

УДК 629.117

**В. В. Быков, канд. техн. наук****Автомобильно-дорожный институт****ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Горловка****ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ  
АВТОМОБИЛЯ КАТЕГОРИИ  $M_1$  ПРИ НЕРАВНОМЕРНОМ ДЕЙСТВИИ  
ТОРМОЗНЫХ СИЛ**

*Проведены экспериментальные исследования устойчивости автомобиля категории  $M_1$  при бортовой неравномерности действия тормозных сил колес на основе использования информации, полученной при инструментальном контроле колесных транспортных средств.*

***Ключевые слова:** торможение автомобиля, ширина нормативного коридора движения, коэффициент бортовой неравномерности тормозных сил*

**Введение**

По требованиям ГОСТ 33997-2016 «Колесные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки» [1] при проверках на роликовых стендах силового типа устойчивость автомобиля оценивается относительной разностью тормозных сил колес оси (в процентах от наибольшего значения): для осей колесных транспортных средств (КТС) с дисковыми колесными тормозными механизмами – не более 20 % и для осей с барабанными колесными тормозными механизмами – не более 25 %. Однако в ГОСТе не указывается предельная величина бортовой неравномерности. В условиях эксплуатации возможно совпадение знаков осевой неравномерности, что может повлиять на устойчивость автомобиля при торможении. Следовательно для определения предельно-допустимых значений бортовой неравномерности необходимо провести испытания автомобиля методом стендовых и дорожных испытаний и найти граничные условия, при которых возможна безопасная эксплуатация автотранспортных средств.

**Анализ публикаций**

В работе Н. Н. Катаева бортовая неравномерность действия тормозных сил колес оценена для автобусов семейства ПАЗ по результатам инструментального контроля [2].

Влияние бортовой неравномерности тормозных сил на устойчивость движения КТС рассмотрено в работе А. И. Коробко, при этом ограничение относительной разницы тормозных сил на бортах определено аналитически [3]. Однако в данной статье не проведены численные вычисления для проверки ограничений.

Железнов Р. Е. определил, что предельное значение коэффициента бортовой неравномерности тормозных сил составляет 0,925 [4]. В ГОСТ 33997-2016 не рассматривается такой показатель как величина бортовой неравномерности.

В [5] исследовались тормозные качества автомобилей категории  $M_1$  на линии инструментального контроля.

В настоящее время есть необходимость определения предельно допустимых значений бортовой неравномерности действия тормозных сил колес автомобилей экспериментальными исследованиями и нахождения граничных условий, при которых возможна безопасная эксплуатация КТС.

**Цель работы**

Экспериментальное определение предельно допустимых значений коэффициента бортовой неравномерности тормозных сил колес автомобилей категории  $M_1$ .

### Основная часть

Основной задачей экспериментальных исследований, как известно, является получение результатов измерения показателей устойчивости автомобиля при стендовых и дорожных испытаниях.

Для оценки влияния коэффициента бортовой неравномерности тормозных сил на устойчивость при торможении испытания проводились на автомобиле категории М<sub>1</sub> Daewoo Sens на линии инструментального контроля BOSCH SDL-260 по требованиям ГОСТ 33997-2016. Дорожные испытания проводились с помощью деселерометра Эффект 02.

Работа проводилась в следующей последовательности:

- выбор оборудования и измерительной аппаратуры;
- выбор режимов торможения для дорожных испытаний;
- измерение выбранных показателей устойчивости автомобиля при торможении.

Участок дороги для проведения экспериментальных исследований находится в районе АДИ. Он представляет собой горизонтальный участок с твердым асфальтобетонным покрытием, его горизонтальность не превышает 1,5 %. Скорость ветра во время испытаний не превышала 3 м/с, температура воздуха находилась в пределах 20–25 °С, исследования проводились на сухом покрытии.

