



Государственная корпорация
по космической деятельности "Роскосмос"



Акционерное общество
"Центральный научно-исследовательский институт
машиностроения" (АО "ЦНИИмаш")

ул. Пионерская, д. 4, корп. 22
г.о. Королёв,
Московская область, 141070

Тел.: +7 (495) 513 5951
Факс: +7 (495) 512 2100

e-mail: corp@tsniimash.ru
http://www.tsniimash.ru

ОГРН 1195081054310
ИНН / КПП 5018200994 / 501801001

28.07.2026 исх. № 09001-998

На № _____ от _____

Ученому секретарю
диссертационного совета 24.2.327.06
доктору технических наук, доценту
В.М. Краеву

Волоколамское шоссе, дом 4,
г. Москва, 125993

Уважаемый Вячеслав Михайлович!

Высылаю в Ваш адрес отзыв на автореферат диссертации Майстренко Дмитрия Александровича на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему "Методика измерения параметров плазменных струй электроракетных двигателей с помощью апертурного зонда и фильтра Вина", по специальности 2.5.15 "Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов" (технические науки).

Приложение: "Отзыв на автореферат..." на 3 л., в 2-х экз.

Главный ученый секретарь,
доктор технических наук

С уважением,

В.Ю. Ключников

Исп.: Пильников Александр Васильевич
Тел.: +7 (495) 513-48-86

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

«10» 08 2026г.



Государственная корпорация
по космической деятельности "Роскосмос"



Акционерное общество
"Центральный научно-исследовательский институт
машиностроения" (АО "ЦНИИмаш")

ул. Пионерская, д. 4, корп. 22
г.о. Королёв,
Московская область, 141070

Тел.: +7 (495) 513 5951
Факс: +7 (495) 512 2100

e-mail: corp@tsniimash.ru
http://www.tsniimash.ru

ОГРН 1195081054310
ИНН / КПП 5018200994 / 501801001

28.07.2026 исх. № 09001-998
На № _____ от _____

Отзыв

на автореферат диссертационной работы

Майстренко Дмитрия Александровича на тему:

"Методика измерения параметров плазменных струй электроракетных двигателей с помощью апертурного зонда и фильтра Вина",
представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15 – "Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов"

Электроракетные двигатели (ЭРД) находят широкое применение на борту современных космических аппаратов (КА). Такие достоинства, как высокий удельный импульс, малые массовые и габаритные характеристики, возможность регулирования величины тяги делают применение ЭРД весьма перспективным. Для обеспечения эффективного использования таких двигателей особую важность имеют задачи, связанные с диагностикой струи плазмы двигателя. Измерение параметров струи плазмы позволяет как диагностировать работу самого двигателя, определить эффективность его работы, так и рассчитать влияние струи плазмы двигателя на бортовые устройства космических аппаратов. Наиболее важными параметрами плазмы, которые необходимо для этого измерять, являются распределение ионов по энергиям, плотность ионного тока и зарядовый состав струи. Для измерения распределения ионов по энергиям в настоящее время используется многосеточный зонд. Для измерения зарядового состава ионов чаще всего используется так называемый Е×В зонд или фильтр Вина. Основным недостатком таких зондов — это крайне слабый сигнал на коллекторе ионов. При попытке улучшения сигнала критически падает спектральное разрешение зонда, и увеличивается погрешность определения долей многозарядных ионов в плазме ЭРД. В диссертации Майстренко Д.А. рассмотрены проблемы использования апертурного зонда и фильтра Вина для измерения энергии ионов, плотности ионного тока и доли многозарядных ионов в струях плазмы электроракетных двигателей. Автор исследовал особенности использования зондов и на основании проведенного им моделирования сделал вывод о целесообразности разработки новой методики измерения требуемых параметров плазмы.

Научная новизна работы состоит в том, что в ней изложен новый подход к измерению распределения ионов по энергиям и плотности ионного

ОДЕЛ КОМПЕТЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

тока. Впервые получена теоретическая зависимость погрешности измерения энергетического спектра ионов струи ЭРД с помощью многосеточного зонда с задерживающим потенциалом от плотности тока ионов. Научно обоснованы и экспериментально подтверждены геометрические параметры апертурного зонда, обеспечивающего погрешность измерения не более 2% в диапазоне плотности тока от 10^{-4} до 10^2 А/м² и энергии ионов от 1 до 4000 эВ. Впервые получена зависимость разрешающей способности фильтра Вина от его геометрических параметров и энергии ионов, выбраны геометрические параметры фильтра Вина для измерения доли двухзарядных ионов в диапазоне энергий ионов от 50 до 2000 эВ с разрешающей способностью не хуже 0,5%.

