

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: 24.2.327.09

Соискатель: Куприянова Янина Алексеевна

Тема диссертации: Методика рационального проектирования конструктивно-технологических решений силовых конструкций летательных аппаратов с использованием топологической оптимизации

Специальность: 2.5.13. «Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов»

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:

На заседании 21 ноября 2024 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация полностью удовлетворяет пунктам 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, и принял решение присудить Куприяновой Янине Алексеевне ученую степень кандидата технических наук.

Присутствовали:, д.т.н., проф. В.Н. Евдокименков, к.т.н., доц. Д.Ю. Стрелец, д.т.н., проф. О.М. Алифанов, д.т.н., доц. А.Г. Викулов, д.т.н. Л.М. Гавва, д.т.н., проф. В.Г. Дмитриев, д.т.н., доц. В.М. Краев, д.ф.-м.н. А.Л. Медведский, д.т.н., доц. О.В. Митрофанов, д.т.н., доц. А.М. Молчанов, д.т.н., проф. А.В. Ненарокомов, д.т.н., проф. С.Г. Парафесь, д.ф.-м.н., проф. Л.Н. Рабинский, д.т.н., проф. М.В. Силуянова, д.ф.-м.н., доц. Г.В. Федотенков, д.т.н., проф. В.В. Фирсанов.

Ученый секретарь диссертационного совета
24.2.327.09, к.т.н., доцент



Д.Ю. Стрелец

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.327.09,
созданного на базе Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования «Московский
авиационный институт (национальный исследовательский университет)»
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации
(МАИ),

по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 21.11.2024 г. № 17-24

О присуждении **Куприяновой Янине Алексеевне**, гражданке
Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Методика рационального проектирования
конструктивно-технологических решений силовых конструкций летательных
аппаратов с использованием топологической оптимизации» по специальности
2.5.13. – «Проектирование, конструкция, производство, испытания и
эксплуатация летательных аппаратов» принята к защите 5 июля 2024 г.,
протокол заседания № 6-24, диссертационным советом 24.2.327.09, созданным
на базе Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)» (МАИ, Московский
авиационный институт), 125993, Москва, Волоколамское шоссе, 4, приказ
Минобрнауки России о создании совета № 1738/нк от 13.12.2022 г., приказ о
внесении изменений в состав совета №1326/нк от 22.06.2023 г., приказ о
внесении изменений №1986/нк от 18.10.2023 г.

Соискатель Куприянова Янина Алексеевна, 13 июня 1996 года
рождения.

В 2019 году окончила федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования «Московский
авиационный институт (национальный исследовательский университет)»,
специалитет по направлению подготовки 24.05.01 «Проектирование,
производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов»
(диплом специалиста 107718 1077199, регистрационный номер 2019/6О-061Д
от 30 января 2019 года). В 2023 году окончила обучение в аспирантуре
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Московский авиационный институт (национальный
исследовательский университет)» по направлению подготовки 24.06.01 –
«Авиационная и ракетно-космическая техника» (диплом об окончании
аспирантуры 107733 0004342, регистрационный номер 2023/6А-469Д от
06 июля 2023 года).

В настоящее время соискатель Куприянова Янина Алексеевна работает

в должности инженера-конструктора 2 категории в отделе корпуса и наземного оборудования публичного акционерного общества «Долгопрудненское научно-производственное предприятие» (ПАО «ДНПП»).

Диссертация выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации на кафедре 602 «Проектирование и прочность авиационно-ракетных и космических изделий» Института №6 «Аэрокосмический».

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры 602 «Проектирование и прочность авиационно-ракетных и космических изделий» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Парафесь Сергей Гаврилович.

Официальные оппоненты:

1. **Ветров Вячеслав Васильевич** – гражданин Российской Федерации, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ТулГУ»), г. Тула, профессор кафедры «Ракетное вооружение».

2. **Раков Дмитрий Леонидович** – гражданин Российской Федерации, кандидат технических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт машиноведения им. А. А. Благонравова Российской академии наук (ИМАШ РАН), г. Москва, старший научный сотрудник.

Все оппоненты дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация – Акционерное общество «Государственное машиностроительное конструкторское бюро «Вымпел» им. И.И. Торопова», г. Москва, в своем положительном отзыве, обсужденном на заседании НТС АО «ГосМКБ «Вымпел» им. И.И. Торопова» (Протокол № 42 от 01.11.2024), подписанном директором Научно-исследовательского испытательного комплекса, доктором технических наук Ермолаевым А.Ю., заверенном секретарем НТС, кандидатом технических наук Синициным Н.В. и утвержденном председателем НТС, заместителем генерального директора по НИОКР АО «ГосМКБ «Вымпел» им. И.И. Торопова», кандидатом технических наук Беляевым А.Н., указала, что представленная к защите диссертационная работа отвечает всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842, с изменениями, которые установлены

Постановлением Правительства РФ от 20.03.2021 № 426, а её автор, Куприянова Янина Алексеевна, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.13. «Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов»

Соискатель имеет 17 опубликованных работ по теме диссертации, включающих 4 статьи, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации по специальности 2.5.13., 1 статью в журнале, индексируемом в международной реферативной базе данных Scopus, 1 статью в сборнике трудов конференции. Наиболее значимыми научными работами по теме диссертации являются:

Статьи в рецензируемых журналах Перечня ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации.

1. Куприянова Я.А. Проектирование термомеханического хомутового стыка из материалов с эффектом памяти формы для беспилотных летательных аппаратов. Научный Вестник МГТУ ГА. 2022. Т. 25(1). С. 89–99.

