

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: 24.2.327.06

Соискатель: Майстренко Дмитрий Александрович

Тема диссертации: Методика измерения параметров плазменных струй электроракетных двигателей с помощью апертурного зонда и фильтра Вина

Специальность: 2.5.15. Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации.

На заседании 21 сентября 2026 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, соответствующую критериям, приведенным в «Положении о присуждении ученых степеней», утвержденном постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, и принял решение присудить Майстренко Дмитрию Александровичу ученую степень кандидата технических наук.

Присутствовали: председатель диссертационного совета Равикович Ю.А., ученый секретарь диссертационного совета Краев В.М., члены диссертационного совета: Иванов А.В., Кочетков Ю.М., Марчуков Е.Ю., Молчанов А.М., Мякочин А.С., Надирадзе А.Б., Ненарокомов А.В., Никитин П.В., Силуянова М.В., Хартов С.А.

Проректор по научной работе МАИ

д.т.н., доцент



А.В.Иванов

Ученый секретарь

диссертационного совета 24.2.327.06,

д.т.н., доцент

В.М.Краев

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.327.06,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 21.09.2026 г. № 146

О присуждении Майстренко Дмитрию Александровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Методика измерения параметров плазменных струй электроракетных двигателей с помощью апертурного зонда и фильтра Вина» по специальности 2.5.15. – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» принята к защите 13.04.2026 г., (протокол заседания № 132) диссертационным советом 24.2.327.06, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4; приказ Министерства науки и высшего образования РФ о создании диссертационного совета – № 669/нк от 24.06.2022 г.

Соискатель Майстренко Дмитрий Александрович, 03 января 1998 года рождения, работает в должности научного сотрудника в акционерном обществе «Государственный научный центр Российской Федерации «Исследовательский центр имени М.В. Келдыша». По совместительству работает ассистентом кафедры общей физики в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный

исследовательский университет)».

В 2019 г. Майстренко Д.А. окончил бакалавриат федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» по направлению подготовки 03.03.01 «Прикладная математика и физика», диплом № 107724 4870191, дата выдачи 16.07.2019.

В 2021 г. Майстренко Д.А. окончил магистратуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» по направлению подготовки 03.04.01 «Прикладная математика и физика», диплом № 107724 5400025, дата выдачи 10.07.2021.

В 2025 г. Майстренко Д.А. окончил аспирантуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» по направлению подготовки 24.06.01 «Авиационная и ракетно-космическая техника», диплом № 107724 2133611, дата выдачи 16.07.2025.

Справка № 195 от 02.07.2025 о сдаче кандидатских экзаменов по дисциплинам: «История и философия науки», «Иностранный язык (английский)», «Специальная дисциплина (тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов, технические науки)».

В период подготовки диссертации с 2021 по 2023 г. Майстренко Д.А. работал в должности инженера и с 2023 г. по настоящее время работает в должности научного сотрудника в акционерном обществе «Государственный научный центр Российской Федерации «Исследовательский центр имени М.В. Келдыша». По совместительству работает ассистентом кафедры общей физики в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)».

Диссертация выполнена в период обучения в очной аспирантуре федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» на кафедре «Тепловые процессы».

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, Ловцов Александр Сергеевич. Основное место работы – акционерное общество «Государственный научный центр Российской Федерации «Исследовательский центр имени М.В. Келдыша», заместитель генерального директора по космическим аппаратам и энергетике.

Официальные оппоненты:

Кралькина Елена Александровна, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник кафедры физической электроники МГУ им. М. В. Ломоносова;

Кожевников Владимир Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры 208 «Электроракетные двигатели, энергетические и энергофизические установки» ФГАОУ ВО МАИ

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном кандидатом технических наук, доцентом кафедры «Теплофизика» Кукшиновым Н.В., доктором физико-математических наук, заведующим кафедрой «Теплофизика» Чирковым А.Ю., и утвержденным первым проректором федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» Дроговозом П.А., указала, что диссертационная работа Майстренко Дмитрия Александровича «Методика измерения параметров плазменных струй электроракетных двигателей с помощью апертурного зонда и фильтра Вина», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, в целом выполнена на высоком научном уровне и является завершенной научно-квалификационной работой, направленной на решение актуальной задачи в области космического двигателестроения, отвечает требованиям, установленным п.9 – 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842,

предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Майстренко Дмитрий Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности: 2.5.15. – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

За время работы над диссертацией Майстренко Д.А. опубликовано 7 работ, из них: 3 – статьи в рецензируемых научных изданиях, при этом 2 из рекомендованного перечня ВАК (по специальности 2.5.15.); 4 тезиса докладов на научных конференциях.

