УДК 343.148.63

© С. С. Евтюков, канд. техн. наук, доцент

© И. С. Брылев, канд. техн. наук, доцент

© И. В. Ворожейкин, магистр

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)

E-mail: ilya2104@mail.ru, ese-89@yandex.ru,

igor.vorozheikin@mail.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2019-16-6-277-283

© S. S. Evtyukov, PhD in Shi. Tech., Associate Professor

© I. S. Brylev, PhD in Sci. Tech., Associate Professor

© I. V. Vorozheikin, MSci

(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering)

E-mail: ilya2104@mail.ru, ese-89@yandex.ru,

igor.vorozheikin@mail.ru

ОЦЕНКА ВРЕМЕНИ РЕАКЦИИ ВОДИТЕЛЯ ДВУХКОЛЕСНОГО МЕХАНИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ИМ ТОРМОЖЕНИЯ

ESTIMATION OF THE REACTION TIME OF A DRIVER OF A TWO-WHEELED MOTOR VEHICLE WHEN APPLYING BRAKING

Проводится исследование времени реакции водителя при торможении на двухколесном механическом транспортном средстве. Торможение производилось в зависимости от различных режимов готовности водителя снизить скорость. Уточнены существующие значения времени реакции водителя. Установлено влияние возраста и опыта управления мотоциклом на время реакции водителя, что повысит достоверность расчетов при проведении автотехнических экспертиз.

Ключевые слова: время реакции торможения, двухколесные транспортные средства.

The article presents the results of the study investigating the reaction time of the driver at braking of a two-wheeled mechanical vehicle. Braking was performed depending on different modes of readiness of the driver to reduce speed. The currently valid values of the driver's reaction time have been refined. The influence of age and experience of driving a motorcycle on the reaction time of the driver has been established, which will increase the reliability of calculations during the auto-technical examinations.

Keywords: reaction time, two-wheeled mechanical vehicles.

Установление истинных причин нарушения правил дорожного движения, приведших к аварии, и способствующих им обстоятельств, — одна из важных задач обеспечения безопасности движения и эксплуатации мототранспорта [1–3].

На экспериментальной базе кафедры НТТМ СПбГАСУ авторами проведены исследования, направленные на определение среднего времени реакции торможения (ВРТ) среди водителей двухколесных механических транспортных средств (мотоциклов). Оценка ВРТ позволит определить то время, которое необходимо водителю мотоцикла для применения торможения в различных дорожно-транспортных ситуациях.

В частности, рассмотрены случаи, когда водитель мотоцикла ожидает опасность для движения и готов применить экстренное торможение (рука и нога водителя на ручном и ножном приводе тормоза), и случай, когда руки водителя мотоцикла находятся на руле, а ноги на подножках [6–9].

В эксперименте было задействовано 100 мужчин разных возрастов. Перед двухколесным транспортным средством был установлен монитор, работающий по следующему принципу: когда красный свет на мониторе сменялся на зеленый, то водитель, сидящий на двухколесном механическом транспортном средстве, дол-

жен был активировать оба тормоза как можно быстрее. Хронометраж ВРТ начинался тогда, когда красный свет сменялся на зеленый, и прекращался, когда испытуемый затормозил, затем значения ВРТ при активировании переднего и заднего тормозов были автоматически перенесены в центральную базу данных. Водители мотоциклов должны были выполнить два этапа торможения: один — в режиме готовности применить торможение (рука и нога мотоциклиста уже находилась на органах управления торможением) и второй этап — без готовности моментально применить торможение (руки и ноги мотоцикла на руле и подножках), стремясь одновременно нажать передний и задний тормоза мотоцикла. Режим готовности означал, что водитель уже был готов к торможению, но без активации тормозных рычагов, то есть водитель заранее помещал пальцы правой руки на рычаг переднего тормоза, а правую ногу — над задней педалью тормоза. Режим без готовности означал, что у водителя пальцы рук находились на рукоятке руля, а правая нога на подножке мотоцикла. Результат нулевых секунд (0 с) автоматически записывался, если водитель активировал передний или задний тормозные рычаги до того, как индикатор сменился на зеленый, или если водитель забыл активировать один или другой рычаг, эти результаты исключались из статистического анализа [4, 5, 7].

На рис. 1 показано распределение участников экспериментов по возрастным группам:

$$y = -5x^2 + 19,4x + 14, \quad (1)$$

где x — возрастная группа участников; y — количество участников эксперимента.

