

УДК 629.3.076, 34.06

А.С. Лакеев, Ю.И. Молев, Д.Н. Прошин

## МЕТОД ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ТОРМОЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГЛАМЕНТА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Требования к эффективности тормозных механизмов менялись дважды, но данный процесс не нашёл своего отражения в методике расчёта остановочного пути автомобиля. Приведены формулы и результаты расчётов параметров замедления для ТС с системами активной безопасности.

*Ключевые слова:* торможение, технических регламентов, коэффициент сцепления, ABS.

В настоящее время парк легковых автомобилей продолжает расти в темпе 2–3% в год. Увеличивается интенсивность движения на дорогах, повышается вероятность столкновений. Решение о виновности или невиновности водителей, участвующих в аварии, выносится по результатам технической экспертизы. Вместе с тем, зависимости, по которым производят расчёт эксперты, утверждены в 80-х годах прошлого века и с тех пор никаких существенных изменений не претерпели. Так, величину остановочного пути в настоящий момент принято определять из уравнения:

$$S = (t_1 + t_2 + 0,5t_3)v_2 + \frac{v_2^2}{2\phi g}, \quad (1)$$

где  $t_1$  – время реакции водителя;  $t_2$  – время срабатывания тормозной системы;  $t_3$  – время нарастания замедления,  $v$  – начальная скорость движения транспортного средства;  $\phi$  – коэффициент сцепления колеса с дорогой.

Расчёт по данной зависимости позволяет определить, что ускорение замедления транспортных средств на ровном сухом асфальте должно находиться в пределах от 6,86 до 7,84 м/с<sup>2</sup>, тогда как вступивший в действие в 2001 году ГОСТ Р 51709 [1] исправными легковыми автомобилями считал те, у которых ускорение замедления превышает величину равную 5,3 м/с<sup>2</sup>, а для грузовых автомобилей – 4,6 м/с<sup>2</sup>. В 2010 году в действие вступил Технический регламент о безопасности колёсных транспортных средств, утверждённый Постановлением Правительства Российской Федерации от 10 сентября 2009 года № 720, который установил новые, более мягкие требования к эффективности тормозных механизмов транспортных средств. Так, рабочая тормозная система должна обеспечивать эффективность торможения транспортных средств категории М1 не менее 5,2 м/с<sup>2</sup>, а остальных – не менее 4,5 м/с<sup>2</sup>. То есть за последние годы требования к эффективности тормозных механизмов менялись как минимум дважды, однако данный процесс не нашёл своего отражения в методике расчёта остановочного пути автомобиля. Результаты исследований, проведённых на станциях технического осмотра (рис. 1 и 2), показывают, что применяемая в настоящее время математическая модель расчёта параметров торможения автомобилей имеет погрешность расчёта, превышающую величину 25% для легковых автомобилей и 40% для грузовых. То есть у 25% легковых и 40% грузовых автомобилей водители не имели техническую возможность избежать столкновения за счёт недостаточной величины развития тормозного усилия, развиваемого в тормозном механизме, а не на поверхности контакта колеса с дорогой, как это имеет место в существующей методике расчёта.

Повышение точности расчётов параметров торможения может обеспечить применение для сухого и мокрого асфальтобетонного покрытия не коэффициента сцепления колеса с дорогой, а минимально допустимой величины ускорения, развиваемого тормозными механизмами:

