

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.190.03,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 2 апреля 2021 г. протокол № 4

О присуждении Локтеву Даниилу Алексеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Методы и моделирование измерительной системы контроля объектов транспорта по их изображениям» по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» принята к защите 26 ноября 2020 года (протокол заседания № 4/2) диссертационным советом Д 212.190.03, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Петрозаводский государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 185910, г. Петрозаводск, пр. Ленина, д. 33, приказ о создании диссертационного совета номер 105/нк от 11 апреля 2012 года.

Соискатель Локтев Даниил Алексеевич, 1989 года рождения. Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук «Методы и алгоритмы определения характеристик подвижных и неподвижных объектов путем анализа их изображений в комплексной системе контроля» защитил в 2016 году в диссертационном совете, созданном на базе Института механики Уральского отделения Российской академии наук, Физико-технического института Уральского отделения

Российской академии наук, Ижевского государственного технического университета имени М.Т. Калашникова; работает доцентом на кафедре «Транспортное строительство» Российской открытой академии транспорта Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет транспорта» Министерства транспорта Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре «Транспортное строительство» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет транспорта» Министерства транспорта Российской Федерации.

Официальные оппоненты:

1. Хомоненко Анатолий Дмитриевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационные и вычислительные системы» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»;

2. Шорин Олег Александрович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Радиотехнические системы» ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики»;

3. Якименко Игорь Владимирович, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой электроники и микропроцессорной техники филиала федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения», г. Ростов-на-Дону, в своем

положительном заключении, подписанном Гудой Александром Николаевичем, доктором технических наук, профессором, проректором по научной работе и Долгим Игорем Давидовичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте», указала, что результаты диссертационной работы Локтева Д.А. могут быть использованы при разработке измерительной системы контроля и мониторинга подвижных и статичных объектов. Практическая значимость заключается в разработке и апробации предлагаемых методов и моделей в виде программного комплекса, составляющем основу измерительной системы, которая может использоваться для удаленного контроля и мониторинга транспортных средств, объектов инфраструктуры, людей, технологических процессов в различных сферах деятельности. Предложенные решения могут получить дальнейшее развитие при увеличении диапазона и точности измерения параметров и быстродействия при любых условиях съемки, интегрировании разработанной измерительной системы в системы автономного управления беспилотными наземными транспортно-технологическими комплексами.

Соискатель имеет 115 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 80 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 48 работ (из них 28 работ опубликовано в изданиях, рекомендованных ВАК для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора наук, 15 работ индексируются в базе Scopus, 5 работ – в базе Web of Science). В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах. Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Локтев Д.А. Оценка параметров состояния объектов по их образам в системах неразрушающего контроля / Локтев Д.А. // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика, №10, 2020. – С. 5–12.

2. Локтев Д.А. Определение характеристик движущихся объектов с использованием «контролируемого» размытия изображения / Локтев Д.А. //

Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия «Приборостроение», №2, 2020. – С. 98–116.

3. Локтев Д.А. Моделирование системы мониторинга объектов с использованием сверточной нейронной сети / Локтев Д.А., Пролетарский А.В., Локтев А.А. // Промышленные АСУ и контроллеры, № 9, 2020. – С. 39–46. (вклад соискателя 70%).

4. Локтев Д.А. Способ получения информации об объекте на основе анализа его изображений /Локтев Д.А., Локтев А.А.// Датчики и системы, №3 (245), 2020. – С. 39–46. (вклад соискателя 85%).

5. Локтев Д.А. Автоматизация диагностирования верхнего строения железнодорожного пути на основе обработки его изображений / Локтев Д.А., Пролетарский А.В., Локтев А.А. // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика, №8, 2020. – С. 1-10. (вклад соискателя 70%).

6. Локтев Д.А. Размытие образа как информативный параметр состояния объекта исследования / Локтев Д.А. // Информационно-измерительные и управляющие системы, №4, 2020. – С. 78–82.

7. Локтев Д.А. Верификация пользователя на основе анализа его первичного и вторичного изображений в автоматизированных системах контроля/ Локтев Д.А. // Электросвязь, №1, 2020. – С.76–82.

8. Локтев Д.А. Определение типа автотранспортных средств и параметров их движения в автоматизированной системе мониторинга/ Локтев Д.А. // Наука и техника транспорта, № 3, 2018. – С. 34–43.

9. Локтев Д.А. Метод определения динамических параметров транспортных средств в автоматизированной системе мониторинга и измерений/ Локтев Д.А., Локтев А.А. // Динамика сложных систем – XXI век, Т. 12, № 3, 2018. – С. 34–39. (вклад соискателя 80%).