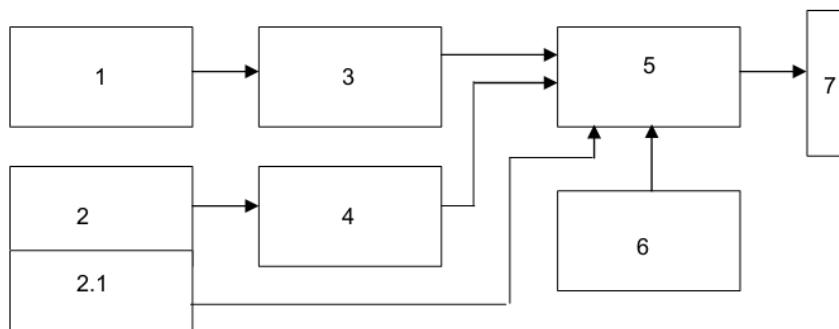
Тормозные диаграммы получались с помощью прибора Эффект 02 НПФ «Мета». С помощью данного прибора также измерялась сила нажатия на педаль тормоза во время испытаний, через датчик, который устанавливался на педаль тормоза.

Деселерометр Эффект 02 имеет сертификат соответствия, выданный ГК РФ по вопросам регулирования и потребительской политики.

Основные технические характеристики деселерометра Эффект 02 согласно паспорту производителя:

- максимальная величина измеряемого замедления – 10 м/с<sup>2</sup>;
- максимальная величина измеряемой силы на педали тормоза – 1,0 кН;
- абсолютная погрешность измерения замедления – 0,1 м/с<sup>2</sup>;
- максимальное время измерения – 10 с;
- диапазон рабочих температур от – 10 до + 50 °С.

На рисунке 1 изображена функциональная схема прибора Эффект 02.



1 – датчик замедления; 2 – тензодатчик усилия; 2.1 – кнопка фиксации момента нажатия на датчик усилия; 3 – усилитель сигнала датчика замедления; 4 – усилитель сигнала тензодатчика усилия; 5 – процессор; 6 – клавиатура управления прибором; 7 – дисплей

Рисунок 1 – Функциональная схема прибора Эффект 02

Принцип работы прибора заключается в периодическом измерении замедления и усилия нажатия на тормозную педаль при торможении. Проверяемый автомобиль разгоняется до необходимой скорости, после чего водитель-оператор нажимает кнопку фиксации момента нажатия на датчике усилия, установленном на тормозной педали (рисунок 2) и автомобиль

останавливается. Преобразованные в цифровой вид значения сигналов замедления и усилия запоминаются в памяти микропроцессора. Процесс измерения сигналов продолжается до полной остановки автомобиля, после чего микропроцессор рассчитывает параметры эффективности тормозной системы автомобиля. Результаты измерений отображаются на дисплее. Введение необходимой информации в прибор возможно с помощью клавиатуры управления.



Рисунок 2 – Кнопка фиксации момента нажатия на датчике усилия



Рисунок 3 – Расположение прибора Эффект 02 в салоне автомобиля

Прибор Эффект 02 устанавливался на стекло в салоне автомобиля (рисунок 3) со стороны пассажира в вертикальное положение. При торможении он показывает на дисплее фактические параметры торможения – текущее установившееся замедление, тормозной путь и силу нажатия на педаль тормоза. После окончания испытания Эффект 02 автоматически распечатывает результаты в виде графиков функций зависимости замедления и силы нажатия на педаль тормоза от времени с дискретностью 0,02 с.

Непосредственно перед проведением опытов агрегаты автомобиля прогрелись до нормальной эксплуатационной температуры.

Автомобиль испытывался в снаряженном состоянии с учетом массы водителя, измерительной аппаратуры и пассажира. Опыт засчитывался при условии нажатия на педаль тормоза типа «экстренное торможение». Усилие на педали тормоза не превышало 490 Н. Каждый опыт повторялся три раза, затем определялись средние значения всех зафиксированных величин. Основные параметры автомобиля приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные параметры автомобиля Daewoo Sens

№ п/п	Название параметра	Величина
1	База автомобиля, м	2,52
2	Расстояние от центра масс до передней оси автомобиля, м	1,31
3	Высота центра масс автомобиля, м	0,68
4	Вес автомобиля, кг	1014
5	Радиус колеса, м	0,268

Экспериментальные исследования методом стендовых испытаний по оценке тормозных свойств автомобиля проводились на силовом роликовом стенде BSA 250 немецкой фирмы BOSCH, который входит в состав линии инструментального контроля SDL 260 в лаборатории Диагностики кафедры «Автомобильный транспорт» АДИ ГОУВПО «ДОННТУ». Для исследований использовался легковой автомобиль Daewoo Sens. Измерения проводились в состоянии снаряженной массы. Усилие на тормозной педали измерялось с помощью педометра с дистанционным блоком управления линией диагностики (рисунок 4).



