

**ОТЗЫВ
официального оппонента на диссертацию
Ульченко Ивана Алексеевича
на тему «Повышение безопасности колёсных машин на основе
совершенствования алгоритмов работы
системы предотвращения столкновений»
по специальности 05.05.03 – Колёсные и гусеничные машины
на соискание учёной степени кандидата технических наук**

Актуальность выбранной темы

Всё большее развитие получают системы активной безопасности (САБ) автомобилей, позволяющие сократить количество дорожно-транспортных происшествий, уменьшить количество травм и жертв. Системы активной безопасности являются одним из наиболее эффективных средств сохранения жизней и здоровья пассажиров и водителей. Исследования в области систем активной безопасности нового поколения, работа которых направлена на предотвращение столкновений автомобиля с другими участниками дорожного движения или элементами дорожной обстановки, представляют большой научный и практический интерес с точки зрения развития конструкции автомобилей, а также используемых в них систем автоматического управления. Диссертационная работа, выполненная Ульченко Иваном Алексеевичем, посвящена совершенствованию систем активной безопасности автомобиля, обеспечивающих предотвращение столкновений с внешними объектами посредством автоматического выполнения курсовых маневров. Данный тип САБ является новым и перспективным, объём исследований и разработок в предметной области на сегодняшний день невелик, в связи с чем тематика рассмотренной диссертации имеет высокую актуальность.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Положения, выводы и рекомендации, представленные в диссертации, имеют выраженный научно-практический характер. Обоснование полученных выводов базируется как на результатах, полученных отечественными и зарубежными исследователями в области систем экстренного автоматического маневрирования транспортных средств, так и на результатах проведения собственных исследований соискателя, полученных при помощи современных методов математического моделирования и экспериментальных исследований.

Для решения поставленных задач автор прибегает к использованию теории автомобиля, в частности таких её аспектов, как устойчивость и управляемость движения, теории автоматического управления, теории оптимального управления, математического моделирования, теории оптимизации и вычислительной математики.

Достоверность и новизна полученных результатов

Достоверность результатов диссертационного исследования обосновывается корректным выбором математических моделей, позволяющих разрабатывать алгоритмы управления движением автомобиля, предотвращающие столкновения, и подтверждается экспериментальными исследованиями, представляющими собой дорожные испытания автомобиля.

К научной новизне диссертации следует отнести предложенный автором новый метод исследования и разработки алгоритмов предотвращения столкновений на основе нелинейного модельно-прогностического управления; новые виды регуляторов, управляющих траекторным движением автомобиля при помощи автоматического поворота рулевого колеса; новый набор критериев оценки качества выполнения экстренных манёвров системой автоматического управления.

Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов

Теоретическая значимость диссертационной работы заключается в предложенном в ней новом методе исследования и разработки алгоритмов предотвращения столкновений, использующем оригинальный критерий оптимальности управления, который обеспечивает максимальную интенсивность манёвров, минимальную колебательность переходного процесса, стабилизацию автомобиля в полосе движения и учёт снижения нормальных реакций на колёсах автомобиля для предотвращения его опрокидывания. Также теоретический интерес представляют новые структуры регуляторов траекторного движения и предложенные критерии оценки качества выполнения маневров смены полосы движения.

Практическая ценность работы заключается в реализации предложенных алгоритмов в виде программного обеспечения, которое может быть использовано для решения следующих инженерных и исследовательских задач:

- автоматическое управление движением автомобиля в реальном времени с обеспечением предотвращения столкновений с внешними объектами;
- расчёт программ оптимального управления движением автомобиля для выполнения автоматических экстренных манёвров;
- оптимальная настройка параметров математических моделей на основе экспериментальных данных
- оптимальная настройка параметров траекторных регуляторов на основе критериев качества выполнения экстренных манёвров.

