



ФЕДЕРАЛЬНОЕ КОСМИЧЕСКОЕ АГЕНТСТВО

Федеральное государственное унитарное предприятие  
«ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ» (ФГУП ЦНИИмаш)



ул. Пионерская, д. 4, г. Королёв,  
Московская область, 141070

Тел. (495) 513-59-51  
Факс (495) 512-21-00

E-mail: corp@tsniimash.ru  
http://www.tsniimash.ru

ОКПО 07553682, ОГРН 1025002032791  
ИНН/КПП 5018034218/501801001

от 29.10.2015 исх. № 1205-267  
на № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Председателю диссертационного совета Д212.125.08  
Московского авиационного института  
(национального исследовательского университета)  
Равиковичу Ю.А.

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

Уважаемый Юрий Александрович!

В ответ на исх. №208-10-17 от 14.09.2015 предоставляю Вам отзыв на диссертацию Митрофановой О.А.

Приложения:

1. Отзыв ведущей организации о диссертационной работе Митрофановой Ольги Александровны «Влияние величины и топологии магнитного поля на интегральные характеристики стационарных плазменных двигателей (СПД)» - 5 л., 2 экз.
2. Диссертация Митрофановой Ольги Александровны «Влияние величины и топологии магнитного поля на интегральные характеристики стационарных плазменных двигателей».

Главный ученый секретарь ФГУП ЦНИИмаш,  
доктор технических наук, профессор

Ю.Н. Смагин

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный конструктор по автоматическим космическим системам и комплексам - заместитель генерального директора – начальник центра системного проектирования ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения»,  
д.т.н., профессор,



В.В. Хартов

«    »  
2015 г.

### ОТЗЫВ

ведущей организации о диссертационной работе  
Митрофановой Ольги Александровны

«Влияние величины и топологии магнитного поля на интегральные характеристики стационарных плазменных двигателей (СПД)»,  
представленной на соискание ученой степени  
кандидата технических наук  
по специальности

05.07.05 – Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки  
летательных аппаратов

#### **Актуальность диссертационной работы**

Диссертационная работа Митрофановой О.А. посвящена исследованию влияния магнитного поля на интегральные характеристики стационарных плазменных двигателей (СПД) с целью определения возможностей их повышения.

Актуальность представленной работы обусловлена возрастающими требованиями к интегральным характеристикам перспективных СПД. При этом известно, что ключевым фактором, определяющим протекание основных рабочих процессов (ионизации и ускорения) в двигателе, и соответственно, уровень его выходных и ресурсных характеристик, является магнитное поле.

#### **Новизна исследований и полученных результатов**

Научная новизна работы состоит в том, что:

- впервые отработана методика проведения не только двумерных, но и трехмерных расчетов магнитного поля СПД, что позволяет получать более подробные и точные данные о распределении параметров и топологии магнитного поля СПД. На основании проведенных расчетов сформулированы возможные допущения при построении расчетных моделей магнитных систем двигателей, позволяющие упростить моделирование и вычисления и минимизировать время расчета;
- впервые определена количественная взаимосвязь между величиной и конфигурацией магнитного поля, параметрами работы двигателя, протяженностью и положением слоя ионизации и ускорения в его разрядном канале;
- впервые установлено, что источник ускоренного потока ионов, вызывающего эрозию катода-компенсатора локализован в области, примыкающей к наружному полюсу и наружной стенке разрядной камеры, что может быть объяснено конфигурацией магнитных поверхностей в названной области;
- обнаружено наличие корреляции между индукцией магнитного поля в месте расположения катода-компенсатора и тяговыми характеристиками двигателя в случае периферийного размещения катода-компенсатора. Показано, что величина индукции магнитного поля в месте расположения выходных отверстий катодов-компенсаторов не должна превышать 3 мТл.

### **Практическая значимость работы**

Автором предложена методика расчета магнитного поля СПД в программном обеспечении NISA, позволяющая получать результаты достаточно высокой точности, которые могут быть использованы при разработке СПД и проведении различных исследований.

Разработана методика прогнозирования положения слоя ионизации и ускорения и геометрических характеристик зон эрозии стенок разрядной камеры СПД по результатам магнитных расчетов и параметров его работы, которая дает возможность выбора оптимальной конфигурации магнитной системы СПД, обеспечивающей высокие выходные и ресурсные характеристики двигателя, еще на этапе проектирования.

