

ОТЗЫВ

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

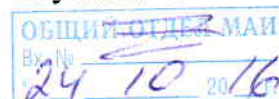
В настоящее время проблема очистки космической области геостационарных орбит от отработавших спутников и других объектов космического мусора является весьма актуальной, так как этот комический мусор может повреждать и выводить из строя новые дорогостоящие спутники связи и космические аппараты специального применения. Одним из перспективным методов увода объектов космического мусора из области геостационарных орбит является метод бесконтактного воздействия на них, основанный на передаче им импульса ионного пучка, инжектируемого с борта сервисного космического аппарата (СКА).

При этом ионный источник, установленный на СКА, должен обладать высокой надежностью и стабильностью работы, большим временным ресурсом и обеспечивать инжекцию ионного пучка с полууглом расходимости не более 6 градусов. Последнее условие необходимо для минимизации загрязнения солнечных батарей СКА продуктами распыления объектов космического мусора.

Поэтому работа, посвященная разработке надежного и стабильного высокочастотного источника ионного пучка (ВЧИИП) с полууглом расходимости ионного пучка не более 6 градусов для применения в СКА и исследованию его характеристик, является важной и актуальной в научном и практическом планах.

В качестве наиболее важных результатов работы следует отметить:

1. Разработан и изготовлен надежный и энергоэффективный высокочастотный источник ионного пучка (ВЧИИП) с плоским индуктором, ферритовым сердечником и со целевой ионно-оптической системой,



обеспечивающий полуугол расходимости ионного пучка не более 3 градусов.

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

4. Оптимизирована конструкция ионно-оптической системы (ИОС), состоящей из трёх плоских электродов со щелевыми отверстиями, которая позволяет сформировать клиновидный пучок с малым углом расходимости, что обеспечило применимость ВЧИИП для решения космических задач.

5. Расчётным путём определены зависимости угла расходимости 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 титановой и стеклянной мишеней подтвердило хорошее согласие расчётных и экспериментальных данных.

К научной новизне работы относятся:

1. Разработка и реализация 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 системы электропитания разряда.

3. Проведение диагностики локальных параметров плазмы в газоразрядной камере (ГРК) с целью определения равномерности параметров плазмы в ГРК.

4. Обеспечение возможности корректных зондовых измерений толщины ионного слоя и массы ионов плазмы, позволивших устранить влияние размера зондодержателя на точность измерений.

Практическая значимость результатов работы заключается:

1. Разработан и изготовлен лабораторный высокочастотный источник ионного пучка (ВЧИИП-10Ф) с плоским индуктором, ферритовым сердечником, металлической газоразрядной камерой (ГРК) и со щелевой ионно-

оптической системой, обеспечивающий полуугол расходимости ионного пучка не более 3 градусов.

2. Предложен способ и реализовано устройство на его основе для оценки плотности ионного тока на электродах ионно-оптической системы (ИОС). Полученная точность оценки позволяет использовать результаты при проектировании ИОС.

3. Разработаны и изготовлены плоские графитовые электроды ионно-оптической системы (ИОС) ВЧ источника ионного пучка, обеспечившие возможность получения «дальнобойного» клиновидного пучка ионов с малой расходимостью.

Достоверность полученных результатов, научных положений и сделанных выводов подтверждается их повторениями и измерениями, а также совпадением результатов моделирования с экспериментальными данными, полученными с использованием современных методик и контрольно-измерительных средств, а также непротиворечивостью полученной информации с аналогичными данными других авторов

По содержанию и оформлению автореферата можно сделать следующие замечания:

1. В название работы **«Разработка космического источника ионов на основе высокочастотного ионного двигателя»**, фигурирует объект под названием **«ионный двигатель»**, тогда как в тексте автореферата не упоминается ни «ионный двигатель», ни его характеристики, например «удельная тяга».

2. На рис. 6, стр. 17 не указаны экспериментальные ошибки плотностей ионного тока на зонд при различных уровнях мощности высокочастотного генератора.

3. На рис. 7, стр. 18 не указаны оси координат X и Y, в результате: во-первых, подписи по осям получились одинаковые, во-вторых, вместо «эрозия стекла» надо писать «глубина травления стекла ионным пучком» и в-третьих, не обозначены единицы измерения на цифрах около линий внутри рисунка,

которые по догадке должны представлять собой линии равной глубины травления.

Однако указанные недостатки не снижают ценности работы, которая содержит решение актуальной научно-технической задачи по разработке ВЧ источника ионов для решения задачи увода объектов космического мусора из области геостационарных орбит спутников.

Содержание автореферата отражает научную новизну и практическую значимость диссертации, которая выполнена на высоком научно-техническом уровне и является законченной научно-исследовательской, квалификационной работой, основные результаты которой достаточно полно отражены в 21 публикациях.

Исходя из вышеизложенного, диссертационная работа Машерова П. Е. по своей актуальности, научной новизне и практической значимости отвечает требованиям ВАК Российской Федерации, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а её автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Ведущий инженер НТЦ
«Нано- и микросистемная техника»,
НИУ МИЭТ, доктор технических наук, с.н.с.



В.Ю. Киреев

дом. адрес: 124460, Москва, Зеленоград, 12-й микрорайон, корп. 1206, кв. 240
моб. тел.: 8-903-972-71-66; эл. почта: valerikireev@mail.ru

Подпись Киреева В.Ю. удостоверяю:
начальник отдела кадров НИУ МИЭТ



С.В. Заболотнов