

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет: Д 212.125.08

Соискатель: Меркурьев Денис Владимирович

Тема диссертации: Способы повышения тяговых характеристик стационарного плазменного двигателя на режимах работы с высокими удельными импульсами тяги

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

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации: На заседании 23 ноября 2015 года диссертационный совет пришел 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 принять решение присудить Меркурьеву Денису Владимировичу 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., 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., Светлов В.Г., 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 23.11.2015г. № 37

О присуждении Меркурьеву Денису Владимировичу, гражданину РФ,
ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Способы повышения тяговых характеристик стационарного плазменного двигателя на режимах работы с высокими удельными импульсами тяги» по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» принята к защите 21.09.2015г., протокол №20 диссертационным советом Д 212.125.08 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального 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 Меркурьев Денис Владимирович 1989 года рождения работает исполняющим обязанности начальника отдела в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки РФ).

В 2012 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 профессионального 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 – доктор технических наук Ким Владимир Павлович, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Научно-исследовательский

институт прикладной механики и электродинамики, главный научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

- Кралькина Елена Александровна, доктор физико-математических наук, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», кафедра физической электроники, ведущий научный сотрудник.

- Бишаев Андрей Михайлович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет информационных технологий, радиотехники и электроники (МИРЭА)», кафедра физики, доцент.

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – акционерное общество «Научно-производственная корпорация «Космические системы мониторинга, информационно-управляющие и электромеханические комплексы» имени А.Г. Иосифьяна» (АО «Корпорация ВНИИЭМ»), г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном Ходненко Владимиром Павловичем, доктором технических наук, профессором, отдел комплексных разработок, главным научным сотрудником и утвержденном Гечей Владимиром Яковлевичем, доктором технических наук, профессором, заместителем генерального директора по научной работе указала, что диссертация Меркурьева Дениса Владимировича является научно-квалификационной работой, посвященной решению актуальной задачи, выполнена на высоком уровне и является законченной. Значимость для науки и практики результатов исследований определяется тем, что они позволяют проектировать и отрабатывать модели СПД с высокими выходными характеристиками. Диссертационная работа

отвечает требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Соискатель имеет 7 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации - 7 общим объемом 4,49 печатных листа, работ опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 2. Из 7 работ 2 – статьи в ведущих рецензируемых научных журналах, 5 – тезисы докладов на научных конференциях; все работы опубликованы в соавторстве. В работах приводятся результаты экспериментального исследования характеристик СПД в широком диапазоне рабочих режимов, в том числе, на режимах с высокими удельными импульсами тяги, экспериментального и теоретического исследования параметров радиальных ионных потоков вблизи выходной плоскости стационарного плазменного двигателя на различных режимах работы. Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Ким В.П., Меркурьев Д.В., Сидоренко Е.К. Исследование параметров плазмы и радиальных потоков ионов вблизи выходной плоскости СПД // Вестник Московского авиационного института. - 2014. - Т.21, №1. - С. 95-103 (0,93п.л.)

2. Ким В.П., Архипов А.С., Бишаев А.М., Меркурьев Д.В., Сидоренко Е.К. Исследование формирования потоков ионов перезарядки вблизи выхода из ускорительного канала стационарного плазменного двигателя // Физика плазмы. – 2014.-Т.40, №9, - С. 1-9 (1,04 п.л.).

3. Ким В., Меркурьев Д. В., Сидоренко Е. К. Исследование параметров плазмы, а также радиальных и «обратных» ионных потоков в окрестности выходной плоскости СПД на разных режимах его работы // Тезисы докладов 12-ой международной конференции «Авиация и Космонавтика – 2013». – М.: МАИ, ноябрь 12-15, 2013, с. 348-350 (0,12 п.л.).

4. Arkhipov A.S., Baranov S.V., Bishaev A.M., Kim V., Kozlov V.I., Merkuriev D.V., Tsygankov P.A. Investigation of the plasma parameters and directed ion flows in the vicinity of the stationary plasma thruster exit plane // Book of Abstracts 5th Russian-German Conference on Electric Propulsion and Their Application, Dresden, Germany, September 7-12, 2014, (0,11 п.л.).

