

## **ОТЗЫВ**

на диссертационную работу  
**Телегина Алексея Михайловича**

**«Разработка методик, экспериментальных установок и бортовых  
приборов для регистрации параметров микрометеороидов и  
частиц космического мусора»**

на соискание ученой степени доктора технических наук  
по специальности 1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики

Телегин Алексей Михайлович, 02.12.1985 г.р., в 2009 году окончил Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева по специальности «Радиотехника». В 2012 году защитил диссертацию «Воздействие высокоскоростных пылевых частиц на пленочные структуры металл-диэлектрик-металл» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики в диссертационном совете Д 212.215.01, созданном при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)», (диплом ДКН № 183802 от 29.04.2013). В 2021 году получил аттестат доцента по специальности 01.04.04 Физическая электроника (аттестат ДОЦ № 007088 от 16.07.2021). В настоящее время работает в должности доцента кафедры радиоэлектронных систем федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» (далее – Самарский университет).

Телегин А.М. с 2009 года по совместительству работает в институте космического приборостроения Самарского университета.

Телегин А.М. активно участвует в выполнении НИОКР, в том числе по разработке и обработке информации, полученной с научной аппаратуры для космических аппаратов «АИСТ», «АИСТ-2», «БИОН» и т.п.

Телегин А.М. является победителем Самарского областного конкурса «Молодой ученый 2011», конкурса по назначению денежных выплат молодым ученым и конструкторам, работающим в Самарской области (2016-2020 гг.), конкурса молодых преподавателей и научных работников Самарского университета (2013 г., 2019 г.). За хорошую работу по профилю космического приборостроения Телегин А.М. награжден почетной грамотой университета в

связи с празднованием Дня космонавтики, а также с успешным проведением космических экспериментов на КА «Бион», МКА «АИСТ» (2014 г.); награжден почетной грамотой Самарского университета за большой вклад в укреплении научного и образовательного потенциала университета; награжден почетной грамотой ФГУП ГНПРКЦ «ЦСКБ-ПРОГРЕСС» за актуальность, новизну и оригинальность разработки, представленные в докладе, сделанном на III Всероссийской научно-технической конференции «Актуальные проблемы ракетно-космической техники» (2013 г.).

В 2021 году получил почетную грамоту Министерства промышленности и торговли Самарской области за добросовестный труд и выдающиеся научно-технические достижения в аэрокосмической области и в связи с профессиональным праздником – Днем космонавтики.

В 2023 году группа студентов под руководством Телегина А.М. завоевала бронзу на Space Science and Scientific Payload Competition(ISSSP) in Track 1- Creative Design of Space Experiment of 2022 ISSSP Final.

Также в 2023 году группа студентов под руководством Телегина А.М. заняла 1 место в Конкурсе Изобретений, проводимом Самарским университетом.

Диссертационная работа Телегина Алексея Михайловича посвящена решению крупной научно-технической проблемы – созданию новых методов и средств мониторинга микрометеороидов и частиц космического мусора для уточнения моделей их пространственно-временного распределения в околоземном космическом пространстве. Актуальность темы не вызывает сомнений: рост техногенного засорения орбит, недостаточная точность существующих моделей, а также острая потребность в достоверных данных для повышения надежности и экономической эффективности космических аппаратов делают данное исследование своевременным и востребованным как для фундаментальной науки, так и для практической космонавтики.

За период подготовки диссертации Телегин А.М. проявил себя как сложившийся, зрелый исследователь, способный самостоятельно ставить и решать сложные междисциплинарные задачи на стыке экспериментальной физики, материаловедения, программирования и радиотехники; продемонстрировал высокий уровень владения как теоретическими методами, так и сложными экспериментальными подходами, включая работу на уникальном электродинамическом ускорителе микрочастиц и проведение космического эксперимента на борту малого космического аппарата «АИСТ-1Т».

