

О Т З Ы В

официального оппонента на диссертационную работу

Ендачёва Дениса Владимировича «Прогнозирование характеристик криволинейного движения беспилотного автомобиля», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности

05.05.03 — «Колесные и гусеничные машины»

Актуальность диссертационной работы.

Развитие беспилотных автотранспортных средств (АТС) связано в первую очередь с разработкой планетоходов и робототехнических комплексов специального назначения. Но начиная с 80-ых годах 20-го века данное направление начало широко развиваться автопроизводителями из США, Германии, Японии, Италии, Китая, Великобритании, Франции (автоконцерны General Motors, Ford, Mercedes Benz, Volkswagen, Audi, BMW, Volvo).

Большой толчок к развитию беспилотных АТС дали соревнования машин-роботов под эгидой Агентства по перспективным оборонным научно-исследовательским разработкам США (DARPA) Grand Challenge (2004) и Urban Challenge (2009).

На сегодняшний день наиболее известными разработками сумевшими реализовать комплексный подход к созданию беспилотного автомобиля являются две компании – Google и РобоСиВи. Из отечественных разработчиков можно отметить «КАМАЗ», ФГУП «НАМИ».

Несмотря на то, что теория движения АТС достаточно подробно разработана, но для беспилотных машин нужно учитывать временные задержки измерительных, вычислительных и исполнительных устройств. Это позволит правильно выбирать режимы работы, в том числе и при криволинейном движении. Поэтому тема исследования является актуальной.

Решенными научными задачами в работе являются:

- проведен анализ отечественных и зарубежных информационных источников по теме исследования, а именно беспилотных АТС;
- разработана динамическая модель движения беспилотного АТС с учетом особенностей функционирования систем управления движением, а именно время задержки измерительных, вычислительных и исполнительных устройств;
- разработан метод выбора рациональных параметров, учитывающий время «реакции» систем управления движением беспилотного АТС на стадии проектирования;
- проведены теоретические исследования динамики беспилотного АТС в дорожных условиях с разными тягово-цепочечными свойствами при выполнении маневра «переставка» и движении по характерному маршруту при различных характеристиках системы управления движением;
- проведены экспериментальные исследования движения беспилотного АТС на базе серийного автомобиля «LADA-Kalina» с целью оценки адекватности разработанной математической модели;

– на основе разработанного метода выбраны технические решения и реализована система управления беспилотным АТС на базе серийного автомобиля «LADA-Kalina».

Научная новизна полученных результатов заключается в следующем:

- в создании математической модели криволинейного движения беспилотного АТС по ровному горизонтальному недеформируемому опорному основанию, пригодной для исследования влияния временных задержек, связанных с качеством работы системы управления, на безопасность движения. Модель отличается от известных учетом работы регистрирующей и вычислительной аппаратуры, а также исполнительных устройств;
- в методе выбора рациональных параметров систем управления движением беспилотными АТС, позволяющем определить границы безопасного выполнения маневров на стадии проектирования техники;
- в результатах теоретических исследований криволинейного движения беспилотного АТС при заданных управляющих воздействиях, соответствующих выполнению как стандартизованных испытаний (маневр «переставка»), так и оригинальных (движение по заранее заданному маршруту), на опорных основаниях с различными сцепными свойствами и при различных временных задержках по исполнению управляющего сигнала.

Обоснованность и достоверность результатов

В качестве инструмента для моделирования движения беспилотного АТС с учетом особенностей системы управления движением автор работы использует MATLAB/Simulink как один из наиболее пригодных программных продуктов, способных решить поставленные задачи. Адекватность использования данного программного обеспечения подтверждается многолетней практикой его использования для решения актуальных задач машиностроения (как в отечественной, так и зарубежной практике).

Экспериментальные исследования проведены в соответствии с нормативными документами, такими как ГОСТ Р 52302-2004 «Автомобильные средства. Управляемость и устойчивость. Технические требования. Методы испытаний»; ГОСТ 52399-2005 «Геометрические элементы автомобильных дорог», а также методиками проведения испытаний принятыми в НИЦИАМТ ФГУП «НАМИ» г. Дмитров.

Значимость для науки и практики результатов диссертационного исследования заключается в создании комплекса программ для ЭВМ для практического использования при разработке систем управления движением беспилотным АТС. Данный комплекс позволяет имитировать динамику беспилотного АТС и проводить оценку влияния задержки управляющего воздействия на безопасность движения в различных дорожных условиях. Это позволяет качественно оценить работу системы автоматического управления движением и обосновано подходить к формированию технических требований

к таким системам, и как следствие повысить безопасность при эксплуатации беспилотных АТС.

Полученные результаты использованы при создании реального образца беспилотного АТС на базе «LADA-Kalina». Теоретические положения и практические рекомендации, изложенные в диссертации внедрены в ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», в НИИ СМ МГТУ им. Н.Э. Баумана и используются в учебном процессе при подготовке инженеров на кафедре СМ-10 «Колесные машины» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Результаты диссертационной работы являются составной частью исследований, выполняемых ГНЦ ФГУП «НАМИ» при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках ПНИ.

Общее содержание диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, общих результатов и выводов, списка литературы. Работа изложена на 183 листах машинописного текста, содержит 95 рисунков, 7 таблиц. Библиография работы содержит 93 наименования.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, заключающейся в прогнозировании характеристик криволинейного движения беспилотного транспортного средства, разработанного на базе серийного автомобиля «LADA-Kalina», с целью обеспечения безопасности, приведено также краткое содержание выполненных исследований, сформулирована цель работы и отражены основные положения, которые выносятся на защиту.