2. Куприянова Я.А. Методика проектирования конструктивно-силовой схемы несущей поверхности малого удлинения с использованием топологической оптимизации. Инженерный журнал: наука и инновации. 2022. № 9. С. 1–13.

3. Куприянова Я.А., Парафесь С.Г. Формирование конструктивно-технологического решения аэродинамического руля с использованием топологической оптимизации. Инженерный журнал: наука и инновации. 2023. № 5. С. 1–15.

Соискатель в данной статье, опубликованной в соавторстве с научным руководителем, разработал алгоритм проектирования конструктивно-технологического решения аэродинамического руля и структуры конечно-элементной модели, выполнил расчет напряженно-деформированного состояния исследуемых конструкций и топологической оптимизации в среде программного комплекса ANSYS, определил значения собственных частот колебаний руля изгибной и крутильной формы.

4. Акимов В.Н., Куприянова Я.А., Парафесь С.Г. Рациональное проектирование конструкции аэродинамического руля с учетом прочности, жесткости и аэроупругой устойчивости. Научный Вестник МГТУ ГА. 2024. Т. 27(2). С. 43–59.

Соискатель в данной статье разработал методику проектирования силового каркаса руля с использованием топологической оптимизации, разработал конечно-элементные модели, выполнил расчет напряженно-деформированного состояния исследуемых конструкций и топологической

оптимизации в среде программного комплекса ANSYS, и определил значения характеристик руля: моментов инерции, статических моментов, частот изгибных и крутильных колебаний руля.

Статьи в журналах, индексируемых в международной системе цитирования Scopus.

1. Kupriyanova Y.A., Parafes' S.G. Design of the strength frame of the aerodynamic rudder using the topological optimization method. Aerospace Systems, 2024, 7, страницы 123–130.

Соискатель в данной статье, подготовленной в соавторстве с научным руководителем, разработал модели аэродинамического руля, провел расчет напряженно-деформированного состояния и топологическую оптимизацию исследуемых конструкций в среде программного комплекса ANSYS и определил частоты изгибных и крутильных колебаний руля.

В диссертационной работе отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты, представленные в диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили следующие отзывы:

1. **Акционерное общество «Государственное машиностроительное конструкторское бюро «Вымпел» им. И.И. Торопова»,** ведущая организация. **Отзыв положительный.** Подписан директором Научно-исследовательского испытательного комплекса, доктором технических наук Ермолаевым А.Ю., заверен секретарем НТС, кандидатом технических наук Синициным Н.В. и утвержден председателем НТС, заместителем генерального директора по НИОКР АО «ГосМКБ «Вымпел» им. И.И. Торопова», кандидатом технических наук Беляевым А.Н.

К диссертации имеются следующие замечания:

- из текста работы не ясно, по какому принципу производится ручное определение узловых координат на отображении результата топологической оптимизации;
- в тексте работы не в полной мере отражен вопрос о возможности автоматизации построения границ силовых элементов (в целях сокращения времени на проектирование);
- в связи с расширением применения композиционных материалов в силовых элементах БЛА считаем целесообразным (в продолжении научной работы) оценить перспективы применения к ним данной методики.

2. **Ветров Вячеслав Васильевич,** официальный оппонент, доктор технических наук. **Отзыв положительный,** заверен специалистом по кадровой работе Докторовой М.Б.

К диссертации имеются следующие замечания:

- В первой главе диссертации, на основе анализа известных литературных источников, целесообразно было бы подвести к необходимости постановки решаемой далее научно-технической задачи. Желательно иметь развернутые выводы по каждой главе.

- В работе не приводится сравнение используемого в методике алгоритма постобработки с другими существующими методами постобработки результата ТО.

- Пункт 4 Заключения не отражает в полной мере результатов применения предлагаемой методики к проектированию панели для вертолета (раздел 3.3) в части вариативности ее топологии и соответствующих ей проектных параметров. Спорным является утверждение оптимальности одного из вариантов. На рисунке 3.17 перепутаны цветовые обозначения $\Delta\sigma$ и Δm .

- Заявленная во введении новизна предлагаемой конструкции руля должна подтверждаться патентом на полезную модель или на изобретение.

- В диссертации не исследовано влияние дивергенции на проектируемую конструкцию крыла малого удлинения.

- Четко не определены границы применения предложенной методики.

3. **Раков Дмитрий Леонидович**, официальный оппонент, кандидат технических наук. **Отзыв положительный**, заверен заместителем начальника отдела кадров Демидовой С.И.

К диссертации имеются следующие замечания:

- Недостаточно показано соотношение структурного синтеза и параметрической оптимизации, употребление термина «концептуальное проектирование» возможно, но более классическим является «техническое предложение» или «предэскизное проектирование» (Егер С.М.).

- Не указаны критерии выбора итогового объема конструкции при решении задачи топологической оптимизации.

- Для параметрической оптимизации автором выбран метод случайного поиска. Не приводится сравнение предложенного метода с другими методами оптимизации.

4. **Филиал акционерного общества «НПО Лавочкина»**, г. Калуга, отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан ведущим конструктором сектора конструирования наземных систем Филиала АО «НПО Лавочкина» в г. Калуга, кандидатом технических наук Штокалом А.О., заверен заместителем главного конструктора Филиала АО «НПО Лавочкина» в г. Калуга Никишкиным Е.А.

По тексту автореферата имеются следующие замечания:

- Одним из определяющих параметров, влияющих на применение конкретных традиционных или аддитивных технологий изготовления, является тип производства, с его выбора должен начинаться процесс адаптации полученного в результате топологической оