



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. Кошakov

« 24 »

2017 г.

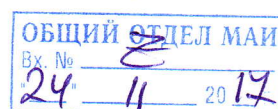


ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию Нигматзянова Владислава Вадимовича на тему:
«Выбор параметров разрядной камеры высокочастотного ионного двигателя»,
представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по
специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки
летательных аппаратов»

Актуальность темы исследований.

В последнее время при выборе способа ионизации атомов рабочего тела в газоразрядной камере ионного двигателя (ИД) особое внимание уделяется высокочастотным (ВЧ) разрядам (от 500 кГц до 2,5 МГц). В газоразрядной разрядной камере (ГРК) ВЧ ИД в отличие от традиционного ИД схемы Кауфмана реализуется безэлектродный индукционный ВЧ разряд, характеризующийся низким падением потенциала между плазмой и ограничивающими ее элементами. Это предотвращает распыление ионами материала стенок ГРК и эмиссионного электрода ИОС. Кроме того, в ГРК отсутствует катод, что повышает ресурсные характеристики и надежность двигателя. Основным недостатком ВЧ ИД являются существенно большие энергозатраты на ионизацию, чем у ИД по схеме Кауфмана, что приводит к снижению КПД двигателя.



Актуальность диссертационной работы определяется необходимостью в проведении исследований по изучению способов снижения затрат энергии на ионизацию атомов РТ в ГРК, что повысит конкурентоспособность ВЧ ИД.

В рамках диссертационной работы автором проводились исследования влияния конструктивных элементов ГРК на интегральные характеристики двигателя, а также разработаны математические модели, связывающие интегральные характеристики ВЧ ИД с параметрами плазмы в ГРК.

Новизна исследований и полученных результатов

Научная новизна работы состоит в том, что впервые проведены системные исследования влияния конструктивных элементов ГРК на интегральные характеристики двигателя, а также разработаны математические модели, связывающие интегральные характеристики ВЧ ИД с параметрами плазмы в ГРК. По результатам исследований выработаны рекомендации по созданию эффективного высокочастотного ионного двигателя в части совершенствования его разрядной камеры.

Разработанные модели имеют хорошую предсказательную силу и находятся в согласии с экспериментальными данными. Основываясь на аналитической модели можно быстро оценить затраты мощности, расход рабочего тела и геометрию разрядной камеры для создания необходимого ионного тока. Одномерная модель позволяет более детально, с физической точки зрения, исследовать процессы, происходящие в плазме высокочастотного разряда в камере цилиндрической геометрии.

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. Результаты экспериментов подтверждаются сопоставлением полученных в работе данных с экспериментальными и расчетными данными, полученными другими исследователями.

Научная и практическая значимость полученных автором результатов

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в том, что были предложены и теоретически обоснованы пути повышения эффективности высокочастотных ионных двигателей при изменении формы разрядной камеры и способа намотки индуктора. Также была разработана математическая модель связывающая интегральные характеристики ВЧ ИД с параметрами разряда в РК, позволяющая с минимальными временными и материальными затратами определять основные размеры разрядной камеры. Помимо этого, продемонстрирована

возможность изготовления стенок разрядной камеры ВЧ ИД из различных керамик с малыми радиационными потерями, позволяющих снизить затраты на изготовление РК при исследовательских испытаниях двигателя. Выработаны рекомендации по проектированию разрядных камер ВЧ ИД.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты диссертационной работы В.В. Нигматзянова 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 анализу влияния конструктивных элементов РК на интегральные характеристики двигателя, соответствует специальности 05.07.05 – Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки 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. В раздел научная новизна п.1 автор внес исследования влияния формы ГРК на эффективность ионизации атомов РТ. Поскольку аналогичные исследования уже проводились в Гиссенском университете, необходимо было четко сформулировать основные отличия проведенных экспериментов и выделить новизну в настоящей работе.

2. К преимуществам ВЧ ИД автор относит возможность работы на любых рабочих телах и смесях газов. Стоит отметить, что в настоящее время ВЧ ИД используют для нейтрализации объёмного заряда плазмы ионного пучка катоды-нейтрализаторы постоянного тока, которые могут работать только на чистых инертных газах. В настоящее время существуют модели ВЧ ИД с ВЧ катодами-нейтрализаторами, однако, это преимущественно лабораторные модели. Кроме того, при использовании химически активных рабочих тел, при нагреве электродов ИОС ИД могут идти химические реакции с образованием различных соединений (с неизвестным коэффициентом распыления) на поверхностях электродов. Данный процесс может существенно снизить ресурс ИОС и всего двигателя в целом.

3. Также к преимуществам ВЧ ИД автор относит простоту изготовления деталей двигателя. Однако, данное утверждение сомнительно для ИД большой мощности, диаметры ГРК которых могут достигать 450мм и более. При изготовлении подобных габаритных изделий трудно избежать отсутствия инородных включений в материал ГРК, которые могут привести к

дополнительным потерям при вводе ВЧ-мощности в плазму. Кроме того, остается открытым вопрос обеспечения механической стойкости ГРК большого диаметра из отечественных керамических материалов при воздействии стартовых вибрационных нагрузок.

Общие выводы

Оценивая диссертацию В.В. Нигматзянова в целом, можно заключить, что она представляет собой научно-квалификационную работу, в которой решена актуальная научно-техническая задача повышения эффективности ионообразования в разрядной камере высокочастотного ионного двигателя, а также разработаны математические модели, имеющие хорошую предсказательную силу и согласующиеся с экспериментальными данными.


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, Владислав Вадимович Нигматзянов, **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 24.11.2017, протокол № 17-12/120.

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

24 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»



Ю.Л.Смирнов

27.12.2017 *Ю.Л.Смирнов*