

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет: Д 212.125.08

Соискатель: Могулкин Андрей Игоревич

Тема диссертации: Механико-математическая модель деформаций профилированных электродов ионных двигателей

Специальность: 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:

На заседании 14 декабря 2015 года диссертационный совет пришёл к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, и принял решение присудить Могулкину Андрею Игоревичу ученую степень кандидата технических наук.

Присутствовали: *председатель диссертационного совета* Равикович Ю.А., *ученый секретарь диссертационного совета* Зуев Ю.В., члены диссертационного совета: Абашев В.М., Агульник А.Б., Демидов А.С., Дзюбенко Б.В., Каторгин Б.И., Козлов А.А., Коротеев А.А., Кочетков Ю.М., Краев В.М., Кулешов Н.В., Марчуков Е.Ю., Мякочин А.С., Надирадзе А.Б., Назаренко И.П., Ненарокомов А.В., Никитин П.В., Новиков А.С., Попов Г.А., Тазетдинов Р.Г., Тимушев С.Ф., Хартов С.А.

Ученый секретарь диссертационного
совета Д 212.125.08, д.т.н., профессор

Зуев Ю.В.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.08
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» (МАИ) МИНИСТЕРСТВА
ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (МИНОБРНАУКИ
РФ) ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 14.12.2015г. № 42

О присуждении Могулкину Андрею Игоревичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Механико-математическая модель деформаций профилированных электродов ионных двигателей» по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» принята к защите 12.10.2015г., протокол №29 диссертационным советом Д 212.125.08 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ) Министерства образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки РФ), 125993, г. Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, д. 4, приказы Минобрнауки РФ: о создании диссертационного совета - №2249-1460 от 02.11.2007г., об изменении состава диссертационного совета - №1986–540/1460 от 21.11.2008г., о продлении срока действия диссертационного совета - №1925-601 от 08.09.2009г., о соответствии диссертационного совета Положению о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук - №105/нк от 11.04.2012г., об изменении

состава диссертационного совета №508/нк от 22.08.2012г., об изменении состава диссертационного совета - №548/нк от 06.10.2014г.

Соискатель Моголкин Андрей Игоревич 1985 года рождения работает ведущим инженером-конструктором в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки РФ).

В 2009 году соискатель окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», в 2015 году соискатель окончил аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ) Министерства образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки РФ).

Диссертация выполнена в Научно-исследовательском институте прикладной механики и электродинамики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ) Министерства образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки РФ).

Научный руководитель – кандидат технических наук Обухов Владимир Алексеевич, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Научно-исследовательский институт прикладной механики и электродинамики, заместитель директора.

Официальные оппоненты:

- Марахтанов Михаил Константинович, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана», кафедра Э-8 «Плазменные энергетические установки», заведующий кафедрой;

- Павлов Владимир Борисович, кандидат физико-математических наук, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», кафедра физической электроники, старший научный сотрудник

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – акционерное общество «Красная Звезда» (АО «Красная Звезда»), г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном Андреевым П.В., заслуженным конструктором Российской Федерации, главным конструктором АО «Красная Звезда», Кашелкиным В.В., доктором технических наук, профессором, начальником лаборатории прочности, Федоровым М.Ю., кандидатом технических наук, ведущим научным сотрудником лаборатории прочности, Ежовым Н.И., кандидатом технических наук, старшим научным сотрудником, ученым секретарем секции №1 НТС АО «Красной Звезды» и утвержденном Федосеевым В.А., генеральным директором АО «Красная Звезда» указала, что диссертационную работу А.И. Могоулкина характеризует высокий научный уровень, актуальность тематики, практическая значимость и новизна. Диссертационная работа А.И. Могоулкина представляет собой законченную научно-квалификационную работу. Материал изложен понятным языком и хорошо структурирован, обозначен личный вклад автора в результаты исследований. Результаты диссертационной работы А.И. Могоулкина могут быть применены при разработке ионных двигателей в НИИ ПМЭ МАИ, ФГУП ОКБ «Факел», КБ «Химавтоматики» и других организациях, занимающихся проектированием и изготовлением ЭРД. Работа в целом удовлетворяет требованиям Положения ВАК о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемых к кандидатским диссертациям, а ее автор Андрей Игоревич