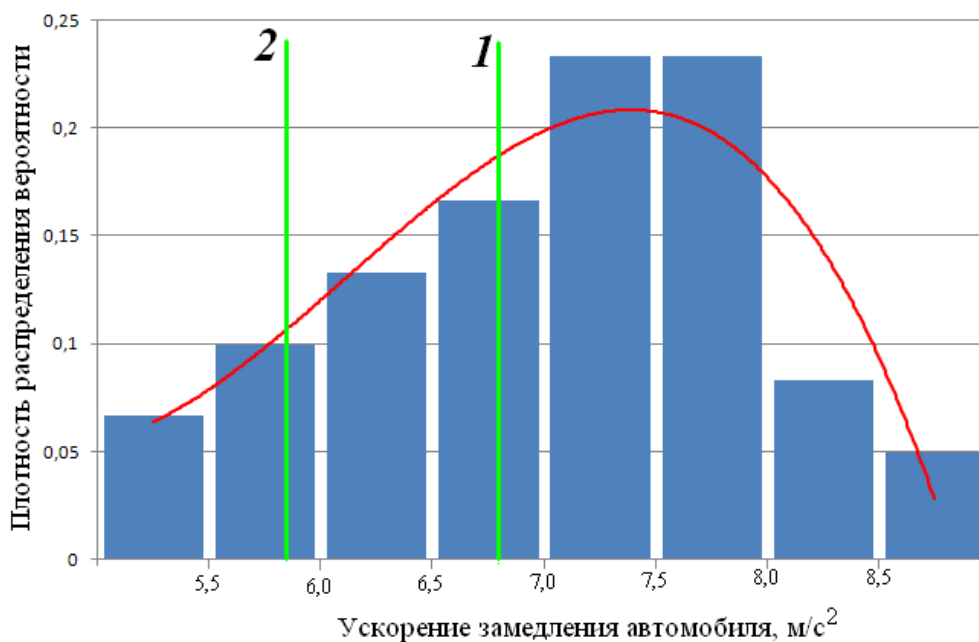
$$\begin{cases} \text{для } \varphi g > a \quad S = (t_1 + t_2 + 0,5t_3)v_2 + \frac{v_2^2}{2a}, \\ \text{для } \varphi g \leq a \quad S = (t_1 + t_2 + 0,5t_3)v_2 + \frac{v_2^2}{2\varphi g} \end{cases}, \quad (2)$$

где  $a$  – предельно допустимая величина тормозного ускорения, установленная техническим регламентом о безопасности колёсных транспортных средств.

Кроме того, в данной формуле используется замедление снаряжённого транспортного средства. В реальных условиях эксплуатации, прежде всего у грузовых автомобилей, величина действующей загрузки может значительно превышать величину снаряжённой массы. Для учёта данного параметра расчёт величины остановочного пути предлагается осуществлять по выражению:

$$S_{ост} = \begin{cases} \text{для } \varphi g > a \quad S = (t_1 + t_2 + 0,5t_3)v_2 + \frac{v_2^2}{2a} \frac{M_H}{M_C}; \\ \text{для } \varphi g \leq a \quad S = (t_1 + t_2 + 0,5t_3)v_2 + \frac{v_2^2}{2\varphi g}, \end{cases} \quad (3)$$

где  $M_C$  – масса снаряжённого транспортного средства;  $M_H$  – действительная масса транспортного средства в момент ДТП



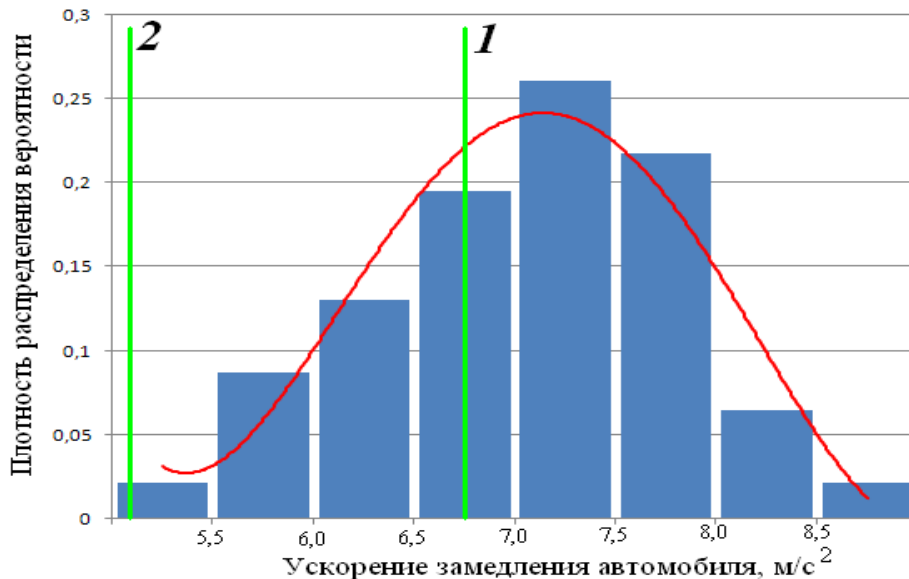
**Рис. 1. Существующая плотность распределения вероятности достижения реализуемого тормозным механизмом коэффициента сцепления колеса с дорогой в продольном направлении для легковых автомобилей:**

