

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Фроловой Юлии Леонидовны на тему «Влияние давления остаточной атмосферы вакуумной камеры на расходимость струи стационарного плазменного двигателя», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов

Стационарные плазменные двигатели (СПД) находят широкое применение на борту современных космических аппаратов (КА). Это связано, с одной стороны, с повышением требований к транспортным задачам в космосе, а с другой – с прогрессом в развитии средств бортовой энергетики. Такие достоинства, как высокий удельный импульс, малые массовые и габаритные характеристики, возможность регулирования величины тяги делают применение СПД весьма перспективным. В первую очередь, СПД используются для решения таких задач, как приведение геостационарных КА в точку стояния, удержания КА в орбитальной позиции и увода КА на орбиту захоронения по окончании срока его эксплуатации. Известны применения СПД для межпланетных перелетов, например, для полета к Луне. В последние годы СПД начали применяться для довыведения высокоорбитальных спутников связи с низкой околоземной орбиты на геостационарную.

Столь широкое применение СПД обусловлено тем, что высокие скорости истечения, достигающие 20-30 км/с позволяют (по сравнению с традиционными химическими двигателями, у которых скорость истечения не превышает 3,5 км/с) существенно снизить массу топлива, необходимого для решения задачи, и, следовательно, значительно увеличить массу полезной нагрузки КА.

Вместе с тем, высокие скорости истечения частиц и их ионизированное состояние приводят к тому что, струя СПД может интенсивно взаимодействовать с материалами внешних поверхностей КА и его системами. Среди возможных эффектов воздействия работающего СПД на КА выделяют эрозионное, механическое, тепловое и загрязняющее воздействие. Так, например, эрозия защитных стекол солнечных батарей (СБ) под воздействием плазменной

струи СПД может явиться причиной дополнительной деградации характеристик фотоэлектрических преобразователей и возникновения электрических разрядов. Существенным фактором, ограничивающим ресурс КА, является осаждение продуктов распыления на радиаторах системы терморегулирования и астронавигационной аппаратуре. Механическое воздействие, возникающее в результате взаимодействия ионов струи с поверхностями КА, приводит к возникновению дополнительных возмущающих моментов, потерям тяги и, как следствие, к повышенному расходу рабочего тела двигателей коррекции и стабилизации для парирования данного вида воздействия.

Целью работы является разработка методики переноса результатов измерений параметров плазменной струи СПД, полученных в стендовых условиях, на условия натурной эксплуатации.

Для достижения поставленной цели потребовалось решить следующие **основные задачи:**

1. Разработать программу и методику измерений параметров плазменной струи высокоимпульсного СПД, получить экспериментальные данные об угловом и энергетическом распределении ионов струи в различных условиях.

2. Провести обработку и анализ полученных данных, выявить закономерности изменений параметров струи в зависимости от давления в вакуумной камере, расстояния от двигателя и других условий эксперимента.

3. На основании выявленных закономерностей разработать методику переноса результатов измерений параметров струи, полученных в стендовых условиях, на условия натурной эксплуатации. Определить параметры струи высокоимпульсного СПД для условий натурной эксплуатации.

4. Разработать рекомендации по порядку проведения измерений параметров плазменных струй СПД для получения данных в объеме, достаточном для последующей экстраполяции на условия натурной эксплуатации

Достоверность результатов экспериментальных исследований обеспечена применением современной, поверенной измерительной аппаратуры,

апробированных методик измерения, а также проверкой полученных результатов с использованием различных способов и измерительных приборов. Достоверность теоретических исследований обеспечена использованием общепринятых физических моделей и математических методов и подтверждена удовлетворительным совпадением результатов расчетов с результатами эксперимента.

Научная новизна результатов исследований заключается в выявлении:

1. Закономерности изменения угла расходимости, углового и энергетического распределений потоков ионов струи высокоимпульсного СПД при изменении давления в вакуумной камере и расстояния от двигателя.

2. Разработке методики переноса результатов наземных измерений параметров струи СПД на условия натурной эксплуатации, в которой учитывается ослабление потока ионов в вакуумной камере и исключены индуцированные ионы перезарядки из тормозных характеристик зондов- энергоанализаторов.

Практическая значимость результатов исследований

Предложенные методики позволяют значительно повысить точность измерений параметров.

Результаты исследования внедрены в АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф.Решетнёва» (далее – АО «ИСС») при проведении плановых ОКР.

Личное участие автора заключается:

1. В разработке программы и методика проведения измерений параметров струи высокоимпульсного СПД в ГНЦ ФГУП "Центр Келдыша" (далее – ИЦК) и АО «ИСС».

2. Проведение обработки и анализ полученных экспериментальных данных, выявление закономерностей изменения параметров струи СПД при изменении давления в вакуумной камере и расстояния от двигателя, разработка методики переноса измерений в стендовых и натуральных условиях.

Апробация результатов исследования

1. «Влияние давления в вакуумной камере на процессы формирования плазменной струи СПД» Конференция «Авиация и космонавтика» 21.11.2018.

2. «Оценка эффективной площади многосеточных зондов-энергоанализаторов по скорости распыления образца-свидетеля», Международная конференция «ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ-2020» 20-22 мая 2020 г., г. Москва, РУДН (перенесено на 14-16 октября 2020)

Публикации по теме диссертации

По теме диссертации опубликовано 5 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 3 работы.

В настоящее время существует множество бесконтактных методов измерений энергии плазменной струи. В качестве недостатка можно отметить, что в работе в качестве основного измерительного зонда выбран многосеточный зонд и было бы более достоверным выбрать еще несколько методов, не вносящих возмущений в динамику плазменной струи.


В целом диссертация Фроловой Юлии Леонидовны является законченной научно – квалификационной работой. Предложенные в ней методики позволяют значительно повысить точность измерений параметров плазменных струй СПД и оценить параметры струи, реализуемые в условиях натурной эксплуатации КА. Разработанные рекомендации по порядку проведения измерений параметров струй СПД в стендовых условиях, позволяют получить данные, необходимые для оценки параметров струи в условиях натурной эксплу-

атации. Выявленные закономерности позволяют конкретизировать направления дальнейших теоретических и экспериментальных исследований в области формирования и распространения плазменных струй СПД.

Диссертационная работа Фроловой Ю.Л. отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Фролова Ю.Л. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов.

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании НТС (протокол № 21 от 20.11.2020г.).

Ведущий научный сотрудник, к.т.н.


28.11.20

А.В. Пильников

141070, Московская область, г. Королев, ул. Пионерская, 4.

Тел.: 8(495)513-48-86, E-mail: PilnikovAV@tsniimash.ru

Подпись ведущего научного сотрудника отдела 12003 Пильникова Александра Васильевича удостоверяю

Главный учёный секретарь АО

«ЦНИИмаш», д.т.н., профессор





Ю.Н. Смагин