

## ТРАНСПОРТ И БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ

УДК 629.3.017.5+681.523.5

ВЛИЯНИЕ АЛГОРИТМОВ РАБОТЫ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ  
НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТОРМОЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Д.Н. Леонтьев, доцент, к.т.н., ХНАДУ

*Аннотация.* Приведены анализ научно-технической литературы и материалы экспериментальных исследований, связанных с влиянием алгоритмов работы автоматических систем на эффективность торможения транспортного средства. Представлен сравнительный анализ систем автоматического регулирования.

*Ключевые слова:* эффективность торможения, ABS, алгоритм работы, система автоматического регулирования тормозного усилия.

ВПЛИВ АЛГОРИТМІВ РОБОТИ АВТОМАТИЧНИХ СИСТЕМ  
НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ГАЛЬМУВАННЯ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

Д.М. Леонтьєв, доцент, к.т.н., ХНАДУ

*Анотація.* Наведено аналіз науково-технічної літератури та матеріали експериментальних досліджень, пов'язаних із впливом алгоритмів роботи автоматичних систем на ефективність гальмування транспортного засобу. Представлено порівняльний аналіз систем автоматичного регулювання.

*Ключові слова:* ефективність гальмування, ABS, алгоритм роботи, система автоматичного регулювання гальмівного зусилля.

IMPACT OF ALGORITHMS OF AUTOMATIC SYSTEMS OPERATION ON THE  
EFFICIENCY OF VEHICLE'S BRAKING

D. Leontiev, Associate Professor, Candidate of Technical Science, KhNAHU

*Abstract.* The analysis of scientific and technical literature and materials of experimental studies connected with the impact of algorithms of automatic braking systems on efficiency of vehicle's braking is offered. The comparative analysis of the systems of automatic regulation is presented.

*Key words:* braking efficiency, ABS, algorithm, system of braking force automatic regulation.

## Введение

Интенсивное развитие автомобильной промышленности европейских стран и стран СНГ способствовало внедрению в тормозное управление транспортных средств электронных систем, повышающих активную безопасность, которая неизбежно влияет на безопасность дорожного движения.

Использование таких систем улучшает тормозные свойства транспортного средства, что подтверждается многочисленными исследованиями и статистическими данными центров безопасности дорожного движения в различных странах мира. Однако их эффективность работы до сих пор обсуждается учеными различных научных школ на конференциях и симпозиумах.

### Анализ публикаций

Анализ научно-технической литературы [1] показал, что у транспортных средств одного класса эффективность торможения с электронными системами может существенно отличаться друг от друга, несмотря на схожесть электронных систем и транспортных средств. Анализируя результаты научно-исследовательских работ [2, 3], установлено, что эффективность торможения в большей степени зависит от алгоритмической составляющей и практически не зависит от элементной базы системы автоматического регулирования тормозного усилия, которая повышает активную безопасность транспортного средства в условиях интенсивного дорожного движения.

### Цель и постановка задачи

Целью данной статьи является ознакомить научное сообщество, занимающееся безопасностью дорожного движения, с эксплуатационными показателями динамики торможения транспортных средств, оборудованных автоматическими системами регулирования тормозного усилия. В связи с этим в статье будут рассмотрены материалы, связанные с влиянием алгоритмов работы автоматических систем на эффективность торможения транспортного средства.

### Материалы исследования

Эффективность торможения транспортного средства, при расследовании дорожно-транспортных происшествий (ДТП), является актуальным вопросом, который имеет неоднозначное решение, влияющее на определение вины водителя, управляющего транспортным средством. Очевидно, что исключить неоднозначность решения может только запись параметров движения транспортного средства, однако пока в Украине отсутствует нормативно-правовая база по обязательной установке на транспортные средства специальных регистрирующих бортовых комплексов, это сделать невозможно. Отсутствие нормативно-правовой базы по обязательной установке на транспортные средства специальных регистрирующих бортовых комплексов приводит, во-первых, к осложнению работы экспертов, расследующих причины возникновения дорожно-транспортных происшествий, а, во-вторых, позволяет некоторым экспертам неточно трактовать результа-

ты экспертизы ДТП, основываясь на личном опыте и знаниях.

Камнем преткновения на пути внедрения нормативно-правовой базы по использованию специальных регистрирующих комплексов является то, что данному вопросу на государственном уровне уделяется мало внимания, а также то, что вопросы влияния автоматических систем на эффективность торможения транспортного средства зачастую просто замалчиваются их производителями.

