



Государственная корпорация
по космической деятельности «Роскосмос»
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
«ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ИМЕНИ М.В. КЕЛДЫША»
(АО ГНЦ «Центр Келдыша»)

Онежская ул., д. 8, Москва, Россия, 125438
Тел. +7 (495) 456-4608 Факс: +7 (495) 456-8228
ОКПО 47430587 ОГРН 1217700095667 ИНН/КПП 774335574 / 774301001
kerc@elnet.msk.ru; http://www.kerc.msk.ru

01.12.2021 № 4-17/133

на № 010/1432-2 от 10.11.2021

Председателю диссертационного совета
Д 212.125.08 на базе федерального
государственного образовательного
учреждения «Московский авиационный
институт (национальный исследовательский
университет)»
Равиковичу Ю.А.

Ученый совет МАИ
125993, г. Москва, А-80, ГСП-3,
Волоколамское шоссе, д. 4

Уважаемый Юрий Александрович!

Высылаю отзыв официального оппонента А.В. Семёнкина на диссертацию А.В. Богатого на тему: «ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ АБЛЯЦИОННЫЙ ИМПУЛЬСНЫЙ ПЛАЗМЕННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ ДЛЯ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 — "Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов".

Приложение: отзыв на 6 листах в двух экземплярах;
диссертация, 1 книга;
автореферат диссертации, 1 брошюра.

Заместитель генерального директора
по космическим аппаратам и энергетике

А.В. Семёнкин

Отдел документационного
обеспечения МАИ

02.12.2021 г.

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук Семёнкина Александра Вениаминовича на диссертационную работу Богатого Александра Владимировича «Электромагнитный абляционный импульсный плазменный двигатель малых космических аппаратов», представленную в диссертационный совет Д212.125.08 на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Актуальность темы исследования

Существует устойчивая тенденция уменьшения массы космических аппаратов, как в нашей стране, так и за рубежом. Наиболее динамично развивающимся сегментом космической техники являются малые космические аппараты массой до 100...500 кг и микро КА массой до 100 кг.

Условия функционирования большинства подобных аппаратов требуют регулярной коррекции их орбит, что делает необходимым использование малогабаритных двигательных установок, способных эффективно работать в условиях ограниченного потребления электроэнергии. Растущие требования к точности поддержания орбитальных параметров МКА, а также к их ресурсу диктуют необходимость размещения на таких аппаратах корректирующих двигательных установок (КДУ), использующих электроракетные двигатели (ЭРД). Ограниченность массы МКА и мощности их бортовых энергоустановок, а также ограничения, накладываемые на стоимость их создания и эксплуатации, требуют разработки малогабаритных КДУ, обладающих высокой эффективностью в области ограниченной потребляемой мощности.

Одним из наиболее перспективных типов ЭРД для малоразмерных КА является абляционный импульсный плазменный двигатель (АИПД). Технические параметры и эксплуатационные особенности существующих

Отдел документационного
обеспечения МАИ

«02» 12 2021 г.

АИПД, несмотря на положительный опыт создания и летной эксплуатации, требуют дальнейшего совершенствования для обеспечения растущих требований к КДУ КА.

Поэтому тематика диссертационной работы, а именно - разработка и исследование физических процессов протекающих в АИПД, а по результатам – выработка рекомендаций по повышению характеристик АИПД малой энергии, безусловно, является важной и актуальной.

Работа обладает научной новизной и практической полезностью.

Впервые выполнены столь детальные исследования особенностей карбонизации рабочего вещества АИПД – процесса, который существенно влияет на параметры и ресурс двигательной установки. Установлен характер влияния предпробойных («темновых») процессов начальной стадии разряда на развитие электрического разряда и форму аблируемых поверхностей рабочего тела электромагнитных АИПД и разработана математическая модель темновой стадии разряда электромагнитного АИПД.

Автором разработана физико-математическая модель темновой стадии разряда электромагнитного АИПД, которая позволяет уже на стадии проектирования оценить влияние геометрических параметров и параметров разрядной цепи двигателя на его удельные характеристики.

Разработаны и экспериментально обоснованы технические решения, обеспечивающие снижение карбонизации. Новизна предложенного решения подтверждена патентом РФ.

Разработана усовершенствованная конструкция АИПД и экспериментально подтверждено увеличение на 15...20% тяги и ресурса двигателя, разрабатываемого для космического аппарата «Ионосфера-М».

Достоверность полученных автором результатов и рекомендации подтверждены сопоставлением результатов теоретических и экспериментальных исследований, результатами разработки и испытаний усовершенствованной конструкции АИПД, использованием для выполнения работы апробированных методик исследования и аттестованного измерительного оборудования.

