

ОТЗЫВ

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

Диссертационная работа Машерова П.Е. посвящена **актуальной** теме создания космического источника ионного пучка для увода объектов космического мусора с геостационарной орбиты. Предметом исследования в работе является высокочастотный источник ионов с индукционным газоразрядным узлом и щелевой ионно-оптической системой, обеспечившей повышенную «дальнобойность» клиновидного ионного пучка.

Научная новизна представленной работы, на мой взгляд, состоит в следующем.

1. Разработан высокочастотный источник ионного пучка (ВЧИИП) с плоским индуктором и ферритовым сердечником, а также со щелевой ионно-оптической системой; новый ВЧИИП характерен конструктивной простотой, повышенной энергоэффективностью и полууглом расходимости ионного пучка не более 3 градусов.
2. 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.
3. Значительно расширена методология зондовой диагностики: а) разработан зондовый способ измерений массы ионов плазмы и толщины зондового слоя на основе использования эффекта Бома в невозмущённой максвелловской плазме; б) предложен способ количественной оценки близости экспериментальной плазмы к максвелловской среде; в) предложены способ и устройство для оценки плотности ионного тока на эмиссионный электрод (ЭЭ) ионно-оптической системы (ИОС) источника ионов; г) предложен безразмерный критерий оценки соотношения размеров собирающей поверхности зонда и поверхности зондодержателя, позволяющий снизить погрешность измерений зондами Ленгмюра.
4. Создана ИОС из трёх плоских электродов со щелевыми отверстиями, позволяющая сформировать клиновидный пучок с малым углом расходимости, что обеспечило применимость ВЧИИП для решения космических задач. Расчётным путём определены зависимости этого угла от приведённого первеанса ионного пучка и найдены его оптимальные значения, при которых полуугол расходимости поперёк щелей не превышает 3 градусов. Измерение расходимости ионного пучка по следам эрозии

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ
Вх. №
26 10 2016

титановой и стеклянной мишеней подтвердило хорошее согласие расчётных и экспериментальных данных.

Следует отметить **теоретическую и практическую значимость результатов работы**, в которой впервые:

1. разработана и проведена отработка конструкции лабораторного ВЧИИП с металлической ГРК, обеспечивающей эффективную диагностику локальных параметров плазмы и возможность контроля её давления. Использование плоского индуктора с ферритовым сердечником обеспечило повышенную энергоэффективность ВЧИИП. Плоские электроды ИОС со щелевыми отверстиями улучшили фокусировку ионного пучка;

2. разработана и реализована методика интегральной диагностики ВЧ-индукционного газоразрядного узла ВЧИИП, которая позволила оценить его операционные и конструктивные параметры, определяющие физико-технический облик изделия, включая степень совершенства его конструкции и схмотехники линии электропитания разряда;

3. проведена диагностика локальных параметров плазмы в ГРК, выявлена относительная равномерность параметров плазмы в ГРК. Устранение влияние размера зондодержателя позволило повысить точность измерений плазменных параметров;

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

5. предложены и реализованы способ и устройство для оценки плотности ионного тока на ЭЭ ИОС. Полученная точность оценки позволяет использовать результаты при проектировании ИОС;

6. спроектированы и созданы плоские графитовые электроды ИОС, обеспечившие возможность получения «дальнобойного» клиновидного пучка ионов.

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

В качестве **замечания** хотелось бы отметить, что диссертант, как двигателю, мог бы также рассмотреть возможности и преимущества применения своей разработки в качестве ионного двигателя.

В целом диссертационная работа Машерова Павла Евгеньевича выполнена на высоком научно-техническом уровне и является законченной научно-квалификационной

работой. Основные результаты достаточно полно отражены в 21 публикации и известны специалистам в области двигателестроения летательных аппаратов. Сделанное замечание не имеет принципиальной значимости, носит пожелательный характер и не снижает качества выполненной автором работы.

Считаю, что представленная диссертационная работа по своей актуальности, научной новизне и практической значимости отвечает требованиям ВАК Минобрнауки Российской Федерации, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук, а её автор, Павел Евгеньевич Машеров, безусловно **заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов.**

Зав. кафедрой интеллектуальных систем
и управления информационными ресурсами
Казанского национального исследовательского
технологического университета
доктор физ.-мат. наук
профессор

Кирпичников Александр Петрович

Адрес: 420015, г. Казань, ул. К. Маркса, 68.
Телефон: +7 917 242 20 28.
E-mail: kirpichnikov@kstu.ru.

Подпись Кирпичникова А.П.

Состоверяется.

ФГБОУ ВО «КНИТУ»

О.А. Перельгина

20 16г