Теоретическая и практическая значимость работы состоит в том, что разработанные зонды позволяют упростить диагностику плазменных струй ЭРД благодаря расширенному на пять порядков рабочему диапазону плотностей токов и меньшей погрешности, максимальное значение которой составляет 2%. Полученные результаты измерений демонстрируют преимущества разработанных зондов, а рассчитанные на основе проведенных измерений коэффициенты эффективности двигателей могут быть использованы как при доработке самих двигателей, так и для расчета воздействия струи на бортовые устройства КА. Автор разработал принципиально новый апертурный зонд, которого достаточно для проведения измерений в указанном диапазоне и на основании этого зонда автор разработал методику измерения распределения ионов по энергиям и плотности ионного тока в диапазоне плотностей токов до 100 А/м² и энергий ионов до 4000 эВ. Более того, автор исследовал применимость ExV методики и разработал конструкцию зонда типа фильтра Вина, оптимизированную для измерения доли двухзарядных ионов в струях холловских двигателей с напряжением разряда до 2 кВ.

Достоверность и обоснованность полученных автором результатов подтверждается использованием им апробированного и запатентованного программного обеспечения, поверенных измерительных устройств и сравнением полученных экспериментальных результатов с данными, полученными с помощью апробированных ранее методик с подтвержденной погрешностью.

Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на научно-технических совещаниях в АО ГНЦ "Центр Келдыша", на научном семинаре в МАИ, на саммите молодых ученых в образовательном центре "Сириус" в 2019 году, на 63-й конференции МФТИ, на 49, 50 и 52-й международной Звенигородской конференции, на научно-технической конференции молодых сотрудников АО "РЕШЕТНЁВ", на конференции молодых учёных и специалистов в АО ГНЦ "Центр Келдыша" и на конференции "ФИЗИКА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ" в 2023 году, в Казани.

По теме диссертации опубликовано 7 печатных работ, в том числе 3 в рецензируемых изданиях. Из них одна статья в журнале, рецензируемом

международной базой Scopus и две статьи в журналах из перечня ВАК.

В качестве замечаний можно отметить следующее:

1. В работе не рассматриваются вопросы температурного режима зондов. При плотности ионного тока порядка 100 А/м^2 и энергии ионов в несколько килоэлектронвольт нагрев зондов может быть достаточным, чтобы негативно влиять на получаемые результаты измерений.

2. В работе приводятся конструктивные особенности зондов, но не делается оценка ресурса зондов.

Тем не менее, перечисленные замечания не снижают теоретической ценности и практической значимости полученных результатов.

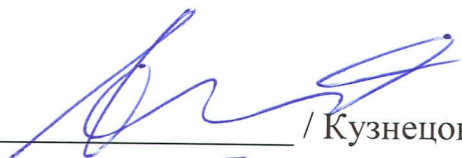
Автореферат написан грамотным языком и дает достаточно полное представление о диссертационной работе. Тема исследования актуальна, представленные на защиту положения обладают научной новизной, достоверность результатов не вызывает сомнения, работа обладает практической значимостью.

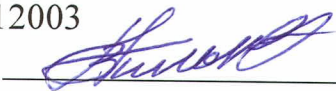
Выводы:

Представленная работа Майстренко Д. А. выполнена на высоком научном уровне, является законченным научным исследованием и содержит новые научные результаты, обладающие теоретической и практической значимостью для ракетно-космической отрасли.

Представленная работа соответствует паспорту специальности 2.5.15 – "Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов" и требованиям "Положения о присуждении ученых степеней", утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013, а её автор *Майстренко Дмитрий Александрович* достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15 – "Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов".

Отзыв был рассмотрен на заседании секции № 12 Научно-технического совета АО "ЦНИИмаш", протокол № 14 от 24.07.2026.

Начальник Центра средств выведения и наземной космической инфраструктуры
АО "ЦНИИмаш", канд. техн. наук, доцент  / Кузнецов И.И./

Ведущий научный сотрудник отдела 12003
АО "ЦНИИмаш", канд. техн. наук  / Пильников А.В./

Подписи кандидата технических наук, доцента Кузнецова И.И. и кандидата технических наук Пильникова Александра Васильевича удостоверяю:

Главный учёный секретарь АО "ЦНИИмаш",
докт. техн. наук, старший научн. сотр.  / Ключников В.Ю./

141070, Московская обл., г. Королёв, ул. Пионерская, д. 4,
Тел. (495)513-59-51, Факс (495)512-21-99
e-mail: corp@tsniimash.ru