

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: Д 212.125.08

Соискатель: Фролова Юлия Леонидовна

Тема диссертации: Влияние давления остаточной атмосферы вакуумной камеры на расходимость струи стационарного плазменного двигателя

Специальность: 05.07.05 - «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации.

На заседании 15 февраля 2021 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, отвечающую критериям, приведенным в «Положении о присуждении ученых степеней», утвержденном постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года, и принял решение присудить Фроловой Юлии Леонидовне ученую степень кандидата технических наук.

Присутствовали: председатель диссертационного совета Равикович Ю.А., ученый секретарь диссертационного совета Зуев Ю.В., члены диссертационного совета: Агульник А.Б., Абашев В.М., Демидов А.С., Коротеев А.А., Краев В.М., Лесневский Л.Н., Марчуков Е.Ю., Молчанов А.М., Мякочин А.С., Надирадзе А.Б., Назаренко И.П., Ненарокомов А.В., Никитин П.В., Силуянова М.В., Тимушев С.Ф., Тазетдинов Р.Г., Хартов С.А., Чванов В.К.

Ученый секретарь диссертационного совета
Д 212.125.08, д.т.н., профессор



Ю.В. Зуев

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.08,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 15.02.2021 г. № 1

О присуждении Фроловой Юлии Леонидовне, гражданке Российской Федерации учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Влияние давления остаточной атмосферы вакуумной камеры на расходимость струи стационарного плазменного двигателя» по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» принята к защите 19.10.2020 г. (протокол заседания № 7), диссертационным советом Д 212.125.08, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации; 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4; приказ о создании диссертационного совета №105/нк от 11.04.2012 года.

Соискатель Фролова Юлия Леонидовна, 1990 года рождения, работает аналитиком в федеральном государственном унитарном предприятии «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы» Министерства промышленности и торговли Российской Федерации.

В 2016 г. соискатель окончила магистратуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский

авиационный институт (национальный исследовательский университет)». В 2020 г. окончила очную аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Диссертация выполнена на кафедре «Электроракетные двигатели, энергетические и энергофизические установки» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук Надирадзе Андрей Борисович, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», кафедра «Электроракетные двигатели, энергетические и энергофизические установки», профессор.

Официальные оппоненты:

1. Семёнкин Александр Вениаминович, доктор технических наук, Государственный научный центр Российской Федерации – федеральное государственное унитарное предприятие «Исследовательский центр имени М.В. Келдыша», заместитель генерального директора по космическим аппаратам и энергетике – начальник отделения 3;

2. Твердохлебова Екатерина Михайловна, кандидат технических наук, акционерное общество «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения», центр автоматических космических систем и комплексов, заместитель начальника центра

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – акционерное общество «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнева», г. Железногорск Красноярского края, в своём положительном отзыве, подписанном Ермошкиным Ю.М., доктором технических наук, начальником лаборатории проектирования и испытаний систем коррекции космических аппаратов и утвержденном Охоткиным

К.Г., доктором физико-математических наук, доцентом, заместителем генерального директора по науке, указала, что 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. 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. Диссертация представляет собой законченную 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».

Соискатель имеет 5 опубликованных работ, все по теме диссертации, общим объемом 4 п.л., из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 3 работы. Из пяти работ: 3 – статьи в научных журналах, 2 – тезисы докладов на международных конференциях. Все работы написаны в соавторстве. Они посвящены исследованиям струи стационарного плазменного двигателя. Вклад автора состоит в постановке задач; анализе открытой литературы в области исследования характеристик струи стационарного плазменного двигателя, а также в применяемых в ходе наземных испытаний средств измерений; обработке и анализе полученных экспериментальных данных; выявлении закономерностей

изменения параметров струи СПД при изменении давления в вакуумной камере и расстояния от двигателя. Большая часть работ выполнена с определяющим вкладом соискателя.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Кожевников В.В., Надирадзе А.Б., Назаренко И.П. Фролова Ю.Л., Хартов С.А. Лабораторные исследования струй электроракетных двигателей зондовыми методами // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2018. № 4. С. 150-153.

2. Надирадзе А.Б., Фролова Ю.Л., Зуев Ю.В. Калибровка конической модели струи стационарного плазменного двигателя по интегральным параметрам двигателя // Вестник Московского авиационного института. 2019. Т.26, № 4. С.144-155.

