

## Резюме проекта, выполняемого

в рамках ФЦП

### «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы»

по этапу № 2

Номер Соглашения о предоставлении субсидии: 14.577.21.0231

Тема: «Разработка стационарного плазменного двигателя типа СПД-100 ВТ с повышенной тягой для электроракетной системы доведения космических аппаратов на высокие рабочие орбиты, включая геостационарную орбиту.»

Приоритетное направление: Транспортные и космические системы (ТС)

Критическая технология: Технологии создания ракетно-космической и транспортной техники нового поколения

Период выполнения: 29.09.2016 - 31.12.2018

Плановое финансирование проекта: 62.00 млн. руб.

Бюджетные средства 31.00 млн. руб.,

Внебюджетные средства 31.00 млн. руб.

Получатель: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)"

Индустриальный партнер: Федеральное государственное унитарное предприятие "Опытное конструкторское бюро "Факел"

Ключевые слова: космические аппараты, стационарный плазменный двигатель (СПД), электроракетная система доведения, высокие рабочие орбиты, геостационарная орбита, реактивная тяга и мощность двигателя, разрядное напряжение, конструктивная схема двигателя, параметры конструкции, режим работы, макетный образец, экспериментальный образец, технологический образец, проект технического задания, опытный образец, разработка, испытания, стендовая база, развитие и дооснащение, техническое предложение

## 1. Цель проекта

Создание научно-технического задела для разработки опытных и летных образцов стационарного плазменного двигателя СПД-100ВТ с увеличенной (не менее чем в 2 раза) тягой и экспериментального образца двигательного блока на его основе для систем доведения космических аппаратов на высокие рабочие орбиты, включая геостационарную орбиту.

## 2. Основные результаты проекта

Основным способом увеличения тяги стационарного плазменного двигателя (СПД) является увеличение расхода рабочего вещества с увеличением мощности двигателя. С использованием задела, созданного за время летной эксплуатации данного типа двигателя, решено произвести увеличение тяги более чем в два раза по сравнению с серийными двигателями при сохранении основных его размеров. Патентные исследования показали приемлемость использования конструктивной схемы СПД-100ВТ для увеличения тяги. Проектно-баллистический анализ показал возможность увеличения массы космического аппарата при использовании электроракетной системы доведения на основе двигателя СПД-100ВТ. Экспериментальные исследования по отработке технических решений подтвердили возможность увеличения тяги двигателя не менее чем в два раза. Разработанная конструкторская документация (КД) на макетный образец СПД-100ВТ, его изготовление с последующими параметрическими и эрозионными испытаниями позволили произвести уточнение конструкции двигателя и при этом получить тягу макета не менее 190 мН на режиме с разрядным напряжением 300 В и мощностью 3 кВт. На основе полученных результатов разработана КД экспериментальный образец СПД-100ВТ. Разработаны макетные образцы катода и блока газораспределения (БГР) для СПД-100ВТ и проведена их экспериментальная отработка.

В целом работы по этапам 1 и 2 Плана-графика исполнения обязательств по данному проекту выполнены полностью и в соответствии с техническим заданием.

1. На основании анализа российского и зарубежного опыта разработки и применения стационарных плазменных двигателей (СПД) в космической технике и тенденций развития их конструкции в качестве основного направления увеличения тяги СПД выбрано увеличение расхода и мощности двигателя при сохранении основных его размеров. Выбрана также схема двигателя с отделенным от остальных элементов магнитной системы магнитным экраном, позволяющая реализовать максимальное вынесение слоя ионизации и ускорения за пределы конструкции двигателя и тем самым уменьшить потери ионов и энергии на

стенках разрядной камеры двигателя. Это обеспечивает возможность увеличения расхода рабочего вещества (РВ) двигателя через ускорительный канал и увеличения мощности разряда без перегрева элементов конструкции двигателя, а также возможность обеспечения достаточно большого его ресурса.

2. На основании проведенных патентных исследований подтверждена приемлемость выбранной конструктивной схемы двигателя СПД-100ВТ, так как ближайшим аналогом выбранной схемы является схема ускорителем с замкнутым дрейфом электронов по патенту РФ № 24 14 107, патентообладателем которого является Московский авиационный институт.

3. На основании проектно-баллистических исследований характеристик выведения автоматических КА повышенной массы с использованием существующих средств выведения и электроракетной системы довыведения (ЭРСД) с проектными параметрами двигателя СПД-100ВТ показана возможность увеличения массы КА, доставляемого на ГСО, в 1,5-2 раза по сравнению со случаем выведения КА существующими средствами выведения без ЭРСД при времени выведения 3-6 месяцев. Уточнены технические требования к двигателю СПД-100ВТ для решения задач довыведения.

