

ОТЗЫВ

научного руководителя, кандидата физико-математических наук, начальника отдела электрофизики ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша», Ловцова Александра Сергеевича на диссертационную работу 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».

Мадеев С.В. окончил с отличием факультет «Двигатели летательных аппаратов» МАИ в 2012 году по специальности «Электроракетные двигатели и энергетические установки». С 2013 года по настоящее время работает в ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша» по тематике разработки электродов ионно-оптических систем из углеродных материалов. С 2015 по 2020 г. обучался в заочной аспирантуре ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша». В период обучения Мадеев С.В. активно выполнял программу обучения, работал над выпускной квалификационной работой, выступал на различных конференциях и публиковал результаты исследований в рецензируемых научных изданиях. По завершении аспирантуры защитил квалификационную работу, подготовил диссертационную работу и прошел предзащиту на предприятии.

Диссертация Мадеева С.В. посвящена разработке плоской двухэлектродной ионно-оптической системы (ИОС) ионного двигателя с электродами из углерод-углеродных композиционных материалов (УУКМ) с диаметром зоны перфорации более 150 мм, обладающей стойкостью к вибрационным механическим нагрузкам, и имеющей рабочий диапазон первеанса, сравнимый с традиционными круглыми апертурами. Использование в составе ИОС электродов из материалов на основе углерода позволяет снизить скорость распыления ускоряющего электрода, тем самым продлив ресурс двигателя. Благодаря низким значениям коэффициентов линейного температурного расширения, смещениями координат центров отверстий электродов ИОС из углеродных материалов при переходе из холодного состояния в горячее можно пренебречь, что позволяет исключить затраты топлива на предварительный прогрев узла ИОС и использовать плоские электроды, что позволяет обеспечить минимальную угловую расходимость ионного пучка. Среди известных углеродных материалов наибольшей механической прочностью обладают УУКМ, представляющие собой углеродную матрицу, армированную углеродными нитями. Наличие армирующего наполнителя позволяет существенно повысить стойкость электродов к вибрационным и

ударным нагрузкам. При создании традиционных плоских электродов, обладающих максимальной оптической прозрачностью, с круглыми отверстиями происходит разрезание нитей наполнителя в перемычках между отверстиями, что приводит к существенному снижению их механической прочности. Уникальной отличительной особенностью разработанной конструкции электродов является форма апертур в виде квадратов со скругленными углами, которая позволяет сохранить неповрежденные нити в перемычках между отверстиями в зоне перфорации без существенных изменений оптических свойств системы.

В ходе исследований Мадеевым С.В. получены расчетные и экспериментальные данные, подтверждающие повышение стойкости к вибрационным нагрузкам при переходе от традиционных ИОС с круглыми апертурами к ИОС нового типа при сохранении таких важных параметров как эффективная прозрачность для ионов, эффективная прозрачность для потока нейтральных атомов, высота потенциального барьера, отражающего электроны пучковой плазмы, угловая расходимость элементарного пучка и скорость распыления поверхностей УЭ.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в том, что была отработана технология создания и сформированы основные требования к заготовкам из УУКМ для создания электродов ИОС, получены экспериментальные данные о свойствах различных УУКМ отечественного производства, которые могут быть использованы при разработке новых перспективных ИОС с повышенными прочностными и ресурсными характеристиками, изготовлены плоские электроды для двигателей ИД-200КР и ИД-200, которые успешно прошли огневые, вибрационные и ударные испытания.

В рамках педагогической практики в процессе обучения в аспирантуре Мадеев С.В. проявил себя способным на самостоятельное проведение занятий со студентами.

Результаты его научной деятельности были внедрены при выполнении различных НИР и ОКР в рамках работ, проводимых в отделе электрофизики ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша», а также апробированы в 2 статьях в рецензируемых зарубежных изданиях и 2 докладах на конференциях. Мадеева С.В. можно считать зрелым, самостоятельным ученым, способным решать сложные научно-технические задачи.

Диссертация выполнена на должном научном уровне, изложена корректно и вместе с тем доступным для инженерно-технических работников языком.

Заключение. Диссертация Мадеева С.В. «Экспериментальное исследование электродов ионно-оптических систем ионных двигателей из перспективных углеродных

материалов» является самостоятельно выполненным, законченным научным трудом, вносит существенный вклад в теорию и практику электроракетных двигателей, полностью соответствует требованиям положения ВАК РФ предъявляемым к кандидатской диссертации, а ее автор достоин искомой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Научный руководитель

10.12.2020г.

А.С. Ловцов

Подпись А.С. Ловцова удостоверяю

Ученый секретарь ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша»,

кандидат военных наук



Ю.Л. Смирнов