Результаты независимых исследований, проведенных с согласия владельцев транспортных средств, опубликованные в журнале «АвтоРевю» (мартовский выпуск «АвтоРевю» № 6 от 2013 г.), подтверждают приведенные выше рассуждения. Анализ результатов данных исследований сведен в табл. 1, а визуальное наложение автомобилей после осуществления факта остановки (рис. 1) заставляет задуматься о возможных последствиях, к которым может привести сниженная эффективность торможения.

Таблица 1 Результаты торможения автомобилей повышенной проходимости в условиях «укатанный снег» и «лед»

Название автомобиля	Honda CR-V	KIA Sportage	Volkswagen Tiguan
Дорожное покрытие	Укатанный снег		
Тормозной путь	26,6 м	24,9 м	33,1 м
Дорожное покрытие	Местами лед и укатанный снег		
Тормозной путь	28,3 м	26,7 м	33,1 м



Рис. 1. Расположение автомобилей после торможения (материалы журнала «АвтоРевю»)

Долгое время в научных кругах считалось, что эффективность торможения зависит от конструкции тормозных механизмов и тормозных приводов транспортных средств, но, как показывают экспериментальные исследования качения колеса в режиме торможения с эффективностью, близкой к максимально

возможной [2], параметры тормозного механизма и характеристики привода практически не влияют на сцепные свойства пневматической шины с опорной поверхностью.

Известно, что эффективность торможения транспортного средства зависит только от алгоритмической составляющей, которая закладывается в блок управления системы автоматического регулирования тормозного усилия [2, 3], то есть от длительности фаз регулирования тормозного усилия и закона изменения давления при циклах нарастания, выдержки и опорожнения исполнительного устройства (рабочего тормозного цилиндра или пневматической тормозной камеры) соответствующего привода тормозов.

Проведенные в ХНАДУ экспериментальные исследования систем с разными алгоритмами их функционирования [2] показали, что быстродействие при работе модуляторов давления автоматических систем необходимо только в начальный момент времени торможения транспортного средства и совсем не нужно при дальнейшем изменении величины тормозного усилия, то есть не способствует повышению эффективности торможения, а наоборот, из-за частого растормаживания приводит к ее снижению или преждевременному блокированию автомобильного колеса.

Системы автоматического регулирования, алгоритмы которых позволяют в начальный момент времени торможения доводить автомобильное колесо до более глубокого блокирования, существенно позволяют повысить эффективность торможения транспортного средства, но такие системы обладают неустойчивой работой при низких скоростях движения транспортного средства. Очевид-

но, что такие системы могут стать причиной нарушения безопасности дорожного движения и, как следствие, причиной возникновения ДТП в случае движения автомобиля с низкими скоростями.

Напротив, системы автоматического регулирования тормозного усилия, алгоритмы которых обеспечивают более устойчивую работу при низких скоростях движения транспортного средства, обладают чрезмерным быстродействием при высоких скоростях движения транспортного средства, поэтому в начальный момент времени они слишком часто растормаживают колесо и тем самым не позволяют реализовать весь потенциал взаимодействия автомобильной шины с опорной поверхностью, а значит, тоже снижают эффективность торможения и увеличивают риск возникновения ДТП.

В работе [2] отмечается, что при достаточно высоком или низком быстродействии систем автоматического регулирования тормозного усилия попытки повысить эффективность торможения за счет порогов срабатывания системы приводят к нарушению устойчивости алгоритмов их работы, а также к чрезмерному износу тормозных механизмов и элементов тормозного привода (модуляторов давления), что опять-таки в эксплуатации может повлиять на безопасность дорожного движения.

Результаты экспериментальных стендовых исследований влияния различных систем автоматического регулирования (с пневматическим тормозным приводом) на эффективность торможения для удобства анализа сведены в табл. 2 [2].