5. Архипов А. С., Баранов С. В., Бишаев А. М., Ким В. П., Козлов В. И., Меркурьев Д. В., Цыганков П. А. Исследование параметров плазмы и направленных ионных потоков в окрестности выходной плоскости стационарного плазменного двигателя // Тезисы докладов 13-ой международной конференции «Авиация и Космонавтика – 2014». – М.: МАИ, ноябрь 17-21, 2014, с. 265-267 (0,13 п.л.).

6. Kim V., Arkhipov A.S., Bishaev A.M., Merkurev D.V., Pogorelov A.A., Popov G.A. Investigation of the “back” and “radial” ion flows in the vicinity of the stationary plasma thruster exit plane // paper IEPC-2015-247, 30th International Symposium on Space Technology and Science 34th International Electric Propulsion Conference and 6th Nano-satellite Symposium, July 5-10,2015, Hyogo-Kobe, Japan (1,12 п.л.).

7. Potapenko M.Y., Gopanchuk V.V., Merkuriev D.V., Smirnov P.G. Experimental study of high specific impulse plasma thruster PlaS-120CM // paper IEPC-2015-154, 30th International Symposium on Space Technology and Science 34th International Electric Propulsion Conference and 6th Nano-satellite Symposium, July 5-10,2015, Hyogo-Kobe, Japan (1,04 п.л.).

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

Отзыв на диссертацию официального оппонента ведущего научного сотрудника кафедры физической электроники ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», доктора физико-математических наук Кралькиной Елены Александровны. Замечания по диссертационной работе:

1. Описание установки, методик исследования и рассматриваемых моделей совмещены в главе 2 с результатами исследований характеристик моделей СПД-100П и СПД-85П. Полученные в ходе испытаний результаты являются оригинальными и определяющими логику дальнейшей работы. В связи с этим было бы целесообразно оставить описательную, «стандартную» часть в рамках главы 2, а оригинальную часть выделить в отдельную главу.

2. Термин «слой ионизации и ускорения» представляется не слишком удачным, т.к. в физике плазмы под слоем обычно понимается область, где нарушается квазинейтральность.

3. В работе накоплен обширный экспериментальный материал, позволивший автору разработать модели СПД-100ПМ и СПД-140ПМ. Однако хотелось бы дополнить полученные результаты более полным их обсуждением, проясняющим физические причины обнаруженных закономерностей.

Отзыв на диссертацию официального оппонента доцента кафедры физики ФГБОУ ВО «Московский государственный университет информационных технологий, радиотехники и электроники (МИРЭА)», кандидата технических наук, старшего научного сотрудника Бишаева Андрея Михайловича. Замечания по диссертационной работе:

1. Отсутствие ресурсных испытаний моделей СПД-100ПМ и СПД-140ПМ несколько снижает степень достоверности сделанных выводов.

2. При изложении материала допущены неопределенности. Например, стр 100. «Моделирование магнитного поля показало, что при выбранных размерах разрядной камеры и магнитного экрана и при максимально выдвинутом положении разрядной камеры и экрана...». Куда все это двигается максимально и относительно чего максимально не ясно. Такие неопределенности есть почти при каждом описании конструкции.

3. На рисунках не обозначены защитные экраны (козырьки) для уменьшения осаждения распыленных частиц на магнитном экране.

Отзыв на диссертацию ведущей организации 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. и утвержден заместителем генерального директора по научной работе, доктором технических наук, профессором Гечей Владимиром Яковлевичем. Замечания по диссертации:

1. Для достоверной оценки стабильности тяговых параметров модели СПД-100ПМ необходимо провести ресурсную наработку значительно больше, чем 50 часов. Поэтому положительные результаты модернизации модели СПД-100ПМ в данном вопросе можно считать только предварительными.

2. В разделе 4.3. в месте, посвященном возможности защиты катодов от ионного распыления с помощью экранов, исследование проведено только на одном режиме, при этом длительных испытаний на этом режиме не проводилось. Таким образом, утверждение о равноценности работы модели с «экранированным» и «неэкранированным» катодом выглядят не столь убедительными.

