

Федеральное государственное унитарное предприятие  
«ОПЫТНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО «ФАКЕЛ»  
ОКБ «ФАКЕЛ»

Россия 236001. г. Калининград обл., Московский проспект, 181,  
Факс: 8-(4012) 538-472. e-mail: info@fakel-russia.com  
ОКПО 07556982, ОГРН 1023901002927, ИНН 3906013389, КПП 392550001

УТВЕРЖДАЮ

ИО генерального конструктора

ФГУП ОКБ "Факел"



А. И. Корякин

« 21 » ноября 2017 г.

**О Т З Ы В**

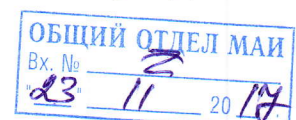
на автореферат диссертационной работы Нигматзянова Владислава Вадимовича «Выбор параметров разрядной камеры высокочастотного ионного двигателя», представленной к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук в диссертационный совет Д212.125.08 при Московском авиационном институте (государственном техническом университете) по специальности 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» (технические науки).

Для большинства перспективных задач космической техники возникает потребность в создании двигателей нового поколения, характеризующихся, в частности, более высоким значением удельного импульса тяги (до 20000...30000 м/с и выше), высоким КПД и длительным временем работы.

Среди всех модификаций ЭРД наиболее высоким удельным импульсом тяги обладают электростатические двигатели (ЭСД). В ЭСД рабочее тело в виде положительно заряженных частиц (ионов) ускоряется в электростатическом поле. На выходе из двигателя струя ионов нейтрализуется потоком электронов, истекающих из нейтрализатора, с целью сохранения нулевого электрического потенциала КА.

Классическим представителем ЭСД является ионный двигатель (ИД). В нем функционально разделены область генерации плазмы — разрядная камера (РК) и область ускорения ионов - ионно-оптическая система (ИОС). Для ионизации рабочего тела применяются электрический разряд постоянного тока — ИД по схеме Кауфмана, или высокочастотный разряд (ВЧ) - высокочастотный ионный двигатель (ВЧ ИД).

Наиболее существенным недостатком ВЧ ИД является величина затрат мощности на ионизацию, составляющая 300-400 Вт/А в сравнении с 150-200 Вт/А у ИД по схеме Кауфмана, что приводит к снижению полного КПД ВЧ ИД.



Поэтому, актуальной и востребованной задачей для разработок перспективных моделей ВЧ ИД является снижение затрат на ионизацию и, тем самым, повышение его конкурентоспособности в сравнении с ИД по схеме Кауфмана

В рассматриваемой диссертации поставлена и решена актуальная научно-техническая проблема, связанная с анализом влияния конструктивных элементов РК на интегральные характеристики двигателя. Выбор направления исследования основан на недостаточной изученности влияния конструкции РК на характеристики двигателя и, в частности, на ионообразование.

**Научная новизна** данной работы заключается в том, что диссертант показал влияние намотки индуктора на ионный ток пучка и дал рекомендации относительно его расположения по отношению к ионно-оптической системе с целью уменьшения потерь. Диссертант также экспериментально показал влияние формы разрядной камеры на характеристики двигателя.

В диссертационной работе также представлены экспериментальные данные исследования влияния материала разрядной камеры на затраты мощности для ионизации рабочего тела. Показано, что керамики, использованные в работе, не оказывают существенного влияния на интегральные параметры ВЧ ИД.

Стоит отметить разработанную автором математическую модель разряда. Данная модель отличается простотой и легкостью применения, что позволяет разработчику и конструктору в короткие сроки определить необходимые геометрические параметры разрядной камеры для создания необходимого ионного тока.

**Практическая значимость результатов работы.** Здесь стоит отметить рекомендации данные автором по проектированию разрядных камер высокочастотных ионных двигателей. Рекомендации даны как в отношении самой конструкции, т.е. геометрических размеров, так и в отношении материалов камеры. Показано, что наилучшей формой разрядной камеры является сферическая камера. Также показано, что близкое расположение витков индуктора к ионно-оптической системе негативно влияет на ионный ток двигателя, поэтому витки необходимо располагать на определенном расстоянии от ИОС.

В целях удешевления экспериментального исследования ВЧ ИД разрядные камеры целесообразно изготавливать из недорогих материалов и за короткий срок. В работе показано, что керамические стенки разрядных камер не влияют на характеристики источника, вне зависимости от исследуемого материала.

**Достоверность полученных результатов** подтверждается тем, что экспериментальная часть работы выполнялась на сертифицированном оборудовании с применением современных методик сбора и обработки данных. Полученные результаты сопоставлялись с данными независимых исследователей. Численное моделирование параметров разряда верифицировано по результатам экспериментальных исследований.

В качестве замечаний стоит отметить, что диссертант рассматривал затраты мощности на ионизацию рабочего тела с целью снижения общего энергопотребления двигателя. В тоже время известно, что затраты мощности на ускорения ионного пучка в сеточных ЭРД могут в разы превышать мощность, затраченную на ионизацию рабочего тела. Выгода от снижения общих затрат на десятки ватт на фоне общего энергопотребления

в сотни ватт или киловатты при усложнении конструкции не очевидна. При этом, даже несмотря на изменение конструкции камеры с цилиндрической на полусферическую и определенную намотку индуктора, при которой затраты мощности снижаются, представленные цифры общих затрат велики.

Тем не менее, сделанные замечания не снижают высокого научно-технического уровня выполненной работы.

Личный вклад и апробация работы подтверждаются публикациями автора. По теме диссертации опубликовано: три научно-технических отчета, три статьи, в том числе две - в изданиях из списка ВАК Минобрнауки России. По результатам работы сделано 7 докладов на международных и всероссийских научно-технических конференциях, получено два российских патента на полезную модель. Результаты диссертационной работы имеют практическое внедрение.

Диссертационная работа «Выбор параметров разрядной камеры высокочастотного ионного двигателя» удовлетворяет всем требованиям Положения ВАК о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемых к кандидатским диссертациям, а ее автор, Нигматзянов Владислав Вадимович, заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 - «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Отзыв на диссертационную работу Нигматзянова Владислава Вадимовича утвержден на заседании НТС ОКБ «Факел» 13 ноября 2017 г. протокол № 13-11-2017с1.

Инженер-конструктор 1 категории отдела 301

ФГУП ОКБ "Факел"

кандидат технических наук

Берникова М. Ю.

Учёный секретарь НТС

ФГУП ОКБ «Факел»

Ведущий специалист

Подпись Берниковой Миры Юрьевны

удостоверяю

Начальник общего отдела

Нятин А.Г.



Шевченко Л.Г.

Полное название организации: Федеральное государственное унитарное предприятие «ОПЫТНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО «ФАКЕЛ»

Почтовый адрес: Россия 236001, г. Калининград обл., Московский проспект, 181

Телефон: 8(4012) 53-84-72

Официальный сайт:

Электронная почта: [info@fakel-russia.com](mailto:info@fakel-russia.com)

24.11.2017  
Т. Шевченко