Рис. 1. Распределение участников по возрастным группам

На рис. 2 и 3 приведены данные, записанные для группы мужчин в режимах (этапах) готовности и неготовности применить экстренное торможение. Среднее значение ВРТ для этапа без готовности применить торможение составляет 0,54 с (ВРТ ручным приводом равняется 0,55 с, а ВРТ ножным приводом — 0,53 с), среднее значение ВРТ для этапа с готовностью применить торможение составляет 0,39 с (ВРТ ручным приводом — 0,37 с и ВРТ ножным приводом — 0,41 с). Среднее время реакции торможения у мужчин составляет 0,47 с независимо от этапа (режима) торможения.

Полиномиальная кривая (торможение ножным приводом) вычисляется по формуле

$$y = -0,1822x^2 + 1,0444x + 50,876, \quad (2)$$

где x — время реакции торможения ножным приводом, с; y — количество повторений (испытаний).

Полиномиальная кривая (торможение ручным приводом) вычисляется по формуле

$$y = -0,3074x^2 + 4,1407x + 36,711, \quad (3)$$

где x — время реакции торможения ручным приводом, с; y — количество повторений (испытаний).

Полиномиальная кривая (торможение ножным приводом на этапе готовности применить экстренное торможение) вычисляется по формуле

$$y = -0,5388x^2 + 10,09x - 0,1176, \quad (4)$$

где x — время реакции торможения ножным приводом, с; y — количество повторений (испытаний).

Полиномиальная кривая (торможение ручным приводом на этапе готовности применить экстренное торможение) вычисляется по формуле

$$y = -0,2774x^2 + 3,1214x + 37,636, \quad (5)$$

где x — время реакции торможения ручным приводом, с; y — количество повторений (испытаний).

Кроме этого, исследовано влияние фактора возраста на ВРТ. На рис. 4 и 5 представлены данные в графическом виде, полученные в результате проведенных исследований.

Время реакции торможения ручным приводом на этапе без готовности применить торможение вычисляется по формуле

$$y = 0,0008x^2 + 0,2644x + 16,587, \quad (6)$$

где x — время реакции торможения ручным приводом, с; y — возраст водителя мотоцикла.

Рис. 2. ВРТ, полученное на этапе без готовности применить экстренное торможение на мотоцикле

Рис. 3. ВРТ, полученное на этапе готовности применить экстренное торможение на мотоцикле

Время реакции торможения ножным приводом на этапе без готовности применить торможение вычисляется по формуле

$$y = 0,0014x^2 - 0,129x + 34,454, \quad (7)$$

где x — время реакции торможения ножным приводом, с; y — возраст водителя мотоцикла.

Время реакции торможения ручным приводом на этапе готовности применить торможение вычисляется по формуле

$$y = 0,0013x^2 - 0,1249x + 34,46, \quad (8)$$

где x — время реакции торможения ручным приводом, с; y — возраст водителя мотоцикла.

Рис. 4. Время реакции торможения ручным приводом на этапе без готовности применить торможение в зависимости от возраста водителя мотоцикла

Рис. 5. Время реакции торможения ножным приводом на этапе без готовности применить торможение в зависимости от возраста водителя мотоцикла

Время реакции торможения ножным приводом на этапе готовности применить торможение вычисляется по формуле

$$y = 0,0017x^2 - 0,063x + 30,105, \quad (9)$$

где x — время реакции торможения ножным приводом, с; y — возраст водителя мотоцикла.

Проанализировав рис. 6 и 7, можно сделать вывод, что полученные результаты свидетельствуют о том, что возраст водителя мотоцикла не влияет на увеличение или уменьшение времени реакции на торможение.

Рассмотрим дорожно-транспортную ситуацию, которой предшествует ДТП (весьма большая вероятность его возникновения, т. е. водитель имеет объективную возможность заранее обнаружить опасность для движения). При реконструкции ДТП для определения наличия либо отсутствия у водителя технической возможности предотвратить столкновение (наезд) экспертом определяется остановочный путь по формуле

$$S_O = (t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3) \frac{V_a}{3,6} + \frac{V_a^2}{26,0 \cdot j}, \quad (10)$$

Рис. 6. Время реакции торможения ручным приводом на этапе готовности применить экстренное торможение в зависимости от возраста водителя мотоцикла

Рис. 7. Время реакции торможения ножным приводом на этапе готовности применить экстренное торможение в зависимости от возраста водителя мотоцикла

где t_1 — нормативное время реакции водителя мотоцикла для рассматриваемой дорожно-транспортной ситуации (ДТС) 0,6 с; t_2, t_3, j — тормозные характеристики мотоцикла при экстренном торможении с блокировкой колес (при одновременном воздействии на ручной и ножной приводы), соответственно, время запаздывания срабатывания тормозного привода, время нарастания замедления, установившееся замедление мотоцикла; $t_2 = 0,1$ с, $t_3 = 0,2$ с, $j = 6,5$ м/с²; V_a —

скорость движения мотоцикла в данной ДТС [1, 3, 5, 8, 9].

