

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

МОЙСЕЕНКО Д.А.

**"ЭНЕРГО-МАСС АНАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
СОЛНЕЧНОЙ ПЛАЗМЫ И МЕЖПЛАНЕТНОЙ ПЫЛИ.**

МОДЕЛИРОВАНИЕ. ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ",

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.03 – "Физика Солнца"

Представленная диссертация посвящена реализации аппаратного сопровождения перспективных космических миссий Российской Федерации, которые по своим научно-техническим данным и ожидаемым результатам превосходят проекты зарубежных космических агентств. В частности, проект *Интергелиозонд* обеспечит проведение измерений характеристик солнечного ветра с близких от Солнца расстояний с выходом из плоскости эклиптики, что не предусматривается программой *ParkerProbe*. Оригинальные научные задачи ставятся и в российском проекте *Луна-25*. Космический аппарат *Луна-25* является посадочным и предусматривает исследование физико-химических свойств лунного полярного реголита.

Решение более сложных научных задач требует создания адекватных аппаратных средств. Эти задачи и рассматриваются в представленной диссертации Моисеенко Д.А.

Диссертация состоит из Введения, четырех глав, Заключения, двух Приложений.

Во Введении приведен обзор литературы; рассмотрены актуальность, степень разработанности проблемы; представлены цели и задачи диссертационной работы; описана теоретическая и практическая значимость, методология диссертационной работы; указан личный вклад автора; представлены положения, выносимые на защиту; обсуждаются степень достоверности и апробация результатов.

В первой главе диссертации обсуждаются научные результаты и основные характеристики разработанного автором пылеударного масс-спектрометра ПИПЛС-Б для проекта *Интергелиозонд*. Целью эксперимента с использованием этого прибора является решение одной из ключевых проблем солнечного ветра – поиск механизмов его ускорения и механизмов нагрева ионных компонентов. Для определения физических характеристик солнечного ветра в приборе используется комбинация двух типов разделения частиц – электростатического и магнитного. Конструктивно прибор представляет собой моноблок, состоящий из модуля электронной оптики и модуля электроники. Оказалось, что принятая автором диссертации идеология обеспечивает большие преимущества по сравнению с другими аналогичными устройствами для измерения характеристик потоков плазмы солнечного ветра.

Во второй главе детально анализируются лабораторные испытания ионного и энерго-масс анализатора АРИЕС-Л, который будет установлен на борту миссии *Луна-25* для изучения взаимодействия солнечного ветра с лунным реголитом. Очень важно, что поле зрения аппарата, близкое к 2π , позволяет осуществлять регистрацию не только потоков солнечного ветра, но и обеспечивает возможность изучения процессов взаимодействия первичных потоков заряженных частиц с реголита.

Третья глава диссертации посвящена анализу возможностей специально созданного аппаратно-программного комплекса (АПК), который позволяет решать задачи настроек и калибровок и отдельных узлов, и готовых образцов спектрометров ионов и электронов, а также детекторов нейтральных атомов. Аппаратно-программный комплекс уже зарекомендовал себя наилучшим образом в процессе работ по настройкам и калибровкам образцов прибора АРИЕС-Л в рамках проекта *Луна-25* и может быть использован для испытаний перспективных спектрометров, разработанных для проектов *Луна-26*, *Луна-27* и др. Следует иметь в виду, что от достоверности и полноты

проведенных испытаний зависит качество получаемой информации в процессе выполнения космического эксперимента.

В четвертой главе описаны характеристики созданного автором диссертации масс-спектрометр ПИПЛС-А, предназначенного для детектирования нейтральных частиц солнечного ветра (микрометеоритов и пылевых частиц). Прибор дает важную информацию о массе, заряде, элементном составе, компоненты вектора скорости. Натурные измерения с использованием масс-спектрометра ПИПЛС-А будут производиться при реализации проекта *Интергелиозонд*, но прибор может быть использован и в других межпланетных миссиях, в которых требуется получение полной информации о параметрах нейтральных частиц.

