



Государственный научный центр Российской Федерации –
федеральное государственное унитарное предприятие
"Исследовательский центр имени М.В.Келдыша"
(ГНЦ ФГУП "Центр Келдыша")

ул. Онежская, д. 8,
г. Москва, Россия, 125438

Тел. +7 (495) 456-4608
Факс: +7 (495) 456-8228

ОКПО 07547339 ОГРН 1027700482303
ИНН/КПП 7711000836/774301001

kerc@elnet.msk.ru
http://www.kerc.msk.ru

№ _____

на № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша»



В.В. Кошляков

11 _____ 2017 г

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию Кожевникова Владимира Владимировича

«Исследование локальных параметров плазмы в разрядной камере

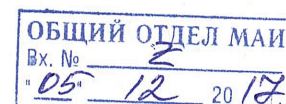
высокочастотного ионного двигателя малой мощности»,

представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по
специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки
летательных аппаратов»

Актуальность темы исследований.

При проектировании современных малых космических аппаратов (КА) к двигательной установке предъявляются особые требования по обеспечению повышенной маневренности и поддержания полета на низких орбитах в условиях аэродинамического торможения в течение длительного периода времени. Также необходимо учитывать, что данный класс КА имеет ограниченные ресурсы по энергетике. Поставленную задачу можно решить, используя двигательные установки на базе ионных электроракетных двигателей (ИД) малой мощности, обеспечивающих удельный импульс от 3000 с и ресурс до 20000 часов.

Настоящая работа посвящена исследованию ионных двигателей малой мощности с ионизацией атомов рабочего тела в высокочастотном разряде (ВЧ ИД). Основным недостатком



ВЧ ИД по сравнению с ИД, работающих на разряде постоянного тока, является высокая цена иона (400...600 Вт/А).

Одной из целей исследований автора являлось исследование процесса передачи энергии в плазму разрядной камеры (РК) ВЧ ИД с целью снижения затрат мощности на получение ионов. Для реализации этой задачи применялся зондовый метод диагностики локальных параметров плазмы в РК ВЧ ИД. Актуальность диссертационной работы определяется необходимостью в проведении таких исследований, направленных на снижение цены иона и, как следствие, повышение КПД ВЧ ИД.

В рамках диссертационной работы автором получены распределения температуры и концентрации электронов плазмы в объеме РК, проведен анализ процесса передачи энергии от высокочастотного индуктора в плазму.

Новизна исследований и полученных результатов

Научная новизна работы состоит в том, что впервые проведено сравнительное экспериментальное исследование распределений локальных параметров плазмы в объеме РК ВЧИД в режимах с извлечением и без извлечения ионного пучка. Полученные распределения температуры и концентрации электронов плазмы в объеме РК ВЧ ИД позволили провести анализ процесса передачи энергии от высокочастотного индуктора в плазму.

Достоверность основных положений, выносимых на защиту

Обоснованность научных положений, достоверность результатов исследований и положений, выносимых на защиту, определяются корректностью применения исследовательской аппаратуры и условиями проведения экспериментов. Достоверность полученных в ходе экспериментов данных в целом была обоснована повторяемостью собранных параметров.

Практическая значимость полученных автором результатов

Практическая значимость работы заключается в том, что полученные автором экспериментальные результаты могут быть использованы для теоретического анализа закономерностей ВЧ-разряда, верификации численных моделей ВЧ-разряда и оптимизации конструкции ГРК с учётом свойств ионно-оптических систем, в которых происходит извлечение и ускорение ионного пучка.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты диссертационной работы В.В. Кожевникова рекомендуется использовать в научной и производственной деятельности таких предприятий, как ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша», МАИ, занимающихся исследованиями и разработкой ионных двигателей. Часть

результатов может быть отражена при чтении специальных курсов в МФТИ, МАИ, МЭИ, МИРЭА, МГТУ им. Н. Э. Баумана и других ВУЗов.

Соответствие специальности

Диссертационная работа посвящена исследованию локальных параметров плазмы в разрядной камере высокочастотного ионного двигателя малой мощности и соответствует специальности 05.07.05 – Тепловые, электроракетные двигатели и энергетические установки летательных аппаратов. Автореферат работы адекватно отражает её основное содержание, научную новизну, выводы и другие ключевые элементы. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в открытой печати.

Замечания по диссертационной работе

1. Автор относит к новизне работы разработку методики исследования локальных параметров плазмы в РК ВЧ ИД с применением тройного электростатического зонда, однако, приведенная методика не имеет принципиальных отличий от способов изучения ВЧ-разряда в РК ИД другими исследователями.

2. Предложенную численную модель, позволяющую построить двумерные распределения локальных параметров плазмы в РК ВЧИД малой мощности, также нельзя отнести к новизне, поскольку используется готовый программный продукт, в котором автор задает геометрию и граничные условия своей модели.

3. При разработке тройного зонда расстояние между зондами было выбрано равным 0.2 мм. При этом в работе приводятся данные по режимам, в которых радиус Дебая превышает 0.05 мм. Так как размер возмущённой области плазмы вокруг зонда может составлять несколько радиусов Дебая, в отдельных режимах условие независимости отдельных электродов трёхэлектродного зонда не выполнялось.

4. Средняя длина пробега ионов в работе оценивается по газокинетическому сечению столкновения иона с нейтралом. При этом не учитываются столкновения перезарядки, сечение которых при энергиях ионов, характерных для ВЧ-разряда, выше газокинетического. Также вывод об отсутствии столкновений ионизации и рекомбинации в слое ошибочно делается на основе оценки длины пробега столкновений ионов с нейтралами, а не с электронами. С учётом этого для выбора параметров зонда необходимо было провести более аккуратные и подробные оценки.

Общие выводы

Оценивая диссертацию В.В. Кожевникова в целом, можно заключить, что она представляет собой научно-квалификационную работу, в которой решена актуальная научно-техническая задача.

Отмеченные недостатки не влияют существенным образом на общее хорошее впечатление от работы.

По своему содержанию и полученным результатам работа соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения учёных степеней», а её автор, Кожевников Владимир Владимирович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Отзыв составлен на основе изучения диссертации и автореферата. Отзыв рассмотрен и единогласно утверждён на заседании научно-технического совета отдела электрофизики 29.11.2017 г., протокол № 17-13/120.

Отзыв составили

Заместитель генерального директора
по космическим аппаратам и энергетике –
начальник отделения 3

ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша», д.т.н.

Александр Вениаминович Семёнкин

Начальник отдела 120,
ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша»
к.-ф.м.н.

Александр Сергеевич Ловцов

29 ноября 2017 г.
Онежская ул., д. 8, Москва, 125438,
8-495-456-64-65, kerc@elnet.msk.ru

Подписи А.В. Семенкина и А.С.Ловцова удостоверяю

Ученый секретарь ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша»



05.12.2017 *Tolstunov*

Tolstunov
Ю.Л.Смирнов