Материалы работы прошли широкую научную апробацию, представлены в публикациях в рецензируемых научных изданиях в нашей стране и за рубежом.

Структура и содержание работы

Диссертационная работа Богатого А.В. состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованных источников из 102 наименований, изложена на 159 страницах машинописного текста, включает 120 иллюстраций и 16 таблиц.

Введение посвящено обоснованию актуальности тематики диссертационного исследования. Определены цели и задачи исследования, показаны научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы. Сформулированы положения, выносимые на защиту, указан личный вклад соискателя в исследования, положенные в основу диссертационной работы.

Первая глава посвящена обзору истории развития и современного состояния импульсных плазменных двигателей (ИПД). Рассмотрены существующие типы стационарных и импульсных электроракетных двигателей и обоснованы преимущественные области применения ИПД. Показаны способы улучшения характеристик АИПД и возникающие при этом проблемы, в частности проблема карбонизации шашек плазмообразующего вещества. Показана важность исследования начальной стадии разряда, дающего ключ к

решению указанной проблемы. Сформулированы цели и задачи диссертационного исследования.

Вторая глава посвящена описанию стендовой базы НИИ ПМЭ МАИ для исследования АИПД и ее модернизация автором диссертационной работы. Проведен анализ применимости тягоизмерительных устройств различного типа. Определен рациональный тип тягоизмерительного устройства для измерения средней тяги АИПД – маятниковый тягомер прямого действия.

Рассмотрено усовершенствованное автором тягоизмерительное устройство, отличающееся сниженным уровнем помех в регистрируемом сигнале.

Третья глава посвящена экспериментальному и расчетно-теоретическому исследованию процессов развития разряда и ускорения плазмы в АИПД. Приведено описание использованных автором методов измерений. Изложены полученные результаты исследований и их сопоставление с разработанной автором математической моделью движения заряженных частиц на начальной стадии разряда в канале АИПД. Экспериментально исследованы условия возникновения карбонизации аблируемых поверхностей разрядного канала АИПД и установлены условия, при которых удастся избежать существенной карбонизации поверхности рабочего вещества в процессе работы двигателя и изменение его характеристик. Предложен способ защиты от карбонизации, защищенный патентом Российской Федерации.

Четвертая глава посвящена анализу влияния конструкции разрядного канала на работоспособность и характеристики АИПД и разработке усовершенствованного разрядного канала с торцевым изолятором и форкамерой нового типа.

В Заключении сформулированы основные выводы по результатам диссертационной работы.

В целом научные результаты, полученные автором, выводы и рекомендации, сделанные им в диссертационной работе, обоснованы.

Замечания по работе:

1. При анализе работы тягоизмерительного устройства (ТИУ) маятникового типа сформулированы две задачи, требующие анализа с помощью предложенной автором аналитической модели:

- корректность калибровки тягомера, измеряющего среднюю тягу импульсного двигателя, постоянным усилием;
- влияние вязкости демпфера.

Однако в тексте диссертации не приведен подробный анализ особенностей калибровки ТИУ, измеряющего тягу импульсного двигателя, постоянным калибровочным усилием.

2. В диссертации не приведено детального описания электрической схемы двигательной установки с АИПД, в том числе, с указанием характеристик кабельной сети.

3. Автором не приведена оценка области возможного использования разработанных им рекомендаций для АИПД различной мощности.

Отмеченные замечания не снижают научной ценности выполненной работы и не влияют на выводы и рекомендации, сделанные автором.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным в Положении о присуждении ученых степеней

Диссертационная работа Богатого А.В. является законченной и выполненной самостоятельно научно-квалификационной работой. Автором решены важные задачи совершенствования импульсных электроракетных двигателей и получены новые научные и практически значимые результаты. Материал изложен грамотным техническим языком, отражен личный вклад автора в результат исследования. Автореферат отражает существо диссертации.

Диссертация соответствует всем требованиям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, а её автор – Богатый Александр Владимирович – заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» (технические науки).

Заместитель генерального директора по космическим аппаратам и энергетике акционерного общества «Государственный научный центр Российской Федерации «Исследовательский центр имени М.В. Келдыша», доктор технических наук.

Семёнкин А.В.
01.12.21

Подпись официального оппонента Семёнкина А.В. удостоверяю
Ученый секретарь АО ГНЦ «Центр Келдыша», кандидат военных наук

Ю.Л. Смирнов

М.П.



Акционерное общество «Государственный научный центр Российской Федерации «Исследовательский центр имени М.В. Келдыша»
Почтовый адрес: 125438, Россия, Москва, Онежская ул., д. 8,
Телефон: +7 (495) 456-20-63
Электронная почта: kerc@elnet.msk.ru

С отзывом ознакомлен

02.12.2021.

АВБ / А.В. Богатый /