

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.380.01,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ  
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 25.05.2023 № 9

О присуждении Фёдорову Александру Михайловичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Усиление находящихся под нагрузкой стальных однопролётных балок с применением композитных материалов» по специальности 2.1.1. Строительные конструкции, здания и сооружения принята к защите 16 марта 2023 г. (протокол заседания №7) диссертационным советом 24.2.380.01, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 190005 г. Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, д. 4, утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 2 ноября 2012 года № 714/нк, приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10.02.2014 года №55/нк, приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19.03.2014 года №126/нк, приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 25.05.2016 года №590/нк, приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19.12.2017 года №1246/нк, приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 30.01.2019 года №37/нк, приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 26.01.2022 года №86/нк.

Соискатель Фёдоров Александр Михайлович, «23» марта 1994 года рождения.

В 2018 году соискатель с отличием окончил ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» с присвоением квалификации «Магистр» по направлению 08.04.01 «Строительство». В 2022 году соискатель окончил аспирантуру ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» по направлению подготовки 08.06.01 «Техника и технологии строительства», по образовательной программе «Строительные конструкции, здания и сооружения» (очная форма обучения).

Работает в должности заместителя начальника отдела обследований в ООО «ГЕОИЗОЛ», г. Санкт-Петербург.

Диссертация выполнена на кафедре «Строительные конструкции, здания и сооружения» ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» федерального агентства железнодорожного транспорта.

**Научный руководитель:**

– доктор технических наук, Егоров Владимир Викторович, ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», кафедра «Строительные конструкции, здания и сооружения», профессор;

– доктор технических наук, Абу-Хасан Махмуд Самиевич, ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», кафедра «Строительные конструкции, здания и сооружения», профессор.

**Официальные оппоненты:**

**Туснин Александр Романович**, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», кафедра металлических и деревянных конструкций, заведующий;

**Салахутдинов Марат Айдарович**, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», кафедра металлических конструкций и испытания сооружений, доцент

**дали положительные отзывы на диссертацию.**

**Ведущая организация** ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, г. Томск, в своём положительном отзыве, подписанном Пляскиным Андреем Сергеевичем (кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Металлические и деревянные конструкции») указала, что диссертационная работа по содержанию, объёму и научной новизне соответствует требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842 «О порядке присуждения учёных степеней» (в ред. от 26.09.2022 г.), а её автор, Фёдоров Александр Михайлович, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.1.1. Строительные конструкции, здания и сооружения. Отзыв на диссертацию и автореферат рассмотрен и одобрен на заседании кафедры металлических и деревянных конструкций Томского государственного архитектурно-строительного университета «29» марта 2023 г., протокол № 6.

Соискатель имеет 29 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 15 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 7 работ.

**Работы, опубликованные в ведущих рецензируемых научных изданиях из перечня, размещённого на официальном сайте Высшей аттестационной комиссии:**

1. Федоров, А.М. Поиск рационального расположения стеклопластиковых уголков Pultra для повышения устойчивости стенки стальной двутавровой балки / А. М. Федоров // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2022. – №4 (1052). – С. 55-59 (авторский вклад 100%).

2. Федоров, А.М. Оценка эффективности повышения устойчивости стальной стенки двутавровой балки композитными пластинами особой формы / А. М. Федоров // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2022. – № 4(1052). – С. 25-29 (авторский вклад 100%).

3. Фёдоров, А.М. Анализ зон эффективного усиления стальной стенки гибридной балочной строительной конструкции композитными материалами / А. М. Федоров // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2021. – № 5(1041). – С. 52-57 (авторский вклад 100%).

4. Егоров, В.В. Поиск рациональной формы внутреннего типа усиления гибридной балочной строительной конструкции из композитного материала / В. В. Егоров, М. С. Абу-Хасан, А. М. Федоров // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2021. – № 9(1045). – С. 33-37 (авторский вклад 30%).

5. Федоров, А.М. Применение композитов для изготовления гибридных строительных конструкций / А. М. Федоров, Е. И. Никонова, А. Саратовцева, А. И. Чернявская // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2019. – № 12(1024). – С. 24-25 (авторский вклад 25%).

