

УДК 629.113

А.М. Грошев¹, С.Ю. Костин¹, Ю.П. Трусов¹, Г.А. Коникина¹, П.В. Середа²**ИССЛЕДОВАНИЕ ТОРМОЗНЫХ СВОЙСТВ АВТОБУСА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ДАННЫХ ДОРОЖНЫХ ИСПЫТАНИЙ**Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева¹,
Группа ГАЗ²

Приведены результаты исследований тормозных свойств автобуса ПАЗ. Описаны подходы, использованные при проведении дорожных испытаний и компьютерного моделирования, имитирующего условия реальных испытаний. Представлен сравнительный анализ результатов, полученных при моделировании процесса торможения автобуса и в условиях дорожных испытаний.

Ключевые слова: активная безопасность, моделирование, дорожные испытания, тормозной путь, замедление.

Проблеме повышения активной безопасности транспортных средств всегда уделяется большое внимание. В последнее время наиболее актуальным становится вопрос применения и совершенствования интеллектуальных систем помощи водителю, позволяющих минимизировать последствия ошибок, допускаемых человеком в процессе управления транспортным средством. Наибольшее распространение и практическое внедрение получили системы электронного контроля устойчивости (ЭКУ), снижающие вероятность возникновения заносов и опрокидываний [1]. Проект новой редакции правил ЕЭК ООН №13 (Пересмотр 6, Поправка 1) предусматривает регламентацию особых требований к транспортным средствам, оснащенным функцией обеспечения устойчивости транспортного средства (добавление 12, прил. 21). В соответствии с текстом документа, эффективность функции контроля траектории движения и/или устойчивости к опрокидыванию механических транспортных средств и прицепов категорий М, N и O может быть определена как в процессе дорожных испытаний, так и при помощи компьютерного моделирования. При этом аттестация применяемых средств моделирования должна быть проведена на основе сопоставлений результатов расчетов с данными реальных испытаний транспортного средства.

В настоящее время существует широкий спектр компьютерных программ, позволяющих имитировать различные условия движения автомобиля и воспроизводить алгоритмы работы интеллектуальных систем активной безопасности. Одной из таких программ является *SDK-Simulation*, используемая в практике научно-исследовательского центра компании Кнорр-Бремзе (Будапешт, Венгрия). Данная программа обладает значительным функционалом и обеспечивает высокоточное моделирование условий движения различных категорий транспортных средств [2].

В системах ЭКУ используется принцип автоматического управления тяговыми и тормозными моментами на колесах, таким образом, эффективность системы во многом зависит от эффективности тормозной системы. С точки зрения моделирования движения автомобиля и имитации работы системы ЭКУ важно в первую очередь обеспечить достоверное моделирование любых процессов торможения, в том числе и без воздействия интеллектуальной системы. Таким образом, обоснование возможности применения тех или иных средств моделирования для оценки эффективности ЭКУ должно включать в себя сопоставление различных вариантов расчетов и экспериментов, имитирующих возможные дорожные ситуации: торможение, смена полосы движения, вход в поворот и др.

