УДК 629.3.017.5

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

DOI 10.23968/1999-5571-2019-16-5-217-221

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

ОЦЕНКА СВОЙСТВ ЗАМЕДЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЗИМНЕГО ТИПА ШИН НА УКАТАННОМ СНЕЖНОМ ПОКРЫТИИ

EVALUATION OF CAR DECELERATION PROPERTIES WHEN USING WINTER TYPE TIRES ON ROLLED SNOW COVERING

Проведена оценка свойств замедления автомобиля при помощи деселерометра на укатанном снежном покрытии при использовании зимнего типа шин, рассчитан коэффициент сцепления шин, основанный на полученных данных с выбранным дорожным покрытием.

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

This article presents an assessment of the properties of vehicle deceleration by means of a decelerometer on a rolled snow covering when using winter type tires. A calculation of the tire adhesion coefficient based on the data obtained with the selected road surface is submitted.

Keywords: transport, tire-tread, braking distance, grip, braking performance, decelerometer, deceleration.

Современные разработки в области производства шин для легковых автомобилей позволяют уменьшить вероятность возникновения дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Качество разрабатываемых шин влияет на параметры замедления автотранспортного средства (АТС). Нововведения позволяют уменьшить как стоимость производства, так и качество конечных продуктов [1]. Не каждый производитель заявляет действительные показатели параметров торможения АТС при использовании их конечного продукта.

Направленность производства определенной модели шин может различаться. Одни будут гнаться за классом экологичности как при производстве резины, так и при использовании, другие — за скоростными показателями, а третьи — за прибылью с продаж. В связи с этим использование обобщенных значений становится невозможным.

Данная оценка свойств замедления АТС позволит рассмотреть разные типы зимних шин и рассчитать замедление индивидуально для каждой модели.

Измерения проводились при отрицательных температурах с использованием деселерометра модели «LWS-2MC», представленного на рис. 1.

Деселерометр имеет погрешность измерений установившегося замедления и не превышает более 4 %. Замеры и дальнейшие расчеты тормозного пути и замедления проводились на новых шинах (высота рисунка протектора >5 мм) со снаряженной массой, указанной заводом изготовителем индивидуально для каждого АТС.

Датчик замедления прибора фиксировался на лобовом стекле внутри автомобиля. Перед началом движения на приборе устанавливалась скорость 40 км/ч, по достижении которой необходимо было произвести экстренное торможение.

Методика проведения включает в себя разгон АТС до скорости 40 км/ч, после чего, достигнув зоны замедления, водитель начинает применять экстренное торможение (рис. 2). Расчет тормозного пути начнется после нарастания тормозных усилий.

Во время проведения эксперимента (рис. 3) осуществлялось несколько измерений для каждого типа ТС. После чего индивидуально для

Рис. 1. Внешний вид деселерометра модели «LWS-2MC»

каждого эксперимента находилось среднее значение измерения. На рис. 4 изображено три эксперимента, в каждом из которых проводилось по семь измерений. Результаты замеров замедления на снежном покрытии представлены в табл. 1.

Для проверки результатов эксперимента необходимо симитировать математическую модель, учитывающую силу зацепа шипов колес на укатанном снежном покрытии.

Общая формула для расчета замедления ТС имеет вид [2–4]¹:

$$S_{\text{тор. путь}} = \sum_n \frac{\Delta V_n^2}{2J_{n\text{ зам}}}, \quad (1)$$

где n — количество интервалов скорости; V — скорость движения ТС; $J_{n\text{ зам}}$ — замедление при экстренном торможении транспортного средства.

Количество шипов на колесе является индивидуальной характеристикой для каждого типа шины и устанавливается заводом изготовителем.

$$P_{\text{зац}} = \sigma_p \cdot F_{\text{ВШ}}, \quad (2)$$

где $P_{\text{зац}}$ — сила зацепа шипа; σ_p — произведение динамического предела прочности на разрушение; $F_{\text{ВШ}}$ — площадь продольного сечения вставки шипа.