3. Надирадзе А.Б., Фролова Ю.Л. Механизмы образования ионов промежуточных энергий в струях стационарных плазменных двигателей // Вестник Московского авиационного института. 2020. Т. 27, № 3. С. 189-200.

На диссертацию и автореферат поступили следующие отзывы (все отзывы положительные).

Отзыв на диссертацию ведущей организации АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнева» содержит следующие замечания:

1. 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.

2. Не предложен и не рассмотрен механизм, подтверждающий гипотезу об изменении поля течения ионов в канале двигателя при увеличении остаточного давления в камере.

3. Список публикаций и докладов по теме работы минимален.

Отзыв на диссертацию официального оппонента Семёнкина А.В., доктора технических наук содержит замечания:

1. Не приведен анализ особенностей средств измерений, применявшихся другими авторами. Особенности измерительных приборов, использованных в работе, и их влияние на результаты измерений, в том числе «угол зрения» анализаторов спектра и зондов, детально не исследованы.

2. Точки измерения давления в вакуумной камере не описаны, хотя для рассматриваемой задачи особенно важно локальное давление перед двигателем и обратные потоки нейтралов от элементов камеры и оборудования, попадающего в поток плазмы.

3. Не приведены данные по измерению потенциала плазмы в исследуемом пламенном потоке и уровню колебаний измеряемых параметров плазмы, оказывающих влияние на распространение плазменного потока.

Отзыв на диссертацию официального оппонента Твердохлебовой Е.М., кандидата технических наук содержит замечания:

1. При описании многофракционной модели струи не учтен вклад многозарядных ионов, хотя в ранее выполненных работах было показано, что вклад двух- и трехзарядных ионов может достигать до 10%.

2. Автор справедливо утверждает, что ионы с промежуточными энергиями являются ионами струи (а не фонового газа), но в качестве механизма их образования не рассмотрела ранее установленный факт, что энергия ионов зависит от «точки» их образования в ускорительном канале. «Размытость» энергетического спектра ионов является характерной чертой СПД, имеющих достаточно протяженную зону ионизации.

Отзыв на автореферат диссертации Федорова М.Ю., кандидата технических наук, ведущего научного сотрудника научно-конструкторского отделения 100 акционерного общества «Красная Звезда» содержит замечания:

1. Автор указывает для условий наземного эксперимента давления в камере $p = 1,1 - 4,3$ мПа, тогда какая величина давления, по мнению автора,

соответствует космическому пространству или минимальной высоте круговой орбиты функционирования СПД?

2. На рисунке 5 (страница 12) график сглаженной угловой функции фракций ионов с энергией 0-52 эВ качественно выбивается из общей закономерности. По-видимому, это ионы перезарядки. В этом смысле интерес представлял бы вид кривой для ионов с несколько большей энергией 52-100 эВ.

3. Из текста (страница 13) непонятно – 17 моделей струи это модели, построенные по данным измерений, или это профили струи, измеренные на эксперименте, а собственно физическая модель у них одна?

4. Что конкретно означает «изменение формы краевых участков электростатической «линзы»», приводящее к «сжатию», струи в условиях остаточной атмосферы вакуумной камеры?

5. На рисунке 6а (страница 13) график зависимости угла расходимости струи от давления в камере, полученный на базе измерений в «ИСС» сильно выбивается из общей закономерности, в то же время функция плотности тока на оси струи (рисунок 6б – «ИСС»), укладывается в общую закономерность.

6. На основании рисунка 12 (страница 18, 19) целесообразно было бы сделать вывод непосредственно в тексте автореферата, – где скорость эрозии выше в условиях стенда с соответствующей остаточной атмосферой, или в условиях космического пространства.

7. Из рассмотрения материала автореферата возникает вопрос: разработанная методика обращения данных, полученных в условиях стенда на условия натурной эксплуатации СПД пригодны для всех типов плазменных двигателей, или есть ограничения.

Отзыв на автореферат диссертации Шагайды А.А., кандидата физико-математических наук, ведущего научного сотрудника Государственного научного центра – федерального государственного унитарного предприятия «Исследовательский центр имени М.В. Келдыша» содержит замечания:

1. В автореферате отсутствует обоснование выбора граничных энергий для различных групп ионов. Не ясно, из каких соображений в качестве нижней

границы для ионов струи выбрана энергия 550 эВ. Верхняя граница энергии ионов перезарядки, составляющая 60 эВ, представляется завышенной, так как, согласно экспериментальным данным, потенциал плазмы в струе обычно не превышает 15-20 В.