Рисунок 4 – Измерение усилия на педали тормоза

Для проведения измерения статического веса выполняли следующие условия:

- двигатель автомобиля работал на холостом ходу;
- рычаг коробки переключения передач находился в нейтральном положении;
- рычаг стояночного тормоза был поднят;
- автомобиль передними колесами устанавливался на тестер подвески (рисунок 5).



Рисунок 5 – Измерение статического веса автомобиля

Результаты измерений приведены на рисунке 6.

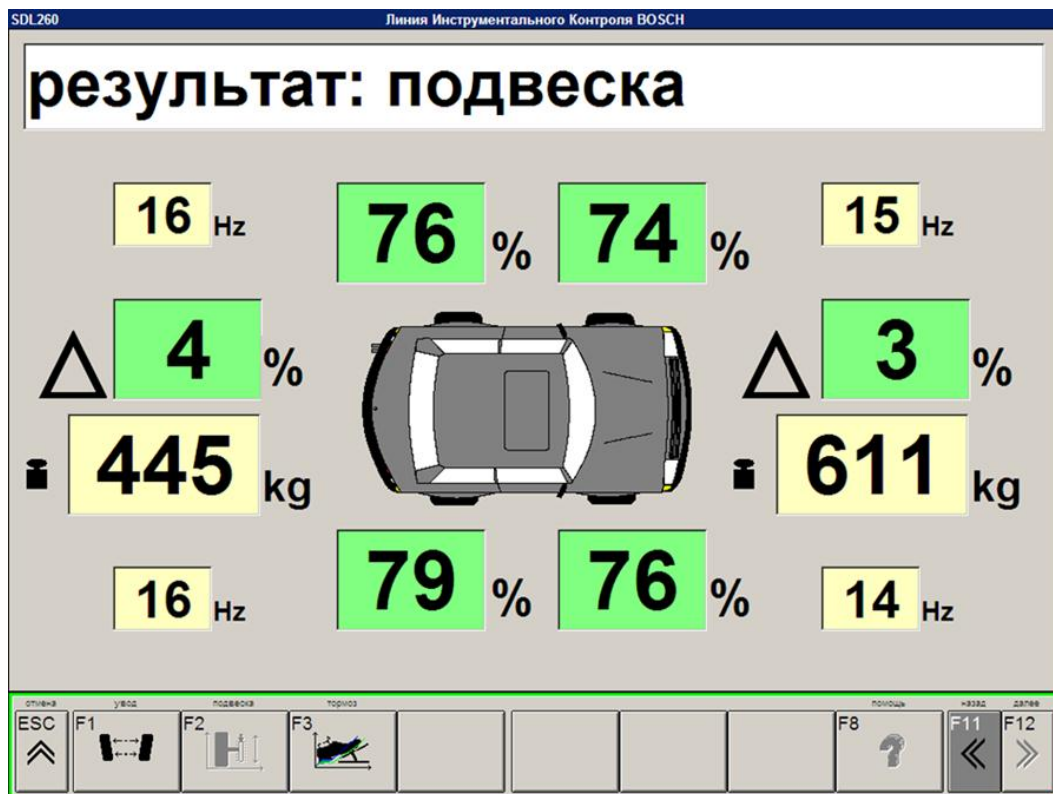


Рисунок 6 – Весовые параметры автомобиля

Далее на силовом роликовом стенде проводились измерения тормозных сил передней оси (рисунок 7). Аналогичные измерения проводились и на задней оси.