Могоулкин заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Соискатель имеет 22 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации - 14 общим объемом 12,47 печатных листа, работ опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 5. Из 14 работ 5 – статьи в ведущих рецензируемых научных журналах, 4 – тезисы докладов на научных конференциях, 2 - патента; 3 – другие публикации; все работы опубликованы в соавторстве. В работах излагается: разработка механико-математической модели деформаций профилированных электродов ионных двигателей, результаты расчетно-теоретических исследований процесса деформирования электродов ионных двигателей, конструирование и область применения разработанных и разрабатываемых перспективных ионных двигателей различной размерности. Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Анализ многоразового лунного транспортного корабля, использующего ядерную энергетическую установку [Электронный ресурс] / Х.В. Лёб, А.И. Могоулкин, В.А. Обухов, В.Г. Петухов // Электронный журнал «Труды МАИ». - 2013. - № 70. – Режим доступа: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=44497>, (дата обращения: 01.06.2015).
2. Выбор конструкционных материалов для высокочастотных ионных двигателей [Электронный ресурс] / Е.А. Антипов, В.В. Балашов, А.И. Могоулкин, А.И. Панков // Электронный журнал «Труды МАИ». - 2013. - № 65. – Режим доступа: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=35964>, (дата обращения: 01.06.2015).
3. Крупногабаритные высокочастотные ионные двигатели [Электронный ресурс] / Х.В. Лёб, Г.А. Попов, В.А. Обухов, А.И. Могоулкин // Электронный журнал «Труды МАИ». - 2012. - № 60. – Режим доступа: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=35371>, (дата обращения: 01.06.2015).
4. Федоров, В.А., Обухов, В.А., Могоулкин, А.И. Исследование температурного деформирования электродов ионно-оптической системы на основе континуальной термомеханической расчетной модели

[Электронный ресурс] // Электронный журнал «Труды МАИ». - 2014. - № 77. – Режим доступа: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=52975>, (дата обращения: 01.06.2015).

5. Федоров, В.А., Обухов, В.А., Моголкин, А.И. Расчетная термомеханическая модель электродов ионно-оптической системы ионных двигателей // Известия Российской академии наук. Энергетика. - 2015. - №1. – С. 123-128.
6. A realistic concept of a manned Mars mission with nuclear-electric propulsion / H.W. Loeb, V.G. Petukhov, G.A. Popov and A.I. Mogulkin // Journal «Acta Astronautica». - 2015. – 116. - 299-306 p.
7. Моголкин, А.И., Обухов, В.А., Федоров, В.А. Термомеханическая расчетная модель узла ионно-оптической системы: Тез. Докл. 12-ой Международной конференции «Авиация и космонавтика», Москва, 2013. – Москва: АиК. – 2013. – С. 407-409.
8. Патент – 116273 РФ. Источник ионов/ С.А. Хартов, А.И. Моголкин, В.А. Обухов; Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). - №2011148979; Заяв. 02.12.2011; Опубл. 20.05.2012, Бюл. № 12.
9. Патент – 2543063 РФ. Способ изготовления электродов ионно-оптической системы/ В.В. Балашов, А.И. Моголкин, Г.А. Попов, Е.А. Антипов; Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). - №2013145245; Заяв. 09.10.2013; Опубл. 27.02.2015; Бюл. № 6.
10. Федоров, В.А., Обухов, В.А., Моголкин, А.И. Исследование температурного деформирования электродов ИОС на основе континуальной термомеханической расчетной модели: Тез. Докл. 13-ой Международной конференции «Авиация и космонавтика», Москва, 2014. – Москва: АиК. – 2014. – С. 269-270.
11. A realistic concept of a manned Mars mission with Nuclear-Electric Propulsion / H.W. Loeb, V.G. Petukhov, G.A. Popov, A.I. Mogulkin // Proceedings of the 5th Russian-German Conference on Electric Propulsion and Their Application «Electric Propulsion – New Challenges», Dresden, 2014. – P.27.
12. Design of High-Power High-Specific Impulse RF-Ion Thruster / H.W. Loeb, D. Feil, G.A. Popov, A.I. Mogulkin et al. // International Electric Propulsion Conference, 2011. - IEPC-2011-290.
13. Fedorov, V.A., Obukhov, V.A., Mogulkin, A.I. Simulation of Temperature Deformation of Ion Thruster Electrodes // International 34th Electric Propulsion Conference, Japan, 2015. – IEPC-2015-444p/ISTS-2015-b-444p. – 9 p.
14. Mogulkin, A.I., Obukhov, V.A., Fedorov, V.A. Investigation of Temperature Deformation of the IES Electrodes Based on the Continuum Thermo-Mechanical Calculation Model // Proceedings of the 5th Russian-German Conference on

