



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

12.02.2021 исх. № ВХ-2187
исх. № _____ от _____

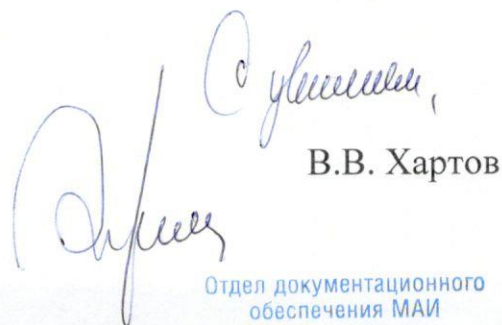
Председателю диссертационного
совета Д 212.125.08 на базе
Московского авиационного института
(национального исследовательского
университета)
доктору технических наук, профессору
Равиковичу Ю.А.

Уважаемый Юрий Александрович!

В ответ на Ваш исх. от 18.01.2021 № 208-06-02 высылаю Вам отзыв ведущей организации АО «ЦНИИмаш» на диссертацию Мадеева Сергея Викторовича на тему «Экспериментальное исследование электродов ионно-оптических систем ионных двигателей из перспективных углеродных материалов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов», а также вышеуказанную диссертацию. Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании секции 10 НТС Центра автоматических космических систем и комплексов АО «ЦНИИмаш» (протокол решения НТС от 10 февраля 2021 № 1 прилагается).

- Приложения:
1. Отзыв ведущей организации на 5 л. в 2 экз.
 2. Диссертация, 1 книга.
 3. Протокол решения НТС на 3 л. в 1 экз.

Генеральный конструктор по автоматическим
космическим системам и комплексам –
заместитель генерального директора


В.В. Хартов

Отдел документационного
обеспечения МАИ

«15» 02 2021 г.

Исп.: Головин Алексей Сергеевич
Тел.: +7(495)513-5629
+7(965)165-9351

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный конструктор по
автоматическим космическим системам и
комплексам –

заместитель генерального директора
доктор технических наук, профессор



В.В. Хартов

« 10 » 02 2021 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ - Акционерного общества «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения» на диссертацию Мадеева Сергея Викторовича **«Экспериментальное исследование электродов ионно-оптических систем ионных двигателей из перспективных углеродных материалов»**, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Диссертация Мадеева Сергея Викторовича посвящена решению актуальной научно-технической задачи – разработке плоской двухэлектродной ионно-оптической системы (ИОС) ионного двигателя (ИД) с электродами из углерод-углеродных композиционных материалов (УУКМ) для обеспечения необходимого ресурса ИД. Так как при работе ИД происходит распыление электродов ИОС ионами и ресурс ИД в основном определяется ресурсом ИОС, то одним из способов увеличения ресурса ИОС (и, как следствие, ИД) является использование более эрозионно-стойких электродов из углеродных материалов взамен традиционных металлических. **Актуальность** диссертационной работы С.В. Мадеева определяется тем, что в последние годы с использованием ИД в космосе были осуществлены миссии Dawn, GOCE, Hayabusa, SLATS и т. д., выполнение которых при использовании других типов двигателей (альтернативных ИД) потребовало бы больше ресурсов или было бы невозможно. Во многих ИД указанных миссий ИОС были изготовлены из углеродных материалов. В будущих миссиях ИД также могут хорошо показать себя.

Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследования, показана новизна исследования и практическая значимость работы, отражен личный вклад автора в научно-исследовательскую работу и полученные результаты диссертации, представлены результаты апробирования материалов на научных конференциях.

В первой главе проведен анализ литературных источников по теме диссертации, отражено современное состояние разработок в области ИОС ИД, проанализированы и оценены существующие подходы и методы проектирования ИОС ИД.

Вторая глава посвящена расчетным исследованиям и численному моделированию ИОС ИД из электродов с различными формами апертур. В результате сравнительного анализа полученных данных показано, что ИОС на базе изготовленных из УУКМ электродов с апертурами квадратной формы со скругленными углами, обладает повышенной стойкостью к вибрационным нагрузкам без существенного снижения основных рабочих характеристик по сравнению с ИОС на базе электродов с апертурами традиционной круглой формы из того же материала.

В третьей главе автор описывает этапы разработки и отработки технологии создания электродов ИОС из УУКМ. Также приводятся выделенные и измеренные характеристики для сравнения техпроцессов изготовления электродов из УУКМ, описываются методики измерения данных характеристик и измерительное оборудование. Приводятся методика и результаты вибрационных испытаний изготовленных электродов, а также описывается оценочный расчет взаимного смещения апертур при тепловых деформациях ИОС с электродами из УУКМ, приводятся результаты данного расчета.

