

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

о диссертационной работе

ТЕЛЕГИНА Алексея Михайловича

**«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.

1. Актуальность работы

Околоземное космическое пространство представляет собой ограниченный ресурс, интенсивность использования которого в последние десятилетия резко возросла и продолжает увеличиваться, в том числе, за счёт развёртывания группировок малых спутников, таких, например, как StarLink и т.п. В этой связи можно констатировать, что наряду с потоками микрометеороидов естественного происхождения, на околоземных орбитах сейчас находится большое количество мелких частиц техногенного характера, которые представляют собой космический мусор. Более того, в соответствии с данными, приведенными на официальном сайте Европейского космического агентства ESA (https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/The_Kessler_Effect_and_how_to_stop_it), за последние 5 лет плотность обломков на определенных высотах достигает тех же значений, что и концентрация активных объектов (спутников) и такое прогрессирующее засорение орбит может привести к необратимому самоподдерживающемуся каскаду столкновений и, соответственно, такому же каскадному росту числа обломков (эффект Кesslera).

Учитывая, что на орбитальных скоростях движения кинетическая энергия микрочастиц как естественного, так и искусственного происхождения велика, их столкновение с элементами космических аппаратов может стать причиной существенных повреждений последних (эрозия оптических поверхностей, деградация солнечных батарей, нарушение работы тепловых покрытий, разгерметизация и т.п.), вследствие чего соответствующие изделия могут стать непригодными для дальнейшего практического использования.

Помимо рассмотренных выше инженерных задач, направленных на повышение безопасности орбитальных полетов, регистрация и исследование микрочастиц имеет и чисто фундаментальное научное значение. В частности, изучение микрометеороидов и космической пыли, которые являются первичными носите-

Входящий № 205-4921

Дата 10 СЕН 2026

Самарский университет

лями информации о химическом составе естественных космических тел (комет, астероидов и т.п.) и чьи потоки связаны с метеорными роями и солнечной активностью, предоставляет ученым уникальные эмпирические данные для решения многих актуальных задач астрофизики.

Таким образом можно утверждать, что исследование микрометеороидов и частиц космического мусора само по себе является комплексной задачей, которая позволяет получить ответы на несколько актуальных и важных научных и практических вопросов – от понимания происхождения межпланетной пыли и эволюции солнечной системы до защиты космических аппаратов от ударов микрочастиц и предотвращения каскадных столкновений. При этом значительная, если не определяющая часть частиц, которые подлежат изучению, имеют малые и сверхмалые размеры (<1 см), а потому остаются ненаблюдаемыми с Земли (обычно считается, что наземные средства наблюдения способны отслеживать на околоземных орбитах объекты с размерами не менее 10 см, а на геостационарных – от 30 см и выше).

В такой ситуации единственным способом получения данных о микрочастицах являются прямые измерения (in-situ), реализуемые посредством специализированных приборов, расположенных на борту космического аппарата. При этом отдельно необходимо выделить задачу калибровки бортовых приборов, которая нетривиальна и требует применения специализированных ускорителей микрочастиц, воспроизводящих контролируемые условия гиперзвукового удара, что, в свою очередь, определяет необходимость разработки как соответствующих измерительных устройств в составе таких установок, так и новых методик проведения экспериментов и обработки получаемых результатов.

Вышесказанное позволяет мне утверждать, что решенные Телегиным А.М. в рамках диссертационного исследования *задачи*, связанные с созданием научно обоснованных методик проектирования бортовых приборов и экспериментальных установок для регистрации параметров микрометеороидов и частиц космического мусора, равно как проведение соответствующих экспериментов с использованием разработанного оборудования в открытом космосе на борту космических аппаратов, а также в лабораторных условиях на специализированных ускорителях частиц, *актуальны, имеют важное хозяйственное значение, а их внедрение вносит значительный вклад в развитие Российской Федерации.*

2. Общая характеристика работы

Диссертация Телегина А.М. обладает внутренним единством, написана технически грамотным языком, оформлена в соответствии с ГОСТ Р 7.0.11-2011. Общий объем рукописи составляет 325 страниц машинописного текста, что является достаточным для докторской диссертации и не превышает допустимого. Работа имеет четкую структуру и состоит из введения, пяти глав, заключения, списка

сокращений и условных обозначений, списка литературы, содержащего ссылки на 437 источников, и трех приложений.

