

Анниников В.А. РД  
03.08.2023г.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ  
И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования

**«Сибирский государственный  
университет науки и технологий  
имени академика М.Ф. Решетнева»  
(СибГУ им. М.Ф. Решетнева)**

проспект им. газеты Красноярский рабочий, 31  
г. Красноярск, 660037  
тел.: +7 (391) 264-00-14 факс: +7 (391) 264-47-09  
<http://www.sibsau.ru> e-mail: [info@sibsau.ru](mailto:info@sibsau.ru)  
ОКПО 02069734, ОГРН 1022402056038  
ИНН/КПП 2462003320/246201001

20 ИЮЛ 2023 № 4-1569

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Председателю диссертационного  
Совета 24.2.327.06  
д.т.н., профессору  
Равиковичу Ю.А.

Об отзыве ведущей организации

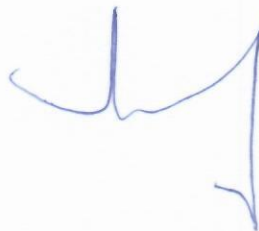
Уважаемый Юрий Александрович!

Высылаем отзыв ведущей организации по диссертации Свотиной Викторией Витальевны «Высокочастотный ионный двигатель системы бесконтактной транспортировки объектов космического мусора», представленной к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Приложение: Отзыв на 4 стр. – 2 экз.

С уважением,

Проректор по научной  
и инновационной деятельности,  
д.ф.-м.н., профессор



Ю.Ю. Логинов

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

Вх. № 389/123  
03.08.2023



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по НИД  
Председатель НТС  
СибГУ им. М.Ф. Решетнева  
Ю. Ю. Логинов  
« 10 » 08 2023 г.

## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию Свотиной Викторией Витальевны

«Высокочастотный ионный двигатель системы бесконтактной транспортировки объектов космического мусора»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15. – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

### Актуальность темы исследований

Анализ обстановки в околоземном космическом пространстве и практика осуществления космических полетов в последние десятилетия показывают возрастающую угрозу безопасности полетов ввиду лавинообразного увеличения числа объектов космического мусора в рабочих областях космического пространства. Как показывают результаты моделирования вероятностных стратегий эволюции объектов космического мусора в космическом пространстве необходимо осуществлять увод отработавших космических аппаратов в конце срока активного существования, что не всегда штатно реализуется. Функционирование специально разработанного сервисного космического аппарата для увода отработавших объектов космической техники с наиболее загруженных рабочих областей космического пространства может существенно снизить угрозу возникновения мелкого космического мусора с непрогнозируемыми орбитальными параметрами, который может оказать негативное влияние на работающие космические аппараты. Активный увод крупногабаритного космического мусора представляется в этой связи наиболее эффективным способом. Исследуемый в работе способ бесконтактной транспортировки объектов космического мусора с использованием высокоимпульсного электроракетного двигателя как ключевого элемента системы является весьма актуальным, как с точки зрения обработанности составляющих технологий к настоящему времени, так и с

точки зрения существующих современных тенденций долговременного обеспечения безопасности осуществления космической деятельности.

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

В диссертации проведены моделирование и оптимизация параметров ионно-оптической системы высокочастотного ионного двигателя (ВЧИД) для получения на выходе минимальных углов расходимости генерируемого ионного пучка, что является ключевым требованием к исполнительному элементу системы бесконтактной транспортировки космических объектов. Полученные при моделировании выходные интегральные характеристики высокочастотного ионного двигателя подтверждены в процессе исследовательских испытаний.

Разработанная модель воздействия ионного пучка на уводимый объект космического мусора позволила определить параметры системы управления сервисного космического аппарата и его электроракетной двигательной установки, построенной на базе стационарных плазменных двигателей и разработанного ВЧИД, выполняющего две функции: фазирование сервисного аппарата относительно объекта космического мусора и оказание силового воздействия на объект космического мусора. Показано, что в рамках единичной миссии сервисного космического аппарата могут быть уведены на орбиты захоронения объекты космического мусора общим числом не менее 7 штук с далекими от рекомендуемых значениями разбросов наклонов начальных орбит (свыше 13 градусов при рекомендуемых 10 градусах).

