



**Акционерное общество  
«Конструкторское бюро химавтоматики»  
(АО КБХА)**

Россия, 394006, г. Воронеж, ул. Ворошилова, 20  
тел.: (473) 234-65-65, 263-36-80, факс: (473) 276-84-40  
e-mail: info\_kb@kbkha.ru, http://www.kbkha.ru/

ОКПО 29691226, ОГРН 1043600062725  
ИНН/КПП 3665046177/366501001

28.10.2016 № К-00/6015

на № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

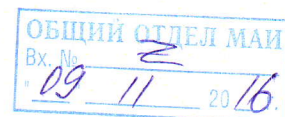
**ОТЗЫВ**

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

Диссертационная работа Машерова Павла Евгеньевича посвящена актуальной теме создания космического источника ионного пучка для увода объектов космического мусора с геостационарной орбиты. Таких объектов на космической орбите более трех тысяч и они занимают дефицитное место, крайне необходимое для постановки новых спутников. В случае их увода на высоту 200 км от точки стояния вверх относительно Земли такие объекты продолжают самостоятельное путешествие в дальний космос. Одним из способов такого увода является создание аппарата, оснащенного источником ионного пучка (двигателем) с минимальной расходимостью менее 6 градусов.

Предметом исследования в работе является высокочастотный источник ионов с индукционным газоразрядным узлом и щелевой ионно-оптической системой, формирующей сколлимированный клиновидный ионный пучок, который показал расходимость ионного пучка на величину не более 3 градусов по одной оси и около нуля по другой.

Научная новизна работы заключается в том, что диссертант разработал такой высокочастотный источник ионного пучка (ВЧИИП) (с плоским индуктором,



ферритовым сердечником и щелевой ионно-оптической системой), который обладает высокой энергетической эффективностью и малым полууглом расходимости ионного пучка. Угол расходимости не превысил 3 градусов.

Разработан новый способ интегральной диагностики газоразрядного узла, позволяющий детализировать баланс ВЧ-мощности ВЧИИП и выявить качество технических решений и исполнения всех элементов газоразрядного источника плазмы.

Разработан зондовый способ измерений массы ионов плазмы и толщины зондового слоя в невозмущенной максвелловской плазме и способ количественной оценки близости экспериментальной плазмы к максвелловской среде.

Создано устройство для оценки плотности ионного тока на эмиссионный электрод (ЭЭ) ионно-оптической системы (ИОС) источника ионов.

Безразмерный критерий оценки соотношения размеров собирающей поверхности зонда и поверхности зондодержателя позволяет снизить погрешность измерений зондами Ленгмюра.

Разработана и испытана ИОС из трех плоских электродов со щелевыми отверстиями, позволяющая сформировать клиновидный пучок с малым углом расходимости, что обеспечило применимость ВЧИИП для решения космических задач за счет высокой степени равномерности плазменного образования внутри газоразрядного объема. Измерение расходимости ионного пучка по следам эрозии титановой и стеклянной мишеней подтвердило хорошее согласие расчетных и экспериментальных данных.

Практическая и теоретическая значимость результатов работы весьма существенна. Она заключается в разработке конструкции лабораторного ВЧИИП с металлической камерой, обеспечивающей эффективную диагностику локальных параметров плазмы и возможность контроля ее давления. Использование плоского индуктора с ферритовым сердечником обеспечило повышенную энергоэффективность ВЧИИП. Плоские электроды ИОС со щелевыми отверстиями улучшили фокусировку ионного пучка.

Разработана и реализована методика интегральной диагностики ВЧ-индукционного газоразрядного узла ВЧИИП, которая позволила оценить его операционные и конструктивные параметры, определяющая степень совершенства его конструкции и схемотехники линии электропитания разряда.

Проведена диагностика локальных параметров плазмы в ГРК, показана высокая степень равномерности параметров плазмы в ГРК.



Предложен и апробирован способ и устройство для оценки плотности ионного тока на ЭЭ ИОС. Полученная точность оценки позволяет использовать результаты при проектировании ИОС.

Плоские электроды ИОС вкуче с ВЧИИП, оснащенным плоским индуктором с ферритовым сердечником, позволили получить сколлимированный пучок.

Достоверность полученных результатов, научных положений и сделанных выводов достигнута новыми методическими разработками, эффективностью их реализации, удовлетворительным согласием экспериментальных и расчётных данных, а также непротиворечивостью полученной информации с аналогичными данными других авторов.

В качестве замечаний стоит отметить отсутствие оценки влияния цилиндрического участка ИОС, выполненного из металла, на ухудшение параметров системы.

Сделанные замечания, однако, 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, а ее автор, Машеров Павел Евгеньевич, заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 - «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Ф.И.О. Белогуров Альберт Иванович

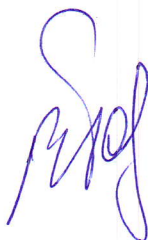
Должность: главный специалист по ЭРД, кандидат технических наук

Почтовый адрес: \_\_\_\_\_

Телефон: \_\_\_\_\_

Эл. почта: \_\_\_\_\_

Подпись удостоверяю



В.Д. Горохов

Главный конструктор АО КБХА,  
доктор технических наук

М.Д.