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

Отзыв на диссертацию официального оппонента заведующего кафедрой Э-8 «Плазменные энергетические установки» ФГБОУ ВПО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана», доктора технических наук, профессора Марахтанова Михаила Константиновича. Замечания по диссертационной работе:

1. В первой, постановочной, главе нет обзора ионных двигателей, работающих на орбите как в настоящее, так и в прежнее время. Здесь нет соответствующей таблицы параметров штатных двигателей. Отсутствие подобных данных затрудняет оценку технологических достоинств предлагаемых конструкций и расчетов.

2. Во введении не мешало бы упомянуть, что вторая полноразмерная ЭРДУ с ионным двигателем SERT-II была запущена в космос в начале 1970г., а разработка двигателей семейства RIT шла в то время уже полным ходом.

3. Номера параграфов не следует писать, как 1.1.2.3. Их нумерацию достаточно ограничить двумя цифрами.

4. Номера листов диссертации проставлены на верху и посередине страницы. Это оригинально, но искать номер страницы неудобно.

5. Рисунки следует раздробить, не собирать 3...4 изображения под одним номером. Номер рисунка не делать четырехзначным: 2.2.3.4. Читатель не должен затруднять себя разгадыванием сложных номеров.

6. Буквы и цифры на рисунках следует изображать крупнее, тогда и рисунок станет выразительнее. Подписи под рисунками должны быть подробнее, без аббревиатур. Подписи под осями графиков записывать также подробнее.

7. Не следует увлекаться аббревиатурами, например ИОС ВЧИД или ИДПТ, или УУКМ, или ЭЭ ВЧИД-45М, в тексте диссертации, которую могут читать непосвященные лица.

Отзыв на диссертацию официального оппонента старшего научного сотрудника кафедры физической электроники ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», кандидата физико-математических наук Павлова Владимира Борисовича. Замечания по диссертационной работе:

1. В диссертационной работе автору следовало более полно описать причины возникновения теплового нагружения. То есть связать его с тепловым потоком, идущим на элементы конструкции двигателя, которые граничат с плазмой высокочастотного разряда, и описать процессы образования и поддержания плазмы разряда.

2. Приведенные в диссертации графически изображенные зависимости изменения плотности ионного тока при изменении величины межэлектродного зазора следовало привязать не только к тепловому нагружению, но и к подводимой к индуктору мощности и к КПД передачи мощности в разряд, что является изначальной причиной нагрева электродов. Привязка к уровням мощности работы двигателя позволила бы более полно охарактеризовать предлагаемую автором методику.

3. В пятой главе для эксперимента по деформированию электродов диаметром 200 мм стоило произвести численное моделирование деформаций в программно-вычислительном комплексе ANSYS, как это было выполнено в четвертой главе для электродов двигателей ВЧИД-16 и ВЧИД-45М, и в пятой главе для электродов диаметром 300 мм.

Отзыв на диссертацию ведущей организации АО «Красная Звезда» составлен Андреевым П.В., заслуженным конструктором Российской Федерации, главным конструктором АО «Красная Звезда», Кашелкиным В.В., доктором технических наук, профессором, начальником лаборатории прочности,

Федоровым М.Ю., кандидатом технических наук, ведущим научным сотрудником лаборатории прочности, Ежовым Н.И., кандидатом технических наук, старшим научным сотрудником, ученым секретарем секции №1 НТС АО и утвержден Федосеевым В.А., генеральным директором. Замечания по диссертации:

1. К сожалению, в диссертации отсутствует сравнительный анализ величины прогибов, которые найдены на основе решения алгебраического уравнения, с теми же величинами, полученными в результате решения системы нелинейных уравнений, описывающей прогибы электродов как пологих сферических сегментов.