Оценка содержания диссертации, её завершенность

Диссертация построена по традиционно принятой схеме и состоит из введения, четырёх глав, общих результатов и выводов, списка используемых источников и шести приложений. Работа состоит из 136 страниц машинописного текста (без приложений), содержит 88 рисунков и 5 таблиц (29 таблиц в приложениях). Список литературы включает в себя 120 наименований.

Содержание диссертации опубликовано в 5-ти печатных работах, из которых 4 статьи опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК РФ и входящих в перечень ВАК и международные базы цитирования. Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на научно-технических конференциях.

Введение диссертации содержит аннотацию работы, в которой объясняется актуальность темы исследования, ставится цель и задачи, формулируются научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы.

Первая глава диссертации посвящена анализу САБ, предотвращающих столкновения автомобиля с внешними препятствиями. Проведено сравнение управления автомобилем водителем-человеком и автоматической системой, результаты которого позволили сделать вывод о перспективности автоматизации выполнения действий, направленных на предотвращение столкновений автомобиля с препятствиями в случае, если водитель не реагирует на опасную ситуацию должным образом. Представлен анализ научных публикаций, посвящённых архитектуре автоматических систем предотвращения столкновений, а также рассмотрены описания систем предотвращения столкновений, реализованных различными автопроизводителями и технологическими компаниями. На основании обзора научно-технической литературы сделаны выводы о недостатках известных исследований и решений в области систем экстренного автоматического маневрирования.

Во второй главе проанализированы основные типы математических моделей движения автомобиля, используемых в исследованиях и разработках САБ. На основании анализа из 6-ти моделей выбрана наиболее подходящая для решения задач диссертационной работы. Приведено подробное описание математических моделей, а также проверка их адекватности с использованием экспериментальных данных, показывающая, что выбранная модель пригодна для дальнейших исследований.

В третьей главе представлены описания предлагаемых алгоритмов управления траекторным движением автомобиля, реализующих функцию уклонения от столкновений. В качестве средства для получения эталонной

оптимальной программы управления предложен алгоритм на основе метода нелинейного модельно-прогностического управления NMPC с использованием оригинального критерия оптимальности. В качестве средств траекторного управления, которые могут быть реализованы в контроллерах САБ, рассмотрены регуляторы, основанные на т.н. геометрическом методе, и предложены 2 новых вида траекторных регуляторов. Для оценки работы траекторных регуляторов при выполнении манёвров ухода от столкновений предложен систематизированный подход с использованием критериев трёх типов: минимального безопасного расстояния, набора критериев качества переходного процесса, а также динамических критериев, включающих максимальное боковое ускорение и минимальные нормальные реакции опорной поверхности.

В четвёртой главе представлены результаты исследования разработанных алгоритмов уклонения от столкновений посредством вычислительных экспериментов и дорожных испытаний автомобиля. Приводятся программы управления и параметры движения автомобиля, полученные при использовании метода NMPC и траекторных регуляторов на опорных поверхностях с высоким и низким сцеплением. Описан объект испытаний – легковой автомобиль, оснащенный исполнительными и вычислительными устройствами, с помощью которых реализуется автоматическое управление движением. Представлены результаты дорожных испытаний автомобиля с выполнением манёвров ухода от столкновения с виртуальным препятствием. Показано сравнение результатов вычислительных и физических экспериментов для разных типов регуляторов, а также сопоставление полученных величин критериев безопасности с данными других исследовательских работ. По результатам исследования сделаны выводы о преимуществах автоматического маневрирования в сравнении с автоматическим экстренным торможением, а также о преимуществах предложенных новых регуляторов по отношению к известным решениям.

В заключении диссертации представлены основные результаты работы и выводы, сделанные по итогам проведённого исследования.

В целом диссертация представляет собой законченное научное исследование, а её содержание соответствует поставленным цели и задачам.

Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации, влияние отмеченных недостатков на качество исследования

Диссертационная работа является законченным научным исследованием, выполненным автором самостоятельно и на высоком научном уровне.

