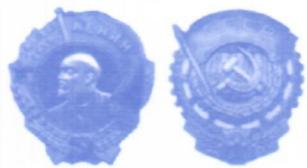




АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ
«КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА,
ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ
КОМПЛЕКСЫ» имени А.Г. ИОСИФЬЯНА»
(АО «Корпорация «ВНИИЭМ»)



Хоромный тупик, д. 4, стр. 1, Москва, 107078

Тел.: (495) 608-84-67, (495) 365-56-10; Факс: (495) 624-86-65, (495) 366-26-38

e-mail: info@vniiem.ru; http://www.vniiem.ru

ОКПО 04657139; ОГРН 5117746071097; ИНН/КПП 7701944514/770101001

01 Ноя 2025 № ВГ- 68/17314

На № _____ от _____

Учёному секретарю
диссертационного совета 24.2.237.06 при
ФГБОУ ВО «Московский авиационный
институт (национальный исследовательский
университет)»

д.т.н., доценту В.М. Краеву

125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4

Уважаемый Вячеслав Михайлович!

Направляю Вам отзыв ведущей организации на диссертацию и автореферат диссертации Пейсаховича Олега Дмитриевича на тему: «Высокочастотный ионный двигатель с четырёхэлектродной системой ускорения», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Приложение: отзыв ведущей организации на 6 листах в 2 экз.

Заместитель генерального директора
по научной работе, д.т.н., профессор

Исп.: Мартынова Светлана Андреевна,
Тел.: 8 (495) 366-11-48

С уважением,
Олег В.Я. Геча

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

«05.11.2025.

173319

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора
по научной работе, д.т.н., профессор



В.Я. Геча

«21» 10 2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Пейсаховича Олега Дмитриевича
на тему: «Высокочастотный ионный двигатель с четырёхэлектродной системой
ускорения» представленную на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 2.5.15. «Тепловые, электроракетные
двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»

В диссертационной работе Пейсаховича Олега Дмитриевича на тему «Высокочастотный ионный двигатель с четырёхэлектродной системой ускорения» исследуется многорежимный высокочастотный ионный двигатель с четырёхэлектродной системой ускорения. Применение такой системы ускорения позволило повысить плотность тяги и удельный импульс тяги ионного двигателя по сравнению с существующими ионными двигателями, в составе которых используются трёхэлектродные системы ускорения.

Данная тема безусловно является **актуальной**, поскольку создание такого двигателя позволит за счет повышения плотности тяги уменьшить габаритные показатели ионного двигателя. Это способствует решению задачи, связанной с неустойчивостью электродов на больших типоразмерах ионных двигателей. Применение четырёхэлектродной системы ускорения позволит повысить удельный импульс тяги до значений, которые не достижимы на существующих трёхэлектродных системах ускорения ионных двигателей.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, определён объект и предмет исследования, сформулированы цель и задачи исследования, отражены научная новизна, практическая значимость, приведены научные положения, выносимые на защиту.

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

•05• 11 2025г.

В первой главе рассмотрены характеристики современных и перспективных ионных двигателей (ИД), показаны последние наработки в области многорежимных ИД, описывается принцип работы четырёхэлектродных систем ускорения (СУ) и их преимущества по сравнению с трёхэлектродными СУ. Выявлены ограничения существующих трехэлектродных систем ускорения ИД.

Применение четырёхэлектродной СУ обеспечивает разделение зон извлечения и ускорения ионного пучка за счёт введения дополнительного извлекающего электрода (ИЭ). В результате в первом межэлектродном зазоре между эмиссионным электродом (ЭЭ) и ИЭ формируется зона извлечения, в которой устанавливается оптимальная разность потенциалов для заданной плотности плазмы газоразрядной камеры (ГРК). При минимальном межэлектродном расстоянии, это обеспечивает наибольшую эффективность извлечения ионного тока.

Во втором межэлектродном зазоре, расположенному между ИЭ и ускоряющим электродом (УЭ), то есть в зоне ускорения, возможно создание высоких разностей потенциалов (более 4 кВ) при сохранении требуемой напряжённости электрического поля и без снижения эффективности извлечения ионного тока. Это приводит к увеличению плотности тяги и росту удельного импульса тяги (УИТ). Кроме того, появляется дополнительная степень свободы в управлении параметрами ионного пучка.

Регулирование тока ионного пучка осуществляется посредством изменения извлекающей разности потенциалов $\Delta U_{изв.}$, которая определяется потенциалом на ИЭ при фиксированном потенциале на ЭЭ (определяющем энергию ионов). При этом, ускоряющая разность потенциалов $\Delta U_{уск.}$, задающая скорость истечения, остаётся неизменной.

Вторая глава содержит описание экспериментального стенового оборудования и лабораторных образцов двигателей, применяемых в исследовании. Представлены основные характеристики лабораторной модели высокочастотного ионного двигателя средней мощности с диаметром ионного пучка 150 мм, оснащённой четырёхэлектродной системой ускорения.

В третьей главе приводятся проведенные экспериментальное и расчетное исследования по определению вторичных токов, протекающих в четырёхэлектродной СУ источника ионов КЛАН-53-3.4.

В четвёртой главе изложены результаты расчётных и экспериментальных исследований высокочастотного ионного двигателя (ВЧИД) средней мощности с диаметром ионного пучка 150 мм, оснащённого четырёхэлектродной системой ускорения. Приведены данные о зарегистрированных интегральных характеристиках в полном диапазоне рабочих режимов лабораторной модели данного двигателя.

