



Государственная корпорация по космической деятельности
«Роскосмос»

Федеральное государственное унитарное предприятие

**"ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОСМИЧЕСКИЙ
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР имени М.В. ХРУНИЧЕВА"**



**"НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ имени А.А. МАКСИМОВА" -
филиал ФГУП "ГКНПЦ им. М.В. Хруничева"**

ул. М.К. Тихонравова, д.27, микрорайон Юбилейный, г. Королёв, Московская область, 141091,
тел.: (498) 300-2910, факс: (498) 300-2901, e-mail: info@niiks.com, http://www.khrunichev.ru
ОКПО 47403165, ОГРН 1027739198090, ИНН/КПП 7730052050/505402001

15.11.2016 № 2971 / 940

На № _____ от _____

Ученому секретарю
диссертационного совета
Д 212.125.08

д.т.н., профессору
Ю.В. Зуеву

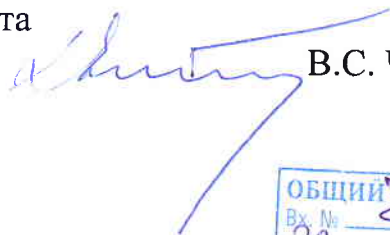
125993, г. Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское
шоссе, 4. МАИ, Ученый совет

Уважаемый Юрий Владимирович!

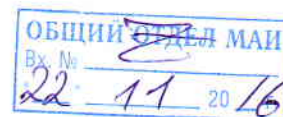
Высылаю Вам отзыв на автореферат диссертационной работы Машерова Павла Евгеньевича «Разработка космического источника ионов на основе высокочастотного ионного двигателя» по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Приложение: Отзыв... в 2 экз. на 4 л. каждый.

С уважением,
ученый секретарь диссертационного совета
д.т.н., профессор

 В.С. Чаплинский

Исп. Кулаков В.А.
8-495-508-95-75



048041



Государственная корпорация по космической деятельности
«Роскосмос»

Федеральное государственное унитарное предприятие



**"ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОСМИЧЕСКИЙ
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР имени М.В. ХРУНИЧЕВА"**

**"НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ имени А.А. МАКСИМОВА" -
филиал ФГУП "ГКНПЦ им. М.В. Хруничева"**

ул. М.К. Тихонравова, д.27, микрорайон Юбилейный, г. Королёв, Московская область, 141091,
тел.: (498) 300-2910, факс: (498) 300-2901, e-mail: info@niiks.com, http://www.khrunichev.ru
ОКПО 47403165, ОГРН 1027739198090, ИНН/КПП 7730052050/505402001

№ _____

На № _____ от _____

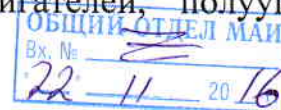
ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы

Мащерова Павла Евгеньевича

«Разработка космического источника ионов на основе высокочастотного ионного двигателя» по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук

В последнее время все острее встает вопрос, касающийся освобождения околоземного пространства от космического мусора. За эру освоения космоса в этом пространстве скопилось большое количество как мало-, так и крупногабаритных объектов мусора. Одной из наиболее востребованных орбит является геостационарная орбита, места на которой распределены между разными государствами и охраняются международным правом. В работе была рассмотрена задача создания источника ионного пучка на основе технологии ионного двигателя для задач увода крупногабаритных объектов мусора, воздействуя на него пучком ионов с расстояния 30 – 100 метров. Для решения такой задачи обычные ионные двигатели не годятся, даже несмотря на то, что угол расходимости пучка у них является наименьшим из электроракетных двигателей, ~~полуугол~~



048039

составляет 13 градусов и более. Перед диссертантом стояла сложная задача создания источника с полууглом расходимости менее 6 градусов. Таким образом, диссертационная работа Машерова Павла Евгеньевича посвящена актуальной теме.