- 1 – расчётное значение минимального ускорения замедления по существующей методике;  
2 – параметр, определяющий исправность легковых автомобилей по техническому регламенту о безопасности колёсных транспортных средств

Следует отметить, что эффективность торможения автомобилей, оснащённых антиблокировочной системой тормозов, оценивается по-иному. Так, согласно п. 5.2.1, прил. 13 ГОСТ Р 41.13-99 [2], антиблокировочная система считается исправной, если реализуется условие  $\varepsilon \geq 0,75$  как в грузённом, так и в снаряжённом состоянии, где  $\varepsilon$  – реализуемое сцепление, которое, доп. 1 прил. 13 ГОСТ Р 41.13-99 [2], определяется как соотношение между максимальным коэффициентом торможения при включённой антиблокировочной системе и коэффициентом сцепления, то есть  $a \geq 0,75\varphi$ . Тогда уравнение для определения величины

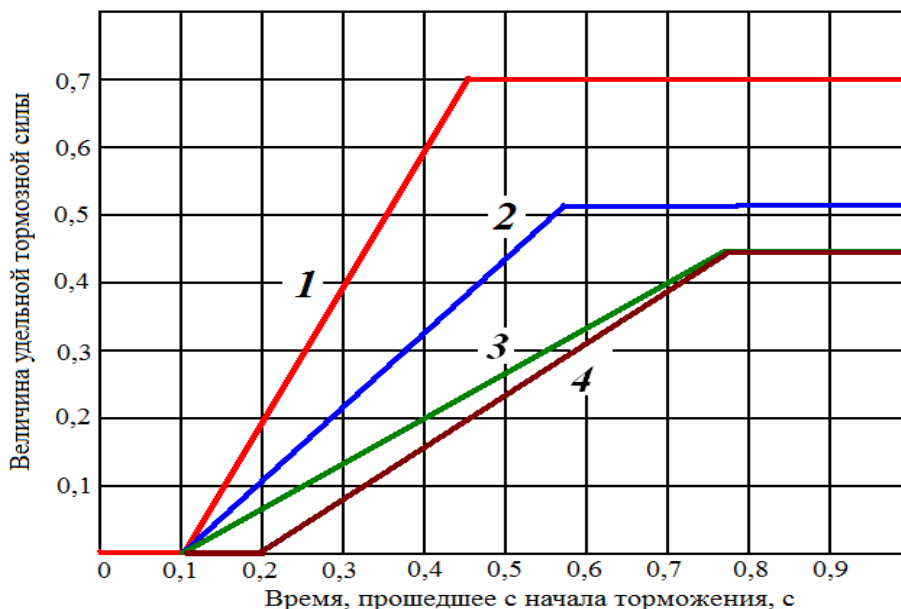
остановочного пути на технически исправном автомобиле, оснащённом антиблокировочной системой тормозов, будет иметь вид:

$$S_{ост} = (t_1 + t_2 + 0,5t_3)v_2 + \frac{v_2^2}{1,5\phi g}, \quad (4)$$



**Рис. 2. Существующая плотность распределения вероятности достижения реализуемого тормозным механизмом коэффициента сцепления колеса с дорогой в продольном направлении для грузовых автомобилей:**

