

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Мельникова Андрея Викторовича «Высокочастотный ионный двигатель с дополнительным постоянным магнитным полем», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»

Диссертационная работа Мельникова А.В. посвящена актуальной проблеме повышения эффективности работы одного из перспективных типов электроракетных двигателей (ЭРД) – высокочастотного ионного двигателя (ВЧИД).

Современные тенденции развития аэрокосмической отрасли тесно связаны с разработкой и совершенствованием малых космических аппаратов (МКА) различного назначения. Эксплуатация МКА позволяет снизить затраты на создание отдельных спутников, а также удешевить их запуск и развёртывание группировок, например, для задач ДЗЗ. Однако при этом для устанавливаемой целевой аппаратуры возрастают ограничения по массе и габаритам, что влечёт за собой заметное снижение её разрешающей способности. Одним из возможных решений этой проблемы является снижение высоты рабочей орбиты спутников ДЗЗ до 300 км и ниже. При этом необходимо учитывать рост аэродинамического торможения космического аппарата из-за повышения плотности остаточной атмосферы Земли. Для того, чтобы обеспечить длительный срок активного существования МКА ДЗЗ на таких высотах требуется наличие корректирующей двигательной установки (КДУ). Исходя из необходимости постоянной компенсации воздействия верхних слоёв атмосферы на космический аппарат, основным требованием к двигателям КДУ является обеспечение как можно более высокого удельного импульса тяги. Поэтому на борту перспективных низкоорбитальных МКА ДЗЗ целесообразно использовать ионные двигатели (ИД). В российском сегменте разрабатывается два типа ИД: ионные двигатели постоянного тока (ИДПТ) и ВЧИД. Вторые имеют некоторые преимущества, связанные с отсутствием электродов в разрядной камере (РК), а именно – ресурс узла генерации плазмы практически ничем не ограничивается, и он в целом имеет меньшую массу по сравнению с ИДПТ. Однако применение индуктивного разряда в двигателе заметно снижает эффективность ионизации рабочего тела. Одной из главных причин снижения эффективности ионизации является гибель заряженных частиц на стенах РК. Как было показано автором работы, частично снизить эти потери можно за счёт использования дополнительного внешнего магнитного поля в зоне ВЧ разряда.

Объектом исследования в настоящей работе являются лабораторные модели ВЧИД с вмонтированными в конструкцию источниками дополнительного магнитного поля. В ходе исследований автором было

рассмотрено влияние параметров внешнего магнитного поля как на отдельные интегральные характеристики, так и на локальные параметры плазмы.

Таким образом, **актуальность работы** определяется необходимостью совершенствования современных моделей ВЧИД и наличием задач в аэрокосмической отрасли, которые могут быть решены за счёт эксплуатации этих двигателей.

Положения диссертации, представляющие **научную новизну**:

1. Впервые применительно к ВЧИД было показано, что дополнительное внешнее магнитное поле с рупорно-аксиальной геометрией в области ВЧ разряда позволяет повысить их интегральные характеристики. Большой объём экспериментальных исследований, проведённых автором, позволил определить параметры дополнительного магнитного поля, при которых наблюдается повышение характеристик двигателя в широком диапазоне режимов работы.

2. С помощью зондовых измерений экспериментально доказано предположение, объясняющее причины повышения интегральных характеристик ВЧИД при наличии дополнительного внешнего магнитного поля – повышение концентрации заряженных частиц и перераспределение температуры электронов.

Практическая значимость работы:

1. Экспериментально доказана возможность улучшения интегральных характеристик ВЧИД с помощью дополнительного внешнего магнитного поля при работе двигателя в режиме дросселирования тяги.

2. Подтверждена возможность использования постоянного магнита в ВЧИД для создания дополнительного магнитного поля.

3. Предложена инженерная модель для быстрой оценки интегральных характеристик ВЧИД с источником дополнительного магнитного поля. Кроме того, модель позволяет оценить и распределение локальных параметров плазмы в РК двигателя.

4. По результатам проведённых исследований автором разработаны рекомендации по созданию ВЧИД малой мощности с дополнительным магнитным полем.

Достоверность приведенных в работе результатов, научных положений и выводов обусловлена использованием современных и апробированных ранее другими авторами методик исследования, сбора и обработки экспериментальных данных, проведением экспериментов на сертифицированном оборудовании.


К работе имеются следующие замечания:


1. В работе не было исследовано влияние дополнительного постоянного магнитного поля на расходимость ионного пучка. Это является важным условием при компоновке двигателя на борту космического аппарата.

2. Автором не рассматривались получение эффекта при использовании альтернативных рабочих тел, например, криптон.

В целом, несмотря на сделанные замечания, представленная диссертация является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научно-техническом уровне.

Диссертационная работа полностью соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ. Автор диссертации Мельников Андрей Викторович, заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Начальник лаборатории
проектирования перспективных
электрореактивных двигательных
установок ПАО «РКК «Энергия»  Щербина Павел Александрович

Старший научный сотрудник
лаборатории проектирования
перспективных электрореактивных
двигательных установок
ПАО «РКК «Энергия»
кандидат технических наук  Титов Максим Юрьевич

Согласны на включение персональных данных в аттестационные документы соискателя ученой степени кандидата технических наук Мельникова Андрея Викторовича и их дальнейшую обработку.

Подписи Щербины П.А и Титова М.Ю. удостоверяю

Ученый секретарь ПАО «РКК «Энергия»
кандидат физико-математических наук  Хатунцева О.Н.

Публичное акционерное общество «Ракетно-космическая корпорация
«Энергия» имени С.П. Королева» 

Почтовый адрес: 141070 Московская обл., г. Королев, ул. Ленина д. 4а

Телефон: 8 (495) 513-67-26

Официальный сайт: <http://energia.ru>

Электронная почта: post2@rsce.ru