

УДК 629.077

## ВЛИЯНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ФАКТОРОВ НА ВРЕМЯ СРАБАТЫВАНИЯ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА, ПРИ ВЫЧИСЛЕНИИ ОСТАНОВОЧНОГО ПУТИ

Подопригора Н. В.

*ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», Санкт-Петербург, Россия, Санкт-Петербург, e-mail:nick\_freelay@mail.ru*

Статья посвящена исследованию дополнительных факторов, влияющих на время срабатывания тормозной системы, и обоснованию их учета при расследовании ДТП. Целью работы стало внесение дополнения в существующую методику вычисления остановочного пути коэффициента, корректирующего время срабатывания тормозного привода. Были проведены исследования эффективности тормозной системы на примерах легковых автомобилей. Сделан вывод, что на время срабатывания тормозного привода оказывают влияние следующие факторы: пробег ТС; тип тормозного привода; толщина тормозных колодок; суммарная тормозная сила на передней и задней оси; усилие, прикладываемое на орган управления тормозной системой на обеих осях. На основании полученных результатов выведен и обоснован коэффициент К, способствующий более точно определить эффективность торможения и сделать более объективное заключение о технической возможности или невозможности предотвращения ДТП.

Ключевые слова: время срабатывания тормозной системы, техническое состояние тормозной системы, торможение, эффективность торможения, тормозные испытания, усилие на органе управления.

## INFLUENCE OF ADDITIONAL FACTORS IN THE RESPONSE TIME OF A BRAKING SYSTEM OF A VEHICLE DURING THE CALCULATION OF STOPPING DISTANCE

Podoprigora N. V.

*State educational institution of high professional education «Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering», St. Petersburg, Russia, e-mail:nick\_freelay@mail.ru*

The article aims to present the results of the research on additional factors, which influence the response time of braking system, and on motivation of considering these factors during the inspection of road accidents. The purpose of the current work is introduction of some complementation for the present method of calculation of stopping distance of the coefficient, which makes adjustments to the response time of the brake rigging. The research on the efficiency of braking system in case of motor-cars has been held. The conclusion is that the response time of the brake rigging is influenced by the following factors: operational kilometers of a vehicle, type of the brake rigging, thickness of the brake shoes, total braking force in the front and back axles, the force, applied in the controller of braking system on both axles. On the basis of the obtained results, the coefficient K was established. It provides a more accurate calculation of braking system efficiency and therewith it allows to make a more objective conclusion on the technical possibility of prevention of road accidents.

Key words: braking system response time, technical state of braking system, braking, efficiency of braking, test of braking system, force, applied in the controller.

### Введение

Необходимость в торможении при управлении транспортным средством (ТС) возникает достаточно часто. Следует понимать, что торможение – это средство не только быстрой или мгновенной остановки автомобиля, но и регулирования скорости движения. Как показывает статистика, большинство дорожно-транспортных происшествий (ДТП) в какой-то мере связано с торможением. При этом часто возникают ситуации, когда в ходе выяснения обстоятельств и причин происшествия у участников ДТП появляются вопросы в отношении учета экспертами всех возможных факторов, влияющих на исход экспертизы. В ходе

следствия перед экспертами ставятся вопросы, касающиеся оценки технического состояния ТС до момента, в момент и после ДТП. Ключевые из них – имел ли водитель техническую возможность предотвращения ДТП и что являлось причиной позднего срабатывания тормозных механизмов?

В существующей методике расчета тормозного пути ТС не учитывается ряд дополнительных факторов, влияющих на время срабатывания тормозной системы. Однако эти десятые и даже сотые доли секунды, отбрасываемые как малозначимые при проведении расчетов показателей эксплуатационных свойств ТС, могут решить судьбу человека с точки зрения его виновности или не виновности в ДТП. В ходе проверки состояния тормозной системы традиционная методика не акцентирует внимание на следующих факторах: фактический пробег ТС; тип тормозного привода; состояние тормозного управления на момент пробега, при котором производилась замена деталей и расходных материалов тормозной системы; качество расходных материалов; своевременность и качество технического обслуживания (ТО); тормозные усилия на органе управления и отдельно, на каждом колесе.

Вместе с тем, при расчете остановочного пути в интересах решения задач экспертизы ДТП представляется целесообразным учет вышеуказанных факторов, влияющих на время срабатывания тормозного привода и системы в целом.

