

DOI: 10.12731/2227-930X-2022-12-1-92-103

УДК 629.017

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

*Р.В. Гусейнов, К.А. Алиева,
М.Н. Нажмудинова*

В статье проведен анализ эффективности методов контроля автомобильных транспортных средств в процессе эксплуатации. Актуальность исследования заключается в том, что тормозная система является важным элементом, отвечающая за безопасную эксплуатацию автомобиля.

Цель. Увеличить эффективность технической эксплуатации автотранспортных средств на основе дорожного метода диагностики тормозных систем.

Методы или методология проведения работы. В статье рассмотрен дорожный метод с использованием акселерометров.

Результаты. Рассмотрены основные недостатки дорожного метода и стендов различной конструкции, которые дают низкую достоверность определяемых параметров эффективности и устойчивости при торможении транспортного средства. Показана эффективность внедрения оперативной дорожной диагностики автомобильных тормозных систем многоканальных акселерометров, которые при оценке курсовой устойчивости в процессе торможения дают наглядно убедительную информацию с достаточно высоким уровнем достоверности.

Область применения результатов: результаты исследования могут быть использованы организациями автосервиса.

Ключевые слова: автотранспортные средства; боковые ускорения; акселерометры; курсовая устойчивость; тормозная система; техническое состояние

DIAGNOSIS OF BRAKE SYSTEMS OF MOTOR VEHICLES IN OPERATING CONDITIONS

*R.V. Huseynov, K.A. Alieva,
M.N. Nazhmudinova*

*The article analyzes the effectiveness of methods for monitoring motor vehicles during operation. The **relevance** of the study lies in the fact that the braking system is an important element responsible for the safe operation of the car.*

Purpose. *To increase the efficiency of the technical operation of motor vehicles on the basis of the road method for diagnosing brake systems.*

Methodology or methodology for conducting work. *The article considers the road method using accelerometers.*

Results. *The main disadvantages of the road method and stands of various designs are considered, which give low reliability of the determined parameters of efficiency and stability during vehicle braking. The effectiveness of the implementation of on-line road diagnostics of automotive braking systems of multi-channel accelerometers is shown, which, when assessing course stability during braking, provide visually convincing information with a fairly high level of reliability.*

Practical implications: *the results of the study can be used by car service organizations.*

Keywords: *motor vehicles; lateral accelerations; accelerometers; course stability; braking system; technical condition*

Введение

На сегодняшний день большое количество дорожно-транспортных происшествий (ДТП) связано с торможением автотранспортных средств (АТС). От работоспособности тормозной системы автомобиля зависит количество аварий и тяжесть их последствий. В регламентирующих документах для проведения технического контроля общего состояния тормозных систем (далее ТС) в условиях

эксплуатации, указано использовать два метода – уличный или ленточный [1]. В нашей стране чрезвычайно большое климатическое разнообразие условий эксплуатации АТС направлено на использование стендовых методов. Они позволяют сравнивать результаты в идентичных нормальных условиях динамометра, независимо от географического положения. При этом достоверность результатов контроля снижается из-за плохой способности динамометров моделировать линейную скорость автомобиля. В практике применяют различные типы стендов, в которых используются разные методы измерения эффективности торможения: силовые роликовые и 12-ти роликовые, статические силовые и инерционно – платформенные стенды. К методам эффективности торможения также относят и приборы для измерения замедления транспортных средств.

Следует отметить используемые для испытаний тормозных систем силовые роликовые стенды позволяют определять следующие показатели:

- Учитывать величину работающей ТС автомобиля: указать время срабатывания тормозной системы, указать максимальное и удельное тормозное усилие, а также коэффициент неравных тормозных усилий по оси колеса, определить усилие на рулевом колесе.
- Показывать параметры автомобиля и состояние ТС, а именно: указать неравную тормозную силу на один оборот колеса, определить сопротивление от вращения незаторможенных колес, учесть массу, приходящуюся на колесо и на ось.
- Указывать на параметры стояночной ТС транспортных средств: определить удельную и максимальную тормозную силу. По результатам проверки вся информация будет выводиться на дисплей в цифровом или графическом виде.

