

ОТЗЫВ

официального оппонента Тумасова Антона Владимировича на диссертацию Петина Виктора Викторовича «Повышение активной безопасности автомобиля на основе синтеза адаптивного алгоритма функционирования системы автоматического экстренного торможения», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.03 «Колесные и гусеничные машины»

Актуальность

Проблема повышения безопасности движения на дорогах общего пользования всегда являлась актуальной. Оснащение транспортных средств системами автоматического экстренного торможения позволяет минимизировать вероятность возникновения ДТП в случаях, когда водитель не успел вовремя среагировать на резко изменившуюся обстановку и не смог своевременно снизить скорость автомобиля. Очевидно, что большой опыт в вопросах разработки, создания и испытаний систем автоматического экстренного торможения накоплен зарубежными исследователями. В частности, западные автомобильные концерны относительно давно оснащают системой автоматического экстренного торможения значительную часть выпускаемых модификаций транспортных средств. Вместе с этим эффективность новых систем активной безопасности в различных погодных условиях может очень сильно изменяться и в отдельных случаях вклад систем автоматического экстренного торможения в безопасность транспортного средства может быть весьма невысоким. Данная проблема особенно актуальна для России, имеющей обширную географию дорог общего пользования, находящихся в разных широтах и, следовательно, характеризующихся большой вариативностью состояний окружающей среды. Учитывая вышеизложенное, становится очевидным, что необходимо не только оснащать транспортные средства системами автоматического экстренного торможения, но также работать над научно-обоснованными методиками, направленными на повышение эффективности их работы. Изучению данного вопроса посвящена работа Петина В.В., в которой предлагается повышение активной безопасности автомобиля на основе синтеза адаптивного алгоритма функционирования системы автоматического экстренного торможения. Диссертационная работа является актуальной и своевременной; обладает научной новизной и представляет практический интерес для инженеров и исследователей, занимающихся вопросами активной безопасности колесных транспортных средств.

Задачи, решаемые в работе

В своей работе Петин В.В. акцентировал внимание на решении следующих задач:

- 1) Разработка уточненной математической модели функционирования системы автоматического экстренного торможения (далее САЭТ), учитывающую сценарии поведения автомобиля-лидера, работу сенсорной аппаратуры автомобиля, наличие дополнительных систем активной безопасности в конфигурации тормозной системы.
- 2) Дополнение методики прогнозирования коэффициента сцепления колес автомобиля с опорной поверхностью в сложных дорожно-климатических условиях.
- 3) Синтезирование адаптивного алгоритма функционирования системы аварийного экстренного торможения и разработка средств его реализации.
- 4) Проведение экспериментальных исследований с оценкой достоверности прогнозирования коэффициента сцепления, времени срабатывания тормозного привода и тормозного пути в сложных дорожно-климатических условиях.

5) Проведение технико-экономической оценки результатов исследования и разработка практических рекомендаций по повышению эффективности функционирования САЭТ.

Научная новизна

Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

- Уточнена математическая модель функционирования системы автоматического экстренного торможения, позволяющая на стадии проектирования синтезировать рациональную конфигурацию системы автоматического экстренного торможения и алгоритм ее функционирования.
- На основе новых моделей поведения автомобиля-лидера и модели сенсорно-аппаратной части транспортного средства предложена уточненная зависимость для определения остановочного пути автомобиля.
- Дополнена методика прогнозирования коэффициента сцепления колес автомобиля с опорной поверхностью в сложных дорожно-климатических условиях, отличающаяся учетом дополнительных параметров и характеристик, позволяющих с высокой точностью оценить остановочный путь колесного транспортного средства в процессе автоматического экстренного торможения.

Обоснованность правильности решения и достоверность полученных результатов

Правомерность разработанных имитационных моделей и соответствующих математических выражений и предложенных алгоритмов подтверждается грамотным использованием основных положений классической теории движения автомобиля, а также возможностей современных программных комплексов блочного объектно-ориентированного моделирования.

