УДК 629.3.017.5

© С. С. Евтюков, канд. техн. наук, доцент
© И. С. Гладушевский, аспирант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет,
Санкт-Петербург, Россия)
E-mail: ese-89@mail.ru, iglad6@gmail.com

DOI 10.23968/1999-5571-2020-17-3-173-177

© S. S. Evtyukov, PhD in Sci. Tech., Associate Professor
© I. S. Gladushevskiy, post-graduate student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering,
St. Petersburg, Russia)
E-mail: ese-89@mail.ru, iglad6@gmail.com

ТОРМОЗНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ШИПОВАННОЙ РЕЗИНЫ НА ВЛАЖНОМ АСФАЛЬТОБЕТОННОМ ПОКРЫТИИ ПРИ НУЛЕВЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

BRAKE TESTS OF STUDDED RUBBER MOTOR TYRES ON WET BITUMINOUS CONCRETE PAVEMENT AT ZERO TEMPERATURES

Проведены испытания замедления транспортных средств категории M_1 при использовании деселерометра BRAKETESTER модели LWS-2/МС на сухом асфальтобетонном покрытии $t = (0 \pm 0,5)^\circ\text{C}$. Рассмотрена методика расчета и введен коэффициент изменения замедления транспортного средства, учитывающий технологический прогресс.

Ключевые слова: транспорт, протектор, шипы, тормозной путь, сцепление с дорогой, эффективность торможения, технологии, замедление.

There were carried out deceleration tests of category M_1 vehicles using the BRAKETESTER model LWS-2/MC decelerometer on dry asphalt pavement $t = (0 \pm 0,5)^\circ\text{C}$. The calculation method was considered and the coefficient of the vehicle deceleration variation taking into account technological progress was introduced.

Keywords: transport, tyre tread, studs, braking distance, road adherence, braking performance, technologies, deceleration.

Погодно-климатические условия вносят значимые изменения в траекторию движения транспортных средств (ТС) [1–4]. Определение тормозного пути не всегда возможно, особенно для современных ТС, улучшающихся совместно с технологическим прогрессом.

Для определения тормозного пути и проведения испытаний было задействовано 15 современных ТС. Измерения проводились с использованием деселерометра BRAKE TESTER модели LWS-2/МС.

Для определения замедления ТС использовался деселерометр, имеющий погрешность измерений установившегося замедления не более 4 %. Датчик замедления прибора фиксировался на лобовом стекле внутри автомобиля и перед каждым измерением производилась его калибровка. Перед началом движения на приборе устанавливалась скорость 40 км/ч, по достижении которой производилось экстренное торможение. Все ТС находились в исправном состоянии. Замеры

тормозного пути и замедления производились на зимней шипованной и нешипованной резине, где высота рисунка протектора была более 5 мм. Глубина рисунка протектора определялась при помощи штангенциркуля, масса ТС — как снаряженная масса и масса одного пассажира.

Измерения замедления ТС категории M_1 проводились на влажном асфальтобетонном покрытии при нулевых температурах. Методика включает разгон ТС до скорости 40 км/ч, после чего, при достижении зоны замедления, водитель начинает применять экстренное торможение. Во время проведения эксперимента проводилось несколько измерений для каждого ТС.

В результате измерений были получены данные замедления ТС (рис. 1 и 2).

На рисунках видно, что:

- в обоих случаях применялась экстренная система торможения;
- торможение осуществлялось с активной антиблокировочной системой.

Рис. 1. Результат замера замедления ТС Audi A6

Рис. 2. Результат замера замедления ТС BMW 750D

При детальном рассмотрении линии замедления видно, что более плавное замедление было осуществлено на ТС Audi A6. В то время как на графике, отображающем замедление ТС BMW-750D, линия замедления убывает и лишь влияние системы стабилизации сказывается на изменении скорости.

В табл. 1 представлены данные, полученные при проведении испытаний.

Значения замедления J (табл. 1) показывают технические изменения транспортных средств [5], полученные в связи с технологическим прогрессом. На изменение замедления относительно

значений ГОСТ 33997–2016¹ повлияло следующее:

- наличие антиблокировочной тормозной системы;
- применение современных материалов производства шинной продукции;
- применение современных материалов производства тормозных систем;
- применение современных тормозных систем;

¹ ГОСТ 33997–2016 Колесные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки.