Проверку транспортных средств можно осуществлять и дорожным методом при условии, что она будет проводиться на дороге (ровная и прямая с сухим покрытием) с асфальтобетонным или цементным основанием. При проведении проверки работающих ТС легковых автомобилей следует соблюдать следующие пока-

затели: ширина участка должна быть не менее нормативного коридора движения (3 м) с необходимым запасом для безопасного торможения, даже если автомобиль теряет боковую устойчивость, длина такого участка должна быть не менее 80 м. При применении дорожного метода оценка эффективности торможения рабочей и запасной ТС автомобиля может оцениваться по величине тормозного пути и по параметрам торможения, определенным с помощью измерителей замедления.

Необходимо отметить, что в условиях эксплуатации автотранспортного средства установлены три показателя ТС: это эффективность торможения, устойчивость торможения и управляемость стояночной тормозной системы [8, с.25]. В свою очередь, реализованный коэффициент сцепления шин с дорожным покрытием является параметром, определяющий показатель эффективности торможения. Роликовые блоки для управления эффективностью торможения широко используются в двух вариантах: силовом и инерционном. Широкое распространение в эксплуатации получили силовые блоки, способные измерять тормозные усилия и нормальные нагрузки на диагностируемую ось автомобиля. Следует отметить, что они являются надежным контролем технического состояния ТС.

Также распространение получили и креновые методы, основанные на «принципе обратимости движения», то есть крена приводит в движение колесо [2, 3]. Все это происходит вне зависимости от климатических условий благодаря возможности контроля технического состояния ТС транспортного средства в помещениях.

Креновое управление может давать результат по двум показателям тормозной системы:

- эффективность торможения, определяющаяся путем измерения тормозного усилия;
- устойчивость торможения, которая измеряется разностью тормозных усилий на колесах одной оси автомобиля.

Как правило, применяют и силовые стенды, в которых каждое колесо диагностируемого моста автомобиля опирается на два

опорных катка. Они определяют тормозные усилия каждого колеса, а также нормальную нагрузку на колесо, что позволяет определить показатели устойчивости автомобиля при торможении и удельную тормозную силу.

Реже используют тормозные стойки инерционные роликовые, которые имеют реверсивный привод, как от колес автомобиля, так и от электродвигателя. Они симметричны относительно продольной оси автомобиля и могут полностью опираться на колесную формулу 4×4. Диагностика тормозного привода и тормозных механизмов не позволяет определить тормозные усилия и сделать прогноз для реальных условий эксплуатации.

Несколько критичное отношение у исследователей вызывают и платформенные тормозные тестеры [4, 5]. При простоте конструкции, схожести площади контакта шины с испытательным стендом и дорогой и неприменимом принципе «обратимости движения» они дают большой разброс результатов измерений. В работах [6, 7] показано разброс измерений для них до 50%. Системный разброс метрологических результатов на платформенных тормозных стендах объясняется в вибрациями платформ стенда при наезде диагностируемого автомобиля и невозможностью точного позиционирования колес автомобиля относительно оси симметричности испытательного стенда и центров платформ.

Основным недостатком всех типов прокатных клетей является недостаточная возможность имитации транспортным средством своей линейной скорости, которая составляет всего 3-4 км/ч, и незаметность результатов контроля. Дорожные испытания, в отличие от динамометрических, предусматривают начало торможения с 40 км/ч. Кроме того, при стендовых испытаниях контроль эффективности торможения проводят при пробуксовке шин на уровне $S \cong 0,2$, а при дорожном контроле – до $S \cong 1$, т. е. до полной блокировки колеса.

Для оперативного контроля ТС в дорожных условиях, а также для оценки их тягово-скоростных характеристик, управляемости, активной и пассивной безопасности, курсовой устойчивости, ста-

ли устанавливаться датчики ускорения. Важным преимуществом последнего с точки зрения применимости в качестве диагностического средства является невмешательство в конструкцию АТС и получение информации с достаточно высокой достоверностью.

