силы сопротивления амортизаторов от скорости перемещения их поршней

№ амортизатора	Функциональные зависимости рабочих амортизаторов		Уровень технического состояния амортизатора – χ
	Отбой,	Сжатие,	
№1	3.0689V	2.2856V	100%
№2	2.269V	1.4315V	68,28%
№3	2.2065V	1.469V	64.84%
№4	2.704V	1.5565V	78.46%
№5	2.795V	1.6679V	81.91%

Заключение

Полученную функциональную зависимость $F_a = f(V_a)$ может быть использована для математического описания динамики работы подрессоренной и неподдресоренной масс в процессе движения автомобиля.

Методика получения характеристик амортизаторов с использованием динамического стенда позволяет количественно оценивать изменения функциональных характеристик амортизаторов в процессе эксплуатации.

По показателю χ можно оценивать изменения технического состояния испытуемого амортизатора, снижение его эксплуатационных свойств и демпфирующих функции.

Полученные результаты могут быть использованы в дальнейших исследованиях [4], направленных на изучение влияния технических состояний амортизаторов на устойчивость и управляемость автотранспортных средств.

Список литературы

1. Раймпель Й. Шасси автомобиля: Амортизаторы, шины и колеса / пер.с нем. В. П. Агапова. М.: Машиностроение, 1986. 320 с.
2. Федотов А.И. Основы научных исследований. Учебное пособие. Иркутск: ИРНИТУ, 2017. 140 с.
3. Кузнецов Н. Ю. Контроль технического состояния автомобильных амортизаторов на основе характеристик сцепления шин с опорной поверхностью: дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / Н.Ю. Кузнецов. Иркутск: ИрНИТУ. 2019. 220 с.
4. Fedotov A.I., Kuznetsov N.Y., Lysenko A.V., Vlasov V.G. Car Suspension System Monitoring under Road Conditions // AIP Conference Proceedings. Vol. 1915. Issue 1. <https://doi.org/10.1063/1.5017362>
5. Федотов А.И. Диагностика автомобиля: учебник для студентов вузов. Иркутск ИрГТУ, 2012. 476 с.
6. Златовратский О.Д., Конасов Ю.В. Критерии исправности двух и однотурбных амортизаторов // Автомобильная промышленность, 1987, №8. С. 16-17.

7. Дербаремдикер А.Д. Амортизаторы транспортных машин. М.: Машиностроение, 1985. 200 с.
8. Дербаремдикер А.Д. Гидравлические амортизаторы автомобилей. М., Машиностроение, 1969. 237 с.
9. Дербаремдикер А.Д. Калачев С.М. Устройства для оценки состояния амортизаторов // Автомобильная промышленность. Москва, 1999. №9. С. 21-23.
10. Доморозов А.Н., Нгуен Ван Ньань. Анализ методов диагностирования технического состояния систем подвесок АТС на современных вибростендах // Вестник ИрГТУ, №5, 2010. С. 131-133.
11. Лысенко А.В. Дорожный метод контроля технического состояния амортизаторов автотранспортных средств в условиях эксплуатации: дисс. ... канд. тех. наук: 05.22.10 / А.В. Лысенко. Иркутск: ИрННТУ. 2019. 286 с.

References

1. Raympel' Y. Shassi avtomobilya: Amortizatory, shiny i koleza /per. s nem. V. P. Agarova. M.: Mashinostroenie, 1986. 320 s.
2. Fedotov A.I. Osnovy nauchnykh issledovaniy. Uchebnoe posobie. Irkutsk: IRNITU, 2017. 140 s.
3. Kuznetsov N. Yu. Kontrol' tekhnicheskogo sostoyaniya avtomobil'nykh amortizatorov na osnove kharakteristik stsepleniya shin s opornoj poverkhnost'yu: diss. ... kand. tekhn. nauk: 05.22.10 / N.Yu. Kuznetsov. Irkutsk: IrNITU. 2019. 220 s.
4. Fedotov A.I., Kuznetsov N.Y., Lysenko A.V., Vlasov V.G. Car Suspension System Monitoring under Road Conditions // AIP Conference Proceedings. Vol. 1915. Issue 1. <https://doi.org/10.1063/1.5017362>
5. Fedotov A.I. Diagnostika avtomobilya: uchebnyk dlya studentov vuzov. Irkutsk IrGTU, 2012. 476 s.
6. Zlatovratskiy O.D., Konasov Yu.V. Kriterii ispravnosti dvukh i odnoturbnykh amortizatorov // Avtomobil'naya promyshlennost', 1987, №8. S. 16-17.
7. Dербаремдикер А.Д. Амортизаторы транспортныkh mashin. М.: Mashinostroenie, 1985. 200 s.

8. Derbaremdiker A.D. Gidravlicheskie amortizatory avtomobiley. M., Mashinostroenie, 1969. 237 s.
9. Derbaremdiker A.D. Kalachev S.M. Ustroystva dlya otsenki sostoyaniya amortizatorov // Avtomobil'naya promyshlennost'. Moskva, 1999. №9. S. 21-23.
10. Domorozov A.N., Nguen Van N'an'. Analiz metodov diagnostirovaniya tekhnicheskogo sostoyaniya sistem podvesok ATS na sovremennykh vibrostendakh // Vestnik IrGTU, №5, 2010. S. 131-133.
11. Lysenko A.V. Dorozhnyy metod kontrolya tekhnicheskogo sostoyaniya amortizatorov avtotransportnykh sredstv v usloviyakh ekspluatatsii: diss. ...kand. tekhn. nauk: 05.22.10 / A.V. Lysenko. Irkutsk: IrNI-TU. 2019. 286 s.

ДАнные ОБ АВТОРАХ

Батжаргал Нямбат, аспирант

Иркутский национальный исследовательский технический университет

ул. Лермонтова, 83, г. Иркутск, 664074, Российская Федерация

V.Nyambat@mail.ru

Тихов-Тинников Дмитрий Анатольевич, канд. техн. наук, доцент

Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления

ул. Ключевская, 40В, г. Улан-Удэ, 670013, Российская Федерация

dm_tt@mail.ru

Федотов Александр Иванович, док. техн. наук, профессор

Иркутский национальный исследовательский технический университет

ул. Лермонтова, 83, г. Иркутск, 664074, Российская Федерация

fai@istu.edu

DATA ABOUT THE AUTHORS

N. Batjargal, Graduate Student

*Irkutsk National Research Technical University
83, Lermontov Styr., Irkutsk, 664074, Russian Federation
B.Nyambat@mail.ru*

Dmitry A. Tikhov-Tinnikov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

*East Siberian State University of Technology and Management
40B, Klyuchevskaya Str., Ulan-Ude, 670013, Russian Federation
dm_tt@mail.ru*

Alexander I. Fedotov, Doctor of Technical Sciences, Professor

*Irkutsk National Research Technical University
83, Lermontov Styr., Irkutsk, 664074, Russian Federation
fai@istu.edu*

Поступила 13.03.2023

После рецензирования 20.03.2023

Принята 29.03.2023

Received 13.03.2023

Revised 20.03.2023

Accepted 29.03.2023