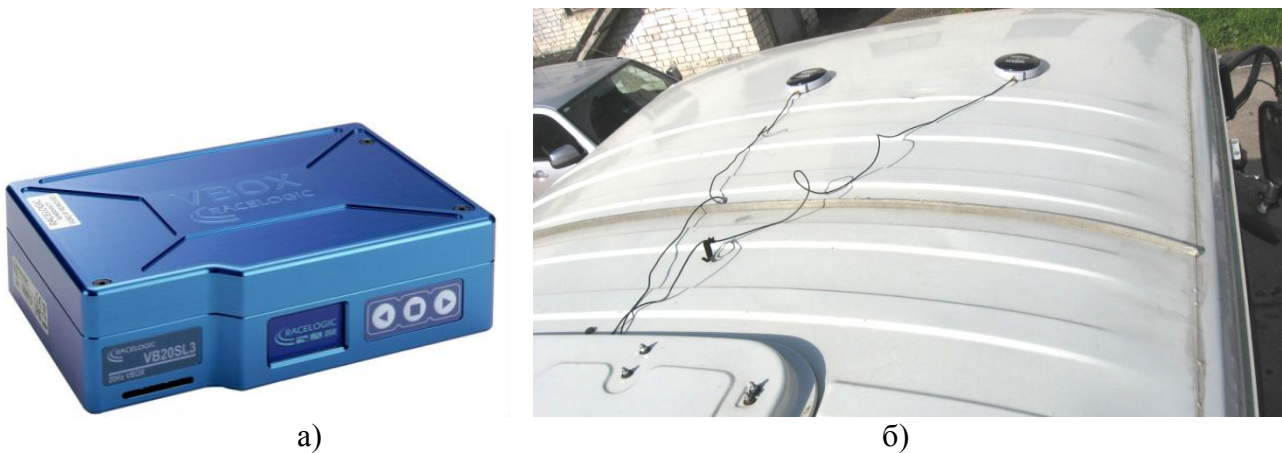
В данной статье представлены результаты сравнительного анализа результатов моделирования торможения автобуса, полученных с использованием программы *SDK-Simulation*, с данными дорожных испытаний. Исследования выполнены сотрудниками Автомобильного института НГТУ при поддержке Испытательной лаборатории НГТУ и Группы ГАЗ. Объем

том исследования являлся автобус ПАЗ-4234-05 (рис. 1). Дорожные испытания проводились на автополигоне ГАЗ.



Рис. 1. Автобус ПАЗ-4234-05

Для определения параметров движения автобуса использовалась современная измерительная система *RaceLogic VB20SL3 20Hz GPS Data Logger With Slip, Pitch and Roll Angle*. Принцип работы системы основан на использовании *GPS* технологий. На крышу автомобиля устанавливаются магнитные антенны (рис. 2), которые обеспечивают связь со спутником и позволяют зафиксировать скорость транспортного средства, ускорение (по двум осям), траекторию движения, угол крена и угловую скорость поворота (рис. 3).



а)

б)

Рис. 2. Автобус ПАЗ-4234-05:

а – блок сбора данных системы *RaceLogic*; б – схема установки антенн на крыше автобуса