Во *введении* традиционно обоснована актуальность темы диссертации, приведён обзор существующих работ в рассматриваемой области знаний, сформулированы цель и задачи исследования, изложены основные результаты работы и их научная новизна, обоснована теоретическая и практическая значимость полученных результатов, приведены положения, выносимые на защиту, описана структура диссертации.

Далее, каждая отдельная глава рукописи диссертации представляет собой раздел, в котором содержатся исчерпывающие сведения о самостоятельных и конкретных видах приборов для регистрации параметров микрометеороидов и частиц космической пыли, являющихся результатом проведенного автором исследования.

В *первой главе* приведены результаты анализа современных научных публикаций по проблематике исследования, на основании которого автором сделан вывод о том, что в настоящее время отсутствуют систематизированные рекомендации по проектированию рассматриваемого типа аппаратуры для конкретных условий эксплуатации, а существующие методы и средства регистрации микрометеороидов и частиц космического мусора не учитывают комплексное влияние формы частицы, ее заряда и угла падения на регистрируемые сигналы. Исходя из существующих массогабаритных ограничений и необходимости увеличения чувствительной площади датчиков для малых космических аппаратов типа CubeSat, автором предложены новые типы детекторов удара микрочастиц на основе пленочных микрополосковых линий передач с использованием частотного метода анализа, описание которых также приведено в настоящем разделе. На основе разработанных соискателем математических моделей микрополосковых линий передачи с использованием Т- и S-матриц была установлена зависимость резонансной частоты коэффициента передачи от положения места разрыва металлического полоска, вызванного соударением микрочастицы с чувствительной поверхностью датчика, что, в свою очередь, позволило определить место удара частицы без применения большого количества мультиплексоров и многоканальной электроники. Экспериментальные исследования установок на основе датчиков с чувствительными элементами в виде «змейки» и спиральной катушки индуктивности подтвердили работоспособность предложенного автором частотного метода.

Вторая глава диссертации посвящена приборам ионизационного типа для регистрации высокоскоростных микрочастиц. В разделе приводятся разработанные автором модели расчета параметров наведенного импульса в измерительной цепи детектора частиц рассматриваемого типа в зависимости от траектории полета микрочастицы, угла ее входа и параметров входной измерительной цепи, которые обеспечивают возможность интерпретации экспериментально получен-

ных на ускорителе микрочастиц форм сигналов и повышают достоверность оценки искомых параметров (массы и скорости) частиц. Здесь же приведены описания разработанной автором научной аппаратуры «МЕТЕОР» и результатов ее применения в рамках космического эксперимента на малом космическом аппарате «АИСТ-1Т». Также приведены описания разработанных автором и проверенных в условиях лабораторного эксперимента в Самарском университете на ускорителях частиц прототипа прибора ионизационного типа с пластинчатыми электродами, а также прибора «МЕТЕОР-М» с комбинированной системой электродов в виде нитей и пластин, который сочетает преимущества обоих типов электродов, а также обладает лучшими характеристиками в части помехозащищенности за счет использования дополнительного оптического канала синхронизации, обеспечивающего блокировку ложных срабатываний прибора от помех переключения ускоряющего напряжения.

В *третьей главе* диссертации рассмотрены приборы пролетного типа для регистрации высокоскоростных микрочастиц, а также представлены результаты экспериментальных исследований с их применением. На основе разработанных аналитических моделей для сеточных электродов автором были проведены расчеты характеристик импульсов, наведенных от частиц, и оценены погрешности измерения параметров микрочастиц (скорости, заряда, массы) в зависимости от геометрических размеров электродов и погрешности измерения временных интервалов. Это еще на этапе проектирования позволило автору осуществить научно обоснованный выбор конструктивного исполнения отдельных элементов прибора с учетом достижения требуемой точности не хуже 5% при скоростях до 10 км/с. Проведенные экспериментальные исследования разработанного прототипа прибора, результаты которых отражены в тексте главы, подтвердили справедливость теоретических расчетов.