10. Локтев Д.А. Метод определения расстояния до объекта путем анализа размытия его изображения/ Локтев А.А., Локтев Д.А. // Вестник Московского государственного строительного университета, №6, 2015. – С. 140–151. (вклад соискателя 80%).

11. Loktev D. Recognition of objects in infrared band / Loktev D. // E3S Web of Conferences, vol. 135, no. 02029, 2019.

12. Loktev D.A. Diagnostics of external defects of railway infrastructure by analysis of its images / Loktev D.A., Loktev A.A. // Proceedings – 2018 Global Smart Industry Conference, GloSIC 2018, no. 8570083, 2018. (вклад соискателя 80%).

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

от доктора физико-математических наук Д.В. Кондратова, доцента, главного научного сотрудника Института проблем точной механики и управления Российской академии наук, содержит замечание: В качестве замечания может выступить рекомендация представления подробного алгоритма калибровки детекторов, работающих в инфракрасном и ультразвуковом диапазонах при решении таких задач как распознавание пассажиров в зимней экипировке и транспортных средств в условиях тумана и слабой освещенности.

от доктора технических наук А.М. Михальченкова, профессора, профессора кафедры технологии материалов, надежности, ремонта машин и оборудования Брянского государственного аграрного университета, содержит замечание: В автореферате упоминаются нейронные сети, но отсутствует подробное описание механизма их применения в решаемых задачах.

от доктора физико-математических наук М.Ю. Соколовой, доцента, профессора кафедры вычислительной механики и математики Тульского государственного университета, содержит замечание: Выражение определения параметра контрастности объекта (на странице 22) не пронумеровано; в нем непонятно, как вычисляется показатель  $\lambda^d$ , где  $d$  имеет размерность длины.

от доктора технических наук В.И. Борисова, академика РАН, научного руководителя АО Концерн «Созвездие», содержит замечания: В автореферате часто применяются слишком громоздкие языковые

конструкции. В автореферате не всегда используются однозначные обозначения, так, например, на рис. 2 приводятся две величины –  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$ , при этом в предшествующей рисунку формуле общее размытие обозначается как  $\sigma_\Sigma$ , а в последующей формуле (3) – просто  $\sigma$ .

от доктора технических наук В.Л. Бурковского, профессора, заведующего кафедрой электропривода, автоматики и управления в технических системах Воронежский государственный технический университет, содержит замечание: К сожалению в автореферате автором не рассмотрены случаи определения дефектов верхнего строения пути, аналогичных представленным на рисунке 11 в зимний период времени.

от доктора физико-математических наук С.М. Айзиковича, старшего научного сотрудника, заведующим лабораторией функционально-градиентных и композиционных материалов научно-образовательного центра «Материалы» ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», содержит замечание: В автореферате можно более подробно рассмотреть влияние шумов и наличие потерь при передаче информации по каналам связи системы.

от доктора физико-математических наук С.Д. Алгазина, старшего научного сотрудника, ведущего научного сотрудника ФГБУН «Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского», содержит замечание: В заключении указывается на увеличение вероятности распознавания лиц в ИК диапазоне до трех раз, но в описании соответствующей главы в автореферате на этом не акцентируется внимание, что, вероятно, произошло из-за необходимости лаконичного описания представляемого в автореферате материала.

от доктора физико-математических наук Р.В. Шамина, директора Физико-технологического института МИРЭА – Российского технологического университета, содержит замечание: В качестве замечания можно отметить желательность ввода параметра прозрачности среды или

степени видимости объекта, для классификации ситуаций, подобных представленной на рис. 15в автореферата.

от доктора технических наук Е.М. Морозова, Заслуженного деятеля науки РФ, профессора кафедры «Физика прочности» национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», содержит замечание: В автореферате на рис. 9 приведены результаты только для двух марок автомобиля, хотелось бы увидеть их обобщение на отдельные классы упомянутой на с. 19 классификации технического регламента Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств».

от доктора физико-математических наук В.А. Астапенко, профессора, главного научного сотрудника НИУ Московский физико-технический институт, содержит замечание: Автореферат по объему получился немного громоздким из-за подробного описания некоторых методов и алгоритмов.