На основании данной формулы проведен сравнительный расчет остановочного пути при использовании нормативного, справочного значения времени реакции водителя на торможение (синий цвет) и при использовании времени реакции водителя на торможение в режиме готовности (при одновременном воздействии на ручной и ножной привод), полученные экспериментальным путем (оранжевый цвет).

На рис. 8 видно, что остановочный путь мотоцикла при движении с максимально допустимой скоростью движения в населенном пункте (при использовании нормативного времени реакции водителя на торможение) больше длины остановочного пути, рассчитанного при использовании экспериментальных данных на 3,5 метра. При этом не учитывалось фактическое установившееся замедление мотоцикла, которое, как правило, больше нормативного значения [2, 3]. Следует отметить, что на данный момент в современных экспертных справочниках отсутствует деление времени реакции водителей по категориям транспортных средств.

В результате проведенных экспериментов можно сделать следующие выводы.

1. Результаты исследования показали, что среднее значение времени реакции водителя на торможение приблизительно на 0,2 секунды меньше в режиме готовности водителя, чем на этапе без готовности применить торможение.

2. Остановочный путь мотоцикла при движении с максимально допустимой скоростью движения в населенном пункте (при использовании нормативного времени реакции водителя на торможение) больше длины остановочного пути, рассчитанного при использовании экспериментальных данных на 3,5 метра. Данная разница может сказаться на наличии у водителя мотоцикла технической возможности предотвратить ДТП и, следовательно, в действиях водителя

Рис. 8. Длина остановочного пути при нормативных значениях времени реакции водителя на торможение (линия сверху) и при значениях, полученных экспериментальным путем (линия снизу)

мотоцикла может быть установлено нарушение требования ПДД РФ п. 10.1, абз. 2.

3. Возраст водителя и опыт управления двухколесным механическим транспортным средством не оказывают влияния на время реакции водителя при принятии им решения о снижении скорости.

Библиографический список

1. Арабули Ю. Г. Использование в экспертной практике экспериментально-расчетных значений параметров торможения мототранспортных средств. М.: ВНИИСЭ, 1990. С. 142–145.
2. Брылев И. С. Экспериментальные исследования параметров замедления транспортных средств категории L_3 // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 2 (49). С. 131–137.
3. Брылев И. С. Экспериментальные исследования параметров установившегося замедления и тормозного пути транспортных средств категории L_3 // Мир транспорта и технологических машин. 2014. № 4. С. 125–130.
4. Брылев И. С. Оценка погрешности расчетов скорости движения мотоциклов на стадии сближения // Вестник гражданских инженеров. 2014. № 6 (47). С. 178–182.
5. Брылев И. С., Евтюков С. А., Гинзург Г., Волков С. А. Проблемы механизма реконструкции ДТП по параметрам процесса торможения двухколесных механических транспортных средств // Transportation research procedia. 2017. Vol. 20, p. 212–218. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146517300546>
6. Евтюков С. А., Брылев И. С. Проблемы проведения автотехнических экспертиз с участием мотоциклистов // Фундаментальные и прикладные науки NorthCharleston, SC, USA. 2013. 6/н. С. 125–129.
7. 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. 3–12.
8. Евтюков С. А., Брылев И. С. Обзор существующих методик расчета скорости двухколесных транспортных средств // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6; URL: www.science-education.ru/113-10750
9. Евтюков С. С., Брылев И. С. Расчетная оценка параметров процесса торможения транспортных средств категории L_3 при реконструкции ДТП // Вестник гражданских инженеров. 2016. № 2 (55). С. 181–185.

10. Евтюков С. А., Васильев Я. В. Реконструкция и экспертиза ДТП в примерах. СПб.: Петрополис, 2012. 323 с.

11. Евтюков С. А., Васильев Я. В. Экспертиза ДТП: методы и технологии. СПб.: СПбГАСУ, 2012. 310 с.

12. Kurakina E., Evtyukov S. Results of studying road construction parameters condition. *Architecture and Engineering*, 2018. T. 3, № 1. С. 29–37.

13. Куракина Е. В. Об эффективности проведения исследований мест концентрации ДТП // Вестник гражданских инженеров. 2018. № 2 (67). С. 231–237.

14. Криницын А. А. Применение нормативных значений параметров торможения мототранспортных средств в экспертной практике. М.: ВНИИСЭ, 1987. С. 149–152.

15. Пучкин В. А. Основы экспертного анализа дорожно-транспортных происшествий: Базы данных. Экспертная техника. Методы решений. Ростов-на-Дону: ИПО ЮФУ, 2010. С. 181–192.