Научная новизна работы заключается в разработке высокочастотного источника ионного пучка на основе технологии ионного двигателя, отличающийся плоским индуктором с ферритовым сердечником, металлической газоразрядной камерой (ГРК), щелевой ионно-оптической системой; который обладает высокой энергетической эффективностью и малым полууглом расходимости ионного пучка, угол расходимости в экспериментах не превысил 2,5 – 3 градусов.

Диссертантом был предложен способ интегральной диагностики газоразрядного узла, позволяющий детализировать баланс ВЧ-мощности источника и выявить качество технических решений и исполнения всех элементов газоразрядного источника плазмы.

В ходе диагностики локальных параметров плазмы в ГРК были предложены ряд новых методик: зондовый способ измерений массы ионов плазмы и толщины зондового слоя в невозмущённой максвелловской плазме; способ и устройство для оценки плотности ионного тока на эмиссионный электрод (ЭЭ) ионно-оптической системы (ИОС) источника ионов; критерий оценки соотношения размеров собирающей поверхности зонда и поверхности зондодержателя, позволяющий снизить погрешность измерений зондами Ленгмюра; предложен способ количественной оценки близости экспериментальной плазмы к максвелловской среде.

ИОС со щелевыми отверстиями в электродах, позволила сформировать клиновидный пучок с малым углом расходимости, что обеспечило применимость источника для решения космических задач за счет высокой степени равномерности плазменного образования внутри газоразрядного объёма. Измерение расходимости ионного пучка по следам эрозии титановой и стеклянной мишеней подтвердило хорошее согласие расчётных и

экспериментальных данных.

Достоверность полученных результатов, научных положений и сделанных выводов достигнута качеством методических подходов, эффективностью их реализации, согласием экспериментальных и расчётных данных, а также непротиворечивостью полученной информации с данными других авторов.

Работа имеет высокую практическую и теоретическую значимость. В ходе работы была разработана конструкция лабораторного источника с металлической камерой, обеспечивающей эффективную диагностику локальных параметров плазмы и возможность контроля её давления. Использование плоского индуктора с ферритовым сердечником обеспечило повышенную энергоэффективность источника и равномерность плазмы в ГРК.

Разработана и реализована методика интегральной диагностики ВЧ-индукционного газоразрядного узла источника ионов, которая позволила оценить его конструктивные параметры, охарактеризовать совершенство его конструкции и схмотехники линии электропитания разряда.

Проведена диагностика локальных параметров плазмы в ГРК, выявлена высокая степень равномерности параметров плазмы в ГРК. Устранение влияния размера зондодержателя позволило повысить точность измерений плазменных параметров.

Обеспечена возможность зондовых измерений толщины зондового слоя и массы ионов плазмы для корректного выбора зондовой теории, используемой для интерпретации результатов измерений.

Предложен и апробирован способ и устройство для оценки плотности ионного тока на ЭЭ ИОС. Такое устройство очень сильно упрощает процесс получения распределения плотности ионного тока с точностью порядка 30 %.

Главным результатом работы стала практическая реализации модели двигателя с клиновидным пучком, обеспечивающим расходимость менее 3 градусов поперек щелей.

В качестве замечания можно отметить следующее: не понятен рисунок 7 на листе 18 автореферата. Не указаны размерности изолиний распыления стекла, а значения размерности поверхности стекла по осям x и y должны быть указаны в мм.

Сделанные замечания не снижают высокого научно-технического уровня выполненной работы.

Рецензируемая диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям Положения ВАК о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемых к кандидатским диссертациям по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов», а ее автор, Машеров Павел Евгеньевич, заслуживает присуждения степени кандидата технических наук.

ФИО: Кулаков Вячеслав Александрович
Должность: главный научный сотрудник
Почтовый адрес: 141090, МО, г. Королев, мкр. Юбилейный, ул. Глинкина, д.8, кв. 67.
Телефон: 89096633751.
Эл. почта: vkulakovnano@mail.ru.

Кандидат технических наук,
главный научный сотрудник
Центра нанотехнологий

Вячеслав Александрович Кулаков

Подпись Кулакова В.А. заверяю:

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор технических наук, профессор



В.С. Чаплинский

«15» ноября 2016 г.