

УДК 629.113

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ АКТИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ МЕТОДОМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

А.В. Тумасов, к.т.н., доцент / А.М. Грошев, к.т.н., доцент / С.Ю. Костин, аспирант / М.И. Саунин, аспирант / Ю.П. Трусов, аспирант
НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В.Г. Дыгало, к.т.н., доцент / ВолгГТУ

Исследование свойств активной безопасности транспортных средств (ТС) является важной задачей на этапах их проектирования, доводки и сертификации. Все большее значение при выполнении работ, направленных на повышение активной безопасности автотранспортных средств, приобретает имитационное моделирование, представляющее процесс конструирования на ЭВМ модели сложной реальной системы, функционирующей во времени, и постановки экспериментов на этой модели с целью либо понять поведение системы, либо оценить различные стратегии, обеспечивающие функционирование данной системы [1]. Имитационные модели транспортных средств и систем могут быть использованы для оценки их эксплуатационных свойств, определения возможных способов совершенствования их конструкций, оценки влияния определенных конструктивных изменений на управляемость и устойчивость.

В последнее время наиболее перспективным является имитационное моделирование движения автотранспортных средств с использованием специальных программно-аппаратных комплексов (ПАК), включающих в себя: реальные компоненты тормозной системы, измерительный комплекс, специальное программное обеспечение. Такой подход позволяет моделировать поведение транспортных средств не только с учетом конструктивных параметров автомобиля, дорожных условий и действий водителя, но также с учетом особенностей работы реальных агрегатов и блоков управления [2].

Следует отметить, что применение ПАК имеет важное практическое значение. Например, Правилами ЕЭК ООН № 13-11, принятыми 10 сентября 2009 г. постановлением Правительства Российской Федерации № 720 в составе Технического регламента о безопасности колесных транспортных средств, допускается проведение оценки динамического движения ТС, оснащенного системой электронного контроля устойчивости (ЭКУ), как по результатам натурных испытаний, так и по результатам имитационного моделирования [3]. Поэтому исследование тормозных свойств ТС и оценка эффективности ЭКУ с помощью ПАК имеет хорошие перспективы, поскольку полученные результаты могут быть реализованы на практике не только в виде конкретных конструкторских решений, но также могут использоваться и при сертификации ТС.

Среди отечественных работ, посвященных имитационному моделированию движения ТС, следует отметить исследования, проведенные специалистами ВолгГТУ [4 — 6]. На рис. 1 показан имитационный стенд-тренажер для проведения виртуальных испытаний, который включает в себя следующие основные узлы и блоки: три персональных компьютера, соединенные в сеть; стенд с физической моделью тормозной системы легкового автомобиля, выполненной на основе реальных агрегатов тормозного привода и элементов АБС; устройство для моделирования тактильных воздействий на рулевое колесо; устройство сопряжения объектов; энергетическую и измерительную систему стенда. Данный стенд позволяет проводить виртуальные испытания автоматизированных тормозных систем любых типов и, практически, всех схем антиблокировочных тормозных систем.

Для исследования характера управляемого движения в режиме торможения на имитационном стенде-тренажере перед водителем установлен

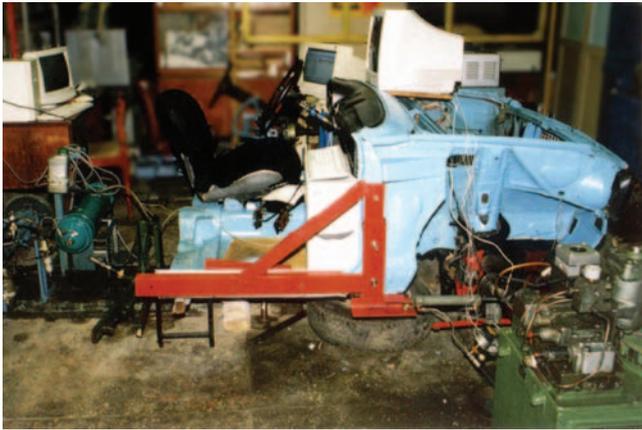


Рисунок 1. Имитационный стенд-тренажер для испытания автоматизированных тормозных систем автомобилей (ВолгГТУ)

монитор, при этом на персональном компьютере реализуется построение и отображение дорожной обстановки и динамика изменения дорожной ситуации. На экране отображается прямолинейный участок дорожного полотна с осевой линией, информирующей о границе раздела сред с различным коэффициентом сцепления. Показана часть капота автомобиля для оценки водителем габаритов автомобиля. На капоте имитируется точка цели для возможности оценки водителем величины отклонения автомобиля в процессе торможения.

