УДК 629.3.017.5

© И. С. Гладушевский, аспирант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет,
Санкт-Петербург, Россия)
E-mail: iglad6@gmail.com

DOI 10.23968/1999-5571-2021-18-4-122-126

© I. S. Gladushevskiy, post-graduate student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering,
St. Petersburg, Russia)
E-mail: iglad6@gmail.com

ОЦЕНКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРОТЕКТОРА ШИНЫ С АСФАЛЬТОБЕТОННЫМ ПОКРЫТИЕМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

EVALUATION OF THE INTERACTION OF TYRE TREAD WITH ASPHALT CONCRETE COATING DEPENDING ON WEATHER-CLIMATIC CONDITIONS

Сцепление протектора шины с дорожным покрытием зависит от множества как внешних, так и внутренних факторов. От взаимодействия между двумя материалами зависит управляемость транспортного средства. Рассмотрены протекторы шин с разными характеристиками, определены значения коэффициентов сцепления для протекторов шин транспортных средств категории М1 при эксплуатации в разных дорожных условиях. Проведена оценка взаимодействия нового и изношенного протектора шины с дорожным покрытием, учитывающая погодные условия, на асфальтобетонном покрытии.

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

The tyre tread coupling with the road surface depends on a number of both external and internal factors. The controllability of the vehicle depends on the interaction between two materials. The article considers various tyre tread characteristics, the values of the coupling coefficients are determined for the tyre tread of M1 category vehicles during operation on different road conditions. The interaction of a new and worn tyre tread with the road surface has been assessed with vehicles driving on the asphalt concrete surface, taking into account weather conditions.

Keywords: transport, tyre tread, spikes, tyres, tyre tread pattern, brake path, coupling with the road surface, braking efficiency, technologies, deceleration.

Всем известно, что от протектора шины зависит управляемость, а значит, и безопасность транспортного средства категории М₁ (ТС) на дорогах общего пользования. По данным официальной статистики, только за 2020 год на территории Северо-Западного федерального округа (СЗФО) произошло 33 846 дорожно-транспортных происшествий (ДТП), в которых погибло 3770 человек и было ранено 41 746 человек. На показатели снижения смертности на дорогах общего пользования влияют как интегрированные в ТС системы обеспечения безопасности, так и развивающаяся инфраструктура, направленная на обеспечение безопасности участников дорожного движения [1–3].

Проведенный опрос по продолжительности эксплуатации шин на легковых транспортных

средствах категории М₁ среди жителей СЗФО показал, что период эксплуатации новых летних и зимних шин составляет от 2 до 4 лет, в среднем это около 2–4 сезонов для каждого типа шин. Подробные значения представлены на рис. 1 и 2, а среднестатистический годовой пробег составляет более 15 тыс. километров среди опрошенных. Следующий вопрос определял возраст ТС от года выпуска (ввиду необходимости прохождения технического осмотра): менее 3 лет — 16 %, от 3 до 7 лет — 48 %, более 7 лет — 36 %.

Коэффициентом сцепления ТС с дорожным покрытием является отношение отрицательного ускорения J к ускорению силы тяжести g [4], где значение замедления зависит от множества факторов [5, 6], таких как:

- масса транспортного средства;

Рис. 1. Срок эксплуатации летних шин

Рис. 2. Срок эксплуатации зимних шин

- тип дорожного покрытия;
- погодные условия;
- характеристики шины и протектора;
- наличие системы ABS;
- наличие вспомогательных систем торможения;

- количество шипов на протекторе шины и высота их подъема относительно протектора.

Для определения коэффициента сцепления [7–9] протектора шины с дорожным покрытием были проведены экспериментальные исследования 36 автомобилей [10–14] при помощи деселерометра BRAKE TESTER модели LWS-2MC и установлены значения замедления ТС при условиях эксплуатации различного типа протектора при разных погодных-климатических условиях

(табл. 1). Высота нового протектора шины имеет максимальные характеристики (табл. 2).

По рисунку протектора шины делятся на виды, которые обозначаются следующим образом: *M* — асимметричный; *S* — симметричный; *D* — направленный; *B* — ненаправленный (рис. 3).