Четвертая глава посвящена приборам, используемым для регистрации пылевых микрочастиц в специализированных ускорителях микрочастиц, используемых для натурного моделирования воздействия факторов космического пространства (микрометеороидов и частиц космического мусора) на элементы конструкций космических аппаратов и калибровки соответствующих бортовых приборов. Представлены полученные автором на основе теоремы Рамо-Шокли и численного моделирования в среде FEMM результаты моделирования наведенных зарядов для четырех типов измерительных электродов (цилиндрических, сферических, конических и с фланцем), которые позволили обосновать выбор формы электродов для устройства измерения параметров микрочастиц при их пролете через тракт ускорителя. Приведено описание разработанного метода математической обработки данных, поступающих от прибора с модифицированной системой регистрации в виде трех электродов, расположенных на окружности, соосной оси ускорителя микрочастиц, обеспечивающего оценку отклонения положения

микрочастицы от заданной траектории в электромагнитном ускорителе. Проведенные экспериментальные исследования, результаты которых представлены в главе, подтвердили работоспособность разработанного метода для измерения координат микрочастицы относительно оси ускорителя микрочастиц.

В *пятой главе* диссертации рассмотрены разработанные автором приборы для регистрации удара высокоскоростных микрочастиц, в которых в качестве чувствительных элементов используется поверхность элементов конструкций самих космических аппаратов. В главе представлены разработанные автором четыре методики регистрации микрометеороидов и частиц космического мусора на основе малых космических аппаратов и устройств, использующих комбинированные структуры (пленочные структуры металл-диэлектрик-металл для регистрации пробоя, приемники ионов для сбора ударной плазмы, пьезодатчики и антенны для измерения вектора скорости). Приведено описание экспериментальной установки в виде массогабаритного макета малого космического аппарата, подтвердившей возможность реализации предложенных технических решений и позволяющей проводить наземную отработку систем регистрации и оценку компоновки расположения приборов.

Заключение традиционно содержит основные результаты исследования и выводы по работе.

В *приложениях* представлены дополнительные материалы, конкретизирующие методику обработки данных эксперимента (в т.ч. методику оценки параметров микрочастиц) при использовании прибора ионизационного типа с комбинированной системой электродов, акты внедрения результатов диссертационного исследования и сведения о достижениях автора в области приборостроения.

3. Обоснованность результатов и их достоверность

Достоверность и *обоснованность* полученных в диссертационной работе научных результатов, выводов и рекомендаций *обеспечивается* корректным использованием общеизвестных методов теоретических и экспериментальных исследований, которые строго обоснованы в научной литературе, апробированы и хорошо себя зарекомендовали при проведении научных исследований. Адекватность теоретических расчетов подтверждается экспериментальными результатами, полученными в условиях космического пространства и на ускорителях частиц. Последнее документально подтверждено соответствующими актами внедрения и открытыми сведениями, опубликованными на официальном сайте Госкорпорации «Роскосмос».

Научные положения, выводы и заключения, сделанные Телегиным А.М. в рамках диссертационного исследования, прошли апробацию на всероссийских и международных конференциях, известны специалистам и достаточно полно отражены в 103 опубликованных им научных работах по теме диссертации, включая

33 статьи в рецензируемых научных изданиях категорий К1 (17 публикаций), К2 (16 публикаций), которые рекомендованы ВАК РФ для опубликования основных результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук и на соискание ученой степени доктора наук по специальности 1.3.2 (рекомендация ВАК РФ от 26.10.22 №2-пл/1 «О новых критериях к соискателям ученых степеней кандидата наук, доктора наук, к членам диссертационных советов»), 35 свидетельств о РИД, включая 24 патента РФ на изобретения, 4 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ, 7 патентов на полезную модель, 1 монографию, публикации в трудах международных конференций, индексируемых в международных базах Scopus и WoS, других статей в высокорейтинговых рецензируемых научных журналах не по искомой специальности.

4. Научная новизна результатов

Научная новизна полученных в диссертационной работе результатов определяется *впервые разработанными научно обоснованными методиками* проектирования бортовых приборов и экспериментальных установок для регистрации микрометеороидов и частиц космического мусора на основе пленочных структур, датчиков ионизационного и пролетного типов, а также с использованием поверхности малого космического аппарата в качестве датчиков микрочастиц, в основе которых лежат подтвержденные математическими расчетами решения, обеспечивающие, в сравнении с существующими аналогами, повышение информативности (возможность одновременной оценки массы, вектора скорости и заряда частиц) и достоверности (учет условий проведения экспериментов и обеспечение заданных уровней погрешности) измерения параметров частиц, а также снижение аппаратной избыточности и повышение эффективности использования технических средств мониторинга высокоскоростных микрочастиц естественного и искусственного происхождения в условиях космического пространства и наземного эксперимента, в т.ч.:

- *методикой проектирования приборов для регистрации микрометеороидов и частиц космического мусора с пленочными датчиками*, отличительной особенностью которой является использование частотного анализа отклика пленочных микрополосковых структур в зависимости от места разрыва полоска, вызванного соударением с микрочастицей, что, в свою очередь, позволяет отказаться от громоздких схем мультиплексирования, упрощает электронную часть и обеспечивает снижение массогабаритных характеристик прибора;

- *методикой проектирования приборов ионизационного типа для регистрации высокоскоростных микрочастиц в условиях космического пространства*, отличающейся от известных подходов применением оригинальных схемотехнических и алгоритмических решений, в т.ч. использованием дополнительных информационных каналов для подавления электромагнитных помех, возможностью

оценки направления удара высокоскоростных микрочастиц в дополнение к определению массы и скорости частиц, применением комбинированной системы электродов из нитей и пластин, сочетающей преимущества обоих типов электродов и позволяющей снизить входную емкость приемника при сохранении высокой эффективности сбора ионов (указанные решения повышают информативность и достоверность определения параметров микрочастиц);

- *методикой проектирования приборов пролетного типа* для регистрации и одновременного измерения параметров высокоскоростных микрочастиц (вектора скорости, массы и заряда) с использованием модульных многосеточных электродов, отличительной особенностью которой является возможность выбора конструктивного исполнения элементов прибора с учетом требуемого диапазона измеряемых параметров и достижения заданной точности их измерения;

- *методикой проектирования приборов для измерения отклонения микрочастицы от заданной траектории в электромагнитном ускорителе*, которая отличается от известных решений применением электродов нестандартной конструкции, расположенных на окружности, соосной оси ускорителя частиц в совокупности с оригинальным способом обработки экспериментальных данных;

- *оригинальной методикой проектирования экспериментальных установок типа «спутник-датчик»* для регистрации параметров высокоскоростных микрочастиц с использованием комбинированных методов их обнаружения, что впервые позволило обеспечить эффективную регистрацию частиц и оценку их параметров в широком телесном угле 2π стерадиан.

5. Значимость полученных результатов для науки и практики

Теоретическая значимость полученных в диссертационной работе результатов для экспериментальной физики и приборостроения определяется предложенными Телегиным А.М. научно обоснованными методиками проектирования бортовых приборов, предназначенных для обнаружения и регистрации параметров высокоскоростных микрочастиц естественного (микрометеороиды) и искусственного (частицы космического мусора) происхождения в условиях космического пространства, а также приборов и специализированных установок для лабораторных исследований параметров микрочастиц и калибровки бортовых приборов в наземных условиях.

Практическая значимость результатов диссертационной работы заключается в разработанной совокупности методик регистрации и обработки экспериментальных данных параметров высокоскоростных микрочастиц естественного (микрометеороиды) и искусственного (частицы космического мусора) происхождения, бортовых приборов для исследования околоземного космического пространства, обеспечивающих, в том числе, более достоверное в сравнении с существующими средствами прогнозирование столкновений высокоскоростных мик-

рочастиц с поверхностью космического аппарата для задач защиты элементов конструкции космических аппаратов и научного оборудования, размещаемого на них, а также специализированных экспериментальных установок для исследования микрочастиц и калибровки приборов в наземных условиях. Документальным подтверждением практической значимости результатов диссертационного исследования являются патенты, свидетельства о регистрации программ для ЭВМ, полезные модели (всего 35 наименований), полученные соискателем в ходе выполнения работы, акты о внедрении результатов диссертационного исследования в промышленность (АО «СС «Гонец», работы при создании перспективных спутниковых систем связи), учебный процесс (Самарский университет, курс «Электромагнитная совместимость бортовых электронных систем»), открытая информация, размещенная на официальных интернет-ресурсах Госкорпорации «Роскосмос» (<https://www.roscosmos.ru/28972/>).

6. Характеристика автореферата диссертации

Автореферат повторяет структуру диссертации и в кратком виде позволяет судить о её содержании. Основные выводы диссертации соответствуют основным выводам автореферата.

7. Замечания по работе:

В ходе анализа рукописи диссертации какие-либо недостатки принципиального характера, ставящие под сомнение научную ценность работы, выявлены не были. Приведенные ниже замечания скорее субъективны по своей природе и, на мой взгляд, вызваны, прежде всего, попыткой соискателя «уместить» большой объем фактического материала с результатами проведенных им исследований в разумные рамки диссертации:

1. В тексте диссертации автор зачастую опускает обоснование тех или иных положений или технических решений, полагая, возможно, что они и так очевидны. Наверное, с точки зрения узкой профессиональной аудитории это в определенной мере допустимо, однако в контексте представления результатов диссертационного исследования отсутствие должной аргументации приводит к тому, что появляются вопросы относительно обоснованности того или иного вывода, а в случае наличия альтернатив, логика выбора возможных вариантов становится непрозрачной:

– в разделе 1.2 (стр. 48) неожиданно появляется краткий вывод о необходимости «проводить тарировку датчиков с использованием специализированного оборудования (ускорителей частиц)», при том, что сам раздел посвящен исключительно обзору физических эффектов, которые используются для регистрации пы-

левых частиц, и речь об особенностях тарировки измерительных преобразователей, построенных на основе использования данных эффектов в разделе, не идет;

- непонятен смысл очевидного краткого вывода относительно обязательного соблюдения требований ГОСТов и отраслевых стандартов при создании космической аппаратуры (стр. 54), сделанного автором к разделу 1.3, посвященному обзору конструкций датчиков;

- из содержания раздела 2.2 неясно, с какой целью в контексте задачи регистрации высокоскоростных частиц в аппаратуре «МЕТЕОР» используется датчик электризации;

- непонятно, зачем в разделе 4.2.2 автор приводит подробные результаты вычислительных экспериментов для цилиндрических электродов с фланцем при условии, что ранее такая конструкция электродов была им отвергнута как менее эффективная в сравнении с цилиндрическим вариантом без фланца;

- необоснован вывод о целесообразности регистрации столкновений микрочастиц с поверхностью космического аппарата по ионизации и световой вспышке (стр. 235), при том, что автор сам указывает на тот факт, что данные способы менее «информативны» в сравнении с детектированием по изменению температуры и по ударным волнам;

- в разделе «Краткие выводы» к преамбуле главы 5 (стр. 246) содержатся выводы о применимости некоторых методов контроля поверхности космических аппаратов (пьезоэлектрические пленки, резистивные датчики), которые не рассматривались в разделе.

2. По моему мнению в диссертации неудачно сформулированы положения научной новизны – они громоздки и сконцентрированы преимущественно на конструкциях тех или иных приборов и экспериментальных установок (положения 2, 3, 4, 7). Такая формулировка скорее отражает новизну техническую (технологическую), а не научную, т.к. конкретный прибор – это все-таки инструментальное средство для получения новых знаний, а не сами новые знания. Между тем, представленные в диссертации результаты позволяют утверждать, что автором впервые разработаны методики проектирования более информативных в сравнении с существующими аналогами бортовых приборов и экспериментальных установок, предназначенных для регистрации высокоскоростных микрометеороидов и частиц космического мусора. Разработанные в диссертации методики научно обоснованы математическими моделями, не являются повторением или компиляцией известных приёмов, обладают воспроизводимостью и универсальностью, т.е. представляют собой обобщенный результат, который может быть отнесен к научному знанию.

3. Представленные в рамках диссертационного исследования и вынесенные на защиту приборы являются средствами измерения, т.к. предназначены для количественных оценок параметров высокоскоростных микрочастиц (массы, вектора скорости, заряда), а не только фиксации факта их взаимодействия с поверхностью космического аппарата или чувствительным элементом прибора. В этой связи важными являются вопросы метрологического обеспечения измерений, реализуемых с помощью таких приборов, чему, на мой взгляд, в работе не уделено должного внимания. В частности, отсутствуют оценки погрешности определения массы и скорости частиц для аппаратуры «МЕТЕОР». Для отдельных случаев, когда приводятся оценки погрешности измерения параметров микрочастиц, непонятна методика их получения (рис. 3.16, 3.17 – погрешности измерения модуля скорости частиц и угла их влета в датчик, стр. 234 – погрешность измерения отклонения частицы от заданной траектории и т.п.). Кроме того, встречаются терминологические неточности в обозначении погрешностей (на стр. 188, 190 приведены выражения для суммарной относительной погрешности, а не относительной погрешности, как это указано автором).