Достоверность полученных результатов подтверждается хорошей сходимостью данных, полученных в ходе расчетов с данными экспериментальных исследований.

Практическая значимость

Практическая значимость работы заключается в разработке методики, позволяющей на стадии проектирования автомобиля синтезировать адаптивные алгоритмы функционирования САЭТ. Автором диссертационного исследования разработаны технические предложения и даны практические рекомендации по повышению эффективности работы систем автоматического экстренного торможения, обеспечивающие более полную реализацию имеющегося потенциала тормозных свойств автомобиля.

Приведенные в диссертации материалы могут найти применение в научно-исследовательских и проектно-конструкторских организациях, занимающихся разработкой перспективных и модернизацией существующих САЭТ автомобиля.

Подтверждение публикации основных результатов работы в научных печатных изданиях

Основные положения и результаты диссертационной работы в полной мере изложены в 5 научных работах, в том числе 2 научные статьи опубликованы в зарубежных изданиях, индексируемых в международной базе Scopus. В опубликованных работах автору принадлежат основные научные идеи, теоретические и прикладные разработки, заключения и выводы.

Оценка структуры, содержания диссертации и завершённости работы в целом

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, а также списка литературы, включающего 106 источников. Общее количество страниц в диссертационной работе 168.

Во введении рассматриваются существующие аналоги систем автоматического экстренного торможения, приводятся обоснование актуальности темы диссертационного исследования, сформулированы цель и задачи работы, сформулирована научная новизна исследования, представлены положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена анализу отечественных и зарубежных научно-исследовательских работ, объектами которых являются тормозные системы, системы активной безопасности движения транспортных средств, системы интеллектуальной помощи водителю. Рассматриваются существующие методики проведения испытаний САЭТ, при этом отдельное внимание уделяется рассмотрению сценариев испытаний с участием имитатора пешехода. Приводится обоснование для разработки эффективных систем автоматического экстренного торможения для регионов со сложными дорожно-климатическими условиями.

Во второй главе представлены предпосылки для разработки математической модели, предназначеннной для создания и проверки алгоритмов САЭТ. Дано подробное описание модели движения впереди идущего и испытуемого транспортных средств; модели имитации данных радарного сенсора; модели прогнозирования коэффициента сцепления колеса с дорожным покрытием в зависимости от внешних дорожно-климатических факторов. Автор описывает инструменты для синтеза и исследования систем автоматического экстренного торможения, показывает основные отличия стандартных методов расчета остановочного пути транспортного средства от методов, использующих дополненные корректирующие коэффициенты, предложенные автором работы, повышающие точность расчета.

В третьей главе описано проведение экспериментальных исследований оригинального алгоритма работы системы автоматического экстренного торможения. Объектом испытаний стал один из прототипов проекта ЕМП ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ». Автором сформулированы цели и задачи эксперимента, представлено описание измерительного и записывающего оборудования, дана методика проведения испытаний. Проведены следующие виды испытаний: на проверку соответствия прогнозирования эффективности работы САЭТ в зависимости от установленной конфигурации систем активной безопасности; на проверку соответствия действительного коэффициента сцепления с дорожным полотном спрогнозированному значению; исследования на сухом и мокром асфальте и на базальте. Выполнено экспериментальное исследование на соответствие прогнозируемого времени достижения установившегося замедления действительному. Проведены испытания на соответствие расчетного тормозного пути математической модели и тормозного пути, полученного экспериментально.

В четвертой главе автором работы дана технико-экономическая оценка эффективности синтезированного алгоритма работы системы автоматического экстренного торможения. Представлено описание САЭТ, включающей разработанный в ходе выполнения работы алгоритм, дана функциональная оценка эффективности САЭТ по торможению перед стационарной и динамической мишеньями. Дано описание результатов дорожных испытаний в различных климатических условиях (маршрут г. Ноябрьск – г. Москва) разработанной САЭТ. Предложены практические рекомендации по построению математической модели системы автоматического экстренного торможения, а также предложения по наиболее рациональным вариантам конструкции транспортного средства и состава САЭТ, способные повысить эффективность ее работы.

