

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.377.04 (Д 212.217.07),  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 14.12.2023 г. № 12

О присуждении Щелокову Евгению Алексеевичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Информационно-измерительная система бесконтактного оптоэлектронного двулучевого времяпролетного определения вектора скорости микрометеороидов» по специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы принята к защите 10 октября 2023 г., протокол №б, диссертационным советом 24.2.377.04 (Д 212.217.07), созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» Минобрнауки РФ, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, приказом Минобрнауки РФ №1119/нк от 16 ноября 2017 г.

Соискатель Щелоков Евгений Алексеевич, 1989 года рождения, в 2012 окончил ФГАОУ ВО «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)» по специальности «Радиотехника», с 2012 работает в АО «РКЦ «Прогресс», в настоящее время занимает должность ведущего инженера-конструктора, с декабря 2022 работает инженером на кафедре «Управление и системный анализ теплоэнергетических и социотехнических комплексов» в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Самарский государственный технический университет» Минобрнауки РФ.

Диссертация выполнена на кафедре «Управление и системный анализ теплоэнергетических и социотехнических комплексов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» Минобрнауки РФ.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Гладышев Анатолий Иванович, профессор кафедры «Информационных технологий и естественнонаучных дисциплин» автономной некоммерческой организации высшего образования «Российский новый университет», г. Москва.

**Официальные оппоненты:**

Львов Алексей Арленович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», профессор кафедры «Радиоэлектроника и телекоммуникации», г. Саратов;

Ташлинский Александр Григорьевич, доктор технических наук, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет», директор НИЦ обработки цифровых сигналов и

изображений «Сигнал», г. Ульяновск

дали положительные отзывы на диссертацию.

#### **Ведущая организация -**

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина», г. Рязань, в своем положительном заключении, подписанном С.И. Гусевым (д.т.н., проректор по научной работе и инновациям РГРТУ, зав. кафедрой «Космические технологии»), В.В. Еремеевым (д.т.н., директор НИИ обработки аэрокосмических изображений РГРТУ (НИИ «Фотон»), А.К. Муртазовым (д.т.н., ведущий научный сотрудник НИИ «Фотон» РГРТУ) и утвержденном М.В. Чикриным (д.ф.-м.н., профессор, ректор) указала, что диссертация представляет собой самостоятельную, завершённую научно-квалификационную работу, обладающую признаками новизны, актуальности и практической значимости.

Соискатель имеет 15 опубликованных научных работ по теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 работы и патент. Опубликованные работы содержат описание метода, алгоритма работы и конструкции информационно-измерительной системы бесконтактного оптоэлектронного двулучевого времяпролетного устройства определения параметров движения микрометеороидов; методику моделирования, численные и аналитические модели плоских световых завес, зон регистрации, взаимодействия микрометеороидов и зон регистрации микрометеороидов. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем учёной степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации. Суммарный объем публикаций с участием соискателя составляет 4 печатных листа, объем работ, написанных единолично, составляет – 0,31 печатных листа.

#### **Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:**

1. Гладьшев, А.И., Математическая модель оптической системы для измерения параметров высокоскоростных микрочастиц /А.И. Гладьшев, А.М. Телегин, **Е.А. Щелоков** // Цифровая обработка сигналов. – 2023. -№1. – С. 39-42.

2. **Щелоков, Е.А.** Метод и устройство для оценивания параметров движения микрометеороидов на основе оптических систем / **Е.А. Щелоков** // Вестник РГРТУ. – 2016. – № 56. – С.131-135.

3. Гладьшев, А.И. Регистрация и оценка параметров микрометеороидов с использованием прерывания микрометеороидами световой завесы из многократного переотраженных оптических лучей / А.И. Гладьшев, **Е.А. Щелоков**, А.М. Телегин // Вестник Самарского государственного технического университета. Технические науки. - 2022. - Т. 30. - № 3, с. 6-14.