3. Замечание к оформлению: отсутствует заголовок «Актуальность темы» в разделе «Введение». Кроме того, для большего удобства чтения целесообразно было бы ввести раздел «Список сокращений».

Отзыв на автореферат АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнева» составлен главным ученым секретарем НТС, доктором технических наук, профессором Головенкиным Е.Н., начальником лаборатории проектирования и испытаний систем коррекции КА, кандидатом технических наук, доцентом Ермошкиным Ю.М. и утвержден заместителем председателя Президиума НТС, первым заместителем генерального директора – генерального конструктора АО «Информационные

спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнева», доктором технических наук, профессором Косенко В.Е. Замечания и недостатки работы:

К недостаткам работы можно отнести то, что наработка исследуемых моделей, судя по представленным материалам, не превысила 70 часов, что не дает возможности сделать надежный прогноз работоспособности конструкции на практически требуемые ресурсы порядка 6-8 тыс. часов.

Отзыв на автореферат ФГУП «Опытное конструкторское бюро «Факел» составлен кандидатом технических наук Потапенко М.Ю., главным конструктором ОКБ «Факел» по направлению, кандидатом технических наук Козубским К.Н., заместителем генерального конструктора Жасаном В.С., ученым секретарем Нятиным А.Г. и утвержден временно исполняющим обязанности генерального конструктора ФГУП ОКБ «Факел», председателем секции №1 НТС Корякиным А.И. К недостаткам работы отнесено:

- в автореферате недостаточно уделено внимания повышению электрической прочности конструкции двигателя;
- в автореферате недостаточно проанализировано влияние схем питания разряда на работу и характеристики двигателя выбранной схемы на режимах работы с высоким удельным импульсом тяги.

Отзыв на автореферат ФГУП конструкторское бюро «Салют» «Государственный космический научно-производственный центр имени М.В. Хруничева» составлен заместителем Генерального конструктора КБ «Салют», доктором технических наук Партолой И.С. и утвержден генеральным конструктором КБ «Салют», кандидатом технических наук Соколовым М.Б. В отзыве отмечены следующие недостатки:

- В автореферате отсутствует математическое описание конструкции и процессов в СПД;
- В автореферате отсутствует описание методик проведения испытаний;
- В автореферате не раскрыто слово «способы», представленное в названии работы (способы повышения тяговых характеристик не перечислены).

Отзыв на автореферат ведущего научного сотрудника ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения» (ФГУП «ЦНИИмаш»), отдел 4101 «Научно-технического сопровождения наземной экспериментальной отработки и летных испытаний двигательных установок», кандидата технических наук Пильникова А.В. В качестве замечаний отмечено:

- В автореферате относительно мало представлены результаты исследования модели СПД-140ПМ, так как именно двигатель масштаба СПД-140 наилучшим образом подходит для использования в ДУ перспективных КА. Также в автореферате отсутствует теоретический анализ и обоснование полученных экспериментальных данных хотя бы на качественном уровне.

Отзыв на автореферат Ракетно-космической корпорации «Энергия» имени С.П. Королева составлен заместителем главного конструктора Борисенко А.А., ведущим научным сотрудником, кандидатом технических наук Суховым Ю.И. В качестве замечаний по автореферату отмечено:

- представляется недостаточно корректным прогноз ресурса работы двигателей с высоким напряжением в широком диапазоне 5-10 тысяч часов, учитывая короткое время испытаний двигателя СПД-100П.

Отзыв на автореферат старшего научного сотрудника ФГБУ «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», кандидата физико-математических наук Смирнова В.А. Замечание:

- Автор предполагает, что эффект увеличения тягового КПД при снижении потенциала магнитного экрана и увеличение разрядного тока при распылении стенок канала вызван изменением пристеночной проводимости в канале двигателя. Однако если этот механизм работает, то изменение проводимости имеет локальный характер, в первом случае – в пределах ширины магнитного экрана, во втором случае – в пределах зоны напыления слоев порошка. Очевидно, что локальное изменение проводимости не должно привести к

изменению проводимости по всей длине канала и, следовательно, не должно приводить к изменению разрядного тока.