1 – расчётное значение минимального ускорения замедления по существующей методике;  
2 – параметр определяющий исправность грузовых автомобилей по техническому регламенту о безопасности колёсных транспортных средств



**Рис. 3. Изменение развития тормозной силы тормозной системой в начальный период замедления:**

1 – по существующей методике определения остановочного пути; 2 – по требования технического регламента для автомобилей категории М<sub>1</sub>; 3 – по требованиям технического регламента для транспортных средств других категорий (для времени запаздывания срабатывания тормозной системы, равной 0,1 с); 4 – по требованиям технического регламента для транспортных средств других категорий (для времени запаздывания срабатывания тормозной системы, равной 0,2 с)

Следует отметить, что наряду с регламентацией в действующих нормативных документах величины эффективности торможения на процесс остановки транспортного средства оказывает такой параметр, как время нарастания замедления. Ранее данный параметр регламентировался величиной 0,5 с, во вступившем в действие техническом регламенте (требования табл. 2.6 прил. 5) данная величина увеличена до значения 0,6 с для транспортных средств категории  $M_1$  и до 0,8 с для транспортных средств категории  $M_2, M_3, N_1, N_2$  и  $N_3$ . Разница в параметрах расчёта времени нарастания замедления представлена на рис. 3.

Таким образом, величина параметра «время нарастания замедления» по существующей методике аппроксимируется по зависимости:

$$t_3(\varphi) = \begin{cases} \text{для } \varphi g > a & t_3 = t_{НОМ} - t_2 - 0,5, \\ \text{для } \varphi g \leq a & t_3 = (t_{НОМ} - t_2 - 0,5) \frac{\varphi}{a}, \end{cases} \quad (5)$$

где  $t_{НОМ}$  – установленное техническим регламентом максимально допустимое время срабатывания тормозного механизма, для транспортных средств рассматриваемой категории.

Таблица 1

**Сравнительный анализ определения времени нарастания замедления по существующим методам судебной экспертизы и по нормам «Технического регламента о безопасности колёсных транспортных средств»**

Категория транспортного средства		Коэффициент сцепления шин с опорной поверхностью						
		0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
$M_1$ ( $t_2=0,1с$ )	Значения, применяемые в настоящее время	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05
	Значения, полученные по требованиям технического регламента	0,45	0,45	0,45	0,35	0,25	0,20	0,10
$M_2$ ( $t_2=0,1с$ )	Значения, применяемые в настоящее время	0,60	0,50	0,45	0,35	0,25	0,20	0,10
	Значения, полученные по требованиям технического регламента	0,65	0,65	0,65	0,60	0,45	0,30	0,15
$M_3$ ( $t_2=0,2с$ )	Значения, применяемые в настоящее время	0,60	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10
	Значения, полученные по требованиям технического регламента	0,60	0,60	0,60	0,55	0,45	0,30	0,15
$N_1$ ( $t_2=0,1с$ )	Значения, применяемые в настоящее время	Данные отсутствуют						
	Значения, полученные по требованиям технического регламента	0,70	0,70	0,70	0,65	0,50	0,35	0,20
$N_1$ ( $t_2=0,2с$ )	Значения, применяемые в настоящее время	0,35	0,35	0,30	0,25	0,20	0,10	0,05
	Значения, полученные по требованиям технического регламента	0,60	0,60	0,60	0,55	0,45	0,30	0,15
$N_2$ ( $t_2=0,2с$ )	Значения, применяемые в настоящее время	0,60	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10
	Значения, полученные по требованиям технического регламента	0,60	0,60	0,60	0,55	0,45	0,30	0,15
$N_3$ ( $t_2=0,2с$ )	Значения, применяемые в настоящее время	0,60	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10
	Значения, полученные по требованиям технического регламента	0,60	0,60	0,60	0,55	0,45	0,30	0,15

Результаты величины времени нарастания замедления [3], полученные по приведённой формуле, и их сравнения с действующими нормативными данными для определения величины остановочного пути представлены в табл. 1.