#### **На диссертацию и автореферат поступили отзывы:**

1. Ведущей организации ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина», г. Рязань. В отзыве приведены следующие замечания: не оценены погрешности измеряемых компонентов скоростей; не указано расстояние, на котором должна располагаться ИИС от космической техники для отсутствия экранирования и обеспечения возможности измерения параметров орбиты; не оценено достижимое быстроедействие ИИС и возможные измерения параметров движения, при этом в описании указаны критические значения для параметров движения микрометеороидов; в моделях спорадических метеороидов максимальная скорость микрометеороидов принимается за 20 км/с, однако в работе указана

скорость 30 км/с, при этом у метеорного потока Персеиды скорость составляет 60 км/с, а максимально возможная 72 км/с.

2. Официального оппонента д.т.н., профессора Львова Алексея Арленовича, в котором содержатся следующие вопросы и замечания: при описании рис. 2.15 с. 57-58 автор молчаливо полагает, что читатель хорошо знаком с устройством зоны регистрации микрометеороидов, поэтому опускает важные детали предлагаемой схемы, что не позволяет точно (без дополнительных догадок) понять сути рассматриваемого явления, в частности совершенно непонятно, где происходит движение микрометеороида (вектор  $V_m$ ) относительно показанных пластин; при расчете среднеквадратической инструментальной погрешности (формула 3.3) с. 69 автор делает предположение о нормальности отдельных составляющих этой погрешности, это предположение необязательное, потому что инструментальная погрешность  $E_{\Sigma}$  (формула (3.2)) будет хорошо описываться нормальным законом распределения в соответствии с центральной предельной теоремой, формула (3.3) остается справедливой для любых законов распределения, суммируемых независимых случайных величин, если только их математические ожидания равны нулю, равенство нулю математических ожиданий составляющих погрешностей автор не оговорил; на с. 87 автор говорит о возможности снижения случайных погрешностей измерения за счет использования многократных измерений и усреднения результатов, но не описано, какие многократные измерения могут быть выполнены и как их усреднять; на с.100 автор приводит следующую фразу: «Для каждого из углов первоначального положения лазера построено множество моделей (для измерений от 10 до 10000 точек), в каждом из которых вычислялось количество попаданий частицы непосредственно в световую завесу относительно частиц, попавших в плоскость устройства», она используется при описании модельного эксперимента по методу Монте-Карло, но из неё совершенно непонятно, что делал автор; остальные замечания носят редакционный характер и отмечают большое число аббревиатур в тексте, стилистические и грамматические ошибки.

3. Официального оппонента д.т.н., профессора Ташлинского Александра Григорьевича, в котором указаны следующие замечания: недостаточно уделено внимания описанию важнейшей составляющей разработанных математических моделей – исследованию их адекватности, связи теоретических результатов с полученными модельными и экспериментальными результатами, сделанными допущениями, погрешностями каждой из компонент скорости и т.д.; раздел 2.4. «Математическая модель взаимодействия микрометеороида с зоной регистрации из группы плоских световых завес без функции измерения координат» второй главы не соответствует ее цели и задачам. Автор, возможно, хотел показать еще и другой наработанный материал, который целесообразнее было бы вынести в приложение; диссертация и автореферат перегружены аббревиатурами, что затрудняет восприятие материала; недостаточно уделено внимания анализу погрешности оценок каждой из компонент скорости микрометеороида; из более «мелких» замечаний можно отметить, например, погрешность дискретизации АЦП вначале (стр. 65) предполагается имеющей равномерное распределение (какой она и является), а затем - гауссово (стр. 69); в диссертации не раскрывается используемое автором понятие «родственных

координаточувствительных завес», остальные замечания отмечают грамматические и пунктуационные ошибки.