4. В результате экспериментальных исследований по отработке технических решений по увеличению тяги стационарного плазменного двигателя определены конфигурация выходной части ускорительного канала и магнитной системы двигателя, позволяющие повысить тягу двигателя не менее чем в 2 раза. Эти решения использованы при разработке макетного образца двигателя СПД-100ВТ.

5. Разработаны планы развития стендов У-2В МАИ и ФГУП ОКБ «Факел», приобретено и необходимое оборудование и осуществлена модернизация названных стендов для испытаний образцов разрабатываемого двигателя и элементов двигательного блока на его основе: макетных образцов катода и блока газораспределения (БГР).

6. Разработана эскизная конструкторская документация, изготовлен макетный образец двигателя СПД-100ВТ. Разработана программа и методики его испытаний, проведены параметрические и эрозионные испытания макетного образца СПД-100ВТ, что позволило обосновать выбор конструктивной схемы, уточнить параметры конструкции и рабочего режима, позволяющего получать тягу макета не менее 190 мН при разрядном напряжении 300 В и мощности разряда 3 кВт, а также оценить возможности обеспечения достаточно большого ресурса двигателя СПД-100ВТ при работе на этом режиме. Эти результаты удовлетворяют требованиям технического задания на выполнение ПНИЭР. Поэтому на их основе разработана конструкция экспериментального образца двигателя СПД-100ВТ, который будет изготовлен и испытан в 2018г для выполнения работ по этапу 3 данного проекта.

7. Разработаны конструкции, изготовлены макетные образцы катода и блока газораспределения (БГР) для двигательного блока на основе СПД-100ВТ, проведены их параметрические испытания и испытания на прочность. Показано, что они удовлетворяют требованиям технического задания на их разработку. Эти результаты будут использованы для разработки конструкции экспериментальных образцов катода и БГР. Разработана конструкторская документация на изготовление технологического образца СПД-100ВТ, который будет изготовлен и испытан в 2018г при выполнении этапа 3 данного проекта.

### **3. Охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности (РИД), полученные в рамках прикладного научного исследования и экспериментальной разработки**

Изобретение, заявка № 2017122032 РФ от 22.06.2017 г. "Плазменный ускоритель с замкнутым дрейфом электронов"

### **4. Назначение и область применения результатов проекта**

Создание экспериментальных образцов двигателя СПД-100ВТ, катода и БГР позволит разработать их основе двигатели для электроракетных систем довыведения, позволяющие в совокупности с существующими средствами выведения КА в космос на базе РН типа «Союз» с разгонным блоком «Фрегат» и РН типа «Протон» с разгонным блоком «Бриз М» увеличить массу КА, доставляемых на высокие рабочие орбиты 1,5-2 раза, включая геостационарную орбиту (ГСО), и расширить функциональные возможности КА.

### **5. Эффекты от внедрения результатов проекта**

Внедрение двигателей СПД-100ВТ в состав ЭРСД при одинаковом числе двигателей в составе этой системы позволит примерно вдвое уменьшить время довыведения, а при фиксированном времени довыведения - на 30-50% увеличить массу доставляемого на ГСО КА. В свою очередь, это позволит компенсировать недостатки географического расположения отечественных космодромов, повысить конкурентоспособность отечественных КА за счет расширения их функциональных возможностей и упростит решение проблемы импортозамещения электро-радиоэлементов в приборном оборудовании КА.

### **6. Формы и объемы коммерциализации результатов проекта**

С использованием результатов проекта Индустриальным партнером планируется выполнение опытно - конструкторских работ по созданию двигателя СПД-100ВТ и ЭРСД на его основе. Планируется также, начиная с 2021г наладить производство и поставки 4-8 летних образцов двигателя СПД-100ВТ и двигательных блоков (ДБ СПД100ВТ) на его основе в год, а с 2024г – не менее 16 летних образцов двигателя СПД-100ВТ и ДБ СПД100ВТ для отечественных и зарубежных заказчиков таких, как АО «Информационные спутниковые системы» имени М.Ф.Решетнева, ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королева и других, в том числе, зарубежных предприятий, разрабатывающих космические аппараты.

**7. Наличие соисполнителей**

Соисполнители на этапах 1 и 2 не привлекались

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)"

\_\_\_\_\_  
проректор по научной работе

(должность)

**Руководитель работ по проекту**

\_\_\_\_\_  
Уполномоченное лицо

(должность)

М.П.



\_\_\_\_\_  
(подпись)

Равикович Ю.А.  
(фамилия, имя, отчество)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Попов Г.А.  
(фамилия, имя, отчество)