Рисунок 7 – Измерение тормозных сил передней оси

По результатам измерений получили результирующие значения параметров тормозной системы: трения, качения, биения тормозных дисков и овальности тормозных барабанов, максимального тормозного усилия на передней и задней оси, усилия нажатия на педаль тормоза, удельной тормозной силы и осевой нагрузки на ось (рисунок 8). А также протокол испытаний автомобиля Daewoo Sens с государственным номером А518ЕМ (рисунок 9).

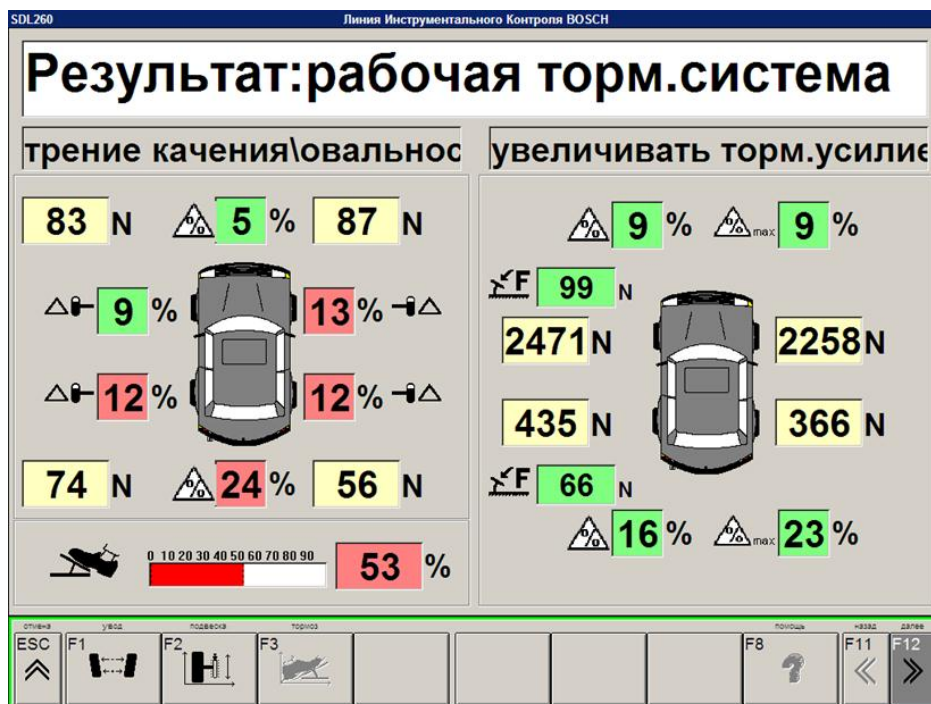


Рисунок 8 – Результаты измерений рабочей тормозной системы

SDL260		Линия Инструментального Контроля BOSCH					
<b>A518EM</b>							
13.06.2018 / 15:42:46							
трение качения	N	83	5	87	74	24	56
овальность	%	9	13	12	12		
макс.тормозное усилие	N	2471	9	2258	435	16	366
торм.усилие при макс.раз	N	2471	9	2258	423	23	325
усилие нажатия	N	99	----	66	----	----	----
Тормозн усилие	%	79		18		53	
общ.тормозн усилие	%	53				22	
		26					
осевая нагрузка	kg	611		445			
коэфф.сцепления	%	74	3	76	76	4	79
увод	m/km						
<div style="display: flex; justify-content: space-between; font-size: small;"> <span>ESC</span> <span>F1</span> <span>F2</span> <span>F4</span> <span>F5</span> <span>F6</span> <span>F7</span> <span>F8</span> <span>F11</span> <span>F12</span> </div>							

Рисунок 9 – Протокол испытаний тормозной системы автомобиля Daewoo Sens

Дорожные испытания проводились по ГОСТ 33997-2016, путем торможения КТС рабочей тормозной системой с начальной скоростью 40 км/ч и силой на органе управления не более 490 Н – для КТС категории М<sub>1</sub>. Во время испытания автомобиль контролировался в нормативном коридоре движения шириной 2,6 м, при этом управляющие воздействия на рулевое управление в процессе проверки рабочей тормозной системы в дорожных условиях не допускались.