**Цель исследования.** Установить влияние дополнительных факторов на время срабатывания тормозной системы с целью уточнения традиционной методики вычисления остановочного пути.

**Материалы и методы:** внесение уточнений в методику, предлагается посредством введения в существующую расчетную зависимость коэффициента  $K$ , являющегося интегральным показателем влияния выше отмеченных факторов на время срабатывания тормозов.

Расчетная зависимость для определения тормозного пути с учетом предлагаемого дополнения принимает вид (1).

$$S_0 = (t_1 + 0,5t_3) \frac{V_a}{3,6} + \frac{t_2 K V_a}{3,6} + \frac{V_a^2}{26 J_H}, \quad (1)$$

где  $S_0$  – полный остановочный путь, м;  $V_a$  – скорость автомобиля, км/ч;  $J_H$  – замедление автомобиля, const.  $м/с^2$ ;  $t_1$  – время реакции водителя;  $t_2$  – время срабатывания привода;  $t_3$  – время нарастания замедления;  $K$  – коэффициент, учитывающий дополнительные параметры, влияющие на время срабатывания тормозов.

Коэффициент  $K$  можно рассмотреть как функцию  $K = f(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7)$ , где:  $x_1$  – фактический пробег ТС;  $x_2$  – пробег, на котором была произведена последняя замена деталей и расходных материалов тормозной системы;  $x_3$  – толщина тормозных колодок;  $x_4$  – суммарная тормозная сила на передней оси;  $x_5$  – суммарная тормозная сила на задней оси;  $x_6$  – усилие, прикладываемое на орган управления тормозной системой передней оси;  $x_7$  – усилие, прикладываемое на орган управления тормозной системой задней оси.

Для реализации представлений рабочей гипотезы были проведены экспериментальные исследования по установлению влияния дополнительных факторов на время срабатывания тормозной системы.

Задача проводимых исследований состояла в определении динамики изменения предлагаемых факторов в зависимости от пробега ТС.

В качестве объекта исследования были взяты автомобили марки Ssang Yong Action с диапазоном пробега от 0 до 30000 км и интервалом в 5000 км.

Проверка тормозного управления проводилась в соответствии с ГОСТ Р-51709-2001[3], на стенде тормозных испытаний немецкой фирмы MAHA (IW2 EUROSYSYSTEM 4WD), предназначенном для оснащения линий приемки и диагностики с большой пропускной способностью. Современное программное обеспечение, широкие сетевые возможности, удобный компьютерный интерфейс и соответствие требованиям, предъявляемым к оборудованию для Гостехосмотра, позволили в комбинации с другими диагностическими приборами осуществить полную объективную диагностику ТС [1].

**Результаты и обсуждение.** Полученные результаты исследования тормозных усилий на передней и задней осях представлены на рис.1,2.

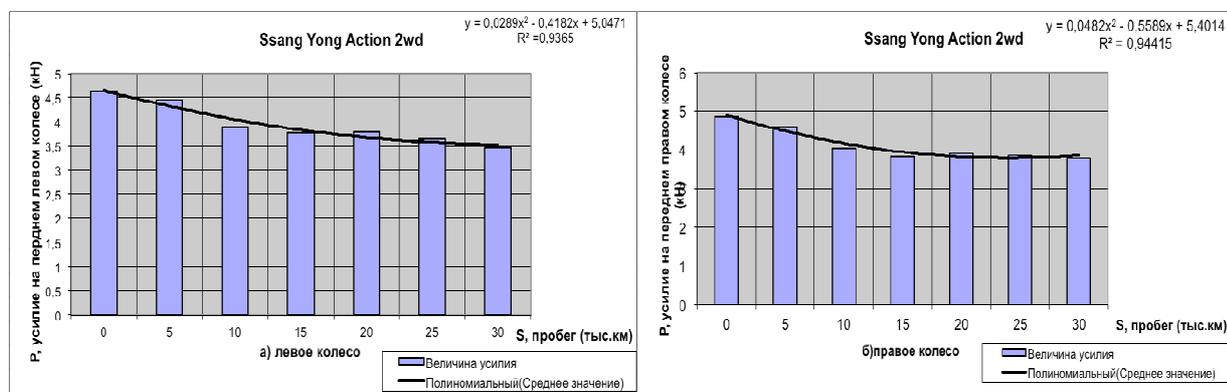


Рис.1. Тормозные усилия на передней оси (а – левое колесо, б – правое колесо)

