

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

**Диссертационный совет:** 24.2.327.06

**Соискатель:** Попов Вячеслав Юрьевич

**Тема диссертации:** Обоснование прочностного ресурса космических тепловых энергетических установок

**Специальность:** 2.5.15. — «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»

### **Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации.**

На заседании 28 декабря 2023 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 Попову Вячеславу Юрьевичу ученую степень кандидата технических наук.

**Присутствовали:** председатель диссертационного совета Равикович Ю.А., ученый секретарь диссертационного совета Краев В.М., члены диссертационного совета: Агульник А.Б., Абашев В.М., Демидов А.С., Иванов А.В., Кочетков Ю.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., Попов Г.А., Силуянова М.В., Тимушев С.Ф., Хартов С.А.

Ученый секретарь диссертационного совета  
24.2.327.06, д.т.н., доцент

Краев В.М.

Начальник отдела УДС МАИ  
Т.А. Аникина



ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.327.06,  
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 28.12.2023 г. № 59

О присуждении Попову Вячеславу Юрьевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Обоснование прочностного ресурса космических тепловых энергетических установок» по специальности 2.5.15. – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» принята к защите 23.10.2023 г., (протокол заседания № 55) диссертационным советом 24.2.327.06, созданным на базе федерального государственного бюджетного 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 Попов Вячеслав Юрьевич, 11 июня 1989 года рождения, работает руководителем направления внедрения и технического сопровождения разработок ООО «Фидесис», по совместительству работая ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ) в научно-исследовательском отделе кафедры 203 «Конструкция и проектирование двигателей летательных аппаратов» в должности ведущего инженера.

В 2012 году окончил магистратуру ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» по направлению «Прикладная

механика», диплом Н № 11984, дата выдачи 30 июня 2012 года. В 2022 году окончил очную аспирантуру ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ) по направлению 2.5.15. – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов», диплом № 107718 1244297, дата выдачи 11 июля 2022 года.

В период подготовки диссертации соискатель работал в АО «Красная Звезда» в должности главного специалиста научно-исследовательского отдела прочности, затем в ООО «Фидесис» в должностях заместителя начальника отдела тестирования и руководителя направления внедрения и технического сопровождения разработок, по совместительству работая в ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ) в научно-исследовательском отделе кафедры 203 «Конструкция и проектирование двигателей летательных аппаратов» в должности ведущего инженера.

Диссертация выполнена в ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ).

Научный руководитель – Демидов Анатолий Семенович, д.т.н., профессор кафедры 203 «Конструкция и проектирование двигателей» ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ).

Официальные оппоненты:

Никитин Илья Степанович, доктор физико-математических наук, профессор, директор ФГБУН «Института автоматизации проектирования РАН»;

Онуфриев Валерий Валентинович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Плазменные энергетические установки» ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», главный научный сотрудник Научно-исследовательского института «Энергомашиностроение» МГТУ имени Н.Э. Баумана

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», в своем положительном отзыве, подписанном Позняк Е.В., доктором технических наук, профессором кафедры «Робототехники, мехатроники, динамики и прочности машин» и утвержденным временно исполняющим обязанности проректора по научной работе Волковым А.В., указала, что диссертация Попова В.Ю. является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные результаты, имеющие важное значение при разработке космических тепловых энергетических установок, которые могут быть использованы при разработке перспективных тепловых энергетических установок нового поколения. Рассматриваемая диссертационная работа соответствует всем требованиям п.п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Попов Вячеслав Юрьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15. – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Соискатель имеет 9 работ, 7 из которых опубликованных в открытой печати, все по теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК и приравненных к ним опубликовано 3 работы: 2 – статьи в научном журнале из списка ВАК, 1 – статья в журнале, входящем в систему цитирования Scopus, 4 – тезисы докладов и материалы конференций, 2 – в иных журналах. Из 9 работ 8 написано в соавторстве, 1 работа написана без соавторов.

Данные публикации посвящены исследованиям напряженно-деформированного состояния элементов космических тепловых энергетических установок при статических и динамических нагрузках, исследованиям прочностной надежности теплообменных аппаратов (которые содержат в составе трубный пакет, нижнюю и верхнюю коммутационную камеру (ВКК)), а также практике построения конечно-элементных моделей теплообменных аппаратов.