### **Достоверность основных положений, выносимых на защиту**

Обоснованность научных положений и достоверность полученных результатов исследований, выносимых на защиту, определяются хорошим соответствием полученных в диссертации результатов с аналогичными результатами, достигнутыми другими авторами, корректностью принятых допущений при построении математических моделей, использованием аттестованной экспериментальной базы и поверенных и/или калиброванных средств измерений при проведении исследовательских испытаний, а также и апробированных диагностических методик. Достоверность полученных в ходе экспериментов данных в целом обоснована повторяемостью регистрируемых параметров.

### **Практическая значимость полученных автором результатов**

Разработаны рекомендации к построению электроракетной двигательной установки сервисного космического аппарата и высокочастотному ионному двигателю как к элементу системы бесконтактной транспортировки объектов космического мусора. Сформирован

облик электроракетной двигательной установки с использованием стационарных плазменных двигателей и исследованного ВЧИД с малой расходимостью ионного потока. Проведена оптимизация параметров высокочастотного ионного двигателя и его ионно-оптической системы с щелевой и гексагональной круглой перфорациями электродов с целью получения минимальных углов расходимости ионного пучка, результаты которой подтверждены в процессе исследовательских испытаний экспериментального образца на ксеноне и криптоне. В составе ионно-оптической системы при исследовательских испытаниях использованы электроды из нового углерод-углеродного композиционного материала на основе нетканого каркаса «ИПРЕССКОН®». Полученные расчетным путем ресурсные характеристики двигателя позволяют говорить о перспективности использования нового материала в составе ускорительных систем ионных двигателей.

В диссертации получены результаты проектного анализа виртуальной связки «сервисный космический аппарат-объект космического мусора», которые позволяют выбрать подлежащие первоочередному уводу объекты космического мусора, оценить целесообразность и возможность увода объектов космического мусора с известными баллистическими параметрами исходных орбит. Разработанная модель воздействия ионного пучка на объект космического мусора позволяет уточнить параметры системы управления сервисного аппарата и получить необходимые значения параметров его электроракетной двигательной установки.

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

Результаты диссертационной работы В.В. Свотиной рекомендуется использовать в научной и производственной деятельности предприятий, занимающихся исследованиями, разработками и применением высокочастотных ионных двигателей, а также при производстве сервисных космических аппаратов, предназначенных для очистки околоземного космического пространства от крупногабаритных техногенных объектов космического мусора.

#### **Соответствие специальности**

Диссертационная работа посвящена исследованию, разработке и оптимизации высокочастотных ионных двигателей с малыми углами расходимости ионного пучка, что соответствует тематике специальности 2.5.15. – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

С результатами работы ознакомлено научное сообщество, они изложены в научных статьях и многократно доложены на семинарах и конференциях.

Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертации.

**Замечания по диссертационной работе:**

1. В рассмотренной в работе модели силового воздействия при анализе распространения струи ВЧИД не учитываются увеличение разлета частиц в результате диффузных процессов, а также влияния на траектории ионов магнитного поля Земли. Эти явления могут изменить положение «пятна контакта» на уводимом объекте и условия передачи импульса.

2. Результаты моделирования работы ГРК ВЧИД недостаточно полно используются при оптимизации параметров ионной струи.

**Общие выводы**

Оценивая диссертацию В.В. Свотиной в целом, можно заключить, что она представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой решена актуальная научно-техническая задача высокоимпульсного электроракетного двигателя как ключевого элемента системы бесконтактной транспортировки объектов космического мусора.

Отмеченные в отзыве замечания не влияют существенным образом на общее хорошее впечатление от работы.

По своему содержанию и полученным результатам работа соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения учёных степеней», а её автор, Свотина Виктория Витальевна, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Отзыв составлен на основе изучения диссертации и автореферата. Отзыв рассмотрен и единогласно утверждён на заседании научно-технического совета ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева» от 29.06.2023, протокол № 3.

Отзыв составил

Заведующий кафедрой Технического регулирования и метрологии,  
доктор технических наук, профессор, Иван Васильевич Трифанов

Подпись  
удостоверяю

Ведущий специалист по персоналу

И.Кадзи

20 г.



С отзывом ознакомлена  
Свотина В.В.  
на 29.06.2023