

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Телегина Алексея  
Михайловича, выполненной на тему

РАЗРАБОТКА МЕТОДИК, ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УСТАНОВОК  
И БОРТОВЫХ ПРИБОРОВ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ПАРАМЕТРОВ  
МИКРОМЕТЕОРОИДОВ И ЧАСТИЦ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА,  
и представленной на соискание степени доктора технических наук по  
специальности 1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики

Актуальность темы диссертации. В настоящее время космические аппараты (КА) и размещаемое на них оборудование проектируются с учетом длительного пребывания их в космическом пространстве. Элементы таких аппаратов в полете подвергаются длительному влиянию факторов космического пространства, в частности, воздействию пылевых микрочастиц (микрометеороидов и частиц космического мусора), что может привести к выходу из строя дорогостоящего оборудования (солнечные батареи, антенны, радиаторы и т. д.). За большинством крупных объектов следят наземными методами, однако мелкие частицы (размером менее 1 см) не поддаются наблюдению из-за малости их размеров. Облака микрометеороидов, сталкиваясь с КА, воздействуют также и на выносные чувствительные элементы бортовой датчиковой аппаратуры, уменьшая время функционирования и понижая точность измерений, осуществляемых этой аппаратурой. Однако в настоящее время распределение на околоземных орбитах микрометеороидных облаков мало изучено, что не позволяет выбирать проектировщикам орбиты, на которых воздействие микрометеороидов минимально. Разработчики КА вынуждены закладывать в расчеты значительные запасы прочности, что удорожает аппараты, либо использовать устаревшие модели, не учитывающие резкий рост техногенного засорения за последние годы. В связи с этим актуальной задачей является исследование околоземных орбит эксплуатации КА с целью уточнения существующих моделей засорения окружающего пространства, что требует разработки новых методов и приборов, обладающих улучшенными целевыми показателями (чувствительностью, точностью определения параметров частиц, работой в реальном времени, информативностью, достоверностью и т.д.). Диссертационная работа А.М. Телегина как раз посвящена изучению указанной тематики и поэтому ее актуальность не вызывает сомнений.

В ходе выполнения данного исследования получены следующие результаты, обладающие научной новизной.

1. Разработаны методика и экспериментальные установки для регистрации параметров высокоскоростных микрочастиц на основе использования пленочных металлических проводников и частотного анализа, позволяющего определять места разрыва микрополоска. Местоположение разрыва полоска влияет на частоту резонанса (от 4 до 30 МГц) коэффициента передачи этого микрополоска. Методика и предлагаемые конструктивные решения позволяют обойтись без большого количества мультиплексоров и значительно уменьшить массу и габариты датчиков на 10-30%.

Построена математическая модель оценки координат точки соударения на основе использования матриц микрополосковых линий передач. Работоспособность предложенной методики подтверждена серией лабораторных исследований с разработанными и изготовленными различными типами первичных преобразователей индуктивного типа.

2. Разработан и изготовлен прибор «МЕТЕОР», участвовавший в космических экспериментах на малом космическом аппарате «АИСТ-1Т», предназначенный для сбора данных о микрометеороидах и частицах космического мусора в околоземном пространстве с контролем направления их прихода, посредством использования датчика Солнца, а также с возможностью использования адаптивной методики обработки сигналов с датчиков, позволяющая изменять коэффициент усиления канала измерения ионизационного импульса в зависимости от помех, вызванных влиянием засветки от Солнца. С помощью экспериментальных образцов предложенной аппаратуры, установленной на малом космическом аппарате «АИСТ-1Т», были получены впервые данные комплексного эксперимента на околоземной орбите по исследованию параметров микрометеороидов и частиц космического мусора, электризации, температуры поверхности космического аппарата, освещенности Солнцем. Полученные экспериментальные данные по электризации показывают колебания электрического потенциала космического аппарата в зависимости от его освещенности и коррелируют с расчетными теоретическими данными других исследователей. Обнаружено, что в среднем для «АИСТ-1Т» потенциал КА в месте установки датчика составил порядка  $-14\text{В} \div -16\text{В}$ .