Авторский вклад соискателя заключается в:

1. разработке параметрических моделей наиболее ответственных с точки зрения прочности элементов тепловой энергетической установки, работающих на наиболее нагруженных режимах;

2. проведении расчетных исследований прочности и надежности теплообменного аппарата, канала регулирующего стержня, элементов кинематической цепи органов регулирования, силовой проставки и рамы, шпангоутов, системы развертывания, комплекта трубопроводов и компенсационного бака;

3. подготовке методик, проведении расчетно-экспериментальных исследований и обработке результатов для теплообменного аппарата, регулирующего стержня в канале, органов регулирования и компенсационного бака с сильфонами;

4. предложении новых конструктивных решений для элементов установки, основанных на результатах проведенных расчетов прочности и топологической оптимизации;

5. разработке имитационной модели космической тепловой энергоустановки.

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

Наиболее значимые работы соискателя:

1. Глазюк Я.В., Демидов А.С., Кашелкин В.В., **Попов В.Ю.** Анализ напряженно-деформированного состояния деталей кожухотрубного теплообменника тороидальной формы, возникающего вследствие разности температур трубного пакета и корпуса // Тепловые процессы в технике. 2023. Т. 15. № 5. Сс.195-202.

2. **Попов В.Ю.** Практика геометрического и конечно-элементного моделирования кожухотрубных теплообменных аппаратов космических тепловых энергетических установок // Тепловые процессы в технике. 2023. Т. 15. № 8. Сс.357-363.

3. **Popov V.Yu., Kashelkin V.V., Fedorov M.Yu., Demidov A.S.**

Assessment of the strength reliability of high-temperature heat exchangers with long service life at the design stage // *Frattura ed Integrità Strutturale*. 2021. Vol. 55. P. 136–144. DOI: 10.3221/IGF-ESIS.55.10.

4. Кашелкин В.В., Попов В.Ю., Федоров М.Ю. Численное моделирование напряженно-деформированного состояния теплообменного аппарата с трубным пакетом // Численные методы решения задач теории упругости и пластичности. Материалы XXIV Всероссийской конференции. Научный редактор В. М. Фомин., Омск, 02–04 июня 2015 года.

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

**Отзыв на диссертацию официального оппонента Никитина И.С.,** доктора физико-математических наук, директора ФГБУН «Института автоматизации проектирования РАН» содержит замечания:

1. В работе недостаточно рассмотрен подход для изделий-аналогов, применяемый для оценки надежности в случае проектирования новых, но не полностью уникальных изделий.

2. Во второй главе приводятся кривые билинейной аппроксимации диаграмм деформирования, однако не указана используемая модель пластичности.

3. В работе приводятся конечно-элементные модели и полученное с их использованием НДС, однако ничего не сказано об исследовании сеточной сходимости.

4. На странице 37 второй главы указана ссылка на рисунок 2.1.31, с иллюстрацией предложения автора для увеличения жесткости крышек ВКК, однако такой рисунок в данной главе отсутствует (судя по контексту, речь идет о рисунке 2.1.17).

5. Иллюстрации, приведенные на рисунках 2.1.2, 2.1.11, 2.1.14, 2.1.20 и 3.2.2, имеют низкое разрешение картинки и не позволяют в достаточной степени проанализировать конструкцию. Иллюстрация 1.2.1 не позволяет проанализировать схему по той же причине.

6. В четвертой главе недостаточно раскрыта тема имитационной модели – не рассмотрены особенности и проблемы технологической реализации, не приведена конкретная информация о скорости работы данной модели на конкретных аппаратных мощностях.

**Отзыв на диссертацию официального оппонента Онуфриева В.В.,** доктора технических наук, доцента, профессора кафедры «Плазменные энергетические установки» ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», главного научного сотрудника Научно-исследовательского института «Энергомашиностроение» МГТУ имени Н.Э. Баумана содержит замечания и рекомендации:

1. Для расчета процесса релаксации в работе используется уравнение установившейся ползучести в форме, предложенной С.А. Шестириковым и М.А. Юмашевой, однако не приведено обоснование и условия, по которым выбрана именно эта форма.

