



ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ
ПО КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ "РОСКОСМОС"

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



ул. Пионерская, д.4, городской округ
Королев, 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

06.06.2019 исх. № 9001-5343

На исх. № _____ от _____

Проректору по научной работе
Московского авиационного института
(национального исследовательского университета)
Ю.А. Равиковичу
125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д.4

Уважаемый Юрий Александрович!

В ответ на Ваше письмо от 23.05.2019 № 034-06-317 высылаю отзыв нашей организации, утверждённой в качестве ведущей, по диссертации М.В. Абгаряна на тему: «Численное моделирование струи разреженной плазмы, исходящей из электроракетного двигателя», представленной к защите на соискание учёной степени к.ф.-м.н. по специальности 01.02.05 «Механика жидкости, газа и плазмы» в диссертационном совете Д212.125.14 при ФГБОУ ВО «МАИ (национальный исследовательский университет)». Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании секции НТС Центра автоматических космических систем и комплексов ФГУП ЦНИИмаш (протокол № 3 от 4 июня 2019 года).

Приложения:

1. Отзыв на 3 листах, 2 экз.
2. Диссертация, 1 книга.

Генеральный конструктор по автоматическим
космическим системам и комплексам –
заместитель генерального директора
д.т.н., профессор

М.Ю. Куршаков
+7(495)513-4112

В.В. Хартов

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ

Вх. №

10.06.2019

002753



УТВЕРЖДАЮ

Генеральный конструктор по автоматическим
космическим системам и комплексам –
заместитель генерального директора
д.т.н., профессор

В.В. Хартов

2019

Отзыв

ведущей организации на диссертационную работу Абгаряна М.В. «Численное моделирование струи разреженной плазмы, исходящей из электрореактивного двигателя», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы»

Электрореактивные двигатели (ЭРД) применяются в космических исследованиях на протяжении более сорока лет. Одной из наиболее часто применяемых разновидностей ЭРД являются стационарные плазменные двигатели (СПД), которые используются в настоящее время для стабилизации и коррекции орбит космических аппаратов. В последнее время наметилось также использование СПД на этапе довыведения спутников на геостационарную орбиту.

Диссертационная работа Абгаряна М.В. посвящена разработке математической модели, численного метода расчёта и программы расчёта струи плазмы, истекающей из стационарного плазменного двигателя.

Плазменная струя оказывает силовое, эрозионное, электромагнитное воздействие на элементы конструкции и аппаратуру космического аппарата. При этом наземные экспериментальные исследования даже при условии их проведения на современных высоковакуумных установках не позволяют получить данные о параметрах в струе на достаточном удалении от двигателя. В этих условиях численное моделирование параметров плазменной струи является актуальной задачей.

В начале диссертации приведён обзор состояния исследований в области моделирования плазменной струи, анализ существующих проблем,

Вх. № 10 06 2019

преимуществ и недостатков ранее использованных методов моделирования и сформулированы требования к разрабатываемой модели. Изложено обоснование выбора метода моделирования.

Далее приводится подробное описание физико-математической модели, рассматривается сравнение результатов моделирования для стационарного случая с проведёнными ранее экспериментами, рассматривается математическая постановка задачи, даётся описание численного метода решения поставленной задачи.

В последней главе представлены результаты вычислений и сравнение их с результатами экспериментов. Построена модель с частотой столкновений ионов и нейтралов, зависящей от их относительной скорости. Также рассматривается задача о динамике струи плазмы во внешнем магнитном поле.

В заключении подведены итоги исследования, сформулированы основные выводы.

Основные положения диссертационной работы изложены в трёх статьях, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, и доложены на шести международных конференциях. Разработанный пакет прикладных программ прошёл процедуру государственной регистрации с получением авторского свидетельства.

В качестве замечаний следует отметить:

- небрежность оформления работы (пропуски слов, несогласования родов и падежей, написание формул шрифтом разного размера, присутствие двух рисунков с одинаковым номером 4.20.);

- в ряде случаев автор вводит буквенные обозначения, не раскрывая их значения;

- утверждается, что результаты, полученные по кинетической модели с частотами столкновений частиц, зависящими от скоростей ионов и нейтралов, практически совпали с результатами, полученными с помощью модели с частотами, не зависящими от этих скоростей, но никаких сравнений, подтверждающих это, не приведено;

- отсутствуют сравнения с зарубежными работами по созданию и использованию трёхмерных моделей плазменных струй (например, Y.Lu et al. Physics of Plasmas, 26, 022902 (2019) <http://doi.org/10.1063/1.5050924>).

В целом, диссертация Абгаряна М.В. представляет собой высококвалифицированную научную работу, выполненную на актуальную тему, тесно связанную с государственными научными программами создания и развития ракетно-космической техники. Созданный пакет прикладных программ представляет собой мощный инструмент для моделирования, расчета и визуализации течения струи плазмы. Его использование даёт возможность формулировать рекомендации по расположению СПД на космическом аппарате, а также по модификации новых типов СПД.

Результаты работы рекомендуются к использованию в АО «ИСС им. М.Ф. Решетнева», АО «НПО Лавочкина», АО «Корпорация «ВНИИЭМ», ПАО «РКК «Энергия» и других предприятиях, занимающихся разработкой КА, использующих ЭРД в качестве двигательной установки.

Отмеченные недостатки не влияют существенным образом на общее хорошее впечатление от диссертационной работы.

По своему содержанию и полученным результатам работа соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения учёных степеней», а её автор, Микаэл Вартанович Абгарян, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы».

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании секции НТС Центра автоматических космических систем и комплексов ФГУП ЦНИИмаш (протокол № 3 от 4 июня 2019 года).

Начальник отдела 1403,

доктор физико-математических наук, доцент



А.В. Карелин

Заместитель начальника отдела 1205,

кандидат физико-математических наук



М.Ю. Куршаков