На разгонной полосе была обозначена ширина коридора безопасности, равная 2,6 м, в пределах которой производилось торможение автомобиля с начальной скорости 40 км/ч. В процессе торможения фиксировались следующие параметры:

- тормозной путь автомобиля;
- замедление при торможении;
- положение автомобиля в конечной фазе торможения.

Показателем устойчивости КТС при проверках на стендах допускается относительная разность тормозных сил колес оси (в процентах от наибольшего значения) для осей КТС с дисковыми колесными тормозными механизмами – не более 20 % и для осей с барабанными колесными тормозными механизмами – не более 25 % (рисунок 10). Относительную разность F %, тормозных сил колес оси рассчитываем для каждой оси КТС по формуле [1]:

$$F = \frac{P_{т.пр} - P_{т.лев}}{P_{т.маx}} \cdot 100, \quad (1)$$

где  $P_{т.пр}$  – тормозная сила правого колеса проверяемой оси, Н;

$P_{т.лев}$  – тормозная сила левого колеса проверяемой оси, Н;

$P_{т.маx}$  – наибольшая из указанных тормозных сил, Н.

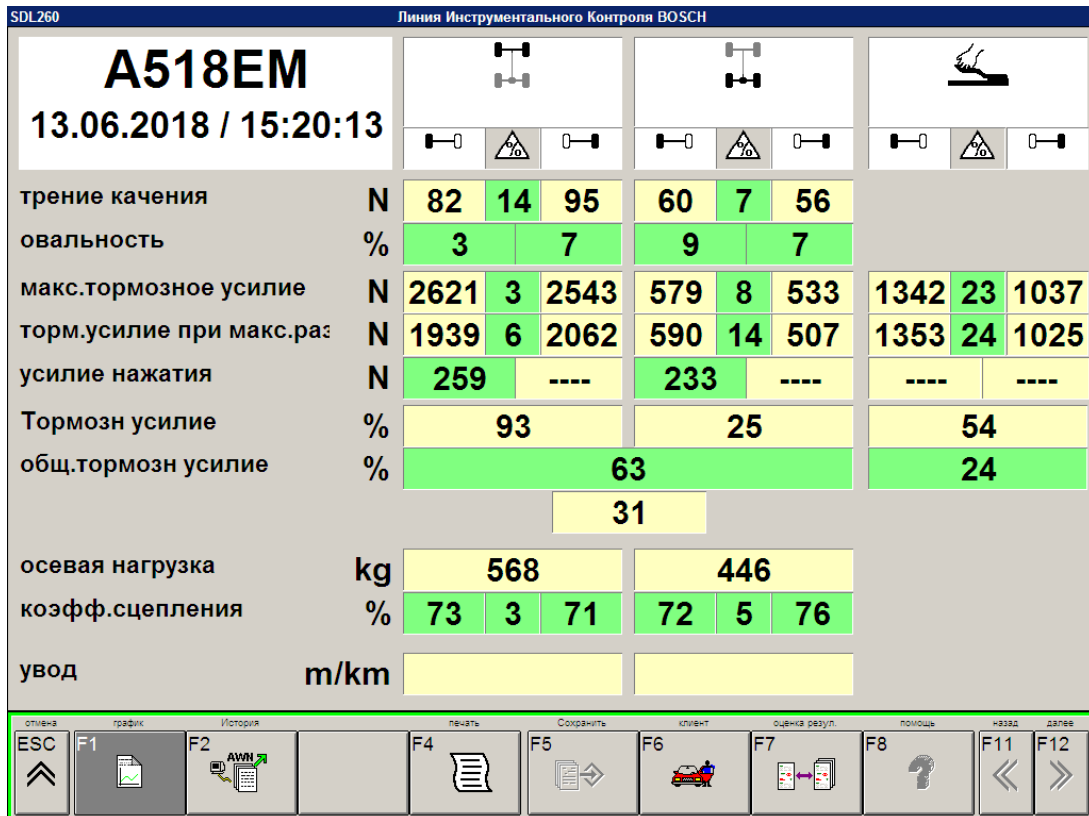


Рисунок 10 – Результаты диагностирования рабочей тормозной системы автомобиля категории М<sub>1</sub>

Рассмотрим процесс торможения автомобиля ZAZ-Daewoo Sens при нормируемых значениях показателя устойчивости передней оси, равного 20 % и задней оси 25 %. В фазе установившегося замедления найдем минимальные значения тормозных сил на колесах, обеспечивающих предписанное ГОСТ 33997-2016 допустимое замедление  $j_{уст} = 4,9 \text{ м/с}^2$ .