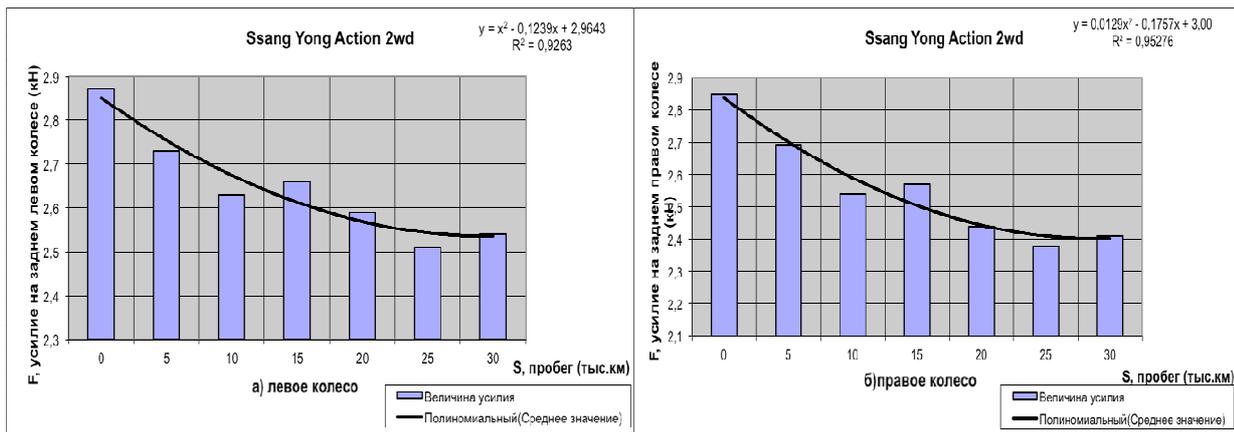


Рис. 2. Тормозные усилия на задней оси (а – левое колесо, б – правое колесо)

Результаты замеров усилий на органе тормозного управления для передней и задней осей представлены на рис.3.

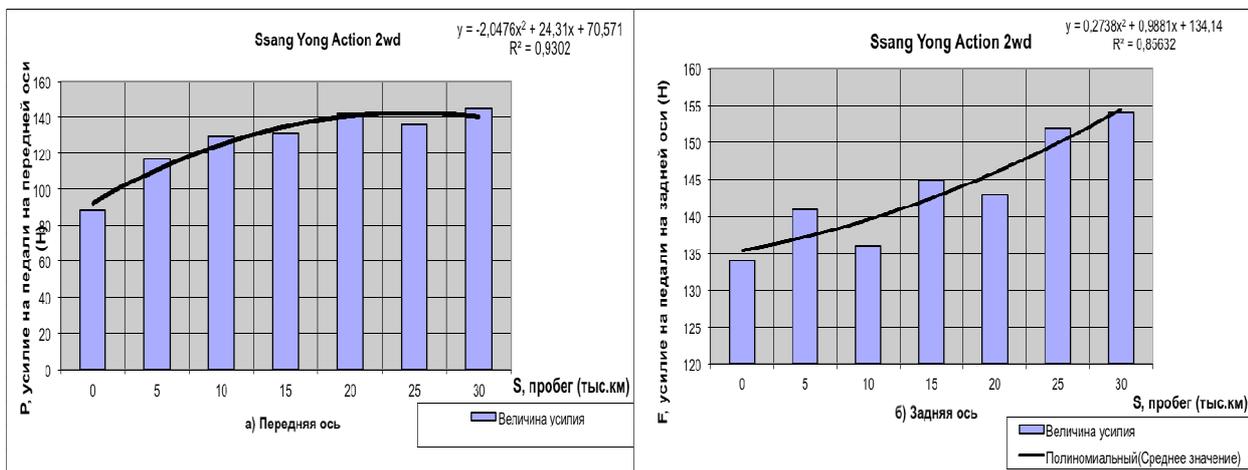


Рис.3. Усилия на органе тормозного управления на передней (а) и задней (б) осях

После измерений усилий на каждом колесе [6], а также на органе тормозного управления произведены измерения остаточной толщины колок на различных пробегах и построены соответствующие зависимости (рис.4).