Расчетная модель, учитывающая коэффициент эффективности, сопротивление воздуха, коэффициент вращающихся масс, силу зацепа шипа и высоту профиля, позволила определить установившиеся коэффициенты сцепления [15–17].

В свою очередь, процент износа шин определяется отношением разности максимальной высоты протектора шины, установленной заводом-производителем, и фактической высо-

Таблица 1

Коэффициенты сцепления эксплуатируемых протекторов шин транспортных средств в различных погодных-климатических условиях

Условия	Коэффициент сцепления $\varphi_{\min}$	Коэффициент сцепления $\varphi_{\max}$
Зимние шипованные шины на укатанном снежном покрытии при отрицательной температуре	0,29	0,38
Зимние нешипованные шины на укатанном снежном покрытии при отрицательной температуре	0,29	0,32
Зимние шипованные шины на асфальтобетонном покрытии при нулевой температуре	0,70	0,76
Зимние нешипованные шины на асфальтобетонном покрытии при нулевой температуре	0,72	0,77
Летние шины на сухом асфальтобетонном покрытии при положительной температуре	0,97	1,15

Таблица 2

Глубина протектора шины, установленная заводом-производителем в зависимости от назначения

Тип шины	Высота протектора, мм
Зимние шины с симметричным протектором (шины повышенной проходимости, шипованные)	10
Зимние шины с V-образным и асимметричным протектором	9
Зимние шины с улучшенными скоростными характеристиками (рисунок протектора напоминает летний)	7
Летние шины с V-образным протектором и широкими продольными ламелями (дождевые шины)	8
Скоростные летние шины	7

Рис. 3. Типы протекторов шин

ты протектора, и разности максимальной высоты протектора шины, установленной заводом-производителем, и минимально допустимой высоты протектора. Для определения фактической высоты протектора шины необходимо замерить обе шины, установленные на одну ось.

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

где $S_{\text{торм. путь}}$ — тормозной путь ТС; n — количество интервалов скорости; V_n — средняя скорость движения ТС на определенном интервале; $J_{n \text{ зам}}$ — замедление при экстренном торможении транспортного средства:

$$J_{n \text{ зам}} = \frac{g(m_{\text{торм}} \cos \alpha \varphi_n + m_a g \sin \alpha) + P_{вн} + P_{зац}}{m_a \delta K_z}, \quad (2)$$

где g — ускорение свободного падения; $m_{\text{торм}}$ — масса, приходящаяся на заторможенные колеса; α — угол продольного наклона дороги; φ — коэффициент сцепления колес с дорогой; m_a — фактическая масса ТС; $P_{вн}$ — сила сопротивления воздуха (считается по формуле); $P_{зац}$ — сила зацепа шипа; δ — коэффициент учета вращаю-

щихся масс; K_z — коэффициент эффективности торможения.

Ввиду того что экспериментальные исследования проводились на ровном участке дорожного покрытия, формула примет вид

$$J_{n \text{ зам}} = \frac{g m_{\text{торм}} \cos \alpha \varphi_n + C_{xp} \rho F_A V_n^2 + 0,1 z \sigma_p F_{вш}}{2 m_a \left(1 + \left(\frac{z_k J_k}{m_a r_k^2} \right) \right) K_z}, \quad (3)$$

где C_{xp} — коэффициент лобового сопротивления; ρ — плотность воздуха; F_A — лобовая площадь; z — количество шипов на колесе, а множитель 0,1 указывает на контакт с опорной поверхностью только 10 % шипов от общего количества; σ_p — произведение динамического предела прочности на разрушение; $F_{вш}$ — площадь продольного сечения вставки шипа; z_k — число вращающихся колес; J_k — момент инерции колес; r_k — статический радиус колес.

В заключение проведенных исследований можно отметить, что улучшение сцепных качеств транспортного средства с дорожным покрытием оказывает положительное влияние на снижение вероятности возникновения ДТП. Установленные значения коэффициентов сцепления (табл. 1) имеют значительное отличие от коэффициентов сцепления, применяемых в экспертной деятельности при реконструкции ДТП, и позволяют более детально восстановить схему движения ТС.

Высота протектора шины и тип рисунка протектора определены как факторы, оказывающие значимое влияние на замедление.