В настоящее время акселерометры также нашли применение для изучения уровня вибрации подвески при движении автомобиля по дорогам с различным микропрофилем дорожного покрытия, используя в качестве расчетного результата виброускорение подвески [8, 9].

Цель статьи – показать возможность повышения наглядности и результативности контроля ТС автомобиля за счет дополнения дорожной методики с применением двухосевых акселерометров.

Материалы или методы исследования

С целью повышения контроля технического состояния ТС АТС также ее визуализации курсовой устойчивости при торможении на автомобиле ГАЗ-3302 была проведена серия экспериментов дорожным методом с использованием акселерометров ММ7260QT и «Эффект-2».

При торможении на автомобиле визуализацию курсовой устойчивости осуществляли путем разметки участка дороги шириной 2,6 м в соответствии с требованиями ГОСТ 33997-2016 [9].

Для измерения боковых ускорений автомобиля согласно рекомендации один акселерометр располагали так, чтобы его горизонтальная проекция обязательно совпала с центром задней оси, а второй также размещали над передним мостом испытуемого автомобиля. Для дублирования измерений в целях контроля прибор «Эффект 2» были размещены рядом с датчиком ускорения ММ7260QT.

Опыты проводились на участке сухой дороги при качественном покрытии с продольными уклонами не более 1,5% при температуре (20–24°C). При этом моделирование влажности и загрязнения дорог в различных климатических условиях гораздо доступнее, чем на стендах.

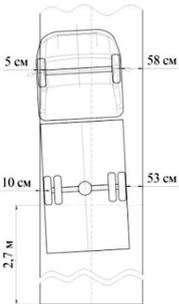
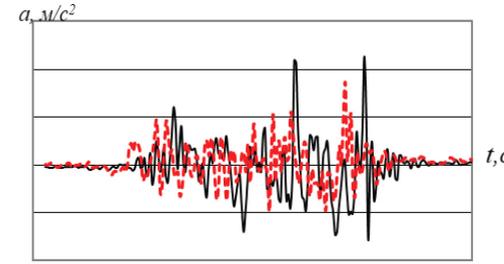
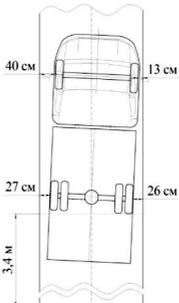
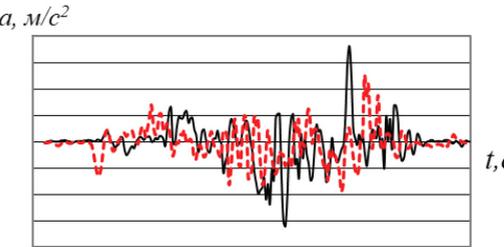
Результаты исследования

Обязательным условием контроля технического состояния при ТС автотранспортных средств является первичная проверка идентичного состояния шин по всем показателям работоспособности. Датчик замера силы, прикладывавался к педали тормоза и крепился к последнему с помощью ремней. Усилие на органе управления тормозом не превышало верхней границы нормы 686 Н и находилось в пределах 363–453 Н.

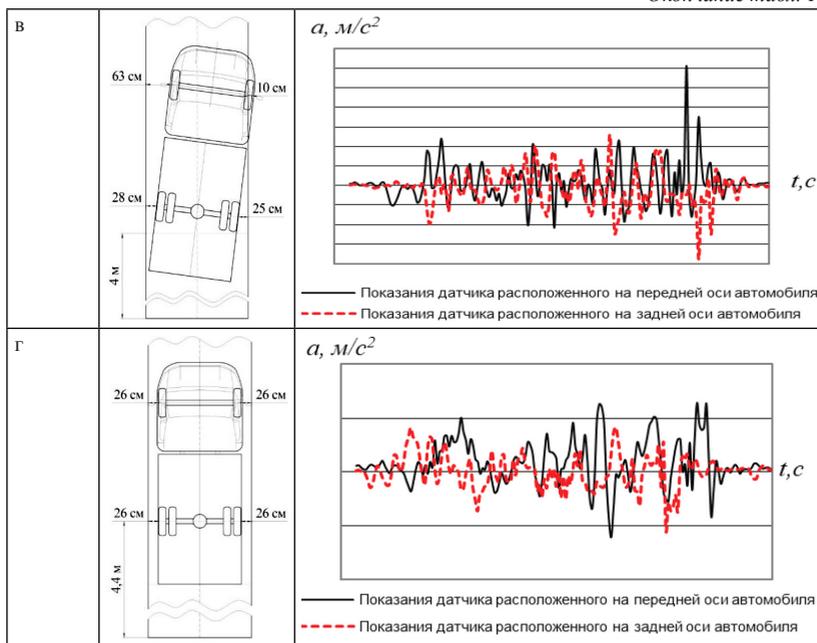
Измерения геометрии скольжения и величины поперечного ускорения автомобиля при четырех возможностях искусственного воздействия на него представлены в табл. 1.