После проведения эксперимента на имитационном стенде-тренажере возможно мгновенное получение итоговых результатов (более 40 параметров), характеризующих процесс торможения. Все параметры

можно отобразить и сохранить в виде графических зависимостей, или таблиц для дальнейшего анализа результатов имитационного моделирования.

В данной статье отражены результаты работы, выполненной специалистами НГТУ и ВолгГТУ в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг.» (государственный контракт № П460 от 13.05.2010 г.). Научно-исследовательская работа включала компьютерное моделирование движения автобуса и оценку его эксплуатационных свойств в соответствии с требованиями нормативных документов. Исследования были направлены на развитие методик расчетно-экспериментального определения свойств ТС и являлись одним из этапов

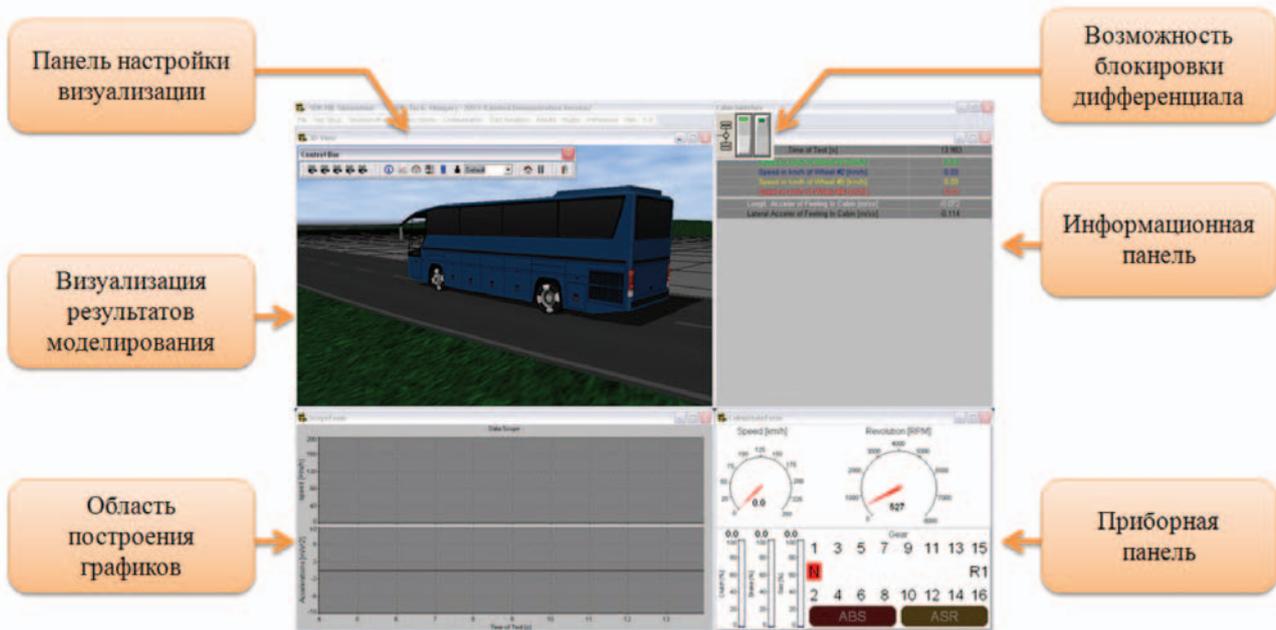


Рисунок 2. Интерфейс программы SDK-Simulation

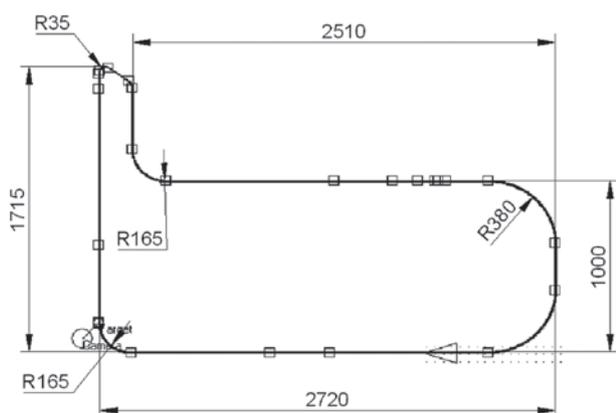


Рисунок 3. Схема виртуального полигона (размеры в м)