2. В работе приводятся результаты расчетов напряженно-деформированного состояния, выполненных методом конечных элементов, однако не во всех случаях указаны количественные параметры конечно-элементных моделей (число узлов, число элементов); не приводятся данные об используемых вычислительных ресурсах и временных затратах, необходимых на выполнение расчетов.

3. Основная часть аналитических расчетов в работе выполнена в размерностях системы СИ, однако часть расчетов выполнены в технической системе – присутствуют размерности «кгс/см/с», что обосновано в ряде расчетов, но значительно затрудняет сквозной анализ работы; рекомендуется придерживаться одной системы единиц.

4. На рисунках 2.1.12, 2.1.15, 2.1.21 раздела 2 отмечены зоны, в которых возникают напряжения с максимальными значениями, однако увеличенных изображений этих областей не приводится, что затрудняет анализ напряженно-деформированного состояния этих участков элементов исследуемой конструкции.

5. На рисунке 2.6.2 раздела 2 приведены буквенные обозначения длин балок системы развертывания, однако числовые значения для данных величин далее не приводятся.

6. На рисунках 3.3.4 и 3.3.5 раздела 3 приводятся по три графика разного цвета, однако на обоих рисунках не указано, какой из графиков чему соответствует, что затрудняет их анализ.

**Отзыв на диссертацию ведущей организации – ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», содержит замечания:**

1. В главе 1 проводится расчетно-экспериментальное обоснование прочности и надежности элементов КТЭУ, однако отсутствуют ссылки на результаты экспериментов для конкретных материалов и элементов конструкции. Например, на рис. 1.2.4 и 1.2.5 показаны кривые длительной прочности и релаксации, даны значения напряжений, но без уточнения, откуда взяты эти данные и для какого материала. Аналогичное замечание по данным для построения билинейной диаграммы деформирования стали 08Х16Н11М3.

2. Некоторые важные формулы в постановке задачи остались без ссылок на первоисточники, например, формула (1.2.3). Здесь же необходимо было бы уточнить, что предельные и расчетные параметры  $R$  и  $F$  являются независимыми гауссовскими случайными величинами.

3. Постановка задачи, заявленная в названии п.1.4, не является ожидаемой четкой математической постановкой задачи. Основные исходные данные и описания, которые фактически и составляют постановку задачи, приводятся далее, в главе 2.

4. Во второй главе представлены результаты физически-нелинейного расчета НДС конструкции теплообменного аппарата от давления и температурных нагрузок с учетом ползучести. Желательно было бы привести обоснование применения уравнения (2.1.1).

5. Коэффициент вариации расчетных напряжений (в главах 1 и 4) должен зависеть не только от погрешности «по всем метрологическим характеристикам оборудования, на котором будут реализовываться режимы



нагрузки», но и от случайных свойств самих нагрузок с возможными аварийными режимами.

**Отзыв на автореферат диссертации ФГАОУ ВО «Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»**, составленный профессором кафедры физики прочности, доктором технических наук, почетным профессором МИФИ, заслуженным деятелем науки РФ Морозовым Евгением Михайловичем, содержит следующие замечания:

1. Для определения коэффициента вариации  $v_F$  предлагается ряд подходов, среди которых, по результатам верификации CAE Fidesys, можно получить  $v_F = 0,05$ . Было бы желательно дать краткое описание того, как этот коэффициент получен.

2. Для построения математических моделей надежности строятся схемы надежности и деревья отказов, однако ничего не сказано о критериях наступления отказа.

**Отзыв на автореферат диссертации АО «Корпорация «ВНИИЭМ»**, составленный профессором, заместителем генерального директора по научной работе, доктором технических наук, профессором Гечей Владимиром Яковлевичем, содержит следующие замечания:

1. На стр.10 автореферата указаны температуры наиболее напряженных элементов конструкции, однако недостаточно понятно, почему выбран такой температурный диапазон.

2. На рисунках 2.3 и 2.4 численные результаты исследований напряженно-деформированного состояния различных элементов конструкции плохо отображены и не позволяют оценить процессы, происходящие там.