Как видно из приведённых данных, при применении требований к транспортным средствам, регламентированных «Техническим регламентом о безопасности колёсных транспортных средств» [4], время нарастания замедления для некоторых случаев расчёта будет отличаться на 70–100 % от результатов расчётов, используемых в методиках судебной дорожно-транспортной экспертизы [5, 6 и 7]. Особенно заметное отличие имеет место для транспортных средств категории  $M_1$  при движении по заснеженной дороге, когда указанный параметр будет отличаться в 2,5 раза. Согласно требованиям технического регламента, рассматриваемый параметр оценивает быстродействие тормозной системы и никак не связан с массой транспортного средства. Вместе с тем в таблицах, приведённых в [5, 6 и 7], подготовленных В.Г. Григорьяном имеются незначительные отличия (на величину не более 0,05 с) во времени нарастания замедления транспортных средств категорий  $M_2$ ,  $M_3$ ,  $N_1$ ,  $N_2$  и  $N_3$  при изменении их полной массы. Изменение параметров торможения транспортных средств категории  $M_1$  в данных таблицах отсутствует. Сравнение нормативных параметров времени нарастания замедления у транспортных средств, движущихся в условиях полной загрузки, и данных, установленных техническим регламентом в качестве предельно допустимых представлено в табл. 2.

Таблица 2

**Сравнительный анализ определения времени нарастания замедления по существующим методикам судебной экспертизы и по нормам технического регламента о безопасности колёсных транспортных средств, для транспортных средств, движущихся в условиях полной загрузки**

Категория транспортного средства		Коэффициент сцепления шин с опорной поверхностью						
		0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
$M_2$ ( $t_2=0,1c$ )	Значения, применяемые в настоящее время	0,60	0,60	0,55	0,45	0,30	0,20	0,10
	Значения, полученные по требованиям технического регламента	0,65	0,65	0,65	0,60	0,45	0,30	0,15
$M_3$ ( $t_2=0,2c$ )	Значения, применяемые в настоящее время	0,60	0,60	0,55	0,45	0,30	0,20	0,10
	Значения, полученные по требованиям технического регламента	0,60	0,60	0,60	0,55	0,45	0,30	0,15
$N_1$ ( $t_2=0,1c$ )	Значения, применяемые в настоящее время	Данные отсутствуют						
	Значения, полученные по требованиям технического регламента	0,70	0,70	0,70	0,65	0,50	0,35	0,20
$N_1$ ( $t_2=0,2c$ )	Значения, применяемые в настоящее время	0,35	0,35	0,35	0,30	0,25	0,15	0,10
	Значения, полученные по требованиям технического регламента	0,60	0,60	0,60	0,55	0,45	0,30	0,15
$N_2$ ( $t_2=0,2c$ )	Значения, применяемые в настоящее время	0,60	0,60	0,60	0,50	0,40	0,25	0,15
	Значения, полученные по требованиям технического регламента	0,60	0,60	0,60	0,55	0,45	0,30	0,15
$N_3$ ( $t_2=0,2c$ )	Значения, применяемые в настоящее время	0,60	0,60	0,60	0,50	0,40	0,25	0,15
	Значения, полученные по требованиям технического регламента	0,60	0,60	0,60	0,55	0,45	0,30	0,15

Приведённые данные свидетельствуют о том, что гружёные транспортные средства категорий  $M_2$ ,  $M_3$ ,  $N_2$  и  $N_3$  в настоящее время рассчитываются по параметрам, которые, практически полностью совпадают с требованиями действующего технического регламента.

Таким образом, исходя из п. 4 ст. 14, Уголовно-процессуальный кодекс Российской Федерации [8] гласит о том, что обвинительное заключение не может быть основано на предположениях, в том числе и на тех, что исправное транспортное средство обладало более высокими параметрами активной безопасности, чем этого требуется по техническому регламенту [4], то для расчёта остановочного пути необходимо использовать следующие зависимости.