2. При сравнении результатов расчетно-теоретического исследования с экспериментальными данными следовало бы ограничиться экспериментом по деформированию электродов двигателя ПИД-200, другие данные имеют много неопределенностей, и их следовало бы рассматривать только в информационном плане.

3. Представляется неудачным выбор терминов «начальный» и «дополнительный прогиб».

4. Кроме того, диссертанту следовало бы не выходить за рамки рекомендованного объема квалификационной работы, а в разделе 3.3 избрать более наглядную форму представления числовых данных.

Отзыв на автореферат главного конструктора АО «Конструкторское бюро химавтоматики», доктора технических наук, доцента Иванова А.В. содержит следующие замечания по содержанию работы:

1. Для однозначной трактовки желательно было бы привести допущения, сделанные автором, при разработке математической модели и методики определения деформаций профилированных электродов.

2. В автореферате целесообразно было бы привести более подробные данные по расчету в программном комплексе ANSYS, например: количество ячеек при построении расчетной сетки, параметры сходимости расчета, способ

задания зависимости механических свойств и температурных коэффициентов линейного расширения материала электродов.

3. Желательно было бы привести рекомендации схемам и способам взаимного закрепления электродов, обеспечивающим минимизацию деформаций при сборке ионно-оптической системы.

Отзыв на автореферат ФГУП «Опытное конструкторское бюро «Факел» составлен заместителем генерального конструктора Корякиным А.И., главным конструктором по направлению, кандидатом технических наук Козубским К.Н., начальником лаборатории 402 ОИ4 Усановым А.Ю., ученым секретарем Нятиным А.Г. и утвержден генеральным конструктором, председателем НТС Мурашко В.М. Отзыв содержит следующие замечания по содержанию работы:

- необходимо отметить, что из текста автореферата недостаточно понятно, учитывались ли при расчете деформаций зависимость изменения свойств материалов от температуры. Также недостаточное внимание уделено экспериментальным методам определения деформаций что, однако, не снижает ценности полученных результатов.

Отзыв на автореферат заместителя главного конструктора Ракетно-космической корпорации «Энергия» имени С.П. Королева Борисенко А.А. и старшего научного сотрудника, кандидата технических наук Островского В.Г. содержит следующие замечания по содержанию работы:

- не рассмотрен вариант центрального расположения катода-компенсатора в ИД большой мощности при соответствующем закреплении ИОС на периферии и в центральной зоне.

Отзыв на автореферат ведущего научного сотрудника лаборатории пластической деформации металлических материалов ФГБУН «Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук», доктора технических наук, профессора Шелеста А.Е. содержит следующие замечания по содержанию работы:

1. При разработке методики численного моделирования в программно-вычислительном комплексе ANSYS недостаточно четко сформулированы исходные условия и принятые допущения.

2. В автореферате следовало бы привести хотя бы одну схему из числа разработанных двигателей.

Отзыв на автореферат и.о. начальника Управления ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения» (ФГУП «ЦНИИмаш»), кандидата технических наук Твердохлебовой Е.М. и начальника лаборатории ФГУП ЦНИИмаш, кандидата физико-математических наук Горохова В.Б. содержит следующие замечания по содержанию работы:

1. Не учтена возможность изменения геометрии электродов за счет эффектов ползучести материала электродов при длительной работе ионного двигателя.

2. В качестве критерия выбора допустимых деформаций электродов используется величина достижения максимального удельного импульса. Однако не приводятся реализующиеся при этом напряжения, которые важны для оценки длительной и ресурсной прочности перфорированной оболочки электрода.

Отзыв на автореферат начальника отдела электрофизики ГНЦ ФГУП «Исследовательский центр имени М.В. Келдыша», кандидата физико-математических наук Ловцова А.С. и ведущего инженера Муравлёва В.А. содержит следующие замечания по содержанию работы:

- В тексте автореферата отсутствует сравнительный анализ результатов, полученных автором, и результатов зарубежных исследований. Это относится к использованным теоретическим подходам. По экспериментальным данным такое сравнение присутствует, однако выбор публикаций представляется несколько фрагментарным. В одном из случаев сравнения корректность использованных экспериментальных методик подвергнута сомнению уже самими экспериментаторами, опубликовавшими свои результаты. Еще в одном

случае приведены результаты для штампованных электродов, которые, по предположению автора, недостаточно хорошо описываются существующими расчетными моделями. Сравнение результатов расчёта выполненного автором с опытными данными, достоверность которых ставится под сомнение, выглядит не вполне целесообразным.