Ключевыми моментами диссертационной работы Телегина А.М., содержащими научную новизну и практическую значимость, являются следующие аспекты:

1. Предложена методика регистрации и созданы две экспериментальные установки для регистрации микрометеороидов и частиц космического мусора, в которых вместо громоздких схем мультиплексирования, применяемых в аналогичного типа пленочных датчиках, используется частотный анализ отклика пленочных микрополосковых структур. Принцип работы методики основан на учете зависимости резонансной частоты коэффициента передачи поврежденной линии от места разрыва полоска. Использование предложенной методики позволяет уменьшить массогабаритные характеристики датчиков высокоскоростных микрочастиц и упрощает их электронную часть за счет работы в частотном диапазоне от 4 до 30 МГц.

2. Разработан и изготовлен прибор ионизационного типа с нитяными электродами для регистрации высокоскоростных микрочастиц, отличающийся от обычного ионизационного датчика тем, что дополнительно содержит датчики температуры, электризации и контроля засветки Солнцем. С помощью разработанного прибора выполнены эксперименты на орбите Земли и получены экспериментальные данные на малом космическом аппарате «АИСТ-1Т».

3. Разработана конструкция прибора для регистрации высокоскоростных частиц, состоящая из мишени, плоскопараллельных электродов и блока электроники, позволяющая с помощью ионизационного и наведенного импульсов производить измерения параметров микрочастиц (массы и скорости). Конструкция отличается тем, что каждый из модулей электроники расположен в отдельном экранированном корпусе, а эффективность работы прибора определяется предложенной на основе использования теоремы Рамо-Шокли методикой расчета форм импульса напряжения, наведенного в измерительных электродах этого прибора и вызванного пролетом высокоскоростных заряженных микрочастиц вблизи этих электродов. Методика позволяет описать полученные экспериментальные осциллограммы для разработанного датчика микрометеороидов с пластинчатыми электродами. Представлено многообразие форм импульсов напряжения, полученных экспериментально на ускорителе микрочастиц с приемника ионов (плоскопараллельных электродов) при различных местах соударения высокоскоростных

микрочастиц с элементами конструкции детектора (мишенью, электродами). Зависимости длительности пролетного импульса от скорости частицы  $T = 12500 / V$ , график отношения заряда собранных ионов к массе микрочастицы ( $Q/m$ ) в зависимости от скорости частицы в диапазоне до 2,5 км/с может быть аппроксимирован зависимостью  $Q / m = C \cdot V^{4.3}$ , где  $C$  – константа для конкретного датчика, получаемая на основе тарировки. На основе проведенного исследования объяснены результаты экспериментальных данных регистрации “двугорбого” наведенного импульса.

4. Разработана и экспериментально апробирована конструкция ионизационного прибора для регистрации высокоскоростных микрочастиц, обладающая принципиально новыми техническими и функциональными характеристиками. Ключевыми элементами новизны являются: введение оптического канала синхронизации для подавления электромагнитных помех; реализация двухканального режима измерения для расширения динамического диапазона измерений; использование комбинированной системы, состоящей из чередования нитяных и пластинчатых электродов, позволившей снизить входную емкость при сохранении высокой эффективности сбора ионов. С помощью предложенного прибора получены и проанализированы экспериментальные зависимости степени ионизации от скорости и материала мишени в диапазоне 1–10 км/с.

5. Предложена методика комплексной регистрации параметров заряженных микрочастиц на основе разработанного модульного сеточного прибора для одновременного измерения вектора скорости, заряда и массы микрочастицы, ключевым преимуществом которого является установленная и параметризованная зависимость предельной точности измерений от формы и размеров прибора, отличающаяся тем, что прибор позволяет одновременно оценивать массу, заряд и скорость высокоскоростной заряженной микрочастицы до 10 км/с. Для проверки работоспособности методики измерения вектора скорости микрочастицы изготовлен и экспериментально проверен в ускорителе микрочастиц макет многосеточного датчика, для обработки результатов с которого разработана и апробирована математическая модель расчета вектора скорости микрочастицы на основе полученных с датчика экспериментальных данных. Также предложена аналитическая формула, описывающая форму наведенного импульса на двух непараллельных сеточных измерительных электродах, что является новым шагом в интерпретации данных, полученных с сеточных индукционных датчиков.