На основании проведенных исследований сформулированы рекомендации по проектированию конструкции магнитной системы СПД, а также рекомендации по определению оптимального периферийного местоположения катода-компенсатора, при котором была бы уменьшена эрозия его элементов и обеспечена высокая тяговая эффективность работы двигателя, и способы реализации.

### **Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Результаты работы внедрены в ФГУП «Опытное конструкторское бюро «Факел» при разработке двигателей в рамках ОКР «Двигателей ТМ», «Двина ТМ», и других НИОКР. Также использование СПД с улучшенными характеристиками предусматривается на перспективных космических аппаратах связи, ретрансляции, для проведения фундаментальных космических исследований и для осуществления межпланетных перелетов. Применение СПД с улучшенными характеристиками планируется в рамках ОКР ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша», МАИ, НПО им. С.А. Лавочкина, АО «ИСС им. М.В. Решетнёва».

### **Соответствие специальности**

Диссертация соответствует специальности 05.07.05 – Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов. Содержание работы в полном объеме раскрывает ее цели, задачи и выводы. Основные полученные результаты докладывались на четырех международных конференциях, а также на семинарах кафедры прикладной физики Балтийского федерального университета имени Иммануила Канта и научно-практической конференции молодых ученых и специалистов, по теме диссертации опубликовано 5 работ в рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК, и получен 1 патент.

**Обоснованность и достоверность** полученных в работе научных положений, выводов и заключений подтверждается при сопоставлении с экспериментальными результатами и работами других авторов,

корректностью применения исследовательского оборудования и условиями проведения экспериментов.

### **Замечания**

Из недостатков представленной работы можно отметить следующее:

1. Не приведено сравнение рассчитанной структуры магнитных силовых линий в разрядном промежутке с измеренной экспериментально. При проведении математических расчетов не учитывалась, в частности, неоднородность самого материала магнитопровода.
2. Не приведены зависимости расходимости потока ускоренных ионов от топологии магнитного поля внутри разрядного промежутка. Вместе с тем, расходимость потока определяет эрозию элементов конструкции, с которыми контактирует плазменная струя, и, в конечном итоге, срок службы двигателя и КА в целом.

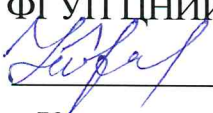
### **Заключение**


В целом, диссертация Митрофановой О.А. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему, тесно связанную с государственными научными программами создания и развития ракетно-космической техники. Результаты работы имеют большую практическую значимость для разработчиков КА, т.к. внедрение разработанных методик и рекомендаций позволит обеспечить высокие выходные и ресурсные характеристики двигателя.


Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертации.

Принимая во внимание актуальность, новизну, практическую значимость и высокий научно-технический уровень, можно сделать вывод, что диссертация Митрофановой Ольги Александровны удовлетворяет требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Митрофанова Ольга Александровна, заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов.


Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании секции №1 НТС ФГУП ЦНИИмаш (протокол № 16 от 26.10.2015).

И.о. начальника Управления ФГУП ЦНИИмаш,  
кандидат технических наук  Е.М. Твердохлебова  
141070, Московская область, г.Королев, ул. Пионерская, 4  
Тел.: 8-495-513 59 23, E-mail: TverdohlebovaEM@tsniimash.ru

И.о. начальника отдела ФГУП ЦНИИмаш  А.А. Сизов  
141070, Московская область, г.Королев, ул. Пионерская, 4  
Тел.: 8-495-513 47 56, E-mail: SizovAA@tsniimash.ru

И.о. начальника отдела ФГУП ЦНИИмаш  Ю.Г. Гусев  
141070, Московская область, г.Королев, ул. Пионерская, 4  
Тел.: 8-495-513 47 89, E-mail: uggusev@mail.ru

Подписи и.о. начальника Управления Твердохлебовой Екатерины Михайловны, и.о. начальника отдела Сизова Александра Александровича и и.о. начальника отдела Гусева Юрия Геннадьевича удостоверяю.

Главный ученый секретарь ФГУП ЦНИИмаш,  
доктор технических наук, профессор  Ю.Н. Смагин

Адрес организации: 141070, Московская область, г. Королев,  
ул. Пионерская, д. 4.

Телефон, факс: 8 (495) 513-59-51, 8 (495) 512-21-00.

E-mail: corp@tsniimash.ru

Web-сайт: <http://www.tsniimash.ru/>

Организация: Федеральное государственное унитарное предприятие  
«Центральный научно-исследовательский институт машиностроения»  
(ФГУП ЦНИИмаш)