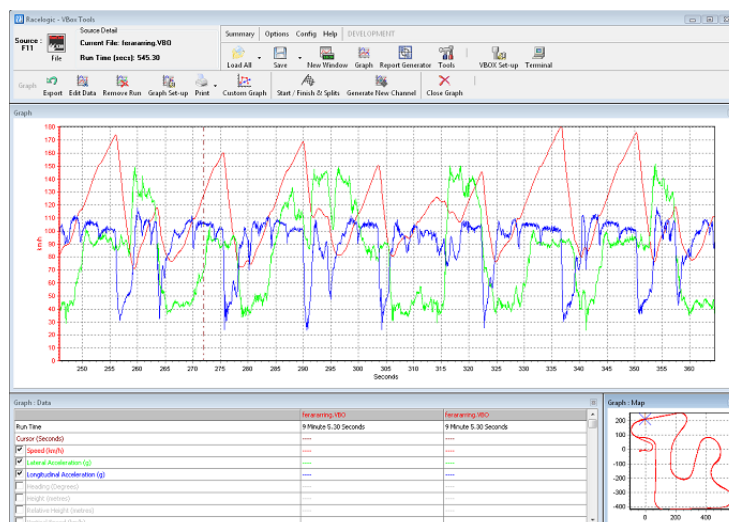


Рис. 3. Интерфейс программного обеспечения *RaceLogic*

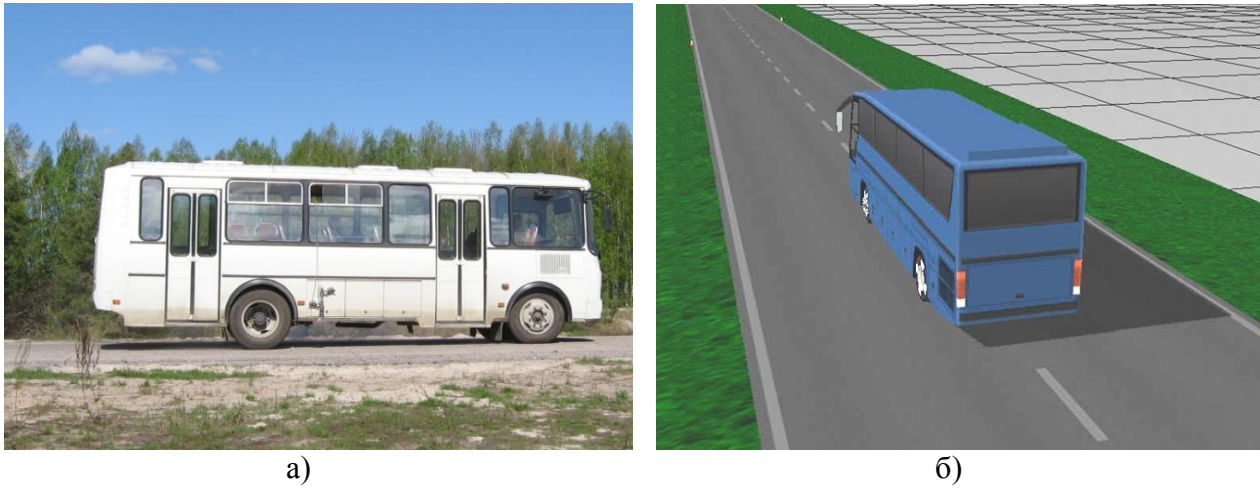


Рис. 4. Исследование процесса торможения:
а – дорожные испытания; *б* – компьютерное моделирование

На рис. 4 показаны фрагменты экспериментальных и расчетных исследований. На рис. 5 – рис. 7 показаны графики изменения продольного замедления автобуса при торможении. Сплошными линиями показаны данные, зафиксированные в ходе натурных испытаний, пунктирными – данные компьютерного моделирования. В табл. 1 приведены значения тормозного пути для разных начальных скоростей торможения.

Таблица 1

Значения тормозного пути для различных начальных скоростей торможения

Начальная скорость торможения V_0 , км/ч	Тормозной путь, м		Расхождение, %
	испытания	моделирование	
40	13,77	12,12	11,96
50	18,65	18,01	3,43
60	27,93	25,25	9,59