Суммарная тормозная сила на всех колесах

$$\sum P_t = M_c \cdot j_{уст}, \quad (2)$$

где  $M_c$  – снаряженная масса автомобиля (согласно протокола испытаний  $M_c = 1014 \text{ кг}$  (см. рисунок 10 и таблицу 1),  
тогда

$$\sum P_t = 1014 \cdot 4,9 = 4968,6 \text{ Н.}$$

Тормозные силы на колесах автомобиля Daewoo Sens:

$$P_{t1пр} = P_{t1лев} = P_{t2пр} = P_{t2лев} = \frac{\sum P_t}{4} = 1242,2 \text{ Н.}$$

Для автомобиля, при нормируемых значениях показателя устойчивости передней оси, равного 20 % получим:

$$P_{t1лев} = 1242,2 \text{ Н,}$$

$$P_{t1пр} = 993,8 \text{ Н.}$$



Для автомобиля, при нормируемых значениях показателя устойчивости задней оси равного 25 %, получим:

$$P_{т2лев} = 1242,2 \text{ Н},$$

$$P_{т2пр} = 931,7 \text{ Н}.$$

Таким образом, при нормируемых ГОСТ 33997-2016 20 % неравномерности тормозных сил передней и 25 % – задней осей автомобиль при торможении выходит за пределы ширины коридора безопасности. Поэтому необходим контроль не только осевой, а и бортовой, неравномерности, которая может быть оценена при инструментальном контроле на основе имеющейся информации по формуле:

$$F_B = \frac{|P_{т1лев} + P_{т2лев} - P_{т1пр} - P_{т2пр}|}{P_{т1лев} + P_{т2лев} + P_{т1пр} + P_{т2пр}} \cdot 100 \% , \quad (3)$$

$$F_B = \frac{1242,2 + 1242,2 - 993,8 - 931,7}{1242,2 + 1242,2 + 993,8 + 931,7} \cdot 100 = 12,7 \% .$$

Таким образом, для автомобиля Daewoo Sens относительная разница тормозных сил на бортах, согласно проведенным исследованиям, составляет 12,7 %.

### **Заключение**

Для повышения качества инструментального контроля автомобилей категории M<sub>1</sub> авторы предлагают внести изменения в нормативные документы: дополнить оценочные критерии устойчивости КТС при торможении новым параметром – коэффициентом бортовой неравномерности тормозных сил колес.

### **Список литературы**

1. ГОСТ 33997-2016 Колесные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 июля 2017 г. № 708-ст : введен впервые : дата введения 2018-02-01 / разработан Малым инновационным предприятием «Международная автомобильно-дорожная экспертиза и консалтинг». – Москва : Стандартинформ, 2018. – 73 с.
2. Катаев, Н. Н. Оценка тормозных свойств автобусов семейства ПАЗ по результатам инструментального контроля : специальность 05.22.10. «Эксплуатация автомобильного транспорта» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Николай Николаевич Катаев ; Владимирский государственный университет. – Владимир, 2002. – 160 с.
3. Коробко, А. И. Влияние бортовой неравномерности тормозных сил на увод автомобиля / М. А. Подрыгало, А. И. Коробко // Автомобильный транспорт. – 2009. – № 24. – С. 33–36.
4. Железнов, Р. Е. О влиянии геометрических параметров автомобиля на курсовую устойчивость при торможении / Р. Е. Железнов, Д. В. Аксенов, Е. И. Железнов // Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт. – 2016. – № 5 (17). – С. 16–23.
5. Быков, В. В. Оценка тормозных свойств автомобилей категории M<sub>1</sub> по результатам инструментального контроля / В. В. Быков // Вести Автомобильно-дорожного института = Bulletin of the Automobile and Highway Institute. – 2018. – № 1 (24). – С. 9–12.