создания ПАК по оценке свойств активной безопасности коммерческих транспортных средств.

В качестве программного обеспечения был выбран пакетный комплекс SDK Simulation, обладающий значительным функционалом, и имеющий широкий спектр возможностей:

- Моделирование движения транспортного средства в реальном времени;
- Обеспечение высококачественной текстурированной трехмерной визуализации;
- Возможность создания моделей транспортных средств категорий М2, М3, N2 и N3;
- Моделирование подсистем транспортного средства;
- Связь с внешними аппаратными средствами для формирования испытательной системы на базе реальных устройств;
- Наличие программируемой модели водителя;
- Запись результатов в различных формах и др.

Создание имитационной модели движения транспортного средства в программном комплексе SDK Simulation можно разделить на несколько этапов:

- задание параметров транспортного средства (более 70 параметров, описывающих особенности конструкции);
- формирование окружающей среды (задание параметров полотна пути);
- задание управляющего воздействия (формирование алгоритма управления транспортным средством);
- выбор модели водителя (задание времени запаздывания и скорости реакции на изменяющиеся условия движения) и др.

Интерфейс программы (рис. 2) позволяет в режиме реального времени оценить характер движения модели транспортного средства, получить необходимую информацию о параметрах движения (скорости, ускорении и т.д.).

С целью проведения имитационного моделирования различных условий движения был разработан виртуальный полигон (рис. 3), обеспечивающий возможность имитации сертификационных испытаний по требованиям ГОСТ Р 52302-2004 (вхождение в поворот, смена полосы движения) [7] и Правил ЕЭК ООН № 13-10 (торможение) [8].

В качестве объекта моделирования был выбран автобус ПА3-320412-03, для которого была разработана модель и заданы соответствующие условия управляющего воздействия.

Для примера на рисунках 4 и 5 показаны результаты имитационного моделирования процесса смены полосы движения (переставки). Пиковое значение поперечного ускорения на графике соответствует моменту смены полосы движения. Скорость маневра

Таблица 1. Сопоставление результатов моделирования с данными, полученными при сертификационных испытаниях

Нормативный документ	Данные имитационного моделирования	Результаты сертификационных испытаний	Требования нормативных документов
ГОСТ Р 52302-2004 (поворот) скорость маневра, км/ч	55,2	53,0	> 51
ГОСТ Р 52302-2004 (переставка) скорость маневра, км/ч	58,1	58,4	> 56
Правила ЕЭК ООН № 13 (торможение*) тормозной путь, м	25,0	21,9	< 31,5
Правила ЕЭК ООН № 13 (торможение*) замедление, м/с ²	5,6	7,0	> 4,0

* Условия торможения: Испытание типа 0 (оценка эффективности торможения с «холодными» тормозными механизмами). Двигатель соединен с трансмиссией. Начальная скорость торможения 50 км/ч. Масса автобуса соответствует полной массе ТС.

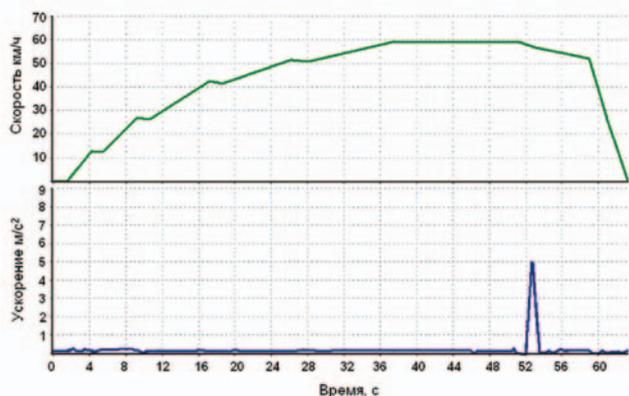


Рисунок 4. Зависимость скорости и поперечного ускорения автобуса от времени для испытания «переставка»

составила 58 км/ч, что является достаточным для исследуемого автобуса.

