

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 217.014.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИТАРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ - «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ОРДЕНА
ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ АВТОМОБИЛЬНЫЙ И АВТОМОТОРНЫЙ
ИНСТИТУТ «НАМИ» МИНИСТЕРСТВА ПРОМЫШЛЕННОСТИ И
ТОРГОВЛИ РФ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 14.09.2022 г. № 16

О присуждении Чаплыгину Антону Владимировичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Улучшение наблюдаемости параметров движения автомобиля в системах активной безопасности» по специальности 05.05.03 – «Колесные и гусеничные машины» принята к защите 6 июня 2022 г. (протокол заседания № 9) диссертационным советом Д 217.014.01, созданным на базе Федерального государственного унитарного предприятия «Центральный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт «НАМИ» (ФГУП «НАМИ») Министерства промышленности и торговли РФ, 125438, г. Москва, ул. Автомоторная, д. 2, приказ Минобрнауки России о создании совета от 11 апреля 2012 г., № 105/НК.

Соискатель Чаплыгин Антон Владимирович, 17 февраля 1994 года рождения, в 2017 г. окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (ФГБОУ ВО «МГТУ им. Н.Э. Баумана») с присвоением квалификации инженера по специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы». В 2018 г. Антон Владимирович поступил на очное отделение аспирантуры ФГУП «НАМИ» по

направлению подготовки 15.06.01 – «Машиностроение», специальность 05.05.03 – «Колёсные и гусеничные машины», а в 2022 году её окончил.

С сентября 2018 г. по настоящее время работает во ФГУП «НАМИ», в центре «Интеллектуальные системы» на должности инженера-программиста 1 категории.

Диссертация выполнена в центре «Интеллектуальные системы» ФГУП «НАМИ» Министерства промышленности и торговли Российской Федерации.

Научный руководитель – кандидат технических наук Куликов Илья Александрович, заведующий сектором имитационного моделирования центра «Энергоустановки» ФГУП «НАМИ».

Официальные оппоненты:

Стадухин Антон Алексеевич, доктор технических наук (специальность 05.05.03 – «Колесные и гусеничные машины»), доцент кафедры «Многоцелевые гусеничные машины и мобильные роботы» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (ФГБОУ ВО «МГТУ им. Н.Э. Баумана»);

Кристалльный Сергей Робертович, кандидат технических наук (специальность 05.05.03 – «Колесные и гусеничные машины»), доцент, доцент кафедры «Автомобили» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)» (ФГБОУ ВО «МАДИ»),

- дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет» (ФГБОУ ВО «ИРНИТУ») в своем положительном отзыве, подписанном доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Автомобильный транспорт» Федотовым Александром Ивановичем и утвержденном ректором,

доктором технических наук, доцентом Корняковым Михаилом Викторовичем, **указала, что** рассмотренная диссертация Чаплыгина Антона Владимировича является самостоятельной и завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной научной задачи совершенствования систем активной безопасности автомобиля путем повышения качества определения параметров его движения. Диссертационное исследование имеет научную ценность и практическую значимость для автомобильной промышленности. Полученные автором результаты достоверны, выводы обоснованы. Автореферат диссертационной работы в достаточной мере отражает ее содержание и соответствует требованиям ВАК РФ. Выполненное исследование соответствует паспорту научной специальности 05.05.03 – «Колёсные и гусеничные машины» и критериям оценки диссертационных работ, изложенным в Постановлении Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. «О порядке присуждения ученых степеней». Автор диссертации «Улучшение наблюдаемости параметров движения автомобиля в системах активной безопасности», Чаплыгин Антон Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.03 – «Колесные и гусеничные машины» за новые научно обоснованные технические, технологические решения, направленные на совершенствование систем активной безопасности автомобилей, путем улучшения алгоритмов идентификации и прогнозирования параметров их движения, имеющие существенное значение для автомобильной отрасли страны.