3. На стр.19 автореферата представлена разработанная структурная схема имитационной модели тепловой энергоустановки, но не отражен личный вклад автора.

**Отзыв на автореферат диссертации ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»**, составленный профессором, заведующим кафедрой механики композитов, доктором физико-математических наук Горбачевым Владимиром Ивановичем, содержит

следующие замечания:

1. По оформлению автореферата автор не везде придерживается требований ГОСТ Р 7.0.11 – 2011 – это в первую очередь касается подрисуночных подписей, но также касается и некоторых других элементов оформления.

2. По существу материала, изложенного в автореферате, можно отметить, что не везде приводится обоснование выбора некоторых методов и подходов, например, не описано почему для расчета процесса релаксации использовано уравнение установившейся ползучести в форме, предложенной С.А. Шестериковым и М.А. Юмашевой.

**Отзыв на автореферат диссертации ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»**, составленный профессором, заведующим кафедрой «Вычислительная механика и математика», доктором физико-математических наук Глаголевым Вадимом Вадимовичем, содержит следующие замечания:

1. Ввиду очевидно большого объема проделанной работы некоторые аспекты в автореферате изложены недостаточно подробно, например, на странице 19 приведена структурная схема имитационной модели, однако, несмотря на ее наглядность, необходимо было снабдить ее хотя бы одним абзацем комментариев о подходах к ее формированию и технологии реализации.

2. На рисунке 3.1 страницы 13 представлено сравнение результатов расчета и эксперимента для теплообменного аппарата в виде набора графиков, визуально демонстрирующих хорошее совпадение, однако не хватает комментариев с указанием конкретных числовых значений погрешностей, которые были получены при сравнении.

**Отзыв на автореферат диссертации ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»**, составленный профессором, заведующим кафедрой математического моделирования и вычислительной математики, доктором физико-математических наук Зингерманом Константином Моисеевичем, содержит следующие замечания:

1. К оформлению автореферата можно сделать следующее замечание – иллюстрации некоторых результатов, например, результатов расчета напряженно-деформированного состояния, представлены в виде изображений малого размера, что затрудняет их читаемость.

2. По содержанию автореферата также можно сделать замечание – в автореферате указано, что проводились расчетные и экспериментальные исследования для времени «сброса» органов регулирования, однако не приведено сравнение этих результатов.

**Отзыв на автореферат диссертации АО «НИИ НПО «ЛУЧ»,** составленный научным руководителем отделения НТЦ «ИСТОК» по специальной тематике, кандидатом технических наук Выбыванцем Валерием Ивановичем и ведущим научным сотрудником расчетно-конструкторского отделения НТЦ «ИСТОК» Заболотским Антоном Сергеевичем:

1. Присутствует недостаточный уровень редакторской правки: например, на странице 8 рисунок 1.6 имеет подписи позиций «а» и «б», однако на самом рисунке данные позиции не обозначены. На рисунках 1.1, 1.3 и 1.4 страниц 6 и 7 подписи номерных позиций имеют заметно отличающееся форматирование.

2. По существу автореферата можно сделать замечание, что на страницах 10 и 12 приводятся результаты расчетов НДС элементов тепловой энергоустановки, однако не приводится описание граничных условий и нагрузок, при которых они были получены.

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

Выбор Никитина И.С., доктора физико-математических наук, директора ФГБУН Института автоматизации проектирования РАН в качестве официального оппонента обосновывается его высокой компетентностью в области механики деформируемого твердого тела и автоматизации расчетных исследований. За последние 5 лет Никитиным И.С. опубликовано в

рецензируемых отечественных и международных журналах 10 статей по профилю диссертации.

Выбор Онуфриева В.В., доктора технических наук, доцента, профессора кафедры «Плазменные энергетические установки» ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», главного научного сотрудника научно-исследовательского института «Энергомашиностроение» МГТУ имени Н.Э. Баумана в качестве официального оппонента обосновывается его высокой компетентностью и большим опытом в широком круге вопросов, связанных с проектированием космических энергетических установок. Компетентность Онуфриева В.В. подтверждается его публикациями. За последние 5 лет Онуфриевым В.В. было опубликовано 14 работ, посвященных различным аспектами проектирования космических энергетических установок.