### **На автореферат диссертации поступили 9 отзывов:**

директора института космического приборостроения (ИКП-214) Самарского университета (г. Самара), к.т.н., доцента К.Е. Воронова; профессора кафедры «Техническое управление качеством» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технический университет» (г. Пенза), д.т.н., профессора О.Н. Бодина; главного специалиста отдела 11403 АО «Российские космические системы» (г. Москва), к.т.н., В.Е. Квитки; профессора кафедры теории электрических цепей ФГБОУ ВО «Московский технический университет связи и информатики», д.т.н., С.Н. Елисеева; доцента 5 кафедры авиационного радиоэлектронного оборудования филиала ВУНЦ ВВС «ВВА» в г. Сызрани (г. Сызрань), доцента В.В. Лебедева; заведующего кафедрой «Конструирование, технология и производство радиоэлектронных средств» Московского авиационного института (национального исследовательского университета) (г. Москва), д.т.н., профессора М.Н. Ушкара; заведующего кафедрой «Техника и технологии производства материалов» филиала ФГАОУ «Южно-Уральский» государственный университет (национальный исследовательский университет) в г. Златоуст, д.т.н., профессора, почетного работника сферы образования РФ, почетного металлурга, В.И. Чуманова; доцента кафедры «Цифровые технологии и информационные системы» Московского авиационного института (г. Москва), доцента, к.т.н. С.В. Ванцова; доцента кафедры Информационно-измерительных систем и технологий СПбГЭТУ «ЛЭТИ» им. Ульянова (Ленина) (г. Санкт-Петербург), к.т.н., доцента Е.С. Сулоевой.

В отзывах на автореферат замечания касаются вопросов: оценки погрешности отдельных компонентов вектора скорости микрометеороидов и результатов исследований экспериментального образца БОЭ ИИ на стендовом комплексе; преимуществ блоков регистрации ММ на расстоянии до нескольких километров от КА; регистрации параметров «потока ММ», геометрических и энергетических параметров зоны регистрации ММ макета; сравнения метрологических характеристик разработанной ИИС и измерителей скорости пули; наглядности иллюстрации принципа работы предлагаемой системы; отсутствия схемы созданного макета; теоретически достижимого быстродействия ИИС, степени влияния дестабилизирующих факторов на погрешность ИИС; не в полной мере приведены погрешности АЦП; функций и алгоритма блоков БОЭ ИИС; доминирующих погрешностей; параметров зоны регистрации и движения через неё ММ, определяющих время  $T_c$  цикла измерения (работы таймера); пропуска выражения, связывающего световой поток с энергией оптического луча, затрудняющее ее интерпретацию в формуле (11); грамматических и стилистических ошибок в списке публикаций.

Все отзывы положительные, отмечают актуальность темы диссертации, научную новизну и практическую значимость основных положений работы, соответствие диссертационной работы Щелокову Е.А. требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», указывается, что ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается** многолетним опытом работы, высокой компетентностью в области автоматического управления автономными объектами, моделирования и управления теплогидравлическими процессами промышленной теплофизики и авиационно-космических объектов и соответствием научных

интересов тематике диссертации, что подтверждается публикациями в научных изданиях.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

**разработаны** принцип действия и структурная схема новой бесконтактной оптоэлектронной ИИС определения вектора скорости микрометеороидов на основе модифицированного времяпролетного метода с увеличенным числом и расширенным диапазоном измеряемых параметров движения высокоскоростных объектов; модель взаимодействия зоны регистрации и микрометеороидов; алгоритм самоконтроля информационно-измерительной системы;

**предложены** новые математические модели формирования световых завес и зон регистрации микрометеороидов из групп плоских световых завес с различной взаимной пространственной ориентацией, созданных двулучевыми встречно-параллельными лазерными лучами; способы и средства компенсации погрешности измерения вектора скорости микрометеороидов;

**доказана** перспективность использования ИИС бесконтактного оптоэлектронного типа для измерения параметров движения микрометеороидов при размещении в космическом пространстве в зоне, отдаленной от полета космических аппаратов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

**доказана** эффективность применения предложенного метода измерений параметров микрометеороидов, так как, в отличие от аналогов, математическая модель зоны регистрации микрометеороидов учитывает закономерности движения микрометеороидов в зоне полета космических аппаратов и особенности взаимодействия микрометеороидов с плоскими световыми завесами, что позволяет определять скорость и линейные размеры микрометеороидов;

**применительно к проблематике диссертации результативно использованы** методы метрологического анализа систем измерения; методы математической физики; геометрической оптики; методы идентификации данных с помощью программных средств MathCad и TracePro; метод Монте-Карло;

**изложены** теоретические основы методики измерения параметров вектора скорости микрометеороидов, принципы построения координато-чувствительных плоских световых завес и зон регистрации микрометеороидов;

**раскрыты** проблемы измерения параметров движения микрометеороидов в космическом пространстве, источники погрешностей при определении их вектора скорости и линейных размеров;

**изучены** внешние дестабилизирующие факторы, действующие на плоские световые завесы в космическом пространстве и оценено их влияние на погрешности измерения ИИС;

**проведена модернизация** времяпролетного метода определения параметров объектов, движущихся с высокой скоростью на основе введения дополнительного луча и использования ортогональной плоской световой завесы.

