



**САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
SAMARA UNIVERSITY

федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королева»

443086, г. Самара, ул. Московское шоссе, д. 34  
телефон: (846) 267-43-70, e-mail: ssau@ssau.ru

11 МАР 2021 № 001-1014

г. Самара

Учёному секретарю  
диссертационного совета

Д 212.125.08

Ю. В. Зуеву

---

125993, г. Москва,

Волоколамское шоссе, д. 4

Учёный совет МАИ

Уважаемый Юрий Владимирович!

Высылаю Вам отзыв на автореферат диссертации Мадеева Сергея Викторовича «Экспериментальное исследование электродов ионно-оптических систем ионных двигателей из перспективных углеродных материалов», выполненной по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» на соискание учёной степени кандидата технических наук.

Приложение: Отзыв на автореферат – на 3-х листах в 2-х экз.

Учёный секретарь Самарского университета,

д.т.н., профессор

Кузьмичев В. С.

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

«16» 03 2021 г.

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Мадеева Сергея Викторовича  
«Экспериментальное исследование электродов ионно-оптических систем  
ионных двигателей из перспективных углеродных материалов»,  
представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по  
специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и  
энергоустановки летательных аппаратов»

В настоящее время все больше расширяется круг задач, где используются электроракетные двигатели, благодаря увеличению электрической мощности современных космических аппаратов. Одними из наиболее распространенных электроракетных двигателей являются ионные двигатели. Основной проблемой при разработке ионного двигателя на данный момент является повышение ресурса. На ресурс ионного двигателя главным образом влияет эрозионная стойкость ускоряющего электрода ионно-оптической системы. Основным способом повышения эрозионной стойкости ускоряющего электрода является использование материалов на основе углерода при их изготовлении. Кроме того, на технические характеристики ионного двигателя с диаметром от 150 мм существенным образом влияют механические свойства материала и геометрическая форма эмиссионного электрода. Наиболее эффективным является использование плоских эмиссионных электродов из углеродных материалов. Однако в этом случае необходимо обеспечить необходимую механическую прочность электрода при воздействии стартовых вибрационных нагрузок. Среди углеродных материалов наибольшей механической прочностью обладают углерод-углеродные композиционные материалы, представляющие собой углеродную матрицу, армированную углеродными нитями.

Целью диссертационного исследования Мадеева С.В. является разработка плоской двухэлектродной ионно-оптической системы ионного

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

16.03.2021.

двигателя с электродами из углерод-углеродных композиционных материалов с диаметром зоны перфорации более 150 мм.

В диссертации получены следующие основные научные результаты:

- 1) разработана новая конструкция плоских электродов ионно-оптической системы ионного двигателя из углерод-углеродных композиционных материалов;
- 2) определены и экспериментально подтверждены рабочие диапазоны первеанса ионно-оптической системы с квадратными апертурами со скругленными углами;
- 3) получены результаты экспериментальных исследований, подтверждающие повышение жёсткости электродов ионно-оптической системы ионного двигателя из углерод-углеродных композиционных материалов.

Практическая значимость работы заключается в отработке технологии создания электродов ионно-оптической системы ионного двигателя из углерод-углеродных композиционных материалов с квадратными апертурами со скругленными углами, в получении экспериментальных данных о физических и механических свойствах углерод-углеродных композиционных материалов отечественного производства, в отработке технологии создания пластин толщиной 0,5 мм из углерод-углеродных композиционных материалов. Результаты работы были использованы при создании новых модификаций ионного двигателя ИД-200.

Достоверность полученных результатов обеспечена использованием апробированных методик измерений, проведением экспериментальных исследований на сертифицированном оборудовании, совпадении экспериментальных данных с данными численного моделирования и данными, полученными другими авторами.

Автореферат диссертации достаточно полно отражает результаты выполненных исследований. В качестве замечаний к автореферату диссертации следует отметить следующее. В автореферате указывается, что

свидетельством повышения жёсткости эмиссионного электрода является повышение значение первой резонансной частоты и уменьшение амплитуды перемещения. Второй факт подтверждается графическим представлением результатов экспериментальных исследований (рисунок 7), а первый – в автореферате не подтвержден ничем, а только констатируется данный факт (стр. 18 автореферата).

Отмеченное замечание не влияет на значимость полученных результатов и не меняет положительную оценку диссертационной работы в целом.

Диссертация Мадеева С. В. содержит решение актуальной задачи повышения ресурса ионных двигателей на основе разработки плоской двухэлектродной ионно-оптической системы с электродами из углерод-углеродных композиционных материалов. Диссертация соответствует специальности 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» и требованиям ВАК, предъявляемых к кандидатским диссертациям, а её автор – Мадеев Сергей Викторович – заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук.

Директор НИИ  
космического машиностроения,  
д.т.н., профессор,  
заслуженный деятель науки РФ

В. В. Салмин

Доцент кафедры  
космического машиностроения, к.т.н.

А. С. Четвериков

Подпись Салмина В. В. и Четверикова А. С. заверяю  
учёный секретарь Самарского университета  
д.т.н., профессор



Кузьмичев В. С.