Рис. 5. Графики изменения замедления при торможении со скорости 40 км/ч



Рис. 6. Графики изменения замедления при торможении со скорости 50 км/ч

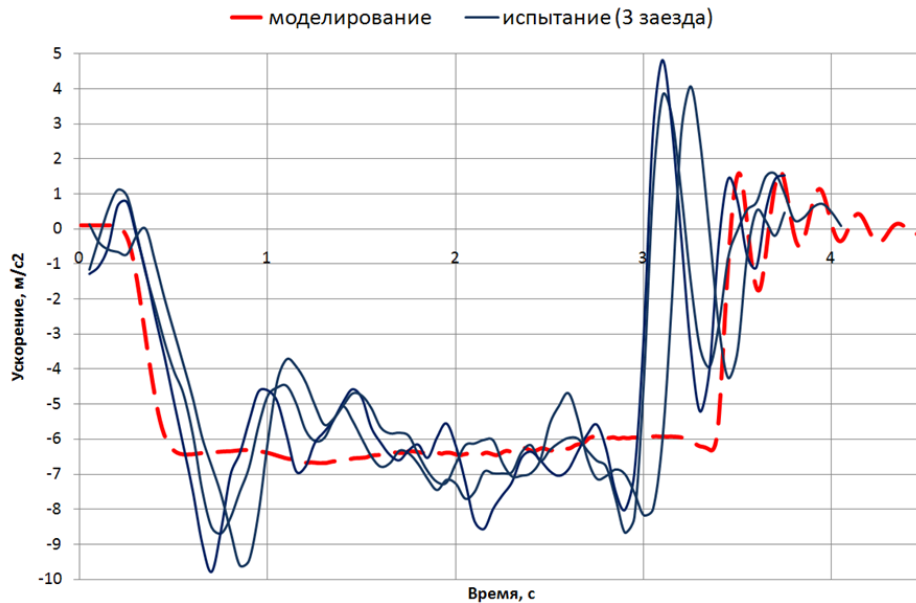


Рис. 7. Графики изменения замедления при торможении со скорости 60 км/ч

Анализ данных показывает, что результаты экспериментальных исследований и компьютерного моделирования имеют хорошую сходимость. Расхождение по значениям тормозного пути не превышает 3–12%. Кривые изменения замедления в процессе торможения, полученные при расчете, полностью повторяют кривые, построенные по данным дорожных испытаний. Тем не менее, следует отметить, что виртуальная модель имеет лучшие показатели тормозных свойств, чем реальное транспортное средство. Это объясняется тем, что в модель заложен идеальный алгоритм работы тормозной системы и электронного блока антиблокировочной системы (АБС). Реальная тормозная система и ее компоненты имеют целый ряд особенностей, которые достаточно сложно воспроизвести в компьютерной модели. В этой связи целесообразным является расширение возможностей компьютерного моделирования путем перехода к комплексному имитационному моделированию, в котором можно было бы симитировать не только условия движения транспортного средства, но и реальные процессы, происходящие в автокомпонентах. Наиболее перспективным является использо-

вание программно-аппаратного комплекса (ПАК), включающего в себя: реальные компоненты автомобиля, специальный измерительный комплекс, современное программное обеспечение. Такой подход позволяет моделировать поведение транспортных средств с учетом особенностей работы реальных агрегатов и блоков управления [3].

По результатам исследования можно сделать следующие выводы:

- разработана имитационная модель автобуса ПАЗ 4234-05 в программном комплексе *SDK-Simulation*, учитывающая основные параметры конструкции транспортного средства;
- сравнение результатов компьютерного моделирования и дорожных испытаний показало хорошую сходимость. Расхождение значений тормозного пути при разных начальных скоростях торможения не превышает 3–12%;
- разработанная имитационная модель автобуса и результаты исследований могут быть использованы при разработке методики оценки свойств активной безопасности транспортных средств по результатам имитационного моделирования, которая имеет важное практическое значение на этапах проектирования и доводки автомобилей.
- для повышения точности имитационного моделирования необходимо использование программно-аппаратного комплекса, обеспечивающего физическое моделирование работы тормозной системы транспортного средства.

Библиографический список

5. Тумасов, А.В. Применение электронных систем курсовой устойчивости на коммерческом транспорте российского производства / А.В. Тумасов, А.М. Грошев, Л. Палкович // Журнал ААИ. 2010. №1. С. 34–37.
6. Тумасов, А.В. Исследование свойств активной безопасности транспортных средств методом имитационного моделирования / А.В. Тумасов [и др.] // Журнал ААИ. 2011. №2. С. 34–37.
7. Тумасов, А.В. Применение программно-аппаратных комплексов для оценки тормозных свойств транспортных средств по результатам имитационного моделирования / А.В. Тумасов [и др.] // Труды НГТУ. 2011. №3 (88). С. 114–118.

Дата поступления
в редакцию 06.07.2012

A.M. Groshev¹, S.Y. Kostin¹, Y.P. Trusov¹, G.A. Konikova¹, P.V. Sereda²

RESEARCHING OF BUS BRAKING CHARACTERISTICS ON THE BASIS OF SIMULATION AND ROAD VEHICLE TEST DATA

Nizhny Novgorod state technical university n. a. R.Y. Alexeev¹,
Group GAZ²

Purpose: The estimating of bus behavior in braking conditions on the basis of computer simulation results and its comparison with experimental data.

Design/methodology/approach: The simulation study based on dynamic analysis method with using of SDK-software that allows take into account main vehicle parameters, road conditions and driver behavior. The experimental research was made in real road conditions with using of RaceLogic measurement system.

Findings: It is possible to apply the research results for preliminary estimation of bus braking characteristics on the basis of simulation results and road test data.

Research limitations/implications: The present study provides a starting-point for further research in the field of vehicle active safety and estimation of effectiveness of active safety systems.

Originality/value: The main peculiarity of the study is original approach of computer simulation of vehicle behavior that could have a good practical application during the vehicle design stage.

Key words: active safety, simulation, road test, braking distance, deceleration.