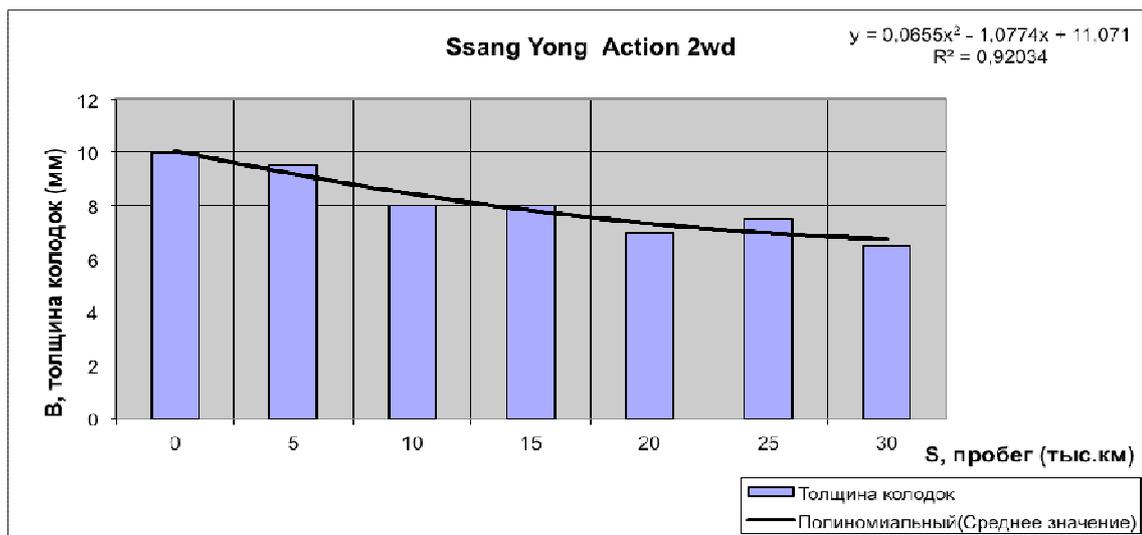


Рис.4. Толщина тормозных колодок на различных пробегах

На основании экспериментальных данных изменений вышеперечисленных параметров у автомобилей Ssang Yong для различных пробегов (табл.1), получены уравнения регрессии вида  $Y_n = Ax^2 + Bx + C$ , с достоверностью аппроксимации, колеблющейся в пределах  $R = 0,8563-0,9442$  (табл. 2), где  $Y_n$  – измеряемый параметр,  $x$  – пробег ТС.

Таблица 1. Параметры дополнительных факторов, влияющих на время срабатывания тормозных систем

Измеряемые параметры	Значения параметров при пробеге (тыс. км):						
	0	5	10	15	20	25	30
Толщина колодок, мм	10	9	8	8	7	7	6,5
Усилие на педали на перед. оси, Н	88	117	129	131	142	136	145
Горм. сила на пер.лев.колесе,кН	4,64	4,46	3,89	3,77	3,79	3,65	3,47
Горм. сила на пер.прав.колесе,кН	4,86	4,61	4,05	3,83	3,91	3,86	3,79
Стоян.торм.на зад.лев.колесе,кН	2,64	2,51	2,56	2,43	2,29	2,23	2,25
Стоян.торм. на зад.пр.колесе,кН	2,53	2,44	2,47	2,36	2,23	2,04	2,11
Усилие на педали на задней оси, Н	134	141	136	145	143	152	154
Горм. сила зад.лев.колеса,кН	2,87	2,73	2,63	2,66	2,59	2,51	2,54
Горм. сила зад.прав.колеса,кН	2,85	2,69	2,54	2,57	2,44	2,38	2,41

Таблица 2. Уравнения регрессии параметров автомобилей Ssang Yong Action

№	Параметры измерения	Уравнения регрессии, $y = f(x)$	Достоверность аппроксимации, R
1	Усилие на педали на передней оси	$y = -2,0476 x^2 + 24,31 x + 70,571$	0,9302
2	Голщина колодок	$y = 0,0655 x^2 - 1,0774 x + 11,071$	0,9203
3	Гормозное усилие на переднем левом колесе	$y = 0,0289 x^2 - 0,4182 x + 5,0471$	0,9365
4	Гормозное усилие на переднем правом колесе	$y = 0,0482 x^2 - 0,5589 x + 5,4014$	0,9442
5	Усилие стояночного тормоза на левом колесе	$y = x^2 - 0,0886 x + 2,7271$	0,9068
6	Усилие стояночного тормоза на правом колесе	$y = -x^2 - 0,0498 x + 2,5914$	0,8948
7	Усилие на педали на задней оси	$y = 0,2738 x^2 + 0,9881 x + 134,14$	0,8563
8	Гормозное усилие на заднем левом колесе	$y = x^2 - 0,1239 x + 2,9643$	0,9263
9	Гормозное усилие на заднем правом колесе	$y = 0,0129 x^2 - 0,1757 x + 3,00$	0,9528

Полученные уравнения регрессии описывают полиномиальные кривые, благодаря которым можно получить единичное значение любого из исследуемых параметров на конкретном ТС при заданном пробеге.