от доктора физико-математических наук А.Ю. Байкова, доцента, главного научного сотрудника ООО «Техноэксперт», содержит замечания: В тексте автореферата неоднократно (стр. 7, стр. 26) использовано словосочетание «инфракрасный и ультразвуковой диапазоны длин волн». Такое выражение является некорректным, т.к. В нем объединены волны разной физической природы – электромагнитные и акустические. При описании обработки результатов эксперимента на стр. 14 не указаны четко условия этого эксперимента. Хотелось бы видеть более детальное сравнение предлагаемого метода с другими существующими, в частности, с методами распознавания автомобильных номеров.

от доктора технических наук О.В. Мкртычева, профессора, заведующего научно-исследовательским центром «Надежность и сейсмостойкость сооружений», профессора кафедры сопротивления материалов НИУ Московский государственный строительный университет, содержит замечание: В пятой главе следовало бы рассмотреть и сравнить применение различных алгоритмов распознавания образов до предложения эвристических правил (а не после) для объяснения их эффективности.

от доктора физико-математических наук Л.Н. Рабинского, профессора, директора Дирекции Института инженерной подготовки НИУ Московский авиационный институт, содержит замечание: Можно было бы уделить большее внимание алгоритму расстановки камер при реализации системы контроля в статичном варианте и рассмотреть эту задачу с точки зрения надежности и оптимизации.

от доктора технических наук В.И. Комашинского, доцента, заведующего лабораторией проблем экологии транспортных систем Института проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН, содержит замечание: В качестве замечания можно отметить, что наличие/отсутствие препятствий перед движущимся составом/автомобилем желательно определять не только по измеренным размерам этих объектов, но и по их типу и плотности, и на основе этого прогнозировать существенность возможного урона при столкновении или наезде на различные препятствия, это позволит выделить ряд технологических процессов, например, уборку снега на дорогах, в отдельный класс задач автоматизации и моделирования.

от доктора физико-математических наук И.С. Павлова, доцента, заместителя директора по научной работе Института проблем машиностроения РАН – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук», содержит замечание: К сожалению, в автореферате не рассмотрены транспортные средства с полуприцепом и прицепом, которые требуют усложнения предлагаемых моделей и отдельного моделирования автосцепного устройства.

от доктора физико-математических наук Д.А. Индейцева, профессора, член-корреспондента РАН, научного руководителя Института проблем машиноведения РАН, содержит замечание: Автору можно посоветовать для моделирования взаимодействия кузова экипажа и колесной пары, колесной

пары и проезжей части использовать не набор простейших вязкоупругих тел, а обобщенные вязкоупругие модели с различными функциями релаксации.

от доктора физико-математических наук С.В. Шешенина, профессора, профессора кафедры теории пластичности Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, содержит замечание: В дальнейшей работе желательно учесть подвижность груза детектируемых транспортных средств, например, при транспортировке жидкости и сыпучих грузов, поскольку это существенно меняет процесс колебаний экипажа при проезде неровности.

Все отзывы положительные. В отзывах отмечается актуальность темы исследования, новизна полученных результатов, практическая и теоретическая значимость работы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается известностью их достижений в данной отрасли науки, наличием публикаций в соответствующей сфере исследования и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Хомоненко А.Д. является известным специалистом в области исследования сложных информационных систем, систем имитационного моделирования, методов определения характеристик объектов и распознавания их образов, методов машинного обучения.

Шорин О.А. занимается научными исследованиями в области получения и обработки сигналов различной природы и их математическим моделированием, фильтрацией, исследованием случайных процессов.

Якименко И.В. занимается научными исследованиями в таких областях, как распознавание объектов, обработка данных, полученных в оптическом диапазоне, в том числе исследованием инфракрасного излучения.

Ведущая организация известна своими исследованиями в областях диагностирования технических объектов, разработки интеллектуальных систем измерений, контроля и мониторинга транспортных средств и транспортной инфраструктуры, в том числе железнодорожного пути.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан новый подход для автоматизации контроля технического состояния транспортной системы на основе методов и алгоритмов анализа изображений,

предложена модель измерительной системы контроля объектов транспорта на основе геометрических, кинематических и динамических признаков, определяющих состояние и поведение подвижных и неподвижных объектов транспорта,

предложен набор признаков, характеризующих объекты транспорта с точки зрения возможности их детектирования и распознавания, и требований к измерительной системе,

предложен метод вычисления геометрических и кинематических параметров поведения объектов на основе анализа размытия изображений объектов, полученных на стереопаре, позволяющий увеличить точность и дальность детектирования,

предложен численный метод оценки размытия образа объекта на основе уточнения границ при использовании пирамидальной схемы обработки изображений на разных уровнях разрешающей способности, позволяющий увеличить интервалы измеряемых параметров,