6. Федоров, А.М. Поиск рациональных форм усиливающих композитных элементов гибридных балочных строительных конструкций / В. В. Егоров, М. С. Абу-Хасан, А. М. Федоров // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2021. – № 9(1045). – С. 24-29 (авторский вклад 30%).

7. Федоров, А.М. Классификация соединений композитных и стальных пластин в гибридных конструкциях с внешним типом усиления композитными материалами / В. В. Егоров, М. С. Абу-Хасан, А. М. Федоров // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2021. – № 8(1044). – С. 32-34 (авторский вклад 30%).

#### **Патенты:**

8. Балка композиционной структуры: пат. 2771153 Рос. Федерация, N 2021131635; заявл. 27.10.2021; опубл. 27.04.2022 / В. В. Егоров, А. М. Федоров, М. С. Абу-Хасан. Бюл. N 12 (авторский вклад 30%).

9. Балка композиционной структуры: пат. 2745288 Рос. Федерация, N 2020132581; заявл. 01.10.2020; опубл. 23.03.2021 / В. В. Егоров, А. М. Федоров. Бюл. N 9 (авторский вклад 50%).

**Работы, опубликованные в других изданиях:**

10. Федоров, А.М. Анализ влияния гибридных конструкции на несущую способность конструктивной системы / А. М. Федоров, М. С. Абу-Хасан, В. В. Егоров // Транспорт: проблемы, идеи, перспективы: сборник трудов LXXXIX Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (Санкт-Петербург, 15–22 апреля 2019 г.). – СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2019. – С. 68-71 (авторский вклад 30%).

11. Федоров, А.М. Гибридные конструкции для зданий и сооружений / В. В. Егоров, М. С. Абу-Хасан, А. М. Федоров // Проблемы и достижения в области строительного инжиниринга: сборник материалов внутрифакультетской научной конференции, посвященный 210-летию Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I и 155-летию кафедры «Здания» (Санкт-Петербург, 17 апреля 2019 г.). – СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2019. – С. 40-44 (авторский вклад 30%).

12. Федоров, А.М. Формирование зон эффективного усиления стальной стенки гибридной балочной строительной конструкции композитными материалами / М. С. Абу-Хасан, А. М. Федоров // III Бетанкуровский международный инженерный форум: сборник трудов (Санкт-Петербург, 02–03 декабря 2021 г.). – СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2021. – С. 25-27 (авторский вклад 50%).

13. Федоров, А.М. Основные тенденции развития форм усиливающих композитных элементов гибридных балочных строительных конструкций / М. С. Абу-Хасан, А. М. Федоров // III Бетанкуровский международный инженерный форум: сборник трудов (Санкт-Петербург, 02–03 декабря 2021 г.). – СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2021. – С. 22-25 (авторский вклад 50%).

14. Федоров, А.М. Исследование особенностей поведения внутренних усиления гибридной балочной строительной конструкции из композитного материала / М. С. Абу-Хасан, А. М. Федоров // III Бетанкуровский международный инженерный форум: сборник трудов (Санкт-Петербург, 02–03 декабря 2021 г.). – СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2021. – С. 19-22 (авторский вклад 50%).

15. Федоров, А.М. Усиления стальной стенки гибридной балочной строительной конструкции композитными материалами / В. В. Егоров, М. С. Абу-Хасан, А. М. Федоров // Инновационные технологии в строительстве и геоэкологии: материалы VIII Международной научно-практической интернет-конференции (Санкт-Петербург, 23 июня 2021 г.). – М.: ООО «Издательство "Спутник+», 2021. – С. 10-15 (авторский вклад 30%).

**На диссертацию и автореферат поступили отзывы:**

1. ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», профессор кафедры строительных конструкций, кандидат технических наук по специальности 05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения, доцент **Корсун Наталья Дмитриевна**.

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

– Согласно иллюстрациям (рис 2, 3) испытываемые образцы балок изготовлены со стенкой высокой гибкости, при этом без рёбер жёсткости, что логично, так как цель испытаний заключается в фиксации деформаций стенки. У балок незначительная ширина сжатого пояса, при этом нет раскреплений сжатого пояса из плоскости изгиба. То есть у балки при испытании с равной вероятностью может произойти потеря местной устойчивости стенки или потеря общей устойчивости. Как эта проблема была решена при испытаниях?