Выбор ведущей организации – Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» обусловлен тем, что эта организация обладает требуемым уровнем экспертизы как в области энергоустановок различного типа, так и в области непосредственного расчетного обоснования прочности, надежности и ресурса. Специалисты ведущей организации, в том числе составивший отзыв на диссертацию, имеют широкие компетенции в вопросах разработки математических моделей конструкция различного типа и являются экспертами в области энергетических установок. Это позволяет им оценить актуальность, научную новизну и практическую значимость результатов диссертации, а также сформировать рекомендации по использованию этих результатов в промышленности.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

- разработана методика обоснования ресурса космических тепловых энергетических установок, основанная на оценке прочностной надежности элементов космической тепловой энергетической установки;

- разработана математическая модель надежности, позволяющая рассчитывать вероятность безотказной работы космических тепловых энергетических установок на различных режимах работы;

- предложены подходы к определению коэффициентов вариации, необходимые для вычисления вероятности безотказной работы, в условиях недостаточности статистических данных;

- предложен ряд конструктивных улучшений для элементов установки.

**Теоретическая значимость исследования обусловлена тем, что:**

- разработаны математические модели для вычисления прочностных характеристик элементов космической тепловой энергетической установки;

- предложены новые подходы к определению коэффициентов вариации при оценке прочностной надежности на этапе проектирования в условиях недостаточности статистических данных;

- обоснована принципиальная возможность создания космической тепловой энергетической установки с длительным ресурсом эксплуатации и высоким требуемым уровнем прочностной надежности.

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

- разработанная методика оценки прочностной надежности позволяет оценивать вероятность безотказной работы тепловых энергетических установок с учетом различных факторов и обосновывать прочностной ресурс;

- разработана цифровая имитационная модель, позволяющая анализировать прочностную надежность космической тепловой энергетической установки при изменении параметров моделей, входящих в ее состав;

- предложенные подходы к определению коэффициентов вариации для оценки прочностной надежности могут быть использованы при проектировании любой уникальной техники;

- результаты диссертационной работы Попова В.Ю. использованы в АО «Красная Звезда» при проектировании космической тепловой энергетической установки нового поколения (Акт о внедрении результатов диссертации, выдан 20.12.2022 г.).

### **Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

- корректность применения методов оценки прочности и прочностной надежности элементов космических тепловых энергетических установок;
- пригодность подходов к определению коэффициентов вариации для оценки надежности на этапе проектирования в условиях недостаточности исходных данных;
- адекватность применяемых математических и цифровых моделей, применяемых для определения количественных параметров;
- качественное (по характеру деформированного состояния) и количественное (погрешность менее 3%) совпадение результатов расчетных и экспериментальных исследований.

### **Личный вклад соискателя состоит в:**

1. разработке параметрических моделей элементов тепловой энергетической установки, работающих на наиболее нагруженных режимах;
2. предложении подходов к определению коэффициентов вариации для оценки надежности;
3. проведении расчетных исследований прочности и надежности теплообменного аппарата, канала регулирующего стержня, элементов кинематической цепи органов регулирования, силовой проставки и рамы, шпангоутов, системы развертывания, комплекта трубопроводов и компенсационного бака;
4. подготовке методик, проведении расчетно-экспериментальных исследований и обработке результатов для верификации используемых методов;
5. предложении конструктивных решений для элементов установки, основанных на результатах проведенных расчетов прочности и топологической оптимизации;
6. разработке цифровой имитационной модели космической тепловой энергоустановки.

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 28 декабря 2023 года диссертационный совет принял решение: за решение научной задачи обоснования прочностного ресурса космических тепловых энергетических установок, имеющей значение для развития направления космических тепловых энергоустановок, присудить Попову В.Ю. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 12 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 19, против - 0, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель диссертационного совета 24.2.327.06

доктор технических наук

профессор



Равикович Юрий Александрович

Ученый секретарь диссертационного совета 24.2.327.06

доктор технических наук,

доцент

28 декабря 2023 г.

Краев Вячеслав Михайлович