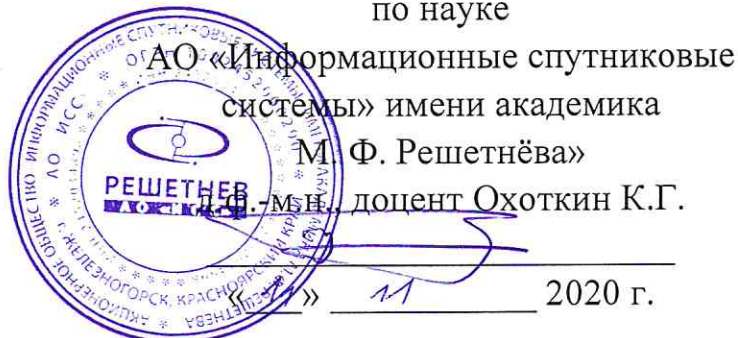


УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора
по науке



О Т З Ы В

**ведущей организации на диссертационную работу
Фроловой Юлии Леонидовны «Влияние давления остаточной
атмосферы вакуумной камеры на расходимость струи стационарного
плазменного двигателя», представленную к защите на соискании ученой
степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 –
«Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных
аппаратов»**

Диссертационная работа Фроловой Юлии Леонидовны посвящена разработке метода переноса параметров струи высокоимпульсного стационарного плазменного двигателя (СПД), полученных в ходе наземных испытаний, на условия натурной эксплуатации. В работе рассматриваются особенности влияния давления в вакуумной камере на угловое и энергетическое распределения потоков ионов струи СПД.

Актуальность выбранной темы обусловлена отсутствием математической модели струи СПД для натуральных условий эксплуатации. Измерения параметров струи двигателя осуществляется разработчиками при том давлении, которое обеспечивается в вакуумной камере существующими средствами откачки и по порядку величины составляет 10^{-4} - 10^{-5} мм. рт. ст. Данные результаты, а также основанные на них оценки угла расходимости струи и модель струи принимаются за истинные и используются в проектных

работах для компоновки КА и оценки влияния струи двигателя на элементы конструкции. Однако очевидно, что давление окружающей среды в натуральных условиях существенно меньше, чем в вакуумной камере. Это может искажать результаты измерений параметров струи двигателей. Методы пересчета результатов, полученных в вакуумных камерах, на нулевое давление, то есть на условия натурной эксплуатации, в настоящее время практически отсутствуют. Поэтому научная проблема, сформулированная в диссертации, является актуальной.

Основное внимание в работе уделено выявлению закономерностей изменений параметров струи в зависимости от давления в вакуумной камере, расстояния от двигателя и других условий эксперимента, и на основании выявленных закономерностей разработке метода переноса результатов измерений параметров струи на условия натурной эксплуатации. Выводы и рекомендации по этому вопросу являются необходимыми для проведения анализа возможных результатов воздействия струи плазменного двигателя на элементы и системы КА.

Личное участие автора в получении результатов диссертации заключается в том, что автором была разработана программа и методика проведения измерений параметров струи высокоимпульсного СПД, по которой были проведены измерения параметров струи двигателя в горизонтальной вакуумной камере АО «ИСС» и в вакуумной камере ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша». Проведена обработка и анализ полученных экспериментальных данных, выявлены закономерности изменения параметров струи СПД при изменении давления в вакуумной камере и расстояния от двигателя. Автор выдвигает собственный метод переноса результатов измерений параметров струи СПД в стендовых условиях на условия натурной эксплуатации. Также автором предложены рекомендации по порядку проведения измерений параметров струй СПД в стендовых условиях.

Представленные в теоретической и практической части положения диссертации отражают **степень достоверности результатов проведенных исследований**. Принятые в работе допущения и ограничения обоснованы и отражены в полном объеме. Проведенные научные исследования можно характеризовать как научно обоснованные разработки, обеспечивающие решение важных прикладных задач в области применения электрореактивных двигателей. Представленные в работе исследования достоверны, выводы и рекомендации обоснованы.

Научную новизну диссертационной работы определяют следующие результаты исследования, полученные лично соискателем.

Выявлены закономерности изменения угла расходимости, углового и энергетического распределения потоков ионов струи высокоимпульсного СПД при изменении давления в вакуумной камере и расстояния от двигателя.

Разработана методика 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.

Научная значимость результатов исследований заключается в том, что полученные автором теоретические выводы и методики позволяют оценивать параметры плазменных струй высокоимпульсных двигателей в натуральных условиях при нулевом давлении по данным стендовых измерений, полученных при относительно высоком давлении в вакуумной камере.

Практическое значение результатов работы определяется тем, что они позволили уточнить модель струи СПД. Расчеты с применением данной модели нашли применение при проведении плановых опытно-конструкторских работ. Результаты исследования внедрены в АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф.Решетнёва», что подтверждается Актом о внедрении № 250-09-1-2020.

Одним из важных практических результатов, полученных автором, является то, что действительный угол расходимости струи двигателя почти в два раза превышает угол, рассчитанный по результатам измерений в вакуумных камерах без учета эффектов остаточного давления.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации. Считаю целесообразным продолжить работу в области изучения формирования и распространения плазменных струй СПД в объеме вакуумной камеры с целью повышения точности определения параметров струи двигателя в условиях натурной эксплуатации.

Основные положения диссертации нашли отражение в публикациях автора.

Отмечая достоинства диссертационной работы, ее практическую значимость и научную новизну, следует указать на некоторые спорные положения и высказать замечания. В качестве недостатков можно отметить следующее:

Не получило разумного объяснения отмеченное на рис. 4.14 увеличение примерно в два раза угла расходимости струи двигателя в вакуумной камере АО ИСС по сравнению с камерой Центра Келдыша при одном и том же давлении в камере и при одинаковых рабочих параметрах двигателя. Не предложен и не рассмотрен механизм, подтверждающий гипотезу об изменении поля течения ионов в канале двигателя при увеличении остаточного давления в камере. Список публикаций и докладов по теме работы минимален.

Заключение. Диссертация представляет собой завершенную научно-исследовательскую работу на актуальную тему, соответствующую требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней». Новые научные результаты, полученные автором, имеют существенное значение для российской науки и практики в области разработки и эксплуатации электроракетных двигателей. Выводы и рекомендации обоснованы.

Диссертация отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям с точки зрения актуальности, новизны и практической значимости полученных результатов, а ее автор, Фролова Юлия Леонидовна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден на заседании секции №2 НТС АО «ИСС» "10" ноября 2020 г., протокол № 35.

Начальник лаборатории проектирования и испытаний систем коррекции космических аппаратов, д.т.н

Ю.М.Ермошкин

Подпись (Ф.И.О.) заверяю



К.С. Охоткин

С отзывом ознакомлен 26.11.20