2. В автореферате не обосновано исключение из расчетной модели струи всех ионов перезарядки, в то время как они могут образовываться и в космосе при столкновении ионов пучка с атомами истекающего рабочего тела.

3. Для объяснения существенного различия угла расходимости струи при испытаниях в различных вакуумных камерах высказывается предположение о различии систем СПУ, но, насколько можно судить по автореферату, в методике и рекомендациях ничего не сказано о требованиях к СПУ при проведении испытаний, а также не рассмотрены другие возможные причины, например, влияние на функцию источника размеров вакуумной камеры.

Отзыв на автореферат диссертации Титова М.Ю., кандидата технических наук, старшего научного сотрудника лаборатории проектирования перспективных электрореактивных двигательных установок Публичного акционерного общества «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королева» содержит замечания:

1. Отсутствует информация о погрешностях измерений и расчетов.

2. Вместо использования конкретных числовых значений, употребляются фразы «оказался значительно выше» (стр. 14), «наблюдается сильная зависимость» (стр. 17), «могут существенно повлиять» (стр. 18).

3. В легендах графиков присутствуют нерасшифрованные обозначения. Например, на рисунке 3 не ясно, что такое «А» и в чем «А» измеряется, а на рисунке 5 непонятными являются обозначения «#6», «#24».

Отзыв на автореферат диссертации Пильникова А.В., кандидата технических наук, ведущего научного сотрудника акционерного общества «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения» содержит замечания:

1. 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.

Отзыв на автореферат диссертации Онуфриева В.В., доктора технических наук, профессора кафедры «Плазменные энергетические установки» Московского государственного технического университета имени Н.Э.Баумана (национального исследовательского университета) содержит замечания:

1. В материалах автореферата отсутствуют данные по измерению плотности ионов как по оси струи, так и по радиусу. Модель строится на токах и угловых распределениях. Но ток определяется и концентрацией ионов данного сорта. Желательно было бы представить относительные концентрации ионов в более детальном энергетическом рассмотрении по оси и радиусу и их вклад в ток СПД, а как следствие, оценить плотность потока данной группы ионов (при изучении взаимодействия с элементами конструкции КА).

2. В материалах автореферата не приведены размеры апертуры СПД и характерные размеры вакуумного объема, в связи с чем возникает вопрос о точечном источнике при моделировании. Чем обоснован такой подход?

3. В четвертой главе автореферата сказано, что «...Быстрые ионы распространяются, преимущественно, по конусу, а ионы промежуточных энергий в радиальном направлении...». Утверждение свидетельствует об отсутствии осевой составляющей скорости у второй группы ионов. Хотелось бы пояснить данное положение.

Отзыв на автореферат диссертации Шустова С.А., доктора технических наук, профессора кафедры теории двигателей летательных аппаратов имени В.П.Лукачева ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» содержит замечания:

1. На странице 8 автореферата указано, что в результате влияния стенок вакуумной камеры и воздействия фоновое давления на процессы формирования и распространения плазменной струи возникают значительные ошибки измерений,

однако не приводится количественная величина этих ошибок и причины их появления.

2. На рисунках 10 и 11 показано, что максимальное влияние давления в вакуумной камере на функцию источника ионов СПД и угловую функцию плотности ионного тока струи СПД соответствует углу 80° , однако в автореферате не приведено физического объяснения выявленного эффекта.

Отзыв на автореферат диссертации акционерного общества «Опытное конструкторское бюро «Факел», подписанный Нестеренко А.Н., кандидатом технических наук, ведущим научным сотрудником, и утвержденный Космодемьянским Е.В., кандидатом технических наук, генеральным конструктором, содержит замечания:

1. В рассмотренных моделях двигатель представлен в качестве точечного источника ионов, хотя ускорение происходит в разрядном канале с различными параметрами плазменного образования по радиусу, что влияет на распределение и энергетические характеристики ионного потока. Без этого трудно объяснить фракционный состав ионов.

2. Не представлена методика пересчета тока измеренного коллектора зонда-энергоанализатора к реальной плотности ионного тока.

3. Деление ионов на три энергетические фракции, вероятно, недостаточно, так как по нашим данным ионы с энергией (30 – 150) эВ имеют иное распределение, чем в остальной части спектра γ -ионов.