В Заключение проводится обсуждение полученных результатов. Основные результаты диссертации, определяющие ее новизну и научную значимость, могут быть сформулированы следующим образом:

1. Для обеспечения многопланового исследования околосолнечной плазмы и пылевых частиц в рамках перспективных научных программ Российской Федерации выполнены работы по созданию электронно-оптических схем приборов и их узлов. Для проекта *Интергелиозонд* разработана не имеющая аналогов модель плазменного энерго-масс анализатора (ПИПЛС-Б), который способен регистрировать заряженные частицы в диапазоне от 0.7 до 20 кэВ с высоким энергетическим и массовым разрешением. С использованием прибора могут быть решены актуальные еще не решенные задачи гелиофизики о зарядовом составе солнечного ветра и его источников в короне Солнца. Другое важное применение прибора может быть связано с мониторингом космической погоды.
2. Для космической миссии *Луна-25* проведено моделирование характеристик электронно-оптической схемы другого оригинального энерго-масс анализатора АРИЕС-Л, обладающего широким, близким к 2π полем зрения и высоким угловым разрешением и по азимуту (40°) и по полярному углу (лучше 30°), что существенно лучше, чем у предшественников этого

прибора, функционировавших в составе миссий *Фобос-Грунт* и *Veb-Colombo*. К настоящему времени после проведения полного цикла испытаний прибор АРИЕС-Л фактически готов к функционированию в составе космического аппарата на поверхности Луны. Предполагается, что кроме проведения натурных экспериментов будут получены впервые достоверные научные данные об элементном составе лунного реголита и закономерностях взаимодействия солнечного ветра с реголитом, а также будут выполнены измерения потоков нейтральных частиц.

3. Важным разделом диссертационной работы является создание многоцелевого аппаратно-программного комплекса для лабораторных отработок различных плазменных приборов бортового базирования. Автоматизированное управление испытательными стендами обеспечивает детальное исследование характеристик научной аппаратуры. Аппаратно-программный комплекс прошел многоплановую апробацию и показал высокую эффективность при всех разнообразных настройках и калибровках образцов ионного энерго-масс анализатора АРИЕС-Л и будет использован для испытаний других плазменных приборов.
4. В интересах проекта *Интергелиозонд* проведено моделирование, изготовление и испытание лабораторного прототипа пылеударного масс-спектрометра ПИПЛС-А, который позволяет исследовать такие важные характеристики пылевых частиц межпланетной и межзвездной среды как масса, заряд, элементный состав, компоненты вектора скорости. Прибор ПИПЛС-А обладает значительными преимуществами по сравнению с аналогичными устройствами других миссий – он обеспечивает получение полной информации о свойствах пылевых частиц при малом весе и компактных размерах.

Работа не лишена некоторых недостатков, которые носят в основном редакционный характер:

1. По нашему мнению, излишне подробно описаны циклограммы функционирования прибора АРИЕС-Л (Приложение 2).
2. Из текста диссертации, посвященного вопросам создания аппаратно-программного комплекса, не достаточно понятной является логика функционирования созданного программного обеспечения в автоматизированном режиме.

Отмеченные недостатки носят частный характер и ни в коей мере не влияют на общую оценку работы. В целом диссертация выполнена на высоком научном уровне, свидетельствует о высокой квалификации автора и содержит новые важные, интересные и оригинальные результаты, опубликованные в высокорейтинговых научных журналах (7 статей). Несомненным достоинством работы является создание оригинальных приборов для проведения плазменных измерений на борту отечественных космических миссий *Интергелиозонд* и *Луна-25*, которые в ряде случаев по своим научно-техническим данным по возможностям превосходят зарубежные аналоги. Следует отметить обширную апробацию результатов на представительных международных и российских конференциях (в общей сложности представлено 26 докладов).

Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 01.03.03 – "Физика Солнца" (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, а также оформлена согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова. Автореферат полно и правильно передает основное содержание работы.

Таким образом, диссертация в полной мере отвечает необходимым требованиям, а ее автор Моисеенко Дмитрий Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.03 – "Физика Солнца".

Официальный оппонент:

ведущий научный сотрудник ФИРЭ им. В.А. Котельникова РАН,
кандидат технических наук

Ефимов Анатолий Иванович



подпись

Контактные данные:

тел.: , e-mail:

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена
диссертация: 05.290 – теоретические основы радиотехники

Адрес места работы:

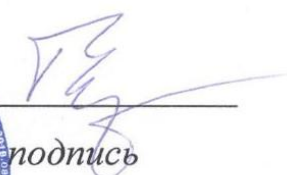
141190, г. Фрязино Московской области, пл. Введенского, 1
Фрязинский филиал Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Института радиотехники и электроники им. В.А.
Котельникова Российской Академии Наук. Тел.:

Подпись сотрудника ФИРЭ им. В.А. Котельникова РАН А.И. Ефимова
удостоверяю:

Ученый Секретарь ФИРЭ им. В.А. Котельникова РАН,
доктор физико-математических наук

Чучева Г.В.

25 сентября 2019г.



подпись