- В автореферате недостаточно подробно освещаются вопросы моделирования перфорации электродов. Это относится и к собственным расчётным моделям автора, и к моделям ANSYS, используемым для сравнения. Хотя в тексте упоминаются параметры «приведённый модуль упругости», «приведённый коэффициент Пуассона», «коэффициент ослабления жесткости», остаётся только догадываться о том, как должны определяться их значения. Возможно, автор считает используемые для этого методы общеизвестными. Тем не менее, целесообразно указать первоисточник (или первоисточники).

- В заключении к автореферату упоминается, что выработанные автором рекомендации были использованы при разработке конструкций ИОС для различных моделей ВЧИД, в том числе для ВЧИД-8, оснащенной плоскими электродами. Однако, разработанная автором модель предназначена для расчета профилированных (сферических) электродов, и вопрос ее применимости для плоских электродов в автореферате не освещен.

Отзыв на автореферат доцента кафедры физики ФГБОУ ВО «Московский государственный университет информационных технологий, радиотехники и электроники (МИРЭА)», кандидата технических наук, старшего научного сотрудника Бишаева Андрея Михайловича. содержит следующие замечания по содержанию работы:

- из текста автореферата не ясны преимущества разработанной методики расчета по сравнению с расчетами по программно-вычислительному комплексу ANSYS. В приведенных в автореферате формулах отсутствует расшифровка некоторых символов. Например, в формуле 22 не объяснено, что такое $I_{эф}$.

Отзыв на автореферат ОАО «Композит» составлен первым заместителем генерального директора ОАО «Композит», доктором технических наук Тимофеевым А.Н. и начальником отделения керамоматричных композитов и окислительностойких покрытий, кандидатом технических наук Богачевым Е.А. Отзыв содержит следующие замечания по содержанию работы:

- как следует из автореферата, во второй главе диссертации выполнен анализ деформирования электродов ИОС, однако далее по тексту рассматривается только эмиссионных электрод и приведена математическая модель только данного объекта;

- при составлении математической модели оценки напряженно – деформированного состояния эмиссионного электрода ИОС он считается модельной круговой формы, однако известно, что данный электрод не является плоским, а имеет кривизну, а также области перехода. Как влияет данное допущения о геометрической модели эмиссионного электрода на точность выполненных расчетов?;

- в третьей главе при выполнении численного моделирования проведены расчеты для углерод – углеродного композиционного материала, который относится к трансверсально-изотропному материалу, а модель построена для расчета деформаций изотропных материалов.

Отзыв на автореферат АО «Научно-производственная корпорация «Космические системы мониторинга, информационно-управляющие и электромеханические комплексы» имени А.Г. Иосифьяна» (АО «Корпорация ВНИИЭМ») составлен главным научным сотрудником, доктором технических наук, профессором Ходненко В.П., начальником отдела 21, кандидатом технических наук Хромовым А.В. и утвержден заместителем генерального директора, кандидатом технических наук Горбуновым А.В. Отзыв содержит следующие замечания по содержанию работы:

- автор не корректно проводит сравнение результатов численного моделирования с экспериментальными данными. Для подтверждения

достоверности достаточно сравнения с результатами, полученными по упрощенному алгоритму с помощью комплекса ANSYS.

Отзыв на автореферат АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва» (АО «ИСС») составлен главным ученым секретарем НТС, действительным членом Российской и Международной инженерных академий, заслуженным инженером России, заслуженным создателем космической техники, лауреатом премий Правительства Российской Федерации, доктором технических наук, профессором Головёнкиным Е.Н., главным конструктором проектирования и испытаний систем ориентации и коррекции КА Якимовым Е.Н. и утвержден председателем Президиума НТС, генеральным директором АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва», заслуженным создателем космической техники, лауреатом премий Правительства Российской Федерации в области науки и техники, доктором технических наук, заслуженным деятелем науки РФ, профессором, членом - корреспондентом РАН Тестоедовым Н.А. Отзыв содержит следующее замечание по содержанию работы:

- в диссертационной работе рассматривается частный случай свободного закрепления электродов, что не учитывает решений с существенным понижением степени свободы.