Проведенный опрос среди жителей СЗФО отражает фактическую картину состояния протек-

торов шин ТС и позволяет установить среднюю высоту протектора летних шин 4,3 мм, а высоту протектора для зимних шин 5,3 мм; оба значения удовлетворяют требованиям к минимальной высоте протектора — 1,6 мм. Также было определено, что самый распространенный возраст транспортного средства у опрошенных — от 3 до 7 лет.

Библиографический список

1. Куракина Е. В., Евтюков С. С., Голов Е. В. Реконструкция дорожно-транспортных происшествий. СПб.: Петрополис, 2017. 204 с.
2. Евтюков С. А., Васильев Я. В. Реконструкция и экспертиза ДТП в примерах. СПб.: Петрополис, 2012. 324 с.
3. Евтюков С. А., Васильев Я. В. Справочник по экспертизе ДТП. Изд.-3-е, перераб. и доп. СПб.: Петрополис, 2020. 516 с.
4. Евтюков С. С., Гладушевский И. С. Методология автотехнической экспертизы на основе математической модели параметров замедления транспортных средств в зависимости от типа протектора. СПб.: Петрополис, 2021. 220 с.
5. Евтюков С. А. Влияние факторов на сцепные качества покрытий автомобильных дорог // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 3. С. 97. URL: <https://www.science-education.ru/pdf/2012/3/29.pdf>
6. Гладушевский И. С., Евтюков С. С. Выявление факторов, наиболее значимо влияющих на оценку замедления транспортных средств категории М1 // Информационные технологии и инновации на транспорте (VI Междунар. науч.-практ. конф.); под общ. ред. А. Н. Новикова. Орел: Орловский гос. ун-т им. И. С. Тургенева, 2020. С. 154–161.
7. Куракина Е. В., Евтюков С. А. Исследование влияния сцепных качеств дорог на безопасность дорожного движения // Вестник гражданских инженеров. 2013. № 5 (40). С. 166–172.
8. Куракина Е. В., Евтюков С. С. Исследование сцепных характеристик дорожного покрытия при автотехнической экспертизе ДТП // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 5 (52). С. 216–223.
9. Евтюков С. А., Евтюков С. С. Параметры, влияющие на сцепные качества покрытий автодорог // Вестник Тувинского гос. ун-та. Технические и физико-математические науки. 2013. № 3 (18). С. 75–82.
10. Гладушевский И. С. Тормозные испытания шин на укатанном снежном покрытии в зимний период // Вестник гражданских инженеров. 2021. № 2 (85). С. 202–207.
11. Gladushevskiy I. S., Terentyev A. V., Evtyukov S. S., Efimenko D. B. Influence of auxiliary braking systems on deceleration of vehicles of category M1 // International Scientific Conference «2021 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications» (IEEE Conference # 51389) 16–18 March 2021, Moscow. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9416091>.
12. Евтюков С. С., Гладушевский И. С. Тормозные испытания шин на сухом асфальтобетонном покрытии в летний период // Вестник гражданских инженеров. 2020. № 5 (82). С. 181–186.
13. Евтюков С. С., Гладушевский И. С. Тормозные испытания шипованной резины на влажном асфальтобетонном покрытии при нулевых температурах // Вестник гражданских инженеров. 2020. № 3 (80). С. 173–177.
14. Евтюков С. С. Современные методы автотехнической экспертизы на основе математических моделей. СПб.: Петрополис, 2019. 156 с.
15. 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 (68). С. 72–78.
16. 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.
17. 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.

References

1. Kurakina E. V., Evtyukov S. S., Golov E. V. *Rekonstruktsiya dorozhno-transportnykh proisshestviy* [Reconstruction of road traffic accidents]. St. Petersburg, Petropolis Publ., 2017, 204 p.
2. Evtyukov S. A., Vasil'ev Ya. V. *Rekonstruktsiya i ekspertiza DTP v primerakh* [Reconstruction and examination of road traffic accidents in examples]. St. Petersburg, Petropolis Publ., 2012, 324 p.
3. Evtyukov S. A., Vasil'ev Ya. V. *Spravochnik po ekspertize DTP* [Handbook on the examination of road traffic accidents]. 3-rd ed., revised. St. Petersburg, Petropolis Publ., 2020, 516 p.
4. Evtyukov S. S., Gladushevskiy I. S. *Metodologiya avtotehnicheskoy ekspertizy na osnove matematicheskoy modeli parametrov zamedleniya transportnykh sredstv v zavisimosti ot tipa protektora* [Methodology of automotive technical examination based on a mathematical model of the parameters of deceleration of transfer media depending

on the tyre tread type]. St. Petersburg, Petropolis Publ., 2021, 220 p.