Для транспортных средств, оснащённых антиблокировочной тормозной системой:

$$S_{OCT} = (t_1 + t_2 + 0,375 \{ t_{НОМ} - t_2 - 0,5 \} \frac{\varphi}{a}) v_2 + \frac{v_2^2}{1,5\varphi g}. \quad (6)$$

Для транспортных средств, не оснащённых антиблокировочной тормозной системой

$$S_{OCT} = \begin{cases} \text{для } \varphi g > a \quad S = (t_1 + t_2 + 0,5 \{ t_{НОМ} - t_2 - 0,5 \}) v_2 + \frac{v_2^2}{2a} \frac{M_H}{M_C}; \\ \text{для } \varphi g \leq a \quad S = (t_1 + t_2 + 0,5 \{ t_{НОМ} - t_2 - 0,5 \} \frac{\varphi}{a}) v_2 + \frac{v_2^2}{2\varphi g} \end{cases} \quad (7)$$

или

$$S_{OCT} = \begin{cases} \text{для } \varphi g > a \quad S = (t_1 + 0,5 t_{НОМ} - 0,5 t_2 - 0,25) v_2 + \frac{v_2^2}{2a} \frac{M_H}{M_C}; \\ \text{для } \varphi g \leq a \quad S = (t_1 + t_2 + 0,5 \{ t_{НОМ} - t_2 - 0,5 \} \frac{\varphi}{a}) v_2 + \frac{v_2^2}{2\varphi g}. \end{cases} \quad (8)$$

Величина 0,375 в зависимости по определению остановочного пути для транспортных средств, оснащённых антиблокировочной тормозной системой, появляется благодаря произведению величины 0,5, присутствующей во всех зависимостях, на параметр 0,75 – минимально допустимого реализуемого сцепления.

#### Библиографический список

1. **ГОСТ 51709-2001.** Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки. – М.: Изд-во стандартов, 2001.
2. **ГОСТ Р 41.13-99.** (Правила ЕЭК ООН № 13) Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения механических транспортных средств категорий М, N и О в отношении торможения. – М.: Изд-во стандартов, 1999.
3. **Коллинз, Д.** Анализ дорожно-транспортных происшествий / Д. Коллинз, Д. Моррис. – М.: Транспорт, 1971. – 128 с.
4. Технический регламент о безопасности колёсных транспортных средств, утверждённый Постановлением Правительства Российской Федерации от 10 сентября 2009 года № 720.
5. **Суворов, Ю.Б.** Судебная дорожно-транспортная экспертиза. Судебно-экспертная оценка действия водителей и других лиц, ответственных за обеспечение безопасности дорожного движения, на участках ДТП: учеб. пособие/ Ю.Б. Суворов. – М.: Экзамен, 2003.
6. **Илларионов, В.А.** Экспертиза дорожно-транспортных происшествий / В.А. Илларионов. – М.: Транспорт, 1989.

7. **Евтюков, С.А.** Экспертиза ДТП: справочник / С.А. Евтюков, Я.В. Васильев. – СПб.: ООО «Издательство ДНК», 2006.
8. Уголовно-процессуальный кодекс Российской Федерации (УПК РФ) от 18.12.2001 N 174-ФЗ (принят ГД ФС РФ 22.11.2001) (ред. от 03.06.2011). – М., 2001.

*Дата поступления  
в редакцию 05.07.2011*

**A.S. Lakeev, Y.I. Molev, D.N. Proshin**

**THE METHOD OF BRAKING VEHICLES PARAMETERS ESTIMATION  
IN ACCORDANCE WITH THE TECHNICAL REGULATION REQUIREMENTS**

It is well known that regulation requirements for braking system mechanisms efficiency were changed twice, but at the same time this fact wasn't reflected in calculation methods of vehicle stopping distance estimation. This paper presents formulas and calculations results of vehicle deceleration parameters with a glance of active safety systems.

*Key words:* braking, technical Regulations, adhesion coefficient, ABS.