Таблица 1.

Значения бокового ускорения АТС и геометрия бокового увода

Варианты воздействия	Геометрия увода автомобиля	Боковые ускорения
а		 <p>— Показания датчика расположенного на передней оси автомобиля - - - Показания датчика расположенного на задней оси автомобиля</p>
б		 <p>— Показания датчика расположенного на передней оси автомобиля - - - Показания датчика расположенного на задней оси автомобиля</p>

Окончание табл. 1.



Из таблицы 1 видно, что достижение поперечного ускорения $3,0 \text{ м/с}^2$ (по показаниям датчика, расположенного над передней осью) является критическим (вариант Б), что выходит за пределы нормативного дорожного коридора.

Боковые ускорения до $1,5\text{--}2,0 \text{ м/с}^2$ свидетельствуют о явном, но не критическом увode автомобиля назад при торможении. Не менее эффективно измерение замедления всего транспортного средства с помощью датчиков ускорения.

Заключение

Подведя итог, можно сделать вывод, что расширение возможностей придорожной диагностики тормозной системы автомобиля возможно за счет использования датчика для измерения силы, прикладываемой к педали тормоза, и использования акселерометров для измерения поперечного ускорения и тангажа.

Сбор аналогичного тестового материала для каждого класса автомобиля в дальнейшем позволит достаточно надежно проверить техническое состояние ТС автотранспортных средств без испытательного стенда.

Список литературы

1. Техническая эксплуатация автомобилей / Под ред. Е. С. Кузнецова. 6-е изд., перераб. и доп. М.: Транспорт, 2011.
2. Абдулгасис У.А. Повышение точности оценки тормозных свойств грузового автомобиля с помощью мобильного регистрационно-измерительного комплекса / У.А. Абдулгасис, С.А. Феватов, А.У. Абдулгасис // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. 2020. Т.67, № 1. С. 236–240.
3. Нгуен В.Н. Повышение эффективности диагностирования технического состояния подвески автотранспортных средств на вибростендах: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10. Иркутск, 2012. 20 с.
4. Самойленко Н.И. Транспортные системы большой размерности: монография / Н. И. Самойленко, А. А. Кобец, под ред. Н. И. Самойленко. Х.: НТМТ, 2010. 212 с.
5. ГОСТ УСО 5348-2002. Вибрация и удар. Механическое крепление акселерометров. Введён в действие 2008-04-01. Москва: М. : Стандартиформ, 2007.
6. ГОСТ 31507-2012. Автотранспортные средства. Управляемость и устойчивость. Технические требования. Методы испытаний. М.: Стандартиформ, 2013. 51 с.
7. ГОСТ 33997-2016. Колесные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки. Введён в действие 2018-02-01. М. : Стандартиформ, 2018. 73 с.
8. Lysenko A.V. et al. Method of Roadholding 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>
9. Abdullah M.A., Jamil J.F., Salim M.A. Dynamic performances analysis of a real vehicle driving // IOP Conference Series: Materials Science

and Engineering. 2015. No 100(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/100/1/012017>