6. Предложена методика математической обработки экспериментальных данных, получаемых от прибора оригинальной конструкции, предназначенного для измерения в электромагнитном ускорителе отклонения микрочастицы от заданной траектории, с модифицированной системой регистрации в виде трех электродов, расположенных на окружности, соосной оси ускорителя микрочастиц. Суть методики заключается в расчёте весовых коэффициентов для данных с каждого электрода при единичном потенциале на одном и нулевом потенциале на остальных, что позволяет по трём измеренным напряжениям с электродов восстановить положение микрочастицы.

7. Предложена оригинальная конструкция экспериментальной установки в виде малого космического аппарата, предназначенного для регистрации высокоскоростных частиц, отличительной чертой которой является реализация концепции спутник-датчик с большой площадью детектирования высокоскоростных микрочастиц и активного магнитного управления ориентацией. Новизна заключается в синтезе зонтичной пленочной структуры металл-диэлектрик-металл большой площади с трехосной магнитной системой ориентации, что впервые позволяет обеспечить эффективную регистрацию параметров высокоскоростных частиц в широком телесном угле  $2\pi$  стерадиан, что примерно в 1,5 раза больше, чем для разработанных ранее ионизационных датчиков.

Научная новизна диссертационной работы Телегина А.М. заключается в том, что в ней не просто создаются новые приборы, а системно решается задача повышения информативности регистрации (одновременное определение массы, скорости, заряда, вектора скорости, места удара) при одновременном снижении требований к массе, габаритам и энергопотреблению. Достигается это за счёт глубокого понимания физических процессов, лежащих в основе измерений и их умелого использования при разработке приборов, экспериментальных установок и методик обработки данных.

Личный вклад автора заключается в проведении анализа печатных и электронных источников, получении аналитических результатов, проведении численного и экспериментального моделирования, участии в изготовлении и экспериментальном исследовании опытных образцов приборов.

Достоверность полученных результатов подтверждается воспроизводимостью экспериментальных и расчетных данных, полученных на сертифицированных приборах, а также их соответствием результатам

других работ в данной области исследования. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в российских и международных рецензируемых научных журналах.

По теме диссертации опубликовано 103 научные работы, в том числе 41 статья в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, 1 глава в коллективной монографии, 8 статей в трудах конференций, индексируемых в информационно-аналитических системах научного цитирования SCOPUS / Web of Science, получено 35 патентов РФ, 18 статей в рецензируемых российских журналах.

Представленная к защите диссертационная работа по критериям актуальности, новизны и практической значимости удовлетворяет требованиям, предъявляемым ВАК РФ к работам, претендующим на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики.

С учетом вышесказанного считаю, что диссертационная работа Телегина А.М. «Разработка методик, экспериментальных установок и бортовых приборов для регистрации параметров микрометеороидов и частиц космического мусора» является законченным научным исследованием и удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики, а ее автор, Телегин А.М., заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук.

Научный консультант,  
профессор кафедры технической кибернетики  
Самарского университета, д.ф.-м.н., профессор



Николай Львович Казанский

Докторская диссертация защищена по специальности  
01.04.01 – Техника физического эксперимента, физика приборов,  
автоматизация физических исследований

**Контактная информация организации:**

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» (Самарский университет)

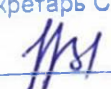
Адрес организации: 443086, г. Самара, Московское шоссе, д. 34

Сайт: [www.ssau.ru](http://www.ssau.ru)

Телефон: +7 (846) 332-57-83

E-mail: [ssau@ssau.ru](mailto:ssau@ssau.ru); [kazanskiy@ssau.ru](mailto:kazanskiy@ssau.ru)



|                                                                                       |                        |                |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----------------|
| Подпись                                                                               | <u>Казанского И.Л.</u> | удостоверяю    |
| Ученый секретарь Самарского университета                                              |                        |                |
|  |                        | Васильева Г.П. |
| « 5 »                                                                                 | 05                     | 20 26 г.       |