В четвертой главе содержатся результаты сравнительных механических испытаний электродов ИОС из УУКМ с круглыми и квадратными апертурами со скругленными углами. На основании испытаний имеющихся образцов и данных литературного обзора проведен анализ механизмов разрушения электродов в ходе стартовых вибрационных нагрузок и сформулированы критерии, позволяющие сделать выбор между предложенными схемами армирования.

В пятой главе представлены результаты сравнительного экспериментального исследования диапазонов первеанса ИОС ИД с

круглыми и квадратными апертурами со скругленными углами и сравнение полученных экспериментальных данных с результатами численного моделирования.

В заключении диссертации обобщены основные результаты проведенных исследований и сформулированы выводы.

Проведенные исследования являются **новыми**, а результаты, выносимые автором на защиту, впервые получены лично автором и **научная новизна** их также не вызывает сомнений. В частности, соискателем впервые найдена форма апертур, позволяющая использовать преимущества углерод-углеродных композиционных материалов без ущерба эксплуатационным характеристикам двигателя, а также получены экспериментальные результаты, подтверждающие повышение жёсткости электродов новой конструкции.

Достоверность представленных автором расчетных и экспериментальных данных подтверждена использованием апробированных методик измерения, современной проверенной аппаратной базой и верифицированными программными продуктами, согласованностью полученных результатов с предположениями, опубликованными в научной литературе, и успешной реализацией в составе разработанных ионных двигателей.

Диссертационное исследование включает подробный обзор научной литературы, точное определение цели исследований и способов её достижения, полученные результаты прошли апробацию на международных конференциях и при публикациях в реферируемых научных журналах, что подтверждает **высокий научный уровень** полученных результатов.

Вместе с тем, в представленной диссертационной работе можно отметить **следующий недостаток**: при проведении автономных вибрационных испытаний использовались всего по одному образцу электродов каждого типа, что не позволяет провести статистическую оценку результатов автономных вибрационных испытаний.

Тем не менее, указанное выше замечание имеет рекомендательный характер и не сказывается на общей оценке качества работы. Принципиальных замечаний по существу работы нет.

Практическая значимость результатов исследований

Полученные в диссертационной работе результаты, открывают возможность использования плоских электродов из углерод-углеродных

композиционных материалов для ионных двигателей средней мощности, что позволяет не только повысить ресурс двигателя, но также упрощает технологию создания электродов и повышает стойкость электродов к стартовым вибрационным воздействиям. Использование в двигателях средней мощности электродов плоской формы вместо электродов сферической формы позволяет уменьшить угол расхождения ионного пучка, повышает тяговую эффективность двигателя и снижает воздействие ионного пучка на космический аппарат. Результаты диссертационной работы были использованы при разработке и создании ионно-оптических систем ионных двигателей ИД-200, ИД-200КР, что доказывает **практическую значимость** проведенных исследований.

Соответствие специальности

Диссертационная работа посвящена разработке научных основ проектирования и создания электродов ионно-оптической системы ионных двигателей из углерод-углеродных композиционных материалов и соответствует специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты и выводы диссертации С.В. Мадеева могут быть полезны для организаций-разработчиков КА: АО «РКЦ «Прогресс», АО «ИСС», АО «Корпорация «ВНИИЭМ», АО «НПО Лавочкина», ПАО «РКК «Энергия», АО «ВПК «НПО машиностроения», АО «КБ «Арсенал», а также научных организаций, занимающихся разработкой и исследованиями ионных двигателей: ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша» и МАИ.

Заключение.

Рассматриваемая диссертация представляет собой законченный, выполненный на высоком уровне научный труд, содержит результаты, обладающие научной новизной и практической значимостью. Выводы достоверны и основаны на большом фактическом материале. Все основные защищаемые положения отражены в публикациях. Работа в целом и библиография, в частности, свидетельствуют о широком научном кругозоре и высоком уровне компетентности автора в рассматриваемой предметной области.

Диссертационная работа представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, а её автор – МАДЕЕВ СЕРГЕЙ ВИКТОРОВИЧ - заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергетические установки летательных аппаратов» (технические науки).

Отзыв на диссертацию обсужден и одобрен на заседании секции 10 НТС Центра автоматических космических систем и комплексов АО «ЦНИИмаш» (протокол решения НТС от 10 февраля 2021 г. № 1).

Заместитель начальника Центра
Автоматических космических
систем и комплексов,
кандидат технических наук



Е.М. Твердохлебова

Заместитель начальника отделения -
начальник отдела 10401



А.А. Сизов

Заместитель начальника отдела 10401,
кандидат физико-математических наук



М.Ю. Куршаков

Сведения о ведущей организации:

Акционерное общество «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения»

Почтовый индекс, адрес организации: 141070, Московская область, г.о. Королев, ул. Пионерская, д. 4, корп. 22

Телефон: +7(495) 513-59-51

Адрес электронной почты: corp@tsniimash.ru

Веб-сайт: <https://tsniimash.ru>

С отзывом ознакомлен.

18.02.2021.