References

1. *Tekhnicheskaya ekspluatatsiya avtomobiley* [Technical operation of cars]. Ye. S. Kuznetsov (Ed.). M.: Transport, 2011.
2. Abdulgazis U. A. Povyshenie tochnosti ocenki tormoznyh svoystv gruzovogo avtomobilja s pomoshh'ju mobil'nogo registracionno-izmeritel'nogo kompleksa [Increasing the accuracy of assessing the braking properties of a truck using a mobile registration and measuring complex]. U. A. Abdulgazis, S. A. Fevatov, A. U. Abdulgazis. *Uchenye zapiski Krymskogo inzhenerno-pedagogicheskogo universiteta* [Scientific notes of the Crimean Engineering and Pedagogical University]. 2020, vol. 67, no. 1, pp. 236–240.
3. Nguen V.N. *Povyshenie jeffektivnosti diagnostirovanija tehniceskogo sos-tojanija podveski avtotransportnyh sredstv na vibrostendah: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk: 05.22.10.* [Improving the efficiency of diagnosing the technical state of the vehicle suspension on vibration stands: abstract of thesis. dis. ... Cand. tech. Sciences: 05.22.10.]. Irkutsk, 2012, 20 p.
4. Samoylenko N.I. *Transportnye sistemy bol'shoy razmernosti: monografiya* [Large dimension transport systems: monograph] / N.I. Samoylenko, A.A. Kobets, ed. N. I. Samoylenko. Kh.: NTMT, 2010, 212 p.
5. GOST UCO 5348-2002. *Vibracija i udar. Mehanicheskoe kreplenie akselerometrov. Vvedjon v dejstvie 2008-04-01* [STATE STANDARD 5348-2002. Vibration and shock. Mechanical fastening of accelerometers. Introduction 2008-04-01]. Moskva: M.: Standartinform, 2007.
6. GOST 31507-2012. *Avtotransportnye sredstva. Upravljaemost' i ustojchivost'. Tehnicheskie trebovanija. Metody ispytanij* [STATE STANDARD 31507-2012. Vehicles. Controllability and stability. Technical requirements. Test methods]. M.: Standartinform, 2013, 51 p.
7. GOST 33997-2016. *Kolesnye transportnye sredstva. Trebovaniya k bezopasnosti v ekspluatatsii i metody proverki. Vvedjon v dejstvie 2018-02-01* [STATE STANDARD 33997-2016. Wheeled vehicles.

- Requirements for safety in operation and methods of verification. Introduction 2018-02-01]. М. : Standartinform, 2018, 73 p.
8. Lysenko, A V, et al. Method of Roadholding 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>
 9. Abdullah M.A., Jamil J.F., Salim M.A. Dynamic performances analysis of a real vehicle driving. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2015, vol. 100. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/100/1/012017>

ДААННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Гусейнов Расул Вагидович, профессор, доктор технических наук
Дагестанский государственный технический университет
ул. Проспект И.Шамиля, 70, г. Махачкала, Республика Дагестан, 367000, Российская Федерация
salim.sungi@mail.ru

Алиева Карина Абдурахмановна, аспирант
Дагестанский государственный технический университет
ул. Проспект И.Шамиля, 70, г. Махачкала, Республика Дагестан, 367000, Российская Федерация

Нажмудинова Мадина Нуричалововна, аспирант
Дагестанский государственный технический университет
ул. Проспект И.Шамиля, 70, г. Махачкала, Республика Дагестан, 367000, Российская Федерация

DATA ABOUT THE AUTHORS

Rasul V. Huseynov, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor
Dagestan State Technical University
70, I. Shamil Ave., Makhachkala, Republic of Dagestan, 367000, Russian Federation
salim.sungi@mail.ru
SPIN-code: 6792-6473

Karina A. Alieva, Postgraduate student

Dagestan State Technical University

70, I. Shamil Ave., Makhachkala, Republic of Dagestan, 367000,

Russian Federation

Madina N. Nazhmudinova, Postgraduate student

Dagestan State Technical University

70, I. Shamil Ave., Makhachkala, Republic of Dagestan, 367000,

Russian Federation

Поступила 14.01.2022

После рецензирования 16.01.2022

Принята 27.01.2022

Received 14.01.2022

Revised 16.01.2022

Accepted 27.01.2022