3. Разработан, изготовлен и исследован на ускорителе прибор ионизационного типа для измерения высокоскоростных частиц, состоящий из мишени, позволяющий с помощью ионизационного и наведенного импульса производить оценку значений массы и скорости высокоскоростных микрочастиц. Предложена методика расчета форм импульса напряжения, наведенного в измерительных электродах датчиков микрометеороидов и частиц космического мусора и вызванного пролетом высокоскоростных

заряженных микрочастиц вблизи этих электродов. Методика была использована для расчета влияния наклона пролета микрочастицы при ее движении через электроды в виде пластин на форму выходных импульсов, что позволило объяснить специфические провалы в форме наведенного сигнала в ионизационном датчике высокоскоростных микрочастиц. Впервые были представлены многообразия форм наведенных импульсов, полученных экспериментально на ускорителе микрочастиц, с приемника ионов (плоскопараллельных электродов) при различных местах соударения высокоскоростных микрочастиц с элементами конструкции детектора (мишенью, электродами). Получена экспериментальная зависимость длительности пролетного импульса от скорости частицы описывается. Построен график отношения заряда собранных ионов к массе микрочастицы в зависимости от скорости этой микрочастицы в диапазоне до 2,5 км/с, что позволило построить аппроксимационную зависимость этих величин.

4. Разработан и изготовлен прибор для регистрации высокоскоростных микрочастиц ионизационного типа с повышенной относительно прибора с плоскопараллельной системой электродов чувствительностью за счет использования оригинальных отличительных конструктивных решений: наличие оптического канала синхронизации для устранения ложного срабатывания цифрового компаратора от помех, вызванных схемами управления ускорителя микрочастиц при проведении лабораторных исследований; одновременная запись сигнала с двумя разными коэффициентами усиления; комбинированная система электродов, позволяющая сохранить большую площадь сбора ионов и при этом снизить входную емкость первичных преобразователей научной аппаратуры на 15-20%, что привело к повышению чувствительности первичного преобразователя не менее чем на 17%. С помощью прибора на электродинамическом ускорителе с разными мишенями были измерены зависимости отношения общего заряд, собранных ионов, к массе микрочастицы. Измерения в диапазоне от 1 до 10 км/с показали, что при более высокой плотности материала мишени наблюдается большая степень ионизации материала мишени и самой микрочастицы в зоне удара.

5. Впервые разработана конструкция экспериментальной установки в макета малого космического аппарата для измерения параметров высокоскоростных частиц в космосе (космического мусора и микрометеороидов), состоящая из пленочной структуры металл-диэлектрик-металл, электромагнитов, расположенных по трем взаимно ортогональным осям, приемника ионов, солнечной батареи, на каждой оси расположен один

электромагнит, соединенный с блоком управления электромагнитами, который подключен к блоку управления системой, а также введены блок регистрации, который подключен к пленочной виде структуре металл-диэлектрик-металл зонтичной конструкции и блоку управления системой, введен блок формирования питания, соединенный с солнечной батареей и блоком управления системой, добавлен приемо-передающий модуль, связанный с командной антенной, телеметрической антенной и блоком управления системой, введен блок развертки пленочного датчика, который соединен с блоком управления системой, к которой подключены шесть солнечных датчиков, расположенных на каждой из граней малого космического аппарата. Был изготовлен и исследован массогабаритный макет такого малого космического аппарата, отличающийся большой площадью регистрирующей поверхности.

### **Замечания по диссертации**

1. В представленной работе рассмотрена возможность обнаружения и определения параметров движения только ионизированных микрометеороидов. Но известно (кандидатская диссертация сотрудника РКЦ «Прогресс» Щелокова Е.А.), что существуют облака незаряженных микрометеороидов. В работе такой случай не рассмотрен.
2. События появления облаков заряженных микрометеороидов, как утверждает сам автор диссертации, достаточно редки – за один месяц 1-2 случая появления. Тогда возникает вопрос о вероятностях верных и ложных срабатываний предлагаемого датчика микрометеороидов, который в работе не рассмотрен.

### **Заключение о соответствии рецензируемой работы критериям Положения о присуждении ученых степеней**

Представленная диссертация является завершенным исследованием, выполненным в соответствии с требованиями паспорта научной специальности 1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики

Апробация подтверждается достаточным количеством публикаций в реферируемых журналах из перечня ВАК РФ и из списка Scopus, государственной регистрацией программных комплексов и патентов, а также актами внедрения.

Аннотация полностью раскрывает содержание диссертации, которая удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней,

утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г., № 842, к опубликованию результатов диссертаций в реферируемых изданиях.

Диссертация соответствует п.9 действующего положения о присуждении ученых степеней и является завершенной научно-квалификационной работой.

Автор работы Телегин А.М., несомненно, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики.

Доктор технических наук, профессор кафедры «Электромеханика и автомобильная электроника» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет».

 Кузнецов Павел Константинович

Подпись д.т.н., профессора Кузнецова

Павла Константиновича заверяю:

Главный ученый секретарь ФГБОУ ВО  
«СамГТУ», д.т.н.



 Малиновская Ю.А.

15.09.2026

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет», 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244; тел. 89277830313, e-mail: kurnesov@mail.ru