Данные публикации посвящены исследованиям методик зондовой диагностики параметров плазмы струй, а также разработке и экспериментальной апробации новых методик измерения распределения ионов по энергиям, плотности ионного тока и доли многозарядных ионов в струях различных электроракетных двигателей.

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

Наиболее значимые работы соискателя:

1. Development of a high dynamic range retarding potential analyzer for electric propulsion plume diagnosis / D. Maystrenko, A. Shagayda, D. Kravchenko, A. Lovtsov // Review of Scientific Instruments. – 2022. – Vol. 93, No. 7. – P. 073504. – DOI 10.1063/5.0083810. – EDN XQCUAZ.

Журнал: Review of Scientific Instruments (Scopus, Q2).

Личный вклад соискателя заключается в расчетном анализе наиболее перспективных существующих методик измерения распределения ионов по энергиям и плотностей токов ионов. Также соискатель самостоятельно разработал и с помощью расчетов оптимизировал новую методику измерения энергетического спектра ионов.

2. Оптимизация ExB методики для исследования зарядового состава ионов в струе плазмы холловских двигателей / Д. А. Майстренко, А. А. Шагайда, М. Ю. Селиванов, А. С. Ловцов // Омский научный вестник. Серия Авиационно-ракетное и энергетическое машиностроение. – 2025. – Т. 9, № 4. – С. 100-107. – DOI 10.25206/2588-0373-2025-9-4-100-107. – EDN CLUOTD.

Журнал: Омский научный вестник. Серия авиационно-ракетное и энергетическое машиностроение (ВАК, 2.5.15.).

Личный вклад соискателя заключается в проведении обзора наиболее перспективных методов измерения доли многозарядных ионов в струях электроракетных двигателей различных типов. Также соискателем лично проведен подробный расчетный анализ зондов типа «Фильтр Вина» и сделаны предложения по адаптации существующей методики для решения поставленной задачи в виде разработки методики для измерения доли двухзарядных ионов холловских двигателей с напряжением разряда от 100 до 2000 В.

3. Maystrenko D. A., Shagayda A. A., Kravchenko D. A., Tomilin D.A. and Selivanov M. Yu. High Dynamic Range Retarding Potential Analyzer Operation Verification // Plasma Physics Reports, 506 2024. doi: 10.1134/S1063780X24601135.

Журнал: Plasma physics reports (Scopus, Q4).

Личный вклад соискателя заключается в постановке экспериментов, которые позволили сравнить новый, разработанный соискателем, апертурный зонд, с зондом стандартной конструкции. В результате экспериментов соискатель доказал точность и превосходство представленной новой методики измерения распределения ионов по энергиям и плотностей токов ионов с помощью разработанного апертурного зонда.

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

Отзыв на диссертацию официального оппонента Кралькиной Е.А., доктора физико-математических наук, ведущего научного сотрудника кафедры физической электроники МГУ им. М. В. Ломоносова содержит следующие замечания:

1. В диссертации утверждается, что между плазмой и эмиссионным электродом ионного двигателя существует падение потенциала порядка температуры электронов. На самом деле разность потенциалов между плазмой и эмиссионным электродом равна плавающему потенциалу, пропорциональному температуре электронов, но не равному ей.

2. В выводах у диссертации указано, что автором показана необходимость разделять ExB зонды на два класса. Однако, в тексте диссертации на этом вопросе внимание не акцентируется.

3. В названии главы 2 следовало бы добавить слово «конструкции» перед

словом «зондов».

4. Обзор литературы содержит небольшое число ссылок на известные в литературе результаты.

Отзыв на диссертацию официального оппонента Кожевникова В.В. кандидата технических наук, доцента кафедры 208 «Электроракетные двигатели, энергетические и энергофизические установки» ФГАОУ ВО МАИ содержит следующие замечания:

1. Представляется интересным более подробно рассмотреть схемы сбора и обработки экспериментальных данных, применяющихся при работе с апертурным зондом и фильтром Вина. И отдельно рассмотреть схемы усиления сигналов зонда и особенности экранирования элементов системы сбора и обработки данных.

2. Также представляется интересным провести эксперименты по исследованию плазменных струй других типов двигателей, например ионного двигателя. А также рассмотреть применимость разработанных зондов и методики в плазме ЭРД, работающих на других рабочих телах (криптоне, аргоне, атмосферных газах и йоде).

3. В тексте работы имеются небольшие поправки и погрешности оформления.