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

**разработан и внедрен** стенд для измерения скорости движения объектов малых размеров на предприятия АО «РКЦ «Прогресс»; в учебный процесс ФГБОУ ВО «Самарский университет» в качестве элементов образовательных технологий **внедрены** методика измерений и математические модели формирования световых завес и зон регистрации микрометеороидов;

**определены** преимущества разработанной информационно-измерительной системы и перспективы использования методики измерений для выявления микрометеороидов на орбитах космических аппаратов;

**созданы** математические модели взаимодействия микрометеороидов с чувствительными элементами ИИС, а также алгоритм самоконтроля измерительного канала ИИС;

**представлены** результаты экспериментов по имитации измерения скорости объектов на лабораторном макете ИИС;

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

**для экспериментальных работ** результаты измерений на разработанной ИИС показывают воспроизводимость при различных внешних условиях и подтверждают правомерность принятых в математических моделях допущений;

**теория** построена на положениях, не противоречащих известным данным об оптических процессах; полученные выводы и рекомендации подтверждаются корректным использованием математического аппарата и вводимых допущений, имитационным моделированием;

**идея базируется** на опыте эксплуатации космической техники и анализе существующих методов и средств измерения быстро летящих микроминиатюрных объектов в космическом пространстве;

**использованы результаты** анализа работ отечественных и зарубежных авторов, а также численного моделирования;

**установлено** соответствие результатов имитационного моделирования работы ИИС в среде TracePro с экспериментальными результатами;

**использованы** современные методики получения данных о траекториях и скорости движения микрометеороидов в зонах действия космических аппаратов.

**Личный вклад** соискателя состоит в разработке структуры информационно-измерительной системы и экспериментальных макетных устройств, создании методики измерений и математических моделей, участии в научных экспериментах на лабораторном образце созданной информационно-измерительной системы, обработке и интерпретации результатов экспериментов, анализе погрешностей ИИС.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

- 1) не оценены погрешности отдельных составляющих вектора скорости;
- 2) диссертация и автореферат изобилуют аббревиатурами;
- 3) в диссертации утверждается возможность снижения случайных погрешностей измерения за счет использования многократных измерений и усреднения результатов, но не указывается, какие многократные измерения могут быть выполнены и как их усреднять;
- 4) не приведено достижимое быстродействие ИИС.



Соискатель Щелоков Е.А. согласился с критическим замечанием №2 и ответил на замечания №1, пояснив возможность косвенного определения погрешности измерения отдельных компонент по формулам (2.20), (2.21) диссертации; №3, объяснив, что под многократными измерениями подразумевалось наличие дополнительных световых завес, позволяющих производить усреднение измеренной скорости и исключать грубые ошибки измерения и №4, пояснив что быстродействие ИИС напрямую зависит от выбранной компонентной базы, в настоящее время достижимо быстродействие до 200 пс.

На заседании №12 от 14.12.2023 года диссертационный совет принял решение присудить Щелокову Е.А. учёную степень кандидата технических наук по специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы за решение научно обоснованной технической задачи определения скорости движения микрометеороидов, направленной на обеспечение безопасности космических аппаратов, имеющей существенное значение для развития страны.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 10 докторов наук по научной специальности защищаемой диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: «за присуждение учёной степени» – 18, «против» – 0.

Председатель заседания  
диссертационного совета  
24.2.377.04 (Д 212.217.07)  
Ученый секретарь  
диссертационного совета  
24.2.377.04 (Д 212.217.07)  
14 декабря 2023 г.



Рогачев  
Геннадий Николаевич  
Ярославкина  
Екатерина Евгеньевна