¹ Технический регламент таможенного союза ТР ТС 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств» принят решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 года № 877. С изменениями от 25 декабря 2018 года № 219.

Рис. 2. Схема проведения эксперимента

Рис. 3. Проведение эксперимента на примере машины Mazda 5 на снежном покрытии

Рис. 4. График эксперимента для ТС: Mazda 5 с резиной Dunlop SP WINTER ICE 02 195/65/R15; Kia Rio с резиной Pirelli Ice Zero XL 195/65 R15; Kia Ceed с резиной Yokohama ice GUARD IG55 205/55 R16

Таким образом, формула (1) примет следующий вид:

$$S_{\text{тор. путь}} = \frac{V_n^2 \cdot m_a \cdot \delta \cdot K_{\text{эн}}}{g(m_{\text{тор}} \cdot \cos \alpha \cdot \varphi_n + m_a \cdot g \cdot \sin \alpha) + (C_x \cdot \rho \cdot F_A \cdot V_n^2) + 4(0,1 \cdot z \cdot \sigma_p \cdot F_{\text{ВШ}})}, \quad (3)$$

где m_a — фактическая масса АТС; δ — коэффициент учета вращающихся масс; $K_{\text{эн}}$ — коэффициент эффективности торможения на определенном интервале; g — ускорение свободного падения; $m_{\text{тор}}$ — масса, приходящаяся на заторможенные колеса; α — угол продольного наклона дороги; φ_n — коэффициент сцепления колес с до-

Таблица 1

Результаты проведения замеров замедления на снежном покрытии

№ п/п	Автомобили	Шина	Путь 40–0 км/ч, м	Замедление на горизонте J , м/с ² , ×12
1	Ford Mondeo	Nokian NORDMAN 5 215/60/R16	12,2	0,379
2	Honda Civic	Nokian Hakkapeliitta 9 175/65 R14	12,3	0,398
3	Kia Ceed	Yokohama ice GUARD IG55 205/55 R16	14,46	0,343
4	Kia Rio	Pirrelli Ice Zero XL 195/65 R15	13,22	0,365
5	Mazda 5	Dunlop SP WINTER ICE 02 195/65/R15	13,07	0,384
6	Mazda CX-5	Michelin Latitude X-ice north 2+ 225/65/R17	13,08	0,356
7	Mitsubishi L200	Bridgestone Ice Cruiser 7000 205/55 R16	11,2	0,435
8	Mitsubishi Pajero	Nokian Hakkapeliitta 10 235/75 R15	16,6	0,415
9	Opel Astra H	Pirelli Formula Ice 205/55 R16	13,2	0,370
10	Pegout 308	Nokian NORDMAN 7 205/55 R16	12,58	0,366
11	Rover 75	Nokian NORDMAN 4 205/65 R15 M+S	13,78	0,379
12	Skoda Octavia	Goodyear Ultra Grip 600 175/65 R14	12,8	0,392
13	VW Golf 4	Continental IceContact 2 185/65 R15	12,5	0,384

Таблица 2

Результаты проведения расчётов замедления на снежном покрытии

№ п/п	Автомобиль	Шина	Путь 40–0 км/ч, м	Замедление на горизонте J , м/с ² , ×12
1	Ford Mondeo	Nokian NORDMAN 5 215/60/R16	12,2	0,388
2	Honda Civic	Nokian Hakkapeliitta 9 175/65 R14	12,3	0,385
3	Kia Ceed	Yokohama ice GUARD IG55 205/55 R16	14,46	0,328
4	Kia Rio	Pirrelli Ice Zero XL 195/65 R15	13,22	0,359
5	Mazda 5	Dunlop SP WINTER ICE 02 195/65/R15	13,07	0,363
6	Mazda CX-5	Michelin Latitude X-ice north 2+ 225/65/R17	13,08	0,362
7	Mitsubishi L200	Bridgestone Ice Cruiser 7000 205/55 R16	11,2	0,423
8	Mitsubishi Pajero	Nokian Hakkapeliitta 10 235/75 R15	16,6	0,386
9	Opel Astra H	Pirelli Formula Ice 205/55 R16	13,2	0,359
10	Pegout 308	Nokian NORDMAN 7 205/55 R16	12,58	0,377
11	Rover 75	Nokian NORDMAN 4 205/65 R15 M+S	13,78	0,344
12	Skoda Octavia	Goodyear Ultra Grip 600 175/65 R14	12,8	0,370
13	VW Golf 4	Continental IceContact 2 185/65 R15	12,5	0,379