Практическая значимость уравнений заключается в возможности их использовании в ситуациях, когда исследование или проверка ТС на стенде тормозных испытаний не предоставляется возможной в результате полученных в ДТП повреждений. Рассчитанное таким образом значение параметра можно принимать как нормативное ( $Y_{nor}$ ) для исследуемого ТС. В то же время, если техническое состояние ТС позволяет производить исследования, то полученные фактические результаты ( $Y_{fac}$ ) можно сравнивать с расчетными нормативными и на основании этого делать выводы о состоянии тормозной системы:

Если  $y_{fac} \geq y_{nor}$ , то измеряемый параметр не может повлиять на увеличение времени срабатывания тормозов.

Если  $y_{fac} < y_{nor}$ , то измеряемый параметр оказывает влияние на увеличение времени срабатывания тормозов.

Такое сравнение следует производить по всем измеряемым параметрам.

Если в ходе сравнения результатов выявлено, что фактическое значение ( $y_{fac}$ ) только одного  $i$ -го параметра меньше нормативного ( $y_{nor}$ ), а по всем остальным параметрам значения  $y_{fac} \geq y_{nor}$ , то коэффициент  $K$  высчитывается по зависимости:

$$K = \frac{y_{nori}}{y_{fac_i}}; \quad (3)$$

В ситуациях, когда несколько фактических результатов оказались меньше нормативных, необходимо применять комплексный (интегральный) метод определения  $K_{int}$  [4].

$$K_{int} = \sum_{i=1}^n \eta_i K_{ij}; \quad (4)$$

где,  $\eta_i$  – коэффициент весомости значения  $i$ -го измеряемого параметра, определяемый экспертным путем [2,5];

$K_{ij}$  – относительная оценка  $j$ -го свойства по  $i$ -му показателю, определенная дифференциальным методом;

$n$  – число оцениваемых показателей.

В нашем случае, для определения интегрального (обобщенного) коэффициента, влияющего на время срабатывания тормозного привода, зависимость (4) будет иметь следующий вид (5):

$$K_{int} = \eta_1 K_1 + \eta_2 K_2 + \eta_3 K_3 + \dots + \eta_n K_n; \quad (5)$$

Использование предложенного дополнения по корректированию времени срабатывания тормозной системы позволяет экспертам в ходе расследования ДТП более точно определить эффективность торможения и сделать более объективное заключение о технической возможности или невозможности его предотвращения. Таким образом, уточнение традиционной методики способствует повышению качества проводимых экспертиз.

### Список литературы

1. Глазков В. Ф., Евтюков С. А. Основы теории надежности, работоспособности и диагностики машин: Учеб. пособие. – СПб.: Издательский Дом «Петрополис», 2011. – 450 с.
2. ГОСТ 22732-77. Методы оценки уровня качества промышленной продукции. Основные положения. – М.: Изд-во стандартов, 1977. – 15 с.
3. ГОСТ Р 51709-2001. Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки. – М.: Госстандарт России, 2001. – 25 с.

4. Колесников А. И., Добромиров В. Н. Система эксплуатационных свойств вооружения и военной техники (БТВТ и ВАТ): Научно-технический сборник №1/под ред. д.т.н. Ковалева Н. Г. – Бронницы, 2000. – 121 с.
5. РД 50-149-79. Методические указания по оценке технического уровня и качества промышленной продукции. – М.: Изд-во стандартов, 1979. – 123 с.
6. Технический регламент о безопасности колесных транспортных средств. Постановление Правительства Российской Федерации № 720 от 10.09.2009 г.

**Рецензенты:**

Волков Сергей Александрович, д.т.н., профессор кафедры транспортно-технологических машин, ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», г. Санкт-Петербург.

Добромиров В. Н., д.т.н., профессор, директор Института безопасности дорожного движения, ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», г. Санкт-Петербург.