Соискатель имеет 4 печатные работы, в том числе из которых 2 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ и 2 в изданиях, входящих в международные базы цитирования Web of Science и Scopus, приравниваемых к публикациям ВАК РФ (Постановление Правительства РФ №426 от 20.03.2021 г. «О внесении изменений в некоторые акты Правительства РФ...»):

1. Чаплыгин А.В., Куликов И.А. Идентификация параметров курсового движения автомобиля с использованием сигма-точечного фильтра

Калмана // Известия МГТУ «МАМИ». - 2021. - Т. 15. - №3. - С. 57-69. **Издание входит в перечень ВАК.**

2. Чаплыгин А.В. Улучшение наблюдаемости навигационных параметров движения автомобиля посредством фильтрации Калмана// Труды «НАМИ». – 2020. - №3. -С. 24-34. **Издание входит в перечень ВАК.**

3. Kulikov I.A., Ulchenko I.A., Chaplygin A.V. Using Real World Data in Virtual Development and Testing of a Path Tracking Controller for an Autonomous Vehicle // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJTEE). Vol. 8. – 2019. – N 12. – 7 p. **Издание входит в базу цитирования Scopus.**

4. Kulikov I.A., Ulchenko I.A., Chaplygin A.V. Development and Testing of a Collision Avoidance Braking System for an Autonomous Vehicle // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJTEE). Vol. 8. – 2019. - N 12. – 7 p. **Издание входит в базу цитирования Scopus.**

На диссертацию и автореферат поступило 11 отзывов. Все отзывы положительные:

1. Государственное научное учреждение «Объединенный Институт машиностроения национальной академии наук Беларуси» (Объединенный Институт машиностроения НАН Беларуси), начальник научно-инжинирингового центра бортовых систем управления мобильных машин, начальник отдела систем активной безопасности и управления, кандидат технических наук, доцент Савченко Владимир Владимирович.

В отзыве замечания отсутствуют.

2. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тольяттинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ТГУ»), доцент кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей», кандидат технических наук Соломатин Николай Сергеевич.

В отзыве замечания отсутствуют.

3. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» (ФГАОУ ВО «СПбПУ им. Петра Великого»), профессор высшей школы транспорта, доктор технических наук, доцент Добрецов Роман Юрьевич.

В отзыве содержатся пять замечаний, из них четыре замечания уточняющего характера и одно замечание критического характера:

- при расчете нормальных реакций (см. стр. 14-15, система уравнений (11)) предлагается использовать статическое равновесие сил и моментов. Однако в экстремальных условиях динамические нагрузки оказывают существенное влияние на перераспределение реакций и предложенный автором подход этого не учитывает.

4. Набережночелнинский институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет» (Набережночелнинский институт (филиал) ФГАОУ ВО «КФУ»), профессор кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта», доктор технических наук Кулаков Александр Тихонович, доцент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта», кандидат технических наук Галиев Радик Мирзашаехович.

В отзыве содержатся два замечания уточняющего характера.

5. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Липецкий государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ЛГТУ»), доцент кафедры «Транспортные средства и техноферная безопасность», кандидат технических наук Дмитриев Семен Анатольевич.

В отзыве имеется три замечания, из них одно замечание уточняющего характера, одно редакционное замечание и одно замечание критического характера:

- в исследовании наблюдателя курсового движения не отражены режимы, характеризующиеся значительным проскальзыванием шин

одновременно в боковом и продольном направлениях. Данные режимы используются системами курсовой устойчивости, вследствие чего их идентификация представляет важность.

6. Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования «Белорусско-Российский университет» (Белорусско-Российский университет), профессор кафедры «Транспортные и технологические машины», доктор технических наук, профессор Тарасик Владимир Петрович, проректор по научной работе, доктор технических наук, профессор Пашкевич Виктор Михайлович.

В отзыве имеется два замечания, из них одно замечание уточняющего характера и одно замечание критического характера:

- в исследовании наблюдателя продольной динамики отсутствуют тормозные режимы.

7. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (ФГБОУ ВО «НГТУ»), заведующий кафедрой «Автомобили и тракторы», кандидат технических наук, доцент Тумасов Антон Владимирович, доцент кафедры «Автомобили и тракторы», кандидат технических наук Лелиовский Константин Ярославич.

В отзыве имеется два замечания, из них одно замечание уточняющего характера и одно замечание критического характера:

- косвенные способы, на основании которых функционируют математические структуры, названные автором «наблюдатель параметров движения автомобиля», имеющие возможность моделировать движение автомобиля и работу его бортовых систем, имеют общий недостаток в виде немалых погрешностей. Это определенным образом ограничит точность быстрой идентификации дорожных условий, включая состояние покрытия опорной поверхности и может негативно отразиться на адекватности и эффективности работы систем активной безопасности.

8. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный

университет» (ФГБОУ ВО «ПГУ»), заведующий кафедрой «Технологии и оборудование машиностроения», доктор технических наук, доцент Зверовщиков Александр Евгеньевич, доцент кафедры «Транспортные машины», кандидат технических наук, доцент Генералова Александра Александровна.

В отзыве содержатся два замечания уточняющего характера.

9. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ВолгГТУ»), профессор кафедры «Техническая эксплуатация и ремонт автомобилей», доктор технических наук Ляшенко Михаил Вольфредович.

В отзыве содержится одно замечание уточняющего характера.

10. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ковровская государственная технологическая академия имени В.А. Дегтярева» (ФГБОУ ВО «КГТА им. В.А. Дегтярёва»), доцент кафедры «Наземные транспортно-технологические комплексы, кандидат технических наук Потапов Сергей Иванович.

В отзыве замечания отсутствуют.

11. Общество с ограниченной ответственностью «ЭвоКарго» (ООО «ЭвоКарго»), главный научный сотрудник, доктор технических наук Шухман Сергей Борисович.

В отзыве содержатся три замечания, из которых два замечания уточняющего характера и одно замечание критического характера:

- при исследовании адекватности и точности идентификации таких параметров движения автомобиля, как скорость, проскальзывание и увод колес, следовало бы выполнить сравнение оценок не только с контрольными измерениями, но и с показателями, обеспечиваемыми известными алгоритмами-аналогами.

Выбор официальных оппонентов, доктора технических наук Антона Алексеевича Стадухина и кандидата технических наук, доцента Сергея Робертовича Кристального обосновывается высокой компетенцией ученых и

имеющимися у них публикациями в области исследований систем активной безопасности, проводимых автором диссертационной работы.

Выбор ведущей организации обосновывается широко известными достижениями и исследованиями ФГБОУ ВО «ИРНИТУ» в области систем активной безопасности автомобиля.

Выбранные оппоненты и сотрудники ведущей организации являются признанными специалистами и компетентны в области исследования, выполненного соискателем, а также имеют публикации в соответствующем направлении. Работы оппонентов и ведущей организации опубликованы в рецензируемых изданиях за последние 5 лет с 2018 по 2022 гг. и свидетельствуют об их осведомленности в современных тенденциях развития в области систем активной безопасности, а также об актуальности и новизне выполненных научно-исследовательских работ.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации соответствует требованиям постановления правительства РФ от 24.09.2013 № 842 «О порядке присуждения ученых степеней».

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

выполнен анализ алгоритмов идентификации параметров движения автомобиля, используемых в системах активной безопасности, включая анализ наблюдателей состояния динамических систем;

предложена новая структура алгоритмов-наблюдателей, позволяющая идентифицировать параметры движения автомобиля, в том числе неизмеряемые, с точностью, необходимой для работы систем активной безопасности;

разработан новый алгоритм идентификации характеристик сцепления шин с дорогой, обладающий прогностическими свойствами, которые позволяют производить оценку максимального коэффициента сцепления существенно раньше его фактического достижения;

посредством дорожных испытаний автомобиля **выполнено** исследование разработанных алгоритмов, в результате которого

подтверждены их работоспособность и качество выполняемой ими идентификации параметров движения автомобиля.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

решена научная задача улучшения наблюдаемости параметров движения автомобиля, требуемых для обеспечения работоспособности и эффективности систем активной безопасности;

предложены и исследованы новые алгоритмические решения, **позволяющие повысить** точность идентификации параметров движения автомобиля, а также аппроксимировать полную характеристику сцепления шины с опорной поверхностью, используя ограниченный набор исходных данных в области малого проскальзывания или бокового увода.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается:

реализацией разработанных алгоритмов идентификации параметров движения автомобиля в виде программного обеспечения, которое может быть адаптировано в контроллерах систем активной безопасности;

возможностью совершенствования систем активной безопасности (антиблокировочной (АБС) и системы предотвращения буксования ведущих колес) за счет использования предложенного алгоритма прогностической идентификации характеристик сцепления шин, который позволит не использовать фазы адаптации, тем самым повышая полноту реализации сцепления и не допуская работу шины в неустойчивой области. Проведенное исследование показало, что в случае АБС исключение фазы адаптации и уточненная оценка максимума сцепления дает возможность уменьшить тормозной путь автомобиля на 2...16,9% при экстренном торможении на поверхностях с низким сцеплением;

использованием результатов работы в трех научно-исследовательских проектах в рамках государственных контрактов ФГУП «НАМИ» с Минобрнауки РФ и Минпромторгом РФ;

теоретические положения и результаты экспериментального исследования, изложенные в диссертации, **внедрены** в учебный процесс ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ» и ФГАОУ ВО «Московский Политех».