предложен метод определения динамических параметров транспортных средств на основе плоской модели вертикальных колебаний экипажа, позволяющий определять его массу, нагрузку на колесную ось и ускорение при движении с высокой точностью,

предложен метод распознавания статических и движущихся объектов с использованием модифицированного метода характерных точек, основанного на итерационной схеме последовательной обработки изображения на различных уровнях разрешающей способности, и эвристических правил для выбора способа получения первичной информации,

предложены алгоритмы анализа изображений объектов в среде с низкой прозрачностью в видимом диапазоне, полученные с помощью ультразвуковых сигналов и в инфракрасном диапазоне длин волн,

предложена методика построения интерфейсов для программно-аппаратных систем контроля и мониторинга объектов транспорта, включающая алгоритм определения расположения средств видео- и фотофиксации внутри здания произвольной формы и ведения объекта от одной камеры к другой,

доказана перспективность применения метода анализа размытия изображений и предварительной классификации наблюдаемых объектов в зависимости от расстояния, скорости и контрастности по отношению к фону для выбора способа получения первичной информации, повышающего эффективность контроля объектов по их изображениям,

введено понятие «контролируемого» размытия, характеризующее метод уточнения границ объекта на разных уровнях разрешающей способности изображения при изменении фокусного расстояния видео- или фотодетектора.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

изложены общие принципы построения измерительной системы контроля объектов транспорта с учетом признаков объектов и параметров измерительных устройств,

изложены активные методы получения первичной информации об объекте контроля на основе использования электромагнитного, лазерного, ультразвукового излучения, методы получения информации по анализу изображений в оптическом и инфракрасном диапазонах,

раскрыты перспективные направления развития методов получения первичной информации об объекте контроля, в том числе по оптическим каналам, и обосновано, что наиболее подходящими являются метод стереоскопического зрения и метод анализа размытия изображения,

изучены методы определения геометрических, кинематических параметров объектов по их образам, методы определения динамических

параметров движущихся объектов по серии изображений,

проведена модернизация методов определения геометрических, кинематических и динамических параметров объектов на основе анализа размытия их изображений;

проведена модернизация методов распознавания статических и движущихся объектов, основанных на алгоритме определения характерных точек с использованием каскадных классификаторов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработано и внедрено методологическое, алгоритмическое и программное обеспечение в виде программного комплекса измерительной системы для диагностирования верхнего строения железнодорожного пути,

определена область учитываемых характеристик объектов мониторинга, параметров измерительной системы и внешней среды, критерии мест установки видеокамер с точки зрения информативности изображения, его качества и размера наблюдаемой зоны,

создана система моделирования объекта наблюдения с возможностью имитации различных условий его работы для апробации принципов построения пользовательских интерфейсов, алгоритмов распознавания объектов и способов передачи и представления результатов в системах и средствах контроля для трехмерных объектов в жилых и общественных зданиях, объектах инфраструктуры, транспорта и промышленных предприятий при контроле технологических процессов,

представлена методика тестирования отдельных модулей программно-аппаратной системы контроля и мониторинга, в частности пользовательского интерфейса системы на предмет быстродействия, а также алгоритма размещения видеодетекторов на предмет вычислительной сложности.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теория основана на достоверных положениях, она согласуется с результатами, опубликованными другими авторами по тематике исследований;

идеи базируются на известных работах зарубежных и отечественных ученых, занимающихся задачами детектирования статичных и подвижных объектов и определения их параметров, разработкой информационно-измерительных систем контроля и мониторинга,

полученные результаты достоверны, согласуются с результатами, представленными в статьях российских и зарубежных авторов по тематике диссертационной работы;

использованы современные компьютерные технологии.

Личный вклад соискателя состоит в разработке математических моделей, численных методов и их компьютерной реализации в виде комплекса программ, а также в подготовке и проведении научных экспериментов, обработке, анализе и интерпретации экспериментальных данных, подготовке основных публикаций по теме диссертационной работы, в личном участии в апробации результатов исследования.

На заседании 2 апреля 2021 года диссертационный совет принял решение присудить Локтеву Д.А. ученую степень доктора технических наук.

При проведении открытого голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 8 докторов наук по специальности защищаемой диссертации, участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 19, против – 0, воздержавшихся – 0.

Председатель

диссертационного совета

Сюнёв Владимир Сергеевич

Ученый секретарь

диссертационного совета

Воронов Роман Владимирович

2 апреля 2021 года