В заключении приведены основные результаты диссертационного исследования, включающие сравнение характеристик ВЧИД с четырёхэлектродной системой ускорения, полученных в работе с характеристиками, полученными ранее на трёхэлектродных системах ускорения. Показана возможность двухкратного увеличения плотности тяги.

Научная новизна диссертационной работы

- Определены диапазоны эффективного функционирования лабораторной модели ВЧИД средней мощности с четырёхэлектродной системой ускорения при работе в режимах повышенных удельного импульса и плотности тяги при энергии ионного пучка 4 кэВ.
- Экспериментально выявлены два характерных режима функционирования лабораторной модели ВЧИД средней мощности с четырёхэлектродной системой ускорения: режим с повышенным удельным импульсом и режим с дросселированием тяги. Переход между указанными режимами осуществлялся изменением извлекающей и ускоряющей разностей потенциалов между электродами. Экспериментально подтверждена устойчивая инициация разряда и стабильная работа ВЧИД с четырёхэлектродной системой ускорения.
- Получены экспериментальные зависимости величин вторичных токов на внутренних и внешних поверхностях электродов системы ускорения от извлекающей и ускоряющей разностей потенциалов.

Степень достоверности результатов проведенных исследований представленных в диссертации Пейсаховича О. Д., обеспечивается использованием общепринятых подходов к испытаниям, регистрации

параметров и моделированию физических процессов электроракетных двигателей.

Используемая математическая модель и программное обеспечение прошли верификацию на реальных данных, с использованием аналитических решений и экспериментальных результатов других исследователей, а также экспериментальных результатов, полученных при непосредственном участии автора диссертационной работы.

В части экспериментальных исследований достоверность обусловлена использованием современных методик измерений, сбора и обработки данных. Все исследования проводились на сертифицированном оборудовании.

Практическая значимость работы заключается в разработке научно-технического задела по применению четырёхэлектродных систем ускорения в ионных двигателях с целью повышения их плотности тяги и удельного импульса, в возможности решения актуальных прикладных задач, стоящих перед предприятиями ракетно-космической отрасли и связанных с созданием перспективных высокоимпульсных ионных двигателей.

При выполнении теоретических и экспериментальных исследований в рамках диссертационной работы были достигнуты следующие результаты:

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

Результаты диссертационной работы могут быть использованы производителями перспективных космических аппаратов, к двигателям которых предъявлены повышенные требования в части высокого удельного импульса и плотности тяги.

По представленной работе можно сделать **следующие замечания**:

1. Не была проведена сравнительная оценка массогабаритных характеристик созданной в данной работе системы ускорения с существующими системами ускорения.
2. Не проведен анализ цены тяги с учётом того, что в составе системы питания и управления двигателем появляется дополнительный источник питания.
3. Не было проведено расчета надежности такой системы с учетом того, что в конструкции появляется дополнительный электрод.

Однако, указанные замечания не снижают ценности диссертационной работы, в том числе практической значимости. Проведенные исследования можно характеризовать как научно обоснованные методические разработки, обеспечивающие решение важных прикладных задач.

Диссертация Пейсаховича Олега Дмитриевича на тему «Высокочастотный ионный двигатель с четырёхэлектродной системой ускорения» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой решена важная научная задача, имеющая значение для развития направления в ракетно-космической отрасли, связанного с созданием перспективных высокоимпульсных ионных двигателей. Диссертация выполнена на высоком научно – техническом уровне.

Новые научные результаты, полученные автором работы и сделанные на их основании выводы можно охарактеризовать как научно обоснованные и достоверные, и признать новыми и научно значимыми.

Тема и содержание диссертации Пейсаховича Олега Дмитриевича соответствуют паспорту специальности 2.5.15. «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» (пункты 1, 2, 4, 10, 12 и 13).

Автореферат полно и объективно отражает содержание диссертации. Выводы по диссертации соответствуют выводам, опубликованным в автореферате.

По своей актуальности, научной новизне, объёму выполненных исследований, теоретической и практической значимости полученных результатов, а также по оформлению и содержанию представленная диссертационная работа соответствует требованиям «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ от

24.09.2013 № 842 (в действующей редакции), предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям. Автор работы, Пейсахович Олег Дмитриевич, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15. «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Результаты диссертационной работы были рассмотрены на заседании секции № 4 НТС АО «Корпорация «ВНИИЭМ» (протокол № 16 от 30.10.2025 г) и получили положительную оценку.

Начальник отдела 20

АО «Корпорация «ВНИИЭМ»,
кандидат технических наук

Каверин Владимир Викторович

Подпись Каверина В.В. удостоверяю.

Учёный секретарь

АО «Корпорация «ВНИИЭМ»,
кандидат технических наук

Мартынова Светлана Андреевна



Акционерное общество «Научно-производственная корпорация «Космические системы мониторинга, информационно-управляющие и электромеханические комплексы» имени А.Г. Иосифьяна» (АО «Корпорация «ВНИИЭМ»)

Почтовый адрес: 107078, Российской Федерации, город Москва, Хоромный тупик, дом 4, строение 1

Телефон: (495) 365-26-69

Факс: (495) 624-86-65, (495) 366-26-38

E-mail: ygecha@hq.vniiem.ru

Сотрудник ознакомлен

05.11.2025

Пейсахович О.Р.