5. Evtyukov S. A. *Vliyanie faktorov na stepnye kachestva pokrytiy avtomobil'nykh dorog* [Influence of factors on the coupling qualities of road surfaces]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya – Modern problems of science and education*, 2012, no. 3, 97 p. Available at: <https://www.science-education.ru/pdf/2012/3/29.pdf>.

6. Gladushevskiy I. S., Evtyukov S. S. *Vyyavlenie faktorov, naibolee znachimo vliyayushchikh na otsenku zamedleniya transportnykh sredstv kategorii M1* [Identification of the factors that most significantly affect the assessment of the deceleration of vehicles of the M1 category]. *Trudy VI Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte»* [Proceedings of the VI International sci.-pract. conf. "Information technologies and innovations in transport"]. Ed. by Novikov A. N. Orel, Orlovskiy gos. un-t im. I. S. Turgeneva Publ., 2020, pp. 154–161.

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

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

9. Evtyukov S. A., Evtyukov S. S. *Parametry, vliyayushchie na stepnye kachestva pokrytiy avtodorog* [Parameters affecting the coupling qualities of road surfaces]. *Vestnik Tuvinskogo gos. un-ta. Tekhnicheskie i fiziko-matematicheskie nauki – Bulletin of the Tuva State University. Technical and Physical-Mathematical Sciences*, 2013, no. 3 (18), pp. 75–82.

10. Gladushevskiy I. S. *Tormoznye ispytaniya shin na ukatannom snezhnom pokrytii v zimniy period* [Braking tests of tires on rolled snow covering in winter]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2021, no. 2 (85), pp. 202–207.

11. Gladushevskiy I. S., Terentyev A. V., Evtyukov S. S., Efimenko D. B. *Influence of auxiliary braking systems on deceleration of vehicles of category M1*. Proc. of the

International Scientific Conference «2021 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications» (IEEE Conference # 51389), 16–18 March 2021, Moscow. Available at: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9416091>

12. Evtyukov S. S., Gladushevskiy I. S. *Tormoznye ispytaniya shin na sukhom asfal'tobetonnom pokrytii v letniy period* [Brake tests of tyres on dry asphalt concrete pavement in summer period]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2020, no. 5 (82), pp. 181–186.

13. Evtyukov S. S., Gladushevskiy I. S. *Tormoznye ispytaniya shipovannoy reziny na vlazhnom asfal'tobetonnom pokrytii pri nulevykh temperaturakh* [Brake tests of studded rubber motor tyres on wet bituminous concrete pavement at zero temperatures]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2020, no. 3 (80), pp. 173–177.

14. Evtyukov S. S. *Sovremennye metody avtotekhnicheskoy ekspertizy na osnove matematicheskikh modeley* [Modern methods of automotive technical examination based on mathematical models]. St. Petersburg, Petropolis Publ., 2019, 156 p.

15. Evtyukov S. S., Gladushevskiy I. S. *Sovershenstvovanie metodiki issledovaniya zamedleniya TS pri ekspluatatsii letnikh shin s raznoy vysotoy protektora* [Improving the methodology for studying vehicle deceleration during the operation of summer tires with different tread height]. *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin – World of Transport and Technological Machines*, 2020, no. 1 (68), pp. 72–78.

16. Gladushevskiy I. S., Evtyukov S. S. *Metodika rascheta tormoznogo puti na sukhom asfal'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.

17. Gladushevskiy I. S., Evtyukov S. S. *Metod rascheta tormoznogo puti, uchityvayushchiy izmenenie koeffitsienta sstepneniya kolea s dorogoy v zavisimosti ot skorosti* [Technique of the braking distance calculation taking into account the change of coefficient of the wheel grip depending on the speed]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2018, no. 6 (71), pp. 175–179.