– Как автор исследования объясняет начальную деформацию стенки балки в месте приложения нагрузки (рис. 4, б) и над правой опорой (рис. 4, в) с последующим её уменьшением, затем возвращением деформаций и их приростом?

– Усиление стенки балки испытываемого образца прямоугольными композитными пластинами выполнено перед началом нагружения (с. 15). Какую технологию усиления стенки балки прямоугольными композитными пластинами автор предлагает для случая усиления под нагрузкой?

2. ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет», г. Хабаровск, профессор кафедры «Автомобильные дороги», доктор технических наук, доцент **Белуцкий Игорь Юрьевич**.

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

– В автореферате не отражена информация о традиционных вариантах усиления стальных балок, какие методы усиления к ним относятся?

– Возможно ли применить разработанный метод усиления композитными пластинами для прокатных стальных балок?

3. ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», г. Челябинск, профессор и ведущий научный сотрудник кафедры «Строительные материалы и изделия», доктор технических наук по специальности 05.23.05 – Строительные материалы и изделия, профессор **Крамар Людмила Яковлевна**.

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

– В разделе 3 автореферата анализируется влияние 2 геометрических параметров композитных пластин, усиливающих стенку балки, на величину критической нагрузки. Почему для случая исследования влияния параметра толщины пластин проанализированы 2 вида композитных материалов, а для случая параметра высоты пластин только 1 вид?

– Возможно ли применить разработанный метод усиления, например, для стальных сжатых элементов, колонн, стоек?

4. ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения», декан факультета «Строительство железных дорог», доцент кафедры «Путь и путевое хозяйство», заместитель директора Восточно-Сибирского бюро проектирования транспортных систем УНИР ИрГУПС, кандидат технических наук по специальности 05.22.06 – Железнодорожный путь, изыскание и проектирование железных дорог, доцент **Филатов Евгений Валерьевич**; профессор кафедры «Строительство железных дорог, мостов и тоннелей», директор Восточно-Сибирского бюро проектирования транспортных систем, доктор технических наук по специальности 05.22.06 – Железнодорожный путь, изыскание и проектирование железных дорог, доцент **Подвербный Вячеслав Анатольевич**.

*Отзыв положительный, замечаний нет.*

5. ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения», г. Новосибирск, доцент кафедры «Здания, строительные

конструкции и материалы», кандидат технических наук **Пичкурова Наталья Сергеевна**:

*Отзыв положительный, замечаний нет.*

6. ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», г. Владивосток, профессор военного учебного центра, доктор технических наук по специальности 2.1.5. – Строительные материалы и изделия, доцент **Федюк Роман Сергеевич**.

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

– Размер автореферата 28 страниц превышает средний объем авторефератов по научной специальности. К примеру, на с. 22 большая часть страницы не заполнена.

– Я в автореферате не увидел разделов «Рекомендации по применению результатов» и «Перспективы дальнейших исследований».

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается** их широкой известностью в данной области науки, участием в создании нормативно-технической базы на территории Российской Федерации, разработкой научных основ в области проектирования строительных конструкций с применением композитных материалов, в том числе, в усилении стальных конструкций композитными материалами, способностью определить научную, теоретическую и практическую ценность диссертационной работы, актуальностью их научных публикаций по теме исследования.

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

**разработан** новый метод усиления стенки стальной балки элементами, выполненными из полимерных волокнисто-армированных композитных материалов;

**предложены** новые экспериментальные и теоретические данные о повышении устойчивости стенки стальной балки при её усилении композитными элементами разной формы, определена взаимосвязь между параметрами усиливающих элементов и величиной критической нагрузки потери устойчивости усиленной стенки балки, разработано формульное



выражение, позволяющее на начальных этапах проектирования определить значение требуемой толщины усиливающих стенок балки композитных пластин;

**доказана** необходимость применения элементов, выполненных из композитных материалов, для повышения устойчивости усиливаемой ими стенки стальной балки при обеспечении их совместного взаимодействия;

**введены** методы определения значений критической нагрузки потери устойчивости стенки стальной балки, усиленной композитными элементами, которые экспериментально и теоретически обоснованы.