По диссертации имеются следующие замечания:

1. На стр. 21 впервые встречается термин «уставка угла поворота рулевого колеса», но не даётся к нему определения. В дальнейшем становится понятно, что, возможно, целесообразнее было бы использовать термин «сигнал задания», которым является угол поворота рулевого колеса.

2. Допущения о несущественном влиянии стабилизирующего момента шины, а также кинематики подвески в описании математических моделей движения автомобиля, представляются недостаточно обоснованными (стр. 31, допущения).

3. На стр. 35. говорится, что в модели З нормальные реакции равны весу, приходящемуся на каждое колесо. Однако модель З основана на «велосипедной» расчётной схеме, в которой реакции действуют не на отдельные колеса, а на колёсные оси.

4. Стр. 46. «...фрагмент испытаний по измерению радиуса качения...». Радиус качения измерить нельзя – он определяется расчётным путём на основе измерений. Следовало бы написать «...фрагмент испытаний по определению радиуса качения...».

5. Стр. 51. Фразу «Значения параметров были получены...» (относится к исходным данным для моделирования) следовало бы уточнить, написав какие из перечисленных параметров были получены в результате дорожных и лабораторных испытаний (и каких конкретно испытаний), а какие – из технической документации автомобиля.

6. Стр. 52. В таблице 2.2 «Параметры автомобиля» угловая жёсткость передней и задней подвесок приняты одинаковыми. В реальности они

разные. Коэффициенты демпфирования для передней и задней подвесок тоже, возможно, должны быть разными. Также неясно, как была определена высота центра парусности автомобиля.

7. Замечания редакционного характера.

7.1. Расшифровка аббревиатур в списке сокращений и условных обозначений начинается то с заглавной буквы, то со строчной. Правильнее было бы начинать со строчных букв расшифровку всех сокращений, кроме названий и имён собственных.

7.2 . Стр. 30. Сбилась нумерация ссылок на литературу.

7.3. Стр. 38. В формулах 2.17 и 2.18 один и тот же параметр, радиус колеса, обозначается по-разному: в 2.17 – с индексами, а в 2.18 – без них.

7.4. Опечатка на стр. 49: вместо «угловая жёсткость подвески» написано «коэффициент угловой жёсткости», хотя выше на той же странице написано верно.

7.5. Стр. 115. Графики результатов моделирования и результатов испытаний для наглядности следовало бы изобразить на одном поле (наложить друг на друга).

Приведённые замечания не снижают общего положительного впечатления о выполненной работе, научной и практической ценности работы и, скорее, могут служить в качестве рекомендаций к направлению дальнейшей деятельности автора.

Соответствие автореферата основному содержанию диссертации

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации, отражает её основные положения и результаты.

Соответствие диссертации и автореферата требованиям

ГОСТ Р 7.0.11-2011

Диссертация и автореферат соответствуют требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления» (М.: Стандартинформ. – 2012).

Заключение

Диссертация Ульченко Ивана Алексеевича на соискание учёной степени кандидата технических наук является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно-обоснованные технические решения в области повышения активной безопасности автомобилей посредством совершенствования алгоритмов уклонения от столкновений, имеющие существенное значение для развития автомобилестроения в Российской Федерации. Теоретическая ценность, практическая значимость и обоснованность результатов работы не вызывают сомнений. Диссертация соответствует требованиям, установленным в Положении Правительства РФ «О порядке присуждения учёных степеней».

Автор диссертации заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.05.03 – «Колёсные и гусеничные машины».

Официальный оппонент,
кандидат технических наук,
(05.05.03 – «Колёсные и гусеничные
машины»),
доцент, доцент кафедры
«Наземные транспортные средства».

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования «Московский политехнический
университет»,
107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, 38,
телефон: (495) 223-05-23, доб. 1204,
адрес электронной почты:
e.e.baulina@mospolytech.ru

Баулина Елена Евгеньевна

«25» августа 2022 г.

ПОДПИСЬ Баулиной Е.Е. заверяю