В заключении представлено семь основных результатов (выводов) диссертационного исследования.

Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации

Содержание автореферата полностью соответствует основным положениям диссертации и совместно с опубликованными работами в полной мере отражает ее содержание.

Соответствие направления и темы диссертационных исследований пунктам паспорта научной специальности

Диссертация Петина В.В. «Повышение активной безопасности автомобиля на основе синтеза адаптивного алгоритма функционирования системы автоматического экстренного торможения» соответствует научной специальности 05.05.03 «Колёсные и гусеничные машины», а именно пунктам:

1. Методы оптимизационного синтеза транспортных средств, их отдельных функциональных узлов и механизмов.
2. Методы расчета и проектирования транспортных средств.
3. Повышение качества, экономичности, долговечности и надежности, безопасности конструкции, экологических характеристик и других потребительских и эксплуатационных параметров транспортных средств.

Замечания и вопросы по диссертационной работе

1. В разделе 1.4 «Испытания с пешеходами» Главы 1 автор работы описывает методику обнаружения пешеходов EuroNCAP в трех возможных сценариях, в которых пешеход пересекает путь непосредственно перед тестируемым автомобилем. Не очень понятно, для чего в работе приведена эта информация, поскольку в дальнейшем автор нигде не моделирует аварийную ситуацию, связанную с торможением автомобиля перед пешеходом.
2. В разделе 2.2 «Математическая модель движения впереди идущего и испытуемого транспортных средств» Главы 2 (стр. 48) автор пишет о том, что «Создание имитационной базы сценариев проводилось на основании проведенных дорожных испытаний и записи данных движения автомобилей на дорогах общего пользования». Из текста работы не понятно, о каких видах дорожных испытаний идет речь? Не ясно, какими были условия испытаний и какие именно сценарии в конечном счете были выбраны?
3. В разделе 2.2 Главы 2 в таблице 2 (стр. 50) представлены средние данные замедлений автомобилей на дорогах общего пользования, а в таблице 3 (стр. 51) указан набор значений параметров движения для создания сценариев испытаний. К сожалению, автор не уточняет, для какой категории транспортного средства справедливы такие значения? Являются ли данные числовые параметры одинаковыми для всех климатических и погодных условий или же они будут определенным образом изменяться? Не лишним был бы дополнительный комментарий автора или ссылка на соответствующее исследование, в котором содержится более подробная информация.
4. В разделе 2.4 Главы 2 автор представляет перечень данных, используемых для прогнозирования коэффициента сцепления колеса с полотном пути (стр. 56) в том числе: срабатывание системы курсовой устойчивости и распознавание линий разметки фронтальной камерой. Автор отмечает, что именно такой набор параметров позволяет

наиболее достоверно определить текущее состояние дорожного покрытия. Автор, безусловно, прав, но было бы интересным понять. На сколько сильно снижается достоверность прогнозирования коэффициента сцепления в том случае, если перечень данных будет не полным. Например, в процессе движения могут встречаться участки пути, где дорожная разметка отсутствует или не может быть распознана (дорога занесена снегом), насколько сильно в этом случае снизится достоверность определенного значения коэффициента сцепления? Наличие подобных пояснений в тексте диссертации повысили бы ее практическую значимость.