Отзыв на автореферат диссертации Новикова Л.С., доктора физико-математических наук, профессора, заведующего лабораторией космического материаловедения Научно-исследовательского института ядерной физики имени Д.В. Скобельцына Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова содержит замечания:

1. Хотелось бы получить более подробные пояснения относительно выбора диапазона изменения давления в камере при проведении стендовых испытаний, а также отметить, что за счет наличия собственной внешней атмосферы давление в окрестности аппарата в определенные периоды может быть значительно

выше, нежели в невозмущенном космическом пространстве, и иметь неоднородное пространственное распределение – в этой связи вопрос: можно ли в разработанной методике переноса результатов как-то учесть наличие и характеристики собственной внешней атмосферы аппарата.

2. На с.5 автореферата автор отмечает, что решение проблемы оптимального использования СПД на космических аппаратах ведется по нескольким направлениям, а перенос результатов наземных измерений параметров струи СПД на условия натурной эксплуатации является одним из них – какие еще направления решения проблемы может отметить автор и оценить степень их эффективности?

3. Комментируя на с.14 автореферата расхождение результатов измерения угла расходимости струи, наблюдаемое на рис. 6а, автор указывает, что в одном случае при измерениях была применена штатная система питания-управления, а в чем может заключаться физическая причина расхождения результатов?

Отзыв на автореферат диссертации акционерного общества «Государственный космический научно-производственный центр имени М.В. Хруничева», подписанный Лёвущиным Ю.А., ведущим конструктором сектора отдела ДУ КБ «Салют», и утвержденный Соколовым М.Б., кандидатом технических наук, заместителем генерального директора по НИР, ОКР и пусковым услугам, содержит замечания:

1. В комментариях по второй главе не представлены схемы экспериментальных стендов, что затрудняет оценку проведенного экспериментального исследования.

2. Не представлены границы применимости разработанной автором методики экстраполяции по рабочим параметрам СПД.

3. Не отражены рекомендации по методике измерения параметров струи в условиях стенда, что не позволяет провести их оценку.

Отзыв на автореферат диссертации Геча В.Я., доктора технических наук, профессора, заместителя генерального директора по научной работе Акционерного

общества «Научно-производственная корпорация «Космические системы мониторинга, информационно-управляющие и электромеханические комплексы» имени А.Г. Иосифьяна» содержит замечания:

1. Из текста автореферата не ясно проводились ли измерения параметров струи с учетом типоразмера СПД, его конструктивных особенностей (например, расположение катода-компенсатора), расположения СПД в вакуумной камере, параметров вакуумной камеры (длина, диаметр), но при этом автор говорит о влиянии стенок вакуумной камеры и воздействии фонового давления на параметры плазменной струи.

2. Не ясно определение высокоимпульсного СПД (не указан диапазон значений).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обусловлен их компетентностью в области диссертационного исследования Фроловой Ю.Л., что подтверждается наличием публикаций по соответствующей работе тематике.

Выбор Семёнкина А.В., доктора технических наук, заместителя генерального директора по космическим аппаратам и энергетике – начальника отделения 3 государственного научного центра Российской Федерации – федерального государственного унитарного предприятия «Исследовательский центр имени М.В. Келдыша» в качестве официального оппонента обосновывается его широкой компетентностью в области разработки и создания электроракетных двигательных установок и энергетических систем космических аппаратов, что подтверждается многочисленными публикациями в рецензируемых журналах. Также Семёнкин А.В. является лауреатом премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники, награжден правительственными наградами и отраслевыми знаками отличия. Автор 80 научных работ и изобретений, запатентованных в России и США.

Выбор Твердохлебовой Е.М., кандидата технических наук, заместителя начальника центра автоматических космических систем и комплексов акционерного общества «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения», в качестве официального оппонента обосновывается ее

компетентностью в области исследования струй электроракетных двигателей и их воздействия на бортовые системы, что подтверждается многочисленными публикациями, а также выступлениями на международных конференциях. Твердохлебова Е.М. является автором математической модели струи СПД, хорошо известной не только в России, но и за рубежом.