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

**доказана** эффективность применения элементов, выполненных из полимерных волокнисто-армированных композитных материалов разной формы, для повышения устойчивости усиливаемой ими стенки стальной балки;

**применительно к проблематике диссертации результативно использованы** экспериментальные методы исследования оценки устойчивости стенки балки, усиленной композитными элементами, а также теоретические методы анализа, как аналитические, так и численные, основанные на применении метода конечных элементов для определения напряжённо-деформированного состояния усиленной конструкции на разных этапах её нагружения, вплоть до момента её потери устойчивости;

**изложены** положения экспериментальных и теоретических исследований, посвящённых определению зависимостей между параметрами композитных элементов и величиной критической нагрузки потери устойчивости стенки стальной балки, усиленной ими;

**раскрыты** параметры композитных элементов, которые определяют устойчивость усиленной стенки стальной балки, а также их влияние на напряжённо-деформированное состояние усиленной конструкции;

**изучена** при проведении экспериментальных и расчётно-теоретических исследований взаимосвязь между величиной критической нагрузки потери устойчивости стенки стальной балки, а также параметрами композитных

элементов, усиливающих её, такими как: форма, толщина, высота, модуль упругости;

**проведена модернизация** существующих конструктивных решений по усилению стальной балки с применением полимерных волокнисто-армированных композитных элементов.

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

**разработаны и внедрены** инженерно-технические решения в учебный процесс при подготовке бакалавров соответствующих направлений ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», что документально подтверждается актом о внедрении;

**определены** дальнейшие перспективы развития темы исследования, связанные с разработкой новых конструктивных решений повреждённых стальных конструкций с применением композитных материалов, новых конструктивных решений комбинированных сжатых стержней, с совершенствованием методов построения расчётных моделей комбинированных конструкций в программных вычислительных комплексах;

**созданы:** метод повышения устойчивости стенки стальной балки с применением композитных материалов, методика определения значения требуемой для усиления стенки балки толщины применяемых композитных пластин, рекомендации о рациональности применения исследованного метода усиления для стальных балок 1-го и 2-го классов;

**представлено** на основе технико-экономической оценки эффективности исследуемого варианта усиления композитными материалами предложение по развитию дальнейшей сферы их применения в области усиления стальных балок 2-го класса.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**для экспериментальных исследований,** полученных на сертифицированном оборудовании и приборах, их удовлетворительное

согласие с результатами численных расчётов моделей испытанных конструкций, реализованных с помощью программного комплекса Ansys;

**теория** построена на известных положениях механики твёрдого деформируемого тела, с применением методов расчёта, определённых нормами проектирования стальных и композитных конструкций;

**идея базируется** на анализе и обобщении отечественного и зарубежного передового опыта в области проектирования комбинированных конструкций, выполненных из стали и композитных материалов, совершенствовании нормативной документации, действующей на территории Российской Федерации и определяющей порядок расчёта и проектирования композитных несущих конструкций;

**использовано** сравнение численных и экспериментальных исследований, посвящённых оценке изменения критической нагрузки потери устойчивости стенки стальной балки в случаях её усиления элементами из композитных материалов;

**установлены** закономерности влияния параметров композитных элементов, применяемых для усиления стенки стальной балки, на величину критической нагрузки потери её устойчивости;

**использованы** современные методики сбора, интерпретации, передачи и обработки информации по теме исследования, а также сертифицированные программно-вычислительные комплексы.

**Личный вклад соискателя состоит в:** составлении целостного обзорного текста, выполненного на основе изучения существующих методов усиления стальных конструкций, а также анализе возможностей применения композитных материалов, разработанных на территории Российской Федерации; проведении экспериментального исследования по определению устойчивости стенки стальной балки, выполненной как с усилением композитными элементами разной формы, так и без усиления; применении численных методов исследования с применением программного комплекса Ansys с получением результатов напряжённо-деформированного состояния испытанных конструкции и последующим их сопоставлением с экспериментальными данными; выполнении теоретического исследования с

применением как аналитических, так и численных методов по определению влияния параметров композитных пластин, применяемых для усиления стенки стальной балки; в разработке формульного выражения, позволяющего на начальных этапах проектирования усиления стенки стальной балки композитными пластинами определить значение их требуемой для выполнения усиления толщины; в выполнении оценки техно-экономической эффективности по критерию себестоимости разработанного варианта усиления с применением композитных пластин в сравнении с традиционным вариантом усиления установкой стальных рёбер; подготовке публикаций и проведении информационно-аналитического исследования патентной документации по теме диссертации; формулировании выводов, соответствующих содержанию и логике диссертации.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. Неубедительный для меня технико-экономический расчёт, вы посмотрели, сравнили стальные рёбра и пластины, разница в третьей значащей цифре, то есть в пределах погрешности.

2. У вас 6 вывод, вы говорите, что изменение значения критической нагрузки, при которой происходит потеря устойчивости усиленной стенки балки, прямо пропорционально изменению геометрических параметров. Почему прямая зависимость? Почему не квадратная?

3. Вы пишете в своём автореферате, что у вас 2 патента, оба имеют одинаковое наименование, вы нам рассказываете про одно решение, почему второе утаили?

Соискатель Фёдоров А.М. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию:

1. Тем не менее расчёт показал, что данные по себестоимости усиления – они сопоставимы.

2. В случае анализа параметра минимальной высоты композитного элемента были построены ряд расчётных моделей, в которых стенка балки была усилена композитными пластинами, имеющими разную высоту. Увеличение минимальной высоты композитной пластины приводит к росту

устойчивости стенки балки, крайним случаем является усиление стенки балки прямоугольными пластинами, когда высота композитной пластины на всех участках одинакова, максимальная. Сделаны рекомендации, согласно которым логично применение композитных элементов при отношении минимальной высоты композитной пластины к высоте стенки, на рисунке 30 показан этот параметр, который должен быть не больше половины высоты стенки балки. Причина этого – расположение композитного материала в зоне действия растягивающих напряжений нерационально для повышения устойчивости стенки балки.

Касательно влияния изменения толщины композитной пластины при назначении критической нагрузки, здесь я должен отметить, что зависимость на рассмотренном диапазоне значений усиления близка к линейной, но не является ей. Мной в рамках дополнительного исследования, которое я не успел внести в рамки текущего исследования, я рассматривал возможность усиления композитными пластинами большей толщины. И при усилении композитными пластинами большей толщины наблюдается, что эта зависимость отличается от линейной и больше приобретает вид квадратичной функции.

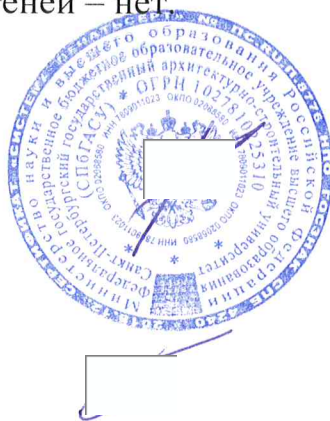
3. В рамках исследования изначальная цель была – проанализировать применения 3 типов композитных элементов, которые можно применить для усиления. Были рассмотрены линейные элементы – это рёбра. Были рассмотрены плоскостные элементы – композитные пластины. Дополнительно в рамках исследования я проводил анализ возможности применения объёмных композитных элементов, изготовленных методом намотки. К сожалению, к тематике диссертации, связанной именно с усилением эксплуатируемых конструкций стальных балок, применение объёмных элементов невозможно, но их можно применить на этапе изготовления конструкции. Я добавил информацию об этом исследовании в приложение диссертационного исследования и вынес этот патент, как второй отдельный.

На заседании 25 мая 2023 года диссертационный совет принял решение: за решение актуальной научно-практической задачи по

обеспечению устойчивости стенки стальной балки за счёт её усиления полимерными волокнисто-армированными композитными элементами, имеющей большое значение для развития методов усиления в области строительства, присудить Фёдорову А.М. учёную степень кандидата технических наук по специальности 2.1.1. Строительные конструкции, здания и сооружения.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 8 докторов наук по специальности 2.1.1. Строительные конструкции, здания и сооружения, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 13, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель  
диссертационного совета



Морозов Валерий Иванович

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Попов Владимир Мирович

25 мая 2023 г.