В целом, результаты моделирования движения автобуса показали, что эксплуатационные свойства модели удовлетворяют минимально необходимым требованиям, т.е. модель характеризуется достаточным уровнем активной безопасности. В табл. 1 представлены некоторые результаты моделирования в сравнении с данными, полученными при сертификационных испытаниях автобуса ПА3-320412-03 (данные предоставлены ООО «Павловский автобусный завод»). Из таблицы видно, что расхождение результатов не превышает 20%, при этом, наибольшее расхождение получено при имитации торможения ТС. Данные результаты объясняются тем, что проведенные исследования ограничивались использованием только программного обеспечения (Software-in-the-loop simulation), при этом не учитывались особенности работы реальных агрегатов тормозной системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шеннон, Р. Имитационное моделирование систем — искусство и наука / Р. Шеннон. М.: Мир, 1978. — 415 с.
2. Тумасов, А.В. Применение электронных систем курсовой устойчивости на коммерческом транспорте российского производства / А.В. Тумасов, А.М. Грошев, А. Палкович. «Журнал ААИ» Журнал ассоциации автомобильных инженеров. № 1 (60), 2010. С. 34-37.
3. Технический регламент о безопасности колесных транспортных средств, постановление Правительства Российской Федерации № 720 от 10.09.2009 г.

4. Дыгало, В.Г. Виртуально-физическая технология моделирования в цикле проектирования автоматизированных тормозных систем / В.Г. Дыгало, А.А. Ревин // Известия ВолгГТУ № 8 (34). Межвузовский сборник научных статей. Волгоград. 2007 — с. 23 — 27.

5. Дыгало, В.Г. Стенд для комплексных лабораторных испытаний ЭГТС / В.Г. Дыгало, А.А. Ревин, А. Сорниотти, М. Веллардокиа // Автомобильная промышленность, № 3, 2006 — с. 34-36.

6. Дыгало, В.Г. Виртуально-физическая технология лабораторных испытаний систем активной безопасности автотранспортных средств: монография / В.Г. Дыгало, А.А. Ревин; ВолгГТУ. — Волгоград, 2006.- 316 с.

7. ГОСТ Р 52302-2004 «Автотранспортные средства. Управляемость и устойчивость. Технические требования. Методы испытания».

8. Правила ЕЭК ООН № 13-10 «Единые предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств категорий М, N и O в отношении торможения»

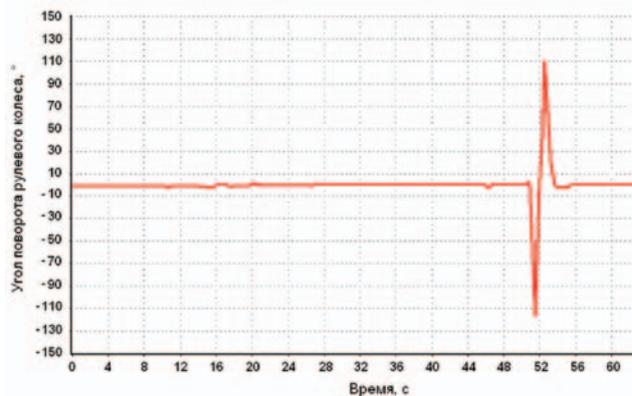


Рисунок 5. Зависимость угла поворота рулевого колеса автобуса от времени для испытания «переставка»

Таким образом, для более адекватного и достоверного имитационного моделирования необходимо использовать специальные программно-аппаратные комплексы, включающие в себя не только программное обеспечение, но также реальные компоненты конструкции ТС (в частности, агрегаты тормозной системы, включая электронные блоки управления и компоненты электронных систем активной безопасности).

В заключении следует отметить, что использование ПАК является перспективным направлением развития в области имитационного моделирования движения транспортных средств и повышения их активной безопасности, позволяющим повысить качество научно-технических разработок и сократить объем дорогостоящих экспериментальных исследований.