Таблица 1

**Замедление транспортных средств категории M_1 при использовании зимней резины
на сухом асфальтобетонном покрытии $t = (0 \pm 0,5)^\circ\text{C}$**

№ п/п	Марка ТС	Модель ТС	Год ТС	Масса ТС, кг	Шипы	Протектор, мм	$J_{\text{факт max}}, \text{М/с}^2$	$J_{\text{факт}}, \text{М/с}^2$
1	Audi	A8	2016	2035	Да	6,31	8,01	7,07
2	BMW	750D	2017	2095	Да	8,82	7,99	7,10
3	Mercedes-Benz	S-klasse 500	2016	2150	Нет	7,43	7,99	6,97
4	Audi	A6	2018	1884	Да	8,03	7,96	7,38
5	BMW	5	2016	1845	Нет	6,39	7,98	7,38
6	Mercedes-Benz	E-klasse	2017	1815	Нет	5,66	8,04	7,39
7	Volvo	S80	2011	1866	Да	7,04	7,97	7,34
8	Toyota	Camry	2017	1695	Да	5,84	8,10	7,30
9	Lexus	IS	2013	1635	Да	6,64	8,18	7,28
10	Mercedes-Benz	C-klasse 180	2015	1475	Нет	7,00	7,80	7,18
11	Audi	A4	2016	1485	Да	5,94	7,84	7,23
12	BMW	3	2013	1485	Да	5,58	7,81	7,17
13	Audi	A3	2008	1625	Нет	5,30	8,25	7,34
14	Mazda	CX-5	2015	1635	Да	6,89	7,88	7,28
15	Toyota	LC 150	2019	2310	Да	10,00	7,92	7,29

- переход ТС с механических на роботизированные и автоматизированные трансмиссии;
- применение современных системы стабилизации;
- применение современных материалов при дорожном строительстве.

Расчетная модель не учитывает внедряющихся технологических изменений совместно с технологическим прогрессом [6–17]. Введение постоянного коэффициента, учитывающего изменения, позволит привести расчеты к полученным результатам. Данный коэффициент будет отражать нововведения, касающиеся области тормозных систем ТС.

Отношение фактического замедления, полученного в результате испытаний, к установившемуся замедлению¹ отображает значимые изменения технологического прогресса. Таким образом, в формулу расчета замедления ТС (по результатам тормозных испытаний) введем коэффициент $K_{\text{техн}}$, позволяющий учитывать изменение техники и технологий процесса замедления ТС. Заданный коэффициент — величина постоянная: $K_{\text{техн}} = 1,249$.

$$J_{\text{нзам}} = \frac{(g(m_{\text{тор}} \cos \alpha \varphi_n + m_a g \sin \alpha) + P_{\text{пв}} + P_{\text{зац}}) K_{\text{техн}}}{m_a \delta K_{\text{эн}}}, \quad (1)$$

где $J_{\text{нзам}}$ — замедление транспортного средства; g — ускорение свободного падения; $m_{\text{тор}}$ — масса, приходящаяся на заторможенные колеса; α — угол продольного наклона дороги; φ_n — коэффициент сцепления колес с дорогой на опреде-

Таблица 2

Разница замедления ТС категории M_1 при сравнении с показателями установившегося замедления

№ п/п	Марка ТС	Модель ТС	$J_{\text{факт}}, \text{с коэф.}$ М/с^2	ΔJ
1	Audi	A8	7,07	1,22
2	BMW	750D	7,1	1,22
3	Mercedes-Benz	S-klasse 500	6,97	1,20
4	Audi	A6	7,38	1,27
5	BMW	5	7,38	1,27
6	Mercedes-Benz	E-klasse	7,39	1,27
7	Volvo	S80	7,34	1,27
8	Toyota	Camry	7,3	1,26
9	Lexus	IS	7,28	1,26
10	Mercedes-Benz	C-klasse 180	7,18	1,24
11	Audi	A4	7,23	1,25
12	BMW	3	7,17	1,24
13	Audi	A3	7,34	1,27
14	Mazda	CX-5	7,28	1,26
15	Toyota	LC 150	7,29	1,26

ленном интервале; m_a — фактическая масса ТС; P_{nv} — сила сопротивления воздуха; δ — коэффициент учета вращающихся масс; K_m — коэффициент эффективности торможения на определенном интервале; $P_{зац}$ — сила зацепа шипа; $K_{техн}$ — коэффициент технологического прогресса.

Первоначальная расчетная модель замедления ТС будет актуализирована.

В табл. 2 рассмотрена разница замедлений ТС категории M_1 при сравнении с показателями установившегося замедления¹.

Применение данного коэффициента позволяет привести методику расчета к результатам, полученным при проведении исследования. Изменение значения коэффициента возможно при изменении характеристик тормозных систем, используемых на ТС на дорогах общего пользования.