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

достоверность теоретических положений диссертации обосновывается корректным использованием математических моделей динамики автомобиля и сцепления шины с опорной поверхностью, методов косвенной оценки ненаблюдаемых переменных, а также методов вычислительной математики и теории оптимизации;

достоверность результатов исследования разработанных алгоритмов подтверждается сравнением расчетных оценок с экспериментальными данными, полученными с использованием поверенного контрольно-измерительного оборудования. **Точность** идентификации параметров движения автомобиля посредством разработанных алгоритмов **выражается** величинами среднеквадратических ошибок, которые в случае оценки продольной скорости автомобиля составили не более 5,1 %, углов бокового увода – не более 17,7%, бокового ускорения – не более 16,3%, продольного ускорения – не более 14,1%;

точность оценок, выполненных алгоритмом идентификации характеристик сцепления, **подтверждается** коэффициентом детерминации, значения которого находятся в диапазоне 0,9...0,98, что говорит о более чем 90% корреляции между экспериментальными и идентифицированными данными.

Личный вклад соискателя состоит в:

– выполненном аналитическом обзоре алгоритмических решений в области идентификации параметров движения автомобиля, используемых в системах активной безопасности;

– предложенной и реализованной в виде программного обеспечения новой структуре алгоритмов идентификации параметров движения автомобиля;

– новом алгоритмическом решении, обеспечивающем прогностическую оценку максимума характеристики сцепления шины с опорной поверхностью;

– проведенном экспериментальном исследовании разработанных алгоритмов с подтверждением их работоспособности и качества выполняемых ими оценок;

– выполненной оценке влияния разработанных алгоритмов на эффективность работы антиблокировочной системы при экстренных торможениях на поверхностях с низким сцеплением. Алгоритм идентификации характеристик сцепления шин продемонстрировал прогностические свойства, позволив производить оценку максимального коэффициента бокового сцепления при достижении 45...65% от его величины и максимального продольного сцепления при 70...80% от его величины, что, в сравнении с известным алгоритмом-аналогом, увеличивает запасы прогноза на 15...55% и 5...14% соответственно.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. Возможно в используемой формуле расчета продольного проскальзывания шины допущена неточность. Необходимо пояснить, для какого режима качения колеса используется данное выражение расчета проскальзывания.

2. Требуется уточнить физический смысл третьего уравнения системы, используемой для расчета нормальных реакций опорной поверхности. Конкретно, в слагаемом $m \cdot g \cdot \cos(\alpha_d) \cdot 0,5 \cdot b_{cp}$ вызывает вопрос параметр b_{cp} . Что он означает и зачем используется?

Соискатель Чаплыгин А.В. ответил на заданные ему в ходе заседания вопросы и привёл обоснованную аргументацию:

1. Используемое выражение расчета проскальзывания является универсальным, то есть используется как в тяговом, так и в тормозном режимах качения. Это известное выражение, которое используется, в частности, в работах известного исследователя в области шин Н. Расајка.

2. Параметр b_{cp} означает среднюю колею автомобиля. В случае объекта исследования, рассмотренного в моей работе, передняя и задняя колеи у автомобиля равны, однако это справедливо не для всех автомобилей. Существуют случаи (которые также рассматривались), когда колеи не равны, в связи с чем в уравнении и используется их усредненное значение.

На заседании 14.09.2022 г. диссертационный совет принял заключение, за решение научной задачи, имеющей важное значение для автомобильной отрасли страны, связанной с улучшением наблюдаемости параметров движения автомобиля в системах активной безопасности, за счет использования новой структуры и алгоритмов идентификации параметров движения автомобиля, присудить Чаплыгину Антону Владимировичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 6 докторов наук по рассматриваемой специальности, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 14, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель диссертационного совета,
доктор технических наук, профессор,
лауреат Государственной премии РФ,
лауреат премии Правительства РФ,
заслуженный машиностроитель РФ



Ольгерт Иванович Гируцкий

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук, доцент



Ринат Ханяфиевич Курмаев

14.09.2022