**В. В. Быков**  
*Автомобильно-дорожный институт*  
**ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Горловка**  
**Экспериментальные исследования устойчивости**  
**автомобиля категории М<sub>1</sub> при неравномерном действии тормозных сил**

По требованиям нормативных документов при проверках на роликовых стендах силового типа устойчивость автомобиля оценивается относительной разностью тормозных сил колес оси для осей КТС с дисковыми колесными тормозными механизмами не более 20 % и для осей с барабанными колесными тормозными механизмами не более 25 %.

В условиях эксплуатации возможно совпадение знаков осевой неравномерности, что может повлиять на устойчивость автомобиля при торможении. Для определения предельно-допустимых значений бортовой неравномерности проведены испытания автомобиля категории М<sub>1</sub> Daewoo Sens на устойчивость методом стендовых и дорожных испытаний и найдены граничные условия, при которых возможна его безопасная эксплуатация.

Предложено определять не только осевую неравномерность действия тормозных сил колес, но и производить контроль бортовой неравномерности действия тормозных сил колес, который может быть оценен при инструментальном контроле. Для повышения качества инструментального контроля и обеспечения безопасности колесных транспортных средств необходимо совершенствовать методики ГОСТ 33997-2016 в части испытаний с применением оценочных параметров устойчивости КТС и внести предложения по их изменению с учетом нового параметра – коэффициента бортовой неравномерности тормозных сил колес, что позволит обеспечить их безопасную эксплуатацию.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ТРАЕКТОРИЯ, ШИРИНА НОРМАТИВНОГО КОРИДОРА ДВИЖЕНИЯ, КОЭФФИЦИЕНТ ОСЕВОЙ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ТОРМОЗНЫХ СИЛ КОЛЕС, КОЭФФИЦИЕНТ БОРТОВОЙ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ТОРМОЗНЫХ СИЛ КОЛЕС**

**V. V. Bykov**  
*Automobile and Road Institute of Donetsk National Technical University, Gorlovka*  
**Experimental Studies of the M<sub>1</sub> Category Automobile Stability under Uneven Action**  
**of Braking Forces**

According to the requirements of regulatory documents during testing on power chassis dynamometer, automobile stability is estimated by the relative difference between the braking forces of the axle wheels for the axles of the wheeled vehicles with disc wheel brakes of no more than 20% and for axles with drum wheel brakes of no more than 25 %.

Under operating conditions, the signs of axial unevenness may coincide, which can affect the stability of the automobile during braking. To determine the maximum permissible values of vehicle-borne irregularity, a Daewoo Sens automobile of M1 category was tested for stability by bench and road tests, and boundary conditions were found under which its safe operation is possible.

It is proposed to determine not only the axial action unevenness of the wheel brake forces, but also to control the vehicle-borne action unevenness of the wheel brake forces, which can be evaluated with instrumental control. To improve the quality of instrumental control and ensure the safety of wheeled vehicles, it is necessary to improve the methods of the 33997-2016 State Standard in terms of tests using estimated stability parameters of wheeled vehicles and to make suggestions for changing them, taking into account a new parameter – the coefficient of vehicle-borne unevenness of the wheel braking forces. This will ensure their safe operation.

**EXPERIMENTAL STUDIES, TRAJECTORY, WIDTH OF NORMATIVE MOVEMENT CORRIDOR, COEFFICIENT OF AXIAL UNEVENNESS OF WHEEL BRAKE FORCES, COEFFICIENT OF VEHICLE-BORNE UNEVENNESS OF WHEEL BRAKE FORCES**

**Сведения об авторе:**

**В. В. Быков**

SPIN-код: 8378-0977

Телефон: +38 (071) 301-98-53

Эл. почта: bykov\_v\_v\_59@mail.ru

*Статья поступила 11.11.2019*

© В. В. Быков, 2019

*Рецензент: Д. Н. Самисько, канд. техн. наук, доц., АДИ ГОУВПО «ДОННТУ»*