Библиографический список

1. Евтюков С. С., Гладушевский И. С. Совершенствование методики исследования замедления ТС при эксплуатации летних шин с разной высотой протектора // Мир транспорта и технологических машин. 2020. № 1 (65). С. 72–79.
2. Гладушевский И. С., Евтюков С. С. Метод расчета тормозного пути, учитывающий изменение коэффициента сцепления колеса с дорогой в зависимости от скорости // Вестник гражданских инженеров. 2018. № 6 (71). С. 175–179.
3. Гладушевский И. С., Евтюков С. С. Методика расчета тормозного пути на сухом асфальтобетонном покрытии при движении на шипованных шинах // Вестник гражданских инженеров. 2019. № 2 (73). С. 142–146.
4. Гладушевский И. С., Евтюков С. С. Метод расчета тормозного пути, учитывающий изменение коэффициента сцепления колеса с дорогой в зависимости от скорости // Вестник гражданских инженеров. 2019. № 6 (76). С. 217–221.
5. Гладушевский И. С., Шаронов А. А., Пирогов Д. И. Прогнозирование автоматизации функции управления // Серия «Автомобильные дороги и транспорт»: сб. статей магистрантов и аспирантов. Вып. 1. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 79–81.
6. Евтюков С. А. Влияние факторов на сцепные качества покрытий автомобильных дорог // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 3. <https://www.science-education.ru/pdf/2012/3/29.pdf>
7. Евтюков С. С., Брылев И. С. Расчетная оценка параметров процесса торможения транспортных средств

категории L3 при реконструкции ДТП // Вестник гражданских инженеров. 2016. № 6 (55). С. 181–185.

8. Куракина Е. В., Евтюков С. А. Исследование влияния сцепных качеств дорог на безопасность дорожного движения // Вестник гражданских инженеров. 2013. № 5 (40). С. 166–172.

9. Евтюков С. С., Куракина Е. В. Исследование сцепных характеристик дорожного покрытия при автотехнической экспертизе ДТП // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 5 (52). С. 216–223.

10. Иларионов В. А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий: учебник для вузов. М.: Транспорт, 1989. 210 с.

11. Евтюков С. А., Голов Е. В. Реконструкция дорожно-транспортных происшествий. СПб.: Издательский дом «Петрополис», 2017. 204 с.

12. Евтюков С. А., Евтюков С. С. Параметры, влияющие на сцепные качества покрытий автодорог // Вестник Тувынского гос. ун-та. Технические и физико-математические науки. 2013. № 3 (18). С. 75–82.

13. Евтюков С. С., Куракина Е. В. Исследование сцепных характеристик дорожного покрытия при автотехнической экспертизе ДТП // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 5 (52). С. 216–223.

14. Домке Э. Р. Расследование и экспертиза дорожно-транспортных происшествий. 2-е изд., стер. М.: Издательский центр «Академия», 2012. 288 с.

15. Евтюков С. А., Васильев Я. В. Реконструкция и экспертиза ДТП в примерах. СПб.: Издательский дом «Петрополис», 2012. 324 с.

16. Евтюков С. А., Брылев И. С. Алгоритм корректировки нормативных значений времени нарастания замедления, установившегося замедления двухколесных механических транспортных средств // Мир транспорта и технологических машин. 2015. № 3 (50). С. 3–11.

17. Добромиров В. Н., Евтюков С. С., Куракина Е. В. Совершенствование методов оценки безопасности дорожного движения на скоростных автомобильных дорогах // Мир транспорта и технологических машин. 2017. № 1 (56). С. 94–100.

References

1. Evtyukov S. C., Gladushevskii I. S. *Sovershenstvovanie metodiki issledovaniya zamedleniya TS pri ekspluatatsii letnikh shin s raznoy vysotoi protektora* [Improvement of the research methodology of vehicle deceleration during operation of summer tires with different tread depth]. *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin – World of transport and technological machines*, 2020, no. 1(65), pp. 72–79.
2. Gladushevskiy I. S., Evtyukov S. S. *Metod rascheta tormoznogo puti, uchityvayushchiy izmenenie koeffitsienta*

stsepleniya kolesa s dorogoy v zavisimosti ot skorosti [Technique of the braking distance calculation taking into account the change of the coefficient of the wheel grip depending on the speed]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2018, no. 6(71), pp. 175–179.

3. Gladushevskiy I. S., Evtyukov S. S. *Metodika rsheta tormoznogo puti na sukhomasfal'tobetonnom pokrytii pri dvizhenii na shipovannykh shinakh* [The method of calculating the braking distance on a dry asphalt concrete pavement when driving on studded tyres]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2019, no. 2(73), pp. 142–146.