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 способы повышения тяговой эффективности СПД на режимах работы с высоким удельным импульсом тяги путем уменьшения протяженности слоя ионизации и ускорения за счет одновременного максимального выдвижения и сужения распределения индукции магнитного поля в выходном направлении и уменьшения ширины ускорительного канала, повышающего концентрацию плазмы;

предложен способ ограничения разрядного тока СПД на режимах работы с высоким удельным импульсом тяги при фиксированном расходе рабочего газа и мощности разряда за счет перехода к двухступенчатой схеме питания разряда;

доказано то, что:

- основными факторами снижения тяговой эффективности СПД выбранной схемы являются уширение ускорительного канала из-за эрозии и влияние загрязнения его продуктами распыления стенок;

- эрозию поджигающих электродов катодов вызывают ионы с энергией 80-120эВ, присутствующие в радиальных ионных потоках.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана возможность управления током разряда и процессами в двигателе за счет отрицательного смещения потенциала электрода (магнитного экрана), расположенного между анодом и выходом из ускорительного канала;

применительно к проблематике диссертации результативно использованы элементы теории плазменных ускорителей с замкнутым дрейфом электронов;

изложено, что продольное распределение электрического поля на срезе ускорительного канала СПД определяется соответствующим распределением магнитной индукции, определяющей подвижность электронов поперек магнитного поля;

раскрыт механизм совместного влияния плотности расхода рабочего вещества через ускорительный канал и распределения магнитной индукции на продольную протяженность и положение слоя ионизации и ускорения на режимах работы с повышенными удельными импульсами тяги;

изучены:

- процессы, определяющие ресурс СПД выбранной схемы;
- энергетические характеристики ионов в радиальных потоках, движущихся в окрестности выходной плоскости двигателя;
- влияние расположения катода относительно анодного блока на тяговый КПД СПД на различных режимах работы;

проведена модернизация конструктивной схемы СПД.

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

разработаны модели СПД-100ПМ и СПД-140ПМ, которые могут быть использованы для создания прототипов опытных образцов СПД с высокими удельными импульсами; полученные результаты использовались при выполнении ряда НИР и ОКР;

определены пути использования разработанных способов повышения тяговой эффективности высокоимпульсных СПД для их применения в ракетно-космической технике;

созданы научно-технические основы разработки СПД с высокими удельными импульсами тяги, превосходящими достигнутые в опытных и летных образцах современных СПД;

представлены рекомендации для выбора конструктивной схемы и основных размеров выходных элементов ускорительного канала при разработке СПД с высоким удельным импульсом тяги.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ применены поверенные приборы и обеспечены условия проведения экспериментов, соответствующие общепринятым требованиям для исследований и испытаний ЭРД, эксперименты проведены с моделями СПД разной мощности и подтверждена эффективность предложенных способов повышения тяговой эффективности высокоимпульсных СПД на двух моделях разного масштаба;

теория формирования радиальных потоков ионов в окрестности выходной плоскости двигателя подтверждается результатами ресурсных испытаний двигателей СПД-100 в ОКБ «Факел»;

использовано сравнение авторских результатов с данными, полученными ранее по тематике диссертации;

использованы современные методики измерений, сбора и обработки экспериментальных данных.

Личный вклад соискателя состоит в:

- принятии непосредственного участия в разработке и исследовании конструкции СПД с магнитным экраном внутри разрядной камеры различных типоразмеров, разработке способов повышения тяговой эффективности

двигателя выбранной схемы на режимах работы с высоким удельным импульсом тяги;

- разработке методик, подготовке и проведении экспериментальных исследований;

- анализе и обобщении результатов исследований;

На заседании 23.11.2015 года диссертационный совет принял решение присудить Меркурьеву Д.В. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 23 человек, из них 10 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 - 22, против - нет, недействительных бюллетеней - 1.

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

23 ноября 2015 г.