5. В разделе 2.6 Главы 2 автор приводит перечень новых коэффициентов, вводимых им в формулу расчета тормозного пути (стр. 70). Автор приводит описание коэффициентов, но не приводит формул, графиков или таблиц, а также возможных диапазонов изменений, по которым можно было бы определять значения новых коэффициентов и использовать их в соответствующих алгоритмах. Учитывая то, что это является новизной работы и характеризует вклад автора в развитие теории процесса торможения автомобиля, следовало бы уделить этому более глубокое внимание и дать развернутое описание предлагаемых уточнений.
6. В разделе 3.7 Главы 3 автор указывает, что значение φ_d (действительный коэффициент сцепления) в ходе дорожных испытаний определялся по сенсору продольного ускорения системы ESP (стр. 91), установленной на соответствующем автомобиле. Автор отмечает, что значение φ_d в этом случае «имеет некоторый разброс и шум». Используется соответствующая фильтрация. В тексте написано, что используются возможности пакета Simulink,строенная функция которого «автоматически считает среднее установившееся замедление». Тем не менее остается непонятным, какое именно значение φ_d в итоге принимается за действительное (среднее арифметическое, среднеквадратичное или какое-то иное)?
7. Поскольку определению значения коэффициента сцепления в работе уделяется особое внимание, то, возможно, следовало бы провести отдельные испытания с использованием специализированного оборудования, с целью определения коэффициента сцепления полотна пути, на котором проводились дорожные испытания. В этом случае можно было бы сравнивать φ_p и φ_d с истинным значением коэффициента сцепления, что было бы интересно с научной точки зрения.
8. На рисунках 3.14...3.15 (стр. 93, 95 и 97) показаны графики прогнозируемого и действительного коэффициента сцепления, полученных для разных начальных скоростей торможения на сухом асфальте. Отчетливо видно, что значение прогнозного коэффициента сцепления является относительно постоянным (изменение значения несущественно) на протяжении 1,5...3,0 секунд, в то время как значение действительного коэффициента сцепления за этот же интервал времени изменяется более существенно. К сожалению, из текста диссертации не понятно, каким образом определялся интервал времени, внутри которого происходила обработка значений φ_p и φ_d ? Автор делает вывод о том, что «предельные отклонения расчетного и экспериментального значений не превысили 6 %», но при этом видно, что в некоторый момент времени расхождения в значениях достигают 15...20%. В этой связи желательными являются соответствующие комментарии автора, нивелирующие возможные сомнения.
9. В разделе 3.11 Главы 3 (стр. 119) автор отмечает, что значение времени достижения установившегося замедления t_h зависит от коэффициента сцепления и имеет разброс от

максимального к минимальному 0,22 секунды. На рисунке 3.33 показан соответствующий график, но вместе с этим автор не вывел уравнения полученной зависимости, которое, вне всякого сомнения, представляло бы определенный научный интерес.

10. В разделе 3.12 Главы 3 описаны выполненные испытания торможения автомобиля перед неподвижной мишенью, имитирующей ТС, в автоматическом режиме функционирования САЭТ. К сожалению, в таблице 36 (стр. 122) представлены результаты только для начальной скорости торможения 25 км/ч. Если для укатанного снега такая скорость является вполне адекватной, то для мокрого и сухого асфальта явно заниженной. Интересно было бы посмотреть сравнение расчетного и реального тормозного пути на более высоких начальных скоростях торможения.
11. Результаты функциональной оценки эффективности САЭТ на торможение перед стационарной мишенью (раздел 4.2, Глава 4) содержат информацию только для торможения на относительно низких скоростях 19,8...32,4 км/ч. Интересным было бы оценить работу алгоритма САЭТ с предложенными поправочными коэффициентами на скоростях, приближенным к 50 км/ч. Без этого сложно утверждать о том, что разработанные автором модели и алгоритмы способны решить задачу активной безопасности во всем необходимом диапазоне скоростей.
12. В разделе 4.4 «Дорожные испытания разработанной САЭТ (испытания в сложных дорожно-климатических условиях)» представлена информация о работе прототипа автомобиля с САЭТ на маршруте г. Ноябрьск – г. Москва. К сожалению, информация носит исключительно описательный характер и не содержит какой-либо качественной и количественной оценки работы САЭТ в сложных дорожно-климатических условиях (количество срабатываний, количество отказов, эффективность работы в условиях ограниченной видимости, эффективность работы при низких температурах и пр.). Ссылка на какой-либо источник информации (статью или монографию) также отсутствует. В этой связи основываясь на тексте диссертации очень сложно сделать какие-либо конкретные выводы по работе САЭТ в реальных условиях эксплуатации.
13. Раздел 4.6 «Конструктивные рекомендации по повышению эффективности функционирования систем автоматического экстренного торможения», к сожалению, написан слишком неконкретно. Автор изложил информацию, которая хорошо известна любому компетентному инженеру, занимающемуся вопросами активной безопасности. В итоге как таковых практических рекомендаций автор не предложил. Здесь автору следовало бы опираться на результаты своих исследований и опыта, полученный в ходе выполнения диссертационного исследования, а не на общеизвестные факты о современных элементах и системах автомобиля.
14. В тексте раздела 4.7 «Экономическая оценка предлагаемых решений» автор работы приводит формулы и финансовые показатели, на основе которых определяет экономическую выгоду, которая, по мнению автора, очевидна и покрывает немалые затраты на установку САЭТ. Вместе с этим автор не приводит ни одного источника информации, который мог бы подтвердить корректность представленных рассуждений и расчетов. Это, в определенной степени, снижает качество выполненной экономической оценки предлагаемых технических решений и заставляет задуматься о необходимости проведения более глубоко и обоснованного анализа.