Таблица 2 Экспериментальные стендовые исследования систем автоматического регулирования тормозного усилия

Оценочный параметр		АБС «КЗТА» (Россия)	АБС «ХНАДУ» с прерыванием фаз регулирования	АБС «ХНАДУ» с модулятором на шаговом электродвигателе	ЭПТС «ХНАДУ» на шаговом электродвигателе с функцией АБС в режиме прерывания фаз регулирования
$J_M$	Нагружающая колесо сила 8800 Н	3 м/с <sup>2</sup>	3,8 м/с <sup>2</sup>	3,2 м/с <sup>2</sup>	3,5 м/с <sup>2</sup>
$n_{ABS}$		7 раз	9 раз	10 раз	9 раз
$\varepsilon$		0,75	0,93	0,8	0,87
$S_{SR}$		17,3 %	19,5 %	17,8 %	19,2 %
$T_{tor}$		5,74 с	4,62 с	5 с	4,7 с
$J_M$	Нагружающая колесо сила 25500 Н	3,92 м/с <sup>2</sup>	4,2 м/с <sup>2</sup>	3,9 м/с <sup>2</sup>	4 м/с <sup>2</sup>
$n_{ABS}$		5 раз	8 раз	8 раз	5 раз
$\varepsilon$		0,925	0,99	0,92	0,95
$S_{SR}$		17,8 %	14 %	18 %	16 %
$T_{tor}$		4,25 с	4,05 с	4,27 с	4,17 с

В качестве сравнительных параметров работы систем использовались замедление инерционных масс стенда ( $j_M$ ), количество срабатываний модулятора давления на наполнение тормозной камеры ( $n_{ABS}$ ), коэффициент использования силы сцепления ( $\varepsilon$ ), средняя величина проскальзывания за процесс торможения ( $S_{SR}$ ) и общее время торможения ( $T_{ior}$ ) инерционных масс стенда.

Как можно видеть из табл. 2, независимо от элементной базы системы и алгоритма, заложенного в ее электронном блоке управления, может быть обеспечена достаточная величина эффективности торможения в одних и тех же условиях (системы, представленные в табл. 2, соответствуют требованиям международных стандартов  $0,75 \leq \varepsilon \leq 1$  [4, 5]). Однако, сравнивая в процентном соотношении время торможения, при работе той или иной системы, выясняется очевидный факт: разница в тормозном пути при работе разных систем может заведомо составлять до 25 %, и такие транспортные средства допускаются к эксплуатации в странах Европы и СНГ. На практике (табл. 1) это приводит к возрастанию тормозного пути до 6–8 м, а ведь это – жизни пешеходов и других участников дорожного движения.

### Выводы

Очевидно, что современная автомобильная отрасль в Украине переживает не лучшие времена и требует государственного вмешательства, поскольку автомобильный рынок уже насыщен различными зарубежными автомобилями, которые зачастую не обеспечивают требуемой безопасности дорожного движения, несмотря на то, что они удовлетворяют всем международным и национальным стандартам.

Алгоритмы работы систем автоматического регулирования оказывают существенное влияние на обеспечение безопасности дорожного движения, поэтому выбор алгоритма работы автоматической системы с электронным блоком управления требует научного подхода и обоснования.

Для контроля состояния систем автоматического регулирования тормозного усилия в эксплуатации необходимо введение на территории Украины государственных стандартов в отношении использования таких систем или государственных стандартов в отношении обязательного оборудования транспортных средств специальными системами, регистрирующими параметры движения транспортного средства, с целью обеспечения безопасности дорожного движения и повышения ответственности водителей (владельцев) транспортных средств.

### Литература

1. Отклонение от нормы / Я. Цыпленков, С. Шумахер, А. Селиванов, Ю. Ветров // Журнал «АвтоРевю». – 2013. – №6. – С. 34–35.
2. Основы создания и исследования электронно-пневматического тормозного управления транспортных средств: монография / А.Н. Туренко, В.И. Клименко, Л.А. Рыжих и др. – Х.: ХНАДУ, 2012. – 288 с.
3. Теоретические и практические основы создания электропневматического тормозного привода и антиблокировочной системы автотранспортных средств / А.Н. Туренко, В.И. Клименко, С.И. Ломака и др. – Х.: ХНАДУ, 2012. – 336 с.
4. Regulation №13 of the Economic Commission for Europe of the United Nations (UN/ECE). – Uniform provisions concerning the approval of vehicles of categories M, N and O with regard to braking: on condition 30.09.2010 – Official Journal of the European Union – UN/ECE, 2010. – 257 p.
5. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження дорожніх транспортних засобів категорій M, N і O стосовно гальмування. (Правила ЄЕК ООН №13-09:2000, IDT): ДСТУ UN/ECE R 13-09:2002 – Чинний від 25.12.2002. – Е.: Державтотранс НДІпроект, 2002. – 324 с. – (Національний стандарт України).

Рецензент: М.А. Подригало, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 13 марта 2013 г.