Отзыв на диссертацию ведущей организации – федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» содержит следующие замечания:

1. В обзоре представлено мало работ. Не до конца обосновано, на чем основан выбор конструкций зондов, которые автор включил в обзор.

2. В экспериментальной части работы нет информации про метрологическую поверку используемых приборов и методик.

3. Слишком общие выводы, в заключение не представлено конкретных параметров разработанных зондов.

Отзыв на автореферат диссертации от АО «НИИЭМ», составленный советником генерального директора по космической тематике, к.т.н. Салиховым Р.С.

содержит следующие замечания:

1. При апробации методики автор не описывает способ расчета структуры КПД двигателя, вследствие чего невозможно сделать вывод о соотношении влияния параметров струи и элементов конструкции на коэффициенты эффективности двигателя в целом.
2. Отсутствуют сведения о возможном различии применения представленной методики для измерения параметров струй стационарных плазменных двигателей и импульсных.
3. Автор в недостаточной степени уделит внимание метрологической составляющей представленной методики.

Отзыв на автореферат диссертации от АО «ЦНИИМАШ», составленный начальником Центра средств выведения и наземной космической инфраструктуры, к.т.н., доцентом Кузнецовым И.И. и ведущим научным сотрудником отдела 12003, к.т.н. Пильниковым А.В. содержит следующие замечания:

1. В работе не рассматриваются вопросы температурного режима зондов. При плотности ионного тока порядка 100 А/м^2 и энергии ионов в несколько килоэлектронвольт нагрев зондов может быть достаточным, чтобы негативно влиять на получаемые результаты измерений.
2. В работе приводятся конструктивные особенности зондов, но не делается оценка ресурса зондов.

Отзыв на автореферат диссертации от АО «ОКБ «Факел», составленный ведущим специалистом, к.т.н. Толстель О.В. содержит следующее замечание:

- отсутствие исследования влияния потенциала плазмы, который, при определенных положениях зонда относительно двигателя может вносить существенную погрешность при интерпретации данных, полученных с зондов.

Отзыв на автореферат диссертации от АО «НИКИЭТ», составленный главным конструктором космических ядерных установок – Директором отделения АО «НИКИЭТ», к.т.н. Ладыко М.А. содержит следующие замечания:

1. При постановке задачи автор не конкретизирует тип электроракетных двигателей, про исследование струй которых идет речь в работе.
2. Методика формулируется в целом для электроракетных двигателей, но в

итоге рассматриваются только два типа: холловские и ионные.

3. В автореферате отсутствует информация, на основании которой сделан вывод о необходимости разделять зонды на два класса: для холловских и ионных двигателей.

Отзыв на автореферат диссертации от ООО «Газпром СПКА», составленный главным конструктором – начальником конструкторского бюро Кадышевым И.Н. содержит следующее замечание:

- автор не исследовал влияния столкновений перезарядки на интерпретацию результатов, хотя в одной из цитируемых им зарубежных статей упоминается возможность существенного влияния этого эффекта.

Отзыв на автореферат диссертации от ООО «Бюро 1440», составленный старшим инженером-разработчиком Отдела плазменных систем, к. ф.-м.н. Петровым А.А. и директором бюро «Двигательные установки» Харлан Я.Ю. содержит следующие замечания:

1. В расчете работы фильтра Вина электрическое и магнитное поле задавалось в расчетной области внутри фильтра, и не указано, каким образом были учтены краевые эффекты, влияющие на траекторию движения ионов на границе расчетной области и приводящие к снижению спектральных характеристик фильтра.

2. Не учтено влияние ускоряющего напряжения апертурного зонда на кривизну плазменной границы, приводящей к изменению эффективной площади с которой вытягиваются положительные ионы. Кроме того, на границе сетки в области контакта плазмы и поверхности металла формируется плазменный слой, толщина которого зависит от параметров плазмы концентрации и температуры, таким образом эффективная прозрачность сетки зависит не только от ускоряющего напряжения, но и от параметров плазмы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в отрасли науки, к которой относится диссертационная работа Майстренко Д.А., что подтверждается их научными публикациями в данной области.

Выбор Кралькиной Е.А., доктора физико-математических наук, ведущего научного сотрудника кафедры физической электроники МГУ им. М. В. Ломоносова

в качестве официального оппонента обосновывается ее признанной научной компетенцией в области электроракетных двигателей, в частности в исследованиях, связанных с разработкой самих двигателей и анализом их работы с помощью зондов.

Выбор Кожевникова В.В., кандидата технических наук, доцента кафедры 208 «Электроракетные двигатели, энергетические и энергофизические установки» ФГАОУ ВО МАИ обосновывается его высокой научно-технической компетенцией в области электроракетных двигателей, а также его значительным опытом в разработке систем диагностики плазмы струи двигателей.