рогой на определенном интервале; C_x — коэффициент лобового сопротивления; ρ — плотность воздуха, кг/м³; F_A — лобовая площадь, м²; z — количество шипов на колесе. Результаты проведения расчетов замедления на снежном покрытии приведены в табл. 2.

Полученные данные расчёта при сравнении с данными эксперимента не превышают погрешность в 4 % (табл. 3).

При дальнейшем расчете, индивидуально для каждого ТС, можно узнать коэффициент сцепле-

ния шин с дорожным покрытием (табл. 4) [5–7]. В данном случае дорожным покрытием служил укатанный снег. Табличное значение коэффициента сцепления для укатанного снега равно 0,3–0,4.

Результаты коэффициентов сцепления, приведенные в табл. 4, соответствуют данному типу дорожного покрытия [8–14].

Данная оценка свойств направлена на получение индивидуальных характеристик процесса торможения ТС.

Таблица 3

Сравнение экспериментальных и расчетных значений

№ п/п	Автомобиль	Замедление замера J , м/с ² , ×12	Замедление расчетное J , м/с ² , ×12	$\frac{\Delta J}{10^6}$
1	Ford Mondeo	0,379	0,388	8970,0
2	Honda Civic	0,398	0,385	12 420,5
3	Kia Ceed	0,343	0,328	15 021,0
4	Kia Rio	0,365	0,359	6103,7
5	Mazda 5	0,384	0,363	21 704,0
6	Mazda CX-5	0,356	0,362	6002,9
7	Mitsubishi L200	0,435	0,423	12 011,3
8	Mitsubishi Pajero	0,415	0,386	29 226,6
9	Opel Astra H	0,370	0,359	11 035,0
10	Pegout 308	0,366	0,377	11 003,2
11	Rover 75	0,379	0,344	35 030,4
12	Skoda Octavia	0,392	0,370	22 023,6
13	VW Golf 4	0,384	0,379	5007,7

Таблица 4

Коэффициенты сцепления шин

№ п/п	Шина	Коэффициент сцепления, ϕ
1	Nokian Hakkapeliitta 10 235/75 R15	0,26
2	Yokohama ice GUARD IG55 205/55 R16	0,30
3	Nokian NORDMAN 4 205/65 R15 M+S	0,32
4	Pirrelli Ice Zero XL 195/65 R15	0,33
5	Pirelli Formula Ice 205/55 R16	0,33
6	Michelin Latitude X-ice north 2+ 225/65/R17	0,33
7	Dunlop SP WINTER ICE 02 195/65/R15	0,33
8	Continental IceContact 2 185/65 R15	0,35
9	GoodYear Ultra Grip 600 175/65 R14	0,35
10	Nokian Hakkapeliitta 9 175/65 R14	0,35
11	Bridgestone Ice Cruiser 7000 205/55 R16	0,39
12	Nokian NORDMAN 7 205/55 R16	0,35
13	Nokian NORDMAN 5 215/60/R16	0,36

Библиографический список

1. Гладушевский И. С., Шаронов А. А., Пирогов Д. И. Прогнозирование автоматизации функции управления: сб. статей магистрантов и аспирантов. СПб.: СПбГАСУ, 2018. Сер. Автомобильные дороги и транспорт. Вып. 1. С. 79–81.

2. Гладушевский И. С., Евтюков С. С. Зависимость тормозного пути от вида протектора. Коэффициент сцепления // 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. № 6 (73). С. 142–146.

4. 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.

5. Евтюков С. А. Влияние факторов на сцепные качества покрытий автомобильных дорог // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 3. С. 97.

