

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Телегина Алексея Михайловича
на тему «Разработка методик, экспериментальных установок и бортовых приборов
для регистрации параметров микрометеороидов и частиц космического мусора»,
представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности
1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики

Диссертационная работа Телегина А.М. посвящена решению актуальной научно-технической проблемы – повышению достоверности и информативности регистрации параметров высокоскоростных микрочастиц (микрометеороидов и техногенного космического мусора) для уточнения моделей их пространственно-временного распределения в околоземном пространстве. Актуальность темы не вызывает сомнений и обусловлена наблюдаемым стремительным ростом техногенного засорения орбит, в результате которого воздействие пылевых микрочастиц (микрометеороидов и частиц космического мусора) может приводить к выходу из строя таких важных элементов оборудования космических аппаратов, как солнечные батареи, антенны, радиаторы и т. д..

Научная новизна работы заключается в полученных оригинальных решений :

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 были 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

Входящий №	206-7229
Дата	20 АВГ 2026
Самарский университет	

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. Были представлены многообразия 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 были 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 были 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 был изготовлен и экспериментально проверен в ускорителе микрочастиц макет многосеточного датчика, для обработки результатов с которого была 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 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, сосной оси ускорителя микрочастиц. Суть методики заключается в расчете весовых коэффициентов для данных с каждого электрода при единичном потенциале на одном и нулевом потенциале на остальных, что позволяет по трем измеренным напряжениям с электродов восстановить положение микрочастицы.

7. Предложена оригинальная конструкция экспериментальной установки в виде малого космического аппарата, предназначенного для регистрации высокоскоростных частиц, чьей отличительной чертой 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 2π стерadian, что, примерно, в 1,5 раза больше, чем для разработанных ранее ионизационных датчиков.

Обоснованность и достоверность результатов, базирующихся на корректном использовании теоретических методов и экспериментальных данных, полученных на ускорителе микрочастиц Самарского университета и в ходе космического эксперимента, не вызывает сомнений. Результаты согласуются с работами зарубежных и отечественных авторов, что подтверждает их объективность.

Личный вклад соискателя является определяющим: он участвовал в постановке задач, разработке и изготовлении всех экспериментальных установок, бортовых приборов и методик, проведении численного и натурного моделирования, обработке экспериментальных данных. Это подтверждается большим количеством публикаций – 103 работы, включая 41 статью в журналах ВАК, 8 в Scopus/WoS, 35 патентов РФ.

Замечания по автореферату:

1. Для пленочного датчика со спиральной катушкой указана аппроксимация, но не приведены границы применимости этой формулы при множественных разрывах.
2. В тексте присутствуют технические опечатки.

Указанные замечания не носят принципиального характера и не снижают общей высокой оценки работы.

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена большая научно-техническая проблема, имеющая важное значение для развития космического приборостроения и экспериментальной физики. По актуальности, новизне, объему выполненных исследований и практической значимости она полностью соответствует требованиям п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842 (в современной редакции), предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, Телегин Алексей Михайлович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 1.3.2 – Приборы и методы экспериментальной физики.

Профессор департамента электронной инженерии Московского института электроники и математики им. А.Н. Тихонова Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», Заслуженный деятель науки и техники РФ, лауреат премий Правительства РФ в области науки и техники и в области образования, д.т.н., профессор



/ Пожидаев Евгений Дмитриевич /

10. 08. 2026

Адрес: г. Москва, ул. Пионерская, д. 12, каб. 264а

E-mail: epozhidaev@hse.ru

тел.: +7 (495) 772-9590 доб. 15216

Я, Пожидаев Евгений Дмитриевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Подпись Пожидаева Е.Д. заверяю

Заместитель директора МИЭМ



Ложилов А.Г.