4. Имеются замечания по оформлению рукописи диссертации: в первой главе автор необоснованно использует смешение стилей APA (American Psychological Association) и ГОСТ Р 7.0.5-2008 при указании ссылок на литературные источники в тексте (стр. 20, 21); имеются некорректные ссылки на рисунки (рис. 1.1 по смыслу не соответствует ссылке в тексте диссертации, отсутствует рис. 1.70, ссылка на рис. 1.50 не соответствует содержанию иллюстрации, описание рис. 4.10 в тексте диссертации в части наименования блоков отличается от представленных на самом рисунке и т.д.) и формулы (на стр. 37 формулы нумеруются то с использованием двухуровневой нумерации, то с одноуровневой) и т.д.; встречаются повторы таблиц (таблицы 1.2 и 1.4. идентичны и взяты из одного источника), абзацев (стр. 154), выражений ($U_n(t)$ на стр. 155 и $U_i(t)$ на стр. 153) и т.п.; необоснованно используются латинские наименования элементов электронных схем, которые не расшифровываются в тексте диссертации (стр. 204); изредка встречаются опечатки, несогласованные предложения и т.п.

8. Заключение по диссертации

Диссертация Телегина А.М. *обобщает результаты* многолетних исследований автора в области научного приборостроения.

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, в которой изложены научно обоснованные методики проектирования бортовых приборов и экспериментальных установок для регистрации микрометеороидов и частиц космического мусора на основе пленочных структур, датчиков ионизационного и пролетного типов, а также с использо-

ванием поверхности малого космического аппарата в качестве датчиков микрочастиц, в основе которых лежат подтвержденные математическими расчетами решения, обеспечивающие, в сравнении с существующими аналогами, повышение информативности (возможность одновременной оценки массы, вектора скорости и заряда частиц) и достоверности (учет условий проведения экспериментов и обеспечение заданных уровней погрешности) измерения параметров частиц, а также снижение аппаратной избыточности и повышение эффективности использования технических средств мониторинга высокоскоростных микрочастиц естественного и искусственного происхождения в условиях космического пространства и наземного эксперимента. *Внедрение указанных решений вносит значительный вклад в развитие страны, что подтверждается соответствующими актами о внедрении и другими официальными источниками информации.*

Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты. Сформулированные автором выводы можно охарактеризовать как обоснованные и достоверные. Практическое использование научных результатов, имеющих прикладной характер, документально подтверждено соответствующими актами о внедрении.

Содержание работы соответствует п.3 «Создание научной аппаратуры, приборов и экспериментальных установок для исследований в разных областях физики» и п.4 «Разработка и создание экспериментальных установок для проведения экспериментальных исследований в различных областях физики» паспорта специальности 1.3.2. «Приборы и методы экспериментальной физики» (отрасль науки – технические).

Основные научные результаты диссертации опубликованы в 103 научных работах, включая 33 статьи в рецензируемых научных изданиях категорий К1 (17 публикаций), К2 (16 публикаций), которые рекомендованы ВАК РФ для опубликования основных результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук и на соискание ученой степени доктора наук по специальности 1.3.2 (рекомендация ВАК РФ от 26.10.22 №2-пл/1 «О новых критериях к соискателям ученых степеней кандидата наук, доктора наук, к членам диссертационных советов») и 24 патента РФ на изобретения. Автореферат и опубликованные работы достаточно полно отражают содержание диссертации. Оформление работы в целом соответствует установленным требованиям.

Замечания, сделанные в отзыве, не носят принципиального характера, ставящего под сомнение научную ценность работы, и не снижают ее общую положительную оценку.

На основании изложенного считаю, что **диссертация** Телегина А.М. на тему «Разработка методик, экспериментальных установок и бортовых приборов для регистрации параметров микрометеороидов и частиц космического мусора» **удо-**

влетворяет критериям раздела II «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 N 842 (ред. от 18.07.2026 г.), установленным для докторских диссертаций, а её автор, **ТЕЛЕГИН Алексей Михайлович**, заслуживает присуждения ему **искомой ученой степени доктора технических наук по специальности 1.3.2. - Приборы и методы экспериментальной физики (отрасль науки – технические).**

Официальный оппонент - директор Института проблем управления сложными системами Российской академии наук – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Самарского федерального исследовательского центра Российской академии наук, доктор технических наук (специальность 05.11.16)



Боровик Сергей Юрьевич

Институт проблем управления сложными системами Российской академии наук – обособленное подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Самарского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИПУСС РАН – СамНЦ РАН)
443020, г. Самара, ул. Садовая, 61
т. (846) 3323927, факс (846) 3332770
e-mail: borovik@iccs.ru
<http://www.iccs.ru>