В первой главе проведен анализ отечественных и зарубежных работ, посвященных созданию беспилотных автотранспортных средств. Проанализированы существующие автоматические системы управления движением беспилотными АТС. Сформулированы цель и задачи исследования.

Во второй главе представлена математическая модель криволинейного движения беспилотного АТС, в состав которой входит система управления движением. Данная модель реализована посредством *MATLAB/Simulink*. Для организации автоматической системы АТС реализован алгоритм, основанный на использовании аппарата нечеткой логики.

В третьей главе приведены результаты теоретических исследований криволинейного движения беспилотного АТС на опорном основании с высокими и низкими сцепными свойствами. Разработана методика проведения имитационных испытаний по оценке маневренности, управляемости и устойчивости беспилотного АТС при различных маневрах: «Переставка $S_n = 20$ м» и движение по заданному маршруту. Получены значения максимальных скоростей безопасного выполнения маневров в зависимости от времени задержки сигнала управляющего воздействия

В четвертой главе приведены результаты экспериментальных исследований на примере беспилотного АТС на базе автомобиля «LADA-Kalina». Даны методика проведения испытаний и регистрирующее оборудование. Показано сравнение данных полученных по результатам экспериментальных и теоретических исследований.

Выводы по каждой главе и заключительные выводы отражают суть и

результаты выполненных автором исследований.

Список литературы из 93 проработанных источников по теме диссертации.

Публикации основных результатов работы.

Количество публикаций по теме диссертации в количестве 10 статей, из которых 5 в изданиях рекомендованных перечнем ВАК РФ, говорит о достаточной апробации основных положений диссертации. В публикациях Ендачева Д.В. подробно раскрываются основные положения диссертации.

Соответствие содержания диссертации и реферата.

Название диссертации соответствует её содержанию. Диссертация оформлена в соответствии с требованиями ВАК РФ к кандидатским диссертациям. Изложение материала ясное для понимания положений работы специалистами. По содержанию диссертация соответствует специальности 05.05.03 - «Колесные и гусеничные машины».

Автореферат диссертации отражает основные положения и результаты диссертационного исследования.

Замечания по диссертационной работе:

1. В диссертации достаточно подробно проанализированы зарубежные беспилотные АТС, однако почему-то не упоминаются такие отечественные разработки беспилотных автомобилей на базе КАМАЗа и ГАЗели?

2. В работе моделируется движение переднеприводного автомобиля «LADA-Kalina», но на рисунке 2.18 приведена схема для заднеприводного. Наверное, нужно было указывать схему в соответствии с анализируемым автомобилем.

3. В автореферате на «рисунке 1 – Расчетная схема к определению положения корпуса АТС» и «рисунке 2 – Расчетная схема взаимодействия колеса с опорной поверхностью» машина поворачивает в разные стороны. Конечно уравнения описывающие движение АТС от этого не поменяются, но следовало бы изобразить схемы однотипно.

4. В 3 главе рассмотрено движение только при маневре «переставка $S_n = 20$ м». Для полноты работы можно было бы добавить маневры «переставка $S_n = 16$ м» и «поворот».

5. При моделировании движения по смоделированной трассе рассмотрена максимальная скорость безопасного прохождения трассы сочетающей прямые участки и повороты. В данном случае максимальная скорость будет определяться скоростью прохождения участка дороги с наименьшим радиусом поворота. Наверное, нужно было рассматривать переменную скорость движения и общее время прохождения трассы с учетом тягово-цепных свойств опорной поверхности и времени реакции системы управления АТС.

6. В работе следовало привести хотя бы пример характеристик оборудования, приводов, времени задержки и срабатывания оборудования установленного на объект исследования «LADA-Kalina».

7. Сравнение эксперимента и имитационного моделирования показано только в графическом виде. Хотелось бы увидеть какие-то числовые значения.

Заключение.

Диссертация является законченной научно-исследовательской квалификационной работой, выполненной самостоятельно на высоком научно-техническом уровне, качественно оформленной, написанной технически грамотно.

В диссертации на основании выполненных автором исследований изложены положения, которые можно квалифицировать как совокупность научно обоснованных технических решений, заключающихся в разработке алгоритмов и методики учета временных задержек, связанных с работой регистрирующей и вычислительной аппаратуры, а также исполнительных устройств в системе управления движением беспилотным АТС.

Внедрение технических решений направленных на прогнозирование характеристик криволинейного движения беспилотного автомобиля имеет существенное значение для автомобильной отрасли экономики.

Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Работа базируется на достаточном числе исходных данных, примеров и расчетов.

В соответствии с вышеизложенным считаю, что диссертационная работа «Прогнозирование характеристик криволинейного движения беспилотного автомобиля» отвечает требованиям Положения «О присуждении ученых степеней» ВАК РФ, утвержденного Правительством РФ 24.09.2013. Автор диссертации – Ендачёв Денис Владимирович, заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 05.05.03 Колесные и гусеничные машины.

Официальный оппонент
кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры «Автомобили и тракторы»
ФГБОУ ВО Нижегородского государственного
технического университета им. Р.Е.Алексеева
603950 г. Нижний Новгород, ул. Минина, д. 24
тел: +7 831 4367363
e-mail: makvl2010@gmail.com

04.11.2016



Макаров Владимир Сергеевич

Подлинность подписи Макарова В. С. подтверждаю:
Ученый секретарь Ученого совета, к.т.н., доц.

Мерзляков И.Н.