Указанные замечания не затрагивают принципиальных положений диссертации, отмеченные недостатки не снижают достоинств и общего положительного впечатления от выполненной диссертационной работы.

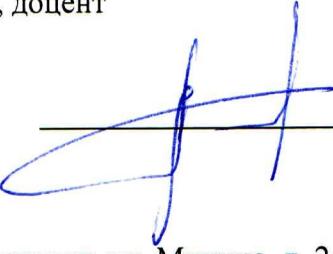
Заключение

Диссертация Петина Виктора Викторовича «Повышение активной безопасности автомобиля на основе синтеза адаптивного алгоритма функционирования системы автоматического экстренного торможения» является законченной научно-квалификационной работой, обладающей внутренним единством, выполненной автором самостоятельно на высоком уровне, в которой решена научная задача, имеющая существенное значение для развития автомобильной отрасли страны в части повышения активной безопасности колесных транспортных средств. Защищаемые соискателем научные положения отличаются научной новизной и практической значимостью; достоверность полученных результатов не вызывает сомнений. Задачи, поставленные в работе, решены в полном объеме. Текст автореферата соответствует структуре и содержанию диссертации. В научных трудах по теме диссертации в полной мере отражены основные положения и содержание проведённых исследований.

Диссертация Петина Виктора Викторовича «Повышение активной безопасности автомобиля на основе синтеза адаптивного алгоритма функционирования системы автоматического экстренного торможения» соответствует п. 9 Постановления Правительства РФ от 24 сентября 2013 года №842 «О порядке присуждения учёных степеней», а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.05.03 – «Колёсные и гусеничные машины».

Официальный оппонент

Заведующий кафедрой «Автомобили и тракторы», директор Института транспортных систем ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ), кандидат технических наук, доцент


Тумасов Антон Владимирович
15 августа 2022г.

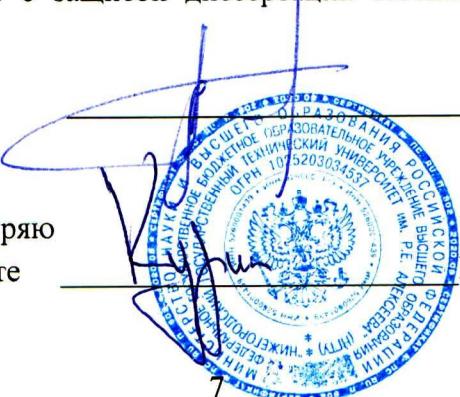
Почтовый адрес:

603950, ГСП-41, г. Нижний Новгород, ул. Минина, д. 24, НГТУ

раб. тел. (831) 436-63-64, моб.тел. +79051920576, e-mail: anton.tumasov@nntu.ru

кандидатская диссертация по специальности 05.05.03 – «Колёсные и гусеничные машины»

Я, Тумасов Антон Владимирович, даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Петина Виктора Викторовича, и их дальнейшую обработку.


Тумасов Антон Владимирович

Подпись Тумасова А.В. заверяю

Проректор по научной работе


Куркин Андрей Александрович