References

1. Arabuli Yu. G. *Ispol'zovanie v ehkspertnoy praktike ehksperimental'no-raschetnykh znacheniy parametrov tormozheniya mototransportnykh sredstv* [The use of experimental and calculated values of braking parameters of motor vehicles in expert practice]. Moscow, VNIIEh Publ., 1990, pp. 142–145.

2. Brylev I. S. *Ehkspertimetal'nye issledovaniya parametrov zamedleniya transportnykh sredstv kategorii L3* [Experimental studies of the deceleration parameter of the vehicles of category L3]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2015, no. 2 (49), pp. 131–137.

3. Brylev I. S. *Ehkspertimetal'nye issledovaniya parametrov ustanovivshegosya zamedleniya i tormoznogo puti transportnykh sredstv kategorii L3* [Experimental studies of the parameters of steady-state deceleration and braking distance of vehicles of category L3]. *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin – World of transport and technological machines*, 2014, no. 4, pp. 125–130.

4. Brylev I. S. *Otsenka pogreshnosti raschetov skorosti dvizheniya mototsiklov na stadii sblizheniya* [Estimation of calculation error of motorcycles' movement speed at the stage of rapprochement]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2014, no. 6 (47), pp. 178–182.

5. Brylev I. S., Evtyukov S. A., Ginzburg G., Volkov S. A. *Problemy mekhanizma rekonstruktsii DTP po parametram protsessy tormozheniya dvukhkolesnykh mekhanicheskikh transportnykh sredstv* [Problems of the mechanism of accident reconstruction according to the parameters of the braking process of two-wheeled motor vehicles]. *Transportation Research Procedia*, 2017, vol. 20, p. 212–218. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146517300546>

6. Evtyukov S. A., Brylev I. S. *Problemy provedeniya avtotekhnicheskikh ehkspertiz s uchastiem mototsiklistov* [Problems of auto technical expertise with the participation of motorcyclists]. *Fundamental'nye i prikladnye nauki – Fundamental and Applied Sciences*, NorthCharleston, SC, USA, 2013, pp. 125–129.

7. Evtyukov S. A., Brylev I. S. *Algoritm korrekcirovki normativnykh znacheniy vremeni narastaniya zamedleniya, ustanovivshegosya zamedleniya dvukhkolesnykh mekhanicheskikh transportnykh sredstv* [Algorithm of correcting the normative values of deceleration increase time, steady deceleration of two-wheeled motor vehicles]. *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin – World of transport and technological machines*, 2015, no. 3 (50), pp. 3–12.

8. Evtyukov S. A., Brylev I. S. *Obzor sushchestvuyushchikh metodik rascheta skorosti dvukhkolesnykh transportnykh sredstv* [Review of existing methods of calculating the speed of two-wheeled vehicles]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya – Modern problems of science and education*, 2013, no. 6. Available at: www.science-education.ru/113-10750

9. Evtyukov S. S., Brylev I. S. *Raschetnaya otsenka parametrov protsessy tormozheniya transportnykh sredstv kategorii L3 pri rekonstruktsii DTP* [Design estimation of parameters of category L3 vehicle braking process at road accident reconstruction]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2016, no. 2 (55), pp. 181–185.

10. Evtyukov S. A., Vasil'ev Ya. V. *Rekonstruktsiya i ehkspertiza DTP v primerakh* [Reconstruction and examination of road accidents in examples]. St. Petersburg, Petropolis Publ., 2012, 323 p.

11. Evtyukov S. A., Vasil'ev Ya. V. *Ehkspertiza DTP: metody i tekhnologii* [Examination of road accidents: methods and technologies]. St. Petersburg, SPbGASU Publ., 2012, 310 p.

12. Kurakina E., Evtyukov S. Results of studying road construction parameters condition. *Architecture and Engineering*, 2018, vol. 3, no. 1, pp. 29–37.

13. Kurakina E. V. *Ob ehkspertimetal'nykh issledovaniy mest kontsentratsii DTP* [About the effectiveness of examinations in regard to places of road traffic accident concentration] *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2018, no. 2 (67), pp. 231–237.

14. Krinitsyn A. A. *Primenenie normativnykh znacheniy parametrov tormozheniya mototransportnykh sredstv v ehkspertnoy praktike* [Application of normative values of parameters of braking of motor vehicles in expert practice]. Moscow, VNIIEh Publ., 1987, pp. 149–152.

15. Puchkin V. A. *Osnovy ehkspertnogo analiza dorozhno-transportnykh proissheshtviy: Bazy dannykh. Ehkspertnaya tekhnika. Metody resheniy* [Fundamentals of expert analysis of road accidents: Databases. Expert technique. Method of solution]. Rostov-on-Don, IPO YuFU Publ., 2010, pp. 181–192.