4. Gladushevskiy I. S., Evtyukov S. S. *Metod rascheta tormoznogo puti, uchityvayushchiy izmenenie koeffitsienta stsepleniya kolesa s dorogoy v zavisimosti ot skorosti* [Evaluation of car deceleration properties when using winter type tyres on rolled snow covering]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2019, no. 5 (76), pp. 217–221.

5. Gladushevskiy I. S., Sharonov A. A., Pirogov D. I. *Prognozirovanie avtomatizatsii funktsii upravleniya* [Predicting automation of the control function]. *Seriya «Avtomobil'nye dorogi I transport* [Series “Automobile Roads and Transport”. Collection of articles of the Ministry of Transport]. Iss. 1. St. Petersburg: SPBGASU Publ., 2018, pp. 79–81.

6. Evtyukov S. A. *Vliyanie faktorov na stsepye kachestva pokrytiy avtomobil'nykh dorog* [Influence of factors on the coupling quality of road surfaces]. *Sovremennye problem nauki i obrazovaniya – Modern problems of science and education*, 2012, no. 3. Available at: <https://www.science-education.ru/pdf/2012/3/29.pdf>

7. Evtyukov S. S., Brylev I. S. *Raschetnaya otsenka parametrov protsessa tormozheniya transportnykh sredstv kategorii L3 pri rekonstruktsii DTP* [Estimation of braking process parameters of category L_3 vehicles at reconstruction of the road accident]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2016, no. 6 (55), pp. 181–185.

8. Kurakina E. V., Evtyukov S. A. *Issledovanie vliyaniya stsepykh kachestv dorog na bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya* [Investigation of the influence of the coupling characteristics of roads on road safety]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2013, no. 5 (40), pp. 166–172.

9. Evtyukov S. S., Kurakina E. V. *Issledovanie stsepykh kharakteristik dorozhnogo pokrytiya pri avtotekhnicheskoy ekspertize DTP* [Study on adhesion characteristics of the

road surface in auto technical examination of the road traffic accident]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers* 2015, no. 5(52), pp. 216–223.

10. Ilarionov V. A. *Ekspertiza dorozhno-transportnykh proissheshtviy* [Expertise of road traffic accidents]. Moscow, Transport Publ., 1989, 210 p.

11. Evtyukov S. A., Golov E. V. *Rekonstruktsiya dorozhno-transportnykh proissheshtviy* [Reconstruction of road traffic accidents]. St. Petersburg, Petropolis Publ., 2017, 204 p.

12. Evtyukov S. A., Evtyukov S. S. *Parametry, vliyayushchie na stsepye kachestva pokrytiy avtodorog* [Parameters affecting the coupling quality of road coatings]. *Vestnik Tuvinskogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie i fiziko-matematicheskie nauki – Bulletin of Tuva State University. Technical, physical and mathematical sciences*, 2013, no. 3(18), pp. 75–82.

13. Evtyukov S. S., Kurakina E. V. *Issledovanie stsepykh kharakteristik dorozhnogo pokrytiya pri avtotekhnicheskoy ekspertize DTP* [Study on adhesion characteristics of the road surface in auto technical examination of the road traffic accident]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2015, no. 5(52), pp. 216–223.

14. Domke E. R. *Rassledovanie i ekspertiza dorozhno-transportnykh proissheshtviy* [Investigation and examination of road accidents]. 2-nd ed., revised. Moscow, Akademiya Publ., 2012, 288 p.

15. Evtyukov S. A., Vasil'ev Ya. V. *Rekonstruktsiya i ekspertiza DTP v primerakh* [Reconstruction and expertise of road accidents in examples]. St. Petersburg, Petropolis Publ., 2012, 324 p.

16. Evtyukov S. A., Brylev I. S. *Algoritm korrektyrovki normativnykh znacheniy vremeni narastaniya zamedleniya, ustanovivshegosya zamedleniya dvukhkolesnykh mekhanicheskikh transportnykh sredstv* [Algorithm for adjusting the normative values of the time of increase of deceleration, steady deceleration of two-wheeled mechanical vehicles]. *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin – World of transport and technological machines*, 2015, no. 3(50), pp. 3–11.

17. Dobromirov V. N., Evtyukov S. S., Kurakina E. V. *Sovershenstvovanie metodov otsenki bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya na skorostnykh avtomobil'nykh dorogakh* [Improving methods for assessing road safety on high-speed roads]. *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin – World of transport and technological machines*, 2017, no. 1(56), pp. 94–100.