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

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

8. Иларионов В. А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий. М.: Транспорт, 1989. 210 с.

9. Глазков В. Ф., Евтюков С. А. Основы теории надежности, работоспособности и диагностики машин. СПб.: Издательский дом «Петрополис», 2011. 450 с.

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

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

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

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

14. 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.

References

1. Gladushevskiy I. S., Sharonov A. A., Pirogov D. I. *Prognozirovanie avtomatizatsii funktsii upravleniya. Sb. statei magistrantov i aspirantov. Ser. Avtomobil'nye dorogi i transport* [Forecasting of automation of control function. Coll. of articles of undergraduates and postgraduates. Ser.: Motor roads and transport]. St. Petersburg, SPbGASU Publ., 2018, iss. 1, pp. 79–81.
2. Gladushevskiy I. S., Evtyukov S. S. *Zavisimost' tormoznogo puti ot vida protektora. Koefitsient stsepleniya* [Technique of the braking distance calculation taking into account the type of tread. The coefficient of friction]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2018, no. 6 (71), pp. 175–179.
3. Gladushevskiy I. S., Evtyukov S. S. *Metodika rascheta tormoznogo puti na sukhom asfal'tobetonnom pokrytii pri dvizhenii na shipovnykh shinakh* [Method of calculating the braking distance on dry asphalt concrete pavement when driving on studded tires]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2019, no. 6 (73), pp. 142–146.
4. 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 L3 vehicles at reconstruction of road traffic accident]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2016, no. 6 (55), pp. 181–185.
5. Evtyukov S. A. *Vliyanie faktorov na stsepye kachestva pokrytiy avtomobil'nykh dorog* [Influence of factors on the adhesion characteristics of the road surface]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya – Modern problems of science and education*, 2012, no. 3, p. 97.
6. Kurakina E. V., Evtyukov S. A. *Issledovanie vliyaniya stsepykh kachestv dorog na bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya* [Research of influence of adhesion characteristics of the road surface on safety of traffic]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2013, no. 5(40), pp. 166–172.
7. Evtyukov S. S., Kurakina E. V. *Issledovanie stsepykh kharakteristik dorozhnogo pokrytiya pri avtotekhnicheskoy ehkspertize 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.
8. Ilarionov V. A. *Ehkspertiza dorozhno-transportnykh proisshestviy* [Examination of road traffic accidents]. Moscow, Transport Publ., 1989, 210 p.
9. Glazkov V. F., Evtyukov S. A. *Osnovy teorii nadezhnosti, rabotosposobnosti i diagnostiki mashin* [Fundamentals of the theory of reliability, performance and diagnostics of machines]. SPb.: Petropolis Publ., 2011, 450 p.
10. Evtyukov S. S., Kurakina E. V. *Issledovanie stsepykh kharakteristik dorozhnogo pokrytiya pri avtotekhnicheskoy ehkspertize 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.
11. Evtyukov S. S., Evtyukov S. A. *Parametry, vliyayushchie na stsepye kachestva pokrytiy avtodorog* [Parameters influencing the adhesion characteristics of the road surface]. *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.
12. Domke Eh. R. *Rassledovanie i ehkspertiza dorozhno-transportnykh proisshestviy* [Investigation and examination of road traffic accidents]. 2-nd ed., revised. Moscow, Akademiya Publ., 2012, 288 p.
13. Evtyukov S. A., Vasil'ev Ya. V. *Rekonstruktsiya i ehkspertiza DTP v primerakh* [Reconstruction and examination of road traffic accidents in examples]. St. Petersburg, Petropolis Publ., 2012, 324 p.
14. Evtyukov S. A., Brylev I. S. *Algoritm korrektyrovki normativnykh znacheniy vremeni narastaniya zamedleniya, ustanovivshegosya zamedleniya dvukhkolesnykh mekhanicheskikh transportnykh sredstv* [Algorithm of correction of normative values of deceleration growth time, steady deceleration of two-wheeled motor vehicles] *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin – World of transport and technological machines*, 2015, no. 3 (50), pp. 3–11.