Выбор ведущей организации обусловлен тем, что федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» является одним из ведущих научно-исследовательских центров в области авиационно-космической техники. Направления научной деятельности кафедры Э8 напрямую соответствуют тематике диссертационного исследования. Научный и экспертный потенциал университета, включающий компетенции по направлению «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» основанный на многолетнем опыте собственной исследовательской школы, позволяет обеспечить всесторонний и высококвалифицированный анализ работы, оценить актуальность, научную новизну и практическую значимость результатов диссертации, а также сформировать рекомендации по практическому использованию результатов работы для предприятий отрасли, занимающихся проектированием и разработкой электроракетных двигателей и космических аппаратов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **разработаны** принципиально новый апертурный зонд и зонд типа фильтра Вина (ExB зонд) для измерения плотности ионного тока, энергетического спектра ионов и зарядового состава ионов плазмы струй электроракетных двигателей (ЭРД);
- **предложена** методика измерения параметров плазменных струй электроракетных двигателей с помощью разработанных апертурного зонда и зонда

типа фильтра Вина, и определены основные погрешности измерения параметров плазменных струй ЭРД разработанными зондами.

Теоретическая и практическая значимость исследования обусловлена тем, что:

- **получена** расчетным способом зависимость погрешности измерений многосеточного зонда от параметров плазмы струи ЭРД;
- **показано**, что применение апертурного зонда позволяет исключить неконтролируемые погрешности измерений, характерные для многосеточных зондов, и существенно улучшить метрологические характеристики методики измерения параметров плазменных струй ЭРД;
- **доказано**, что применение разработанных зондов существенно расширяет динамический диапазон, повышает точность и информативность измерений по сравнению с методиками, использующими многосеточные зонды и зонды Фарадея.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что разработанные зонды позволяют проводить измерения параметров струй плазмы современных холловских и ионных двигателей при плотности тока ионов в диапазоне от 10^{-4} до 100 А/м^2 , энергий ионов от 10 до 4000 эВ при погрешности измерения плотности ионного тока, энергетического спектра ионов и зарядового состава ионов струи, не превышающей 2%.

Результаты диссертационной работы Майстренко Д.А. внедрены и используются в АО ГНЦ «Центр Келдыша» при проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (акт внедрения №500-10/25-104 от 01.12.2025).

Оценка достоверности результатов исследования

Достоверность полученных результатов подтверждается использованием сертифицированного оборудования, апробированных методик измерения и валидированного программного обеспечения при проведении численных расчетов,

измерений параметров плазмы и последующей обработки экспериментальных данных, а также удовлетворительным совпадением результатов измерений, с данными, полученными с помощью многосеточных зондов стандартной конструкции с известной погрешностью измерений.

Личный вклад соискателя состоит в:

- в анализе наиболее перспективных существующих методик измерения распределения ионов по энергиям и плотностей токов ионов;
- в проведении обзора перспективных методов измерения доли многозарядных ионов в струях электроракетных двигателей различных типов. Также автором лично проведен подробный расчетный анализ зондов типа «Фильтр Вина» и сделаны предложения по адаптации существующей методики для решения поставленной задачи в виде разработки методики для измерения доли двухзарядных ионов холловских двигателей с напряжением разряда от 100 до 2000 В;
- в разработке и оптимизации конструкции апертурного зонда;
- в разработке и оптимизации новой методики измерения энергетического спектра ионов;
- в постановке экспериментов, которые позволили сравнить новый, разработанный автором, апертурный зонд, с многосеточным зондом стандартной конструкции.

В ходе защиты диссертации не было высказано критических замечаний, которые ставили бы под сомнение обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизну.

На заседании 21 сентября 2026 года диссертационный совет принял решение: за решение научной задачи разработки методики измерения параметров плазменных струй электроракетных двигателей с помощью принципиально нового, разработанного автором, апертурного зонда и оптимизированного фильтра Вина присудить ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 12 человек, из них 6 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 17 человек, входящих в состав совета,

проголосовали: за – 12, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Проректор по научной работе,

д.т.н., доцент



А.В.Иванов

Председатель диссертационного

совета 24.2.327.06,

д.т.н., профессор

A handwritten signature in blue ink, likely belonging to Yury A. Ravikovich.

Ю.А.Равикович

Ученый секретарь

диссертационного совета 24.2.327.06

д.т.н., доцент

A handwritten signature in blue ink, likely belonging to Vasily M. Kraev.

В.М.Краев

21 сентября 2026 г.