Ведущая организация АО «ИСС» имени академика М.Ф. Решетнева» выбрана в связи с ее широкой известностью и достижениями в области разработки и испытания космических аппаратов с электроракетными двигателями. АО «ИСС» – российский лидер по созданию космических аппаратов связи, телевещания, ретрансляции, навигации, геодезии. В настоящее время 2/3 орбитальной группировки России – это спутники разработки и производства АО «ИСС». Специалисты ведущей организации, в том числе составившие отзыв на диссертацию, обладают опытом работы в областях, связанных с разработкой, испытаниями и применением электроракетных двигательных установок. Квалификация специалистов ведущего предприятия по тематике представленной к защите диссертации подтверждается их публикациями в рецензируемых научных изданиях. Это позволяет им оценить актуальность, научную новизну и практическую значимость полученных в диссертации результатов, а также сформировать рекомендации по использованию полученных результатов на предприятиях отрасли.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- разработана экспериментально-теоретическая методика переноса результатов измерений параметров струи СПД, полученных в стендовых условиях, на условия натурной эксплуатации КА, позволяющая существенно повысить точность модели струи за счет учета изменения поля течения ионов в разрядном канале двигателя и в ближней зоне струи и ослабления потока ионов при их взаимодействии с частицами остаточной атмосферы вакуумной камеры;

- введено понятие ионов промежуточных энергий, позволяющее уточнить существующие представления о физических процессах в разрядном канале двигателя и в ближней зоне струи;
- доказана необходимость исключения из модели струи индуцированных ионов перезарядки, вносящих значительную ошибку в результаты измерений плотности тока в периферийных зонах струи;
- предложен метод совместного сглаживания множества угловых распределений энергетических фракций, позволяющий снизить погрешность измерения параметров струи в периферийной зоне до 20-30%.

Теоретическая значимость работы обоснована тем, что:

- изучены закономерности изменения угла расходимости, углового и энергетического распределения потоков ионов струи высокоимпульсного СПД при изменении давления в вакуумной камере и расстояния от двигателя;
- применительно к проблематике диссертации результативно использована многофракционная коническая модель струи, в которой учитывается ослабление потока ионов в вакуумной камере и исключены индуцированные ионы перезарядки из тормозных характеристик зондов-энергоанализаторов;
- доказана необходимость корректировки результатов стендовых измерений параметров плазменных струй СПД на условия работы в космосе для проведения анализа воздействия плазменной струи СПД на функциональные поверхности и бортовые системы КА.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- разработаны и внедрены в АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф.Решетнёва» (Акт № 250-09-01-2020 о внедрении в АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф.Решетнёва» результатов диссертации Фроловой Ю.Л.) методики, позволяющие значительно повысить точность и информативность измерений параметров плазменных струй СПД в периферийной зоне;

- представлены рекомендации по порядку проведения измерений параметров струй СПД в стендовых условиях, позволяющие значительно повысить точность и информативность этих измерений, а также получить данные, необходимые для оценки параметров струи, реализуемых в условия натурной эксплуатации;
- определены направления дальнейших теоретических и экспериментальных исследований в области формирования и распространения плазменных струй СПД.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- для экспериментальных работ результаты получены с применением современной, поверенной измерительной аппаратуры, апробированных методик измерения на аттестованном оборудовании,
- модель струи СПД построена на основе общепринятых физических и математических методов и подтверждена удовлетворительным совпадением результатов расчетов с результатами эксперимента.

Личный вклад соискателя состоит в:

разработке программы и методики проведения измерений параметров струи высокоимпульсного СПД в ГИЦ ФГУП "Центр Келдыша" (далее – ИЦК) и АО «ИСС», обработке и анализе полученных экспериментальных данных, оценке параметров многофракционной модели струи по полученным данным, разработке метода совместного сглаживания угловых распределений энергетических фракций, выявлении закономерностей изменения параметров струи СПД при изменении давления в вакуумной камере и расстояния от двигателя, построении модели упругого рассеяния ионов струи, разработке методики переноса результатов измерений параметров струи СПД в стендовых условиях на условия натурной эксплуатации, разработке рекомендаций по порядку проведения измерений параметров струй СПД в стендовых условиях.

Диссертационным советом сделан вывод о том, что диссертация является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи создания методики экспериментального исследования струи стационарного плазменного двигателя, имеющей значение для развития двигателестроения.

Диссертация соответствует всем критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней».

На заседании 15.02.2021 г. диссертационный совет принял решение присудить Фроловой Ю.Л. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 8 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали за 20, против - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель
диссертационного совета
д.т.н., профессор




Равикович
Юрий Александрович

Ученый секретарь
диссертационного совета
д.т.н., профессор


Зуев
Юрий Владимирович

15 февраля 2021 г.