Выбор официальных оппонентов их компетентностью в отрасли науки, к которой относится диссертационная работа, что подтверждается публикациями по тематике исследования. Ведущая организация выбрана в соответствии с ее широко известными достижениями в области разработки ракетно-космической техники и способна определить научную и практическую ценность диссертационной работы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны математическая модель, методика и алгоритм расчета деформаций профилированных густо перфорированных электродов ионно-оптических систем ионных двигателей, позволяющие рассчитать прогиб электродов при их тепловом нагружении;

доказано то, что:

- основным фактором снижения характеристик узлов (на примере изменения величины плотности ионного тока) ионно-оптических систем ионных двигателей является неравномерный тепловой нагрев электродов, приводящий к деформации электродов и изменению параметров ионно-оптических систем;
- правильный выбор начальной формы электродов (начального прогиба) при различных способах крепления может обеспечить стабильность характеристик ионно-оптических систем разрабатываемых двигателей.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана возможность обеспечения величины дополнительного прогиба электрода в жестких допусках, возникающего под тепловым нагружением, путем задания величины начального прогиба электродов;

применительно к проблематике диссертации результативно использована теория тонкостенных оболочек вращения, а для решения аппарата матричных краевых интегральных и интегро-дифференциальных уравнений - метод последовательных приближений;

изучены:

- процессы теплового деформирования электродов;
- изменение плотности ионного тока при изменении межэлектродного зазора за счет деформаций электродов;

проведена модернизация математической модели деформирования профилированных электродов, конструктивных схем высокочастотных ионных двигателей.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны модели двигателей размерного ряда от 80 мм до 500мм, которые могут быть использованы для создания прототипов опытных образцов высокочастотных ионных двигателей; изготовлены лабораторные модели высокочастотных ионных двигателей ВЧИД-8 и ВЧИД-16; полученные результаты использовались при выполнении ряда НИР и ОКР, а также внедрены на предприятиях ОКБ «Факел» и ОАО «Композит»;

определена перспектива использования разработанных математической модели, методики и алгоритма расчета при проектировании электродов и узлов ионно-оптических систем высокочастотных ионных двигателей для их применения в ракетно-космической технике;

созданы научно-технические основы разработки электродов и узлов ионно-оптических систем ионных двигателей, выраженные в виде рекомендаций для проектирования узлов ионно-оптических систем;

представлены рекомендации по разработке электродов и узлов ионно-оптических систем ионных двигателей в виде графических и табличных данных, сформулированы требования к технологии их производства.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

использованы сравнение авторских результатов с данными, которые были ранее получены по тематике диссертации, и экспериментальные данные по тепловому деформированию электродов;

использованы современные программно-вычислительные комплексы.

Личный вклад соискателя состоит в: разработке математической модели, методики и алгоритма определения прогибов профилированных густо перфорированных электродов ионно-оптических систем перспективных ионных

двигателей, при различном тепловом нагружении; проведении расчетно-теоретического исследования теплового деформирования профилированных электродов; проведении исследования с использованием программно-вычислительного комплекса ANSYS по влиянию различных схем закрепления электродов на их устойчивость при тепловом нагружении; разработке рекомендаций для проектирования узлов ионно-оптических систем перспективных ионных двигателей; разработке конструкций высокочастотных ионных двигателей.

На заседании 14 декабря 2015 года диссертационный совет принял решение присудить Моголкину А.И. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 23 человек, из них 9 докторов наук по специальности 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов», участвовавших в заседании, из 28 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 23, против - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель диссертационного
совета Д 212.125.08
д.т.н., профессор

Равикович
Юрий Александрович

Ученый секретарь диссертационного
совета Д 212.125.08
д.т.н., профессор

Зуев
Юрий Владимирович

Ученый секретарь МАИ
к.т.н., доцент



Ульяшина
Алла Николаевна

14 декабря 2015г.