

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Пейсаховича Олега Дмитриевича,**
«Высокочастотный ионный двигатель с четырёхэлектродной системой ускорения» на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15. Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов

Актуальность темы исследования, проведённого Пейсаховичем О.Д., определяется следующим:

Одним из наиболее востребованных на сегодняшний день направлений развития космической техники в части двигателестроения является разработка электроракетных двигателей с высокими удельным импульсом и плотностью тяги для перспективных космических аппаратов (КА) с длительным сроком активного существования и КА для полётов по исследованию дальнего космоса. Применительно к телекоммуникационным КА, создаваемые ионные двигатели (ИД) должны обеспечивать двухрежимность работы, что необходимо для эффективного выполнения межорбитальных манёвров и поддержания орбиты с использованием единой двигательной установки. КА для межпланетных полётов также требуют функционирования двигателя в двух режимах по удельному импульсу и тяге, что позволяет, с одной стороны, экономить рабочее тело на участке перелёта, а с другой сокращать время при манёврах вблизи планет.

Актуальность определяется в научном плане – необходимостью развития современных теоретических и практических представлений о процессах, протекающих в четырёхэлектродных системах ускорения ионных двигателей; в практическом отношении – необходимостью создания ионных двигателей с повышенными плотностью тяги и удельным импульсом. Создание такого двигателя позволит решать задачи об околоземных и межпланетных перелётах.

Цель работы, поставленная перед соискателем учёной степени:

Повышение удельного импульса и плотности тяги многорежимных высокочастотных ионных двигателей.

Задачи:

1. Выявлены ограничения в системах ускорения существующих ионных двигателей;
2. Разработана четырёхэлектродная система ускорения для лабораторной модели высокочастотного ионного двигателя средней мощности

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

«1» 12 2025

3. Исследовано влияние применения четырёхэлектродной системы ускорения на интегральные характеристики лабораторной модели высокочастотного ионного двигателя;
4. Измерены вторичные токи на электродах четырёхэлектродной системы ускорения, величины которых определяют ресурс двигателя.

Научная новизна результатов исследований

Установлены диапазоны эффективной работы лабораторной модели высокочастотного ИД (ВЧИД) средней мощности с четырёхэлектродной системой ускорения на режиме повышенных удельного импульса и плотности тяги при энергии ионного пучка 4 кэВ.

Экспериментально определены два режима работы лабораторной модели ВЧИД средней мощности с четырёхэлектродной системой ускорения: режим с повышенным удельным импульсом и режим с дросселированием тяги (переход режимов осуществлялся изменением извлекающей и ускоряющей разностей потенциалов между электродами). Экспериментально доказана устойчивая инициация разряда и работа ВЧИД с четырёхэлектродной системой ускорения.

Получены экспериментальные зависимости величин вторичных токов на внешних и внутренних поверхностях электродов систем ускорения от извлекающей разности потенциалов и ускоряющей разности потенциалов.

Теоретическая и практическая значимость результатов исследования

1. Экспериментально доказана возможность повышения ресурса и увеличения диапазона регулирования двухрежимного ВЧИД с четырёхэлектродной системой ускорения.
2. Экспериментально подтверждена возможность применения четырёхэлектродной системы ускорения на уже существующих конструкциях ВЧИД.
3. Подтверждена возможность использования физико-математической модели для расчёта конфигурации ионного пучка и определения вторичных токов, выпадающих на поверхности электродов в четырёхэлектродных системах ускорения.

Степень достоверности и обоснованности результатов исследований

Достоверность приведённых в данной работе результатов исследований обусловлена использованием сертифицированного оборудования и современных, апробированных ранее, методик измерений, сбора и обработки экспериментальных данных. Результаты экспериментальных исследований, полученные на лабораторных моделях двигателя с трёх- и

четырёхэлектродными системами ускорения, согласуются с данными исследований других авторов.

Выводы, полученные в результате проделанной автором работы:

Экспериментально показано, что ток ионного пучка в четырёхэлектродной системе ускорения определяется извлекающей разностью потенциалов в первом межэлектродном зазоре, при этом изменение ускоряющей разности потенциалов во втором межэлектродном зазоре не влияет на величину тока ионного пучка.

На лабораторной модели ВЧИД средней мощности с диаметром пучка 150 мм при переходе с исходной трехэлектродной на четырехэлектродную систему ускорения при сохранении тока ионного пучка 500 мА повышены плотность тяги с $0,16 \text{ мН/см}^2$ до $0,29 \text{ мН/см}^2$ и удельный импульс тяги с 2320 с до 2855 с. При этом рост мощности двигателя с 0,9 до 2,2 кВт достигается за счет увеличения ускоряющей разности потенциалов.

Экспериментально подтверждена возможность работы высокочастотного ионного двигателя с четырёхэлектродной системой ускорения на двух режимах по тяге и удельному импульсу с энергией ионного пучка 2 и 4 кэВ, а также возможность регулирования тока ионного пучка путем изменения извлекающей разности потенциалов при сохранении энергии ионного пучка.

В четырёхэлектродной системе ускорения ток ионов перехвата на ускоряющий электрод, вызывающий его эрозию, снижен в среднем на 50-60%. На извлекающем электроде величина тока ионов перехвата близка к нулю. Это позволяет увеличить ресурс двигателя при переходе на четырехэлектродную систему ускорения.

Автореферат диссертации обладает чёткой структурой, язык изложения отличается ясностью и научной строгостью, а содержание адекватно представляет материалы диссертации, что в полной мере соответствует установленным требованиям к кандидатским диссертациям.

Замечания:

1. Автор не привёл примеры перелётов с использованием двухрежимного двигателя.
2. Автор не провёл исследования на ускоряющей разности потенциалов свыше 4 кэВ.

Однако, данные недостатки **не снижают** научно-практическую ценность диссертационной работы и не снижают общей положительной оценки работы.

Автор лично проводил экспериментальные и расчётные исследования, представленные в диссертационной работе. Полученные автором результаты имеют научную, практическую ценность и научную новизну.

Заключение

Диссертационная работа на тему: «Высокочастотный ионный двигатель с четырёхэлектродной системой ускорения» Пейсаховича О.Д. является законченным исследованием и отвечает критериям, изложенным в Положении о присуждении учёных степеней, утверждённого постановлением № 842 Правительства РФ от 24.09.2013 г. (в текущей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук. Диссертационная работа Пейсаховича О.Д. выполнена на высоком научном и техническом уровне.

Автор диссертации Пейсахович Олег Дмитриевич **заслуживает присуждения** ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15. Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов.

Я, Старинова Ольга Леонардовна даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Пейсаховича Олега Дмитриевича на тему: «Высокочастотный ионный двигатель с четырёхэлектродной системой ускорения».

Заведующий кафедрой динамики полёта и систем управления института авиационной и ракетно-космической техники Самарского университета, доктор технических наук (05.07.09), доцент

Старинова О.Л. удостоверяю.

Начальник отдела сопровождения деятельности ученых советов Самарского университета

Бояркина У.В. Бояркина У.В.

«20» ноября 2025 г.

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

Почтовый адрес: Московское шоссе, д. 34, г. Самара, 443086

Телефон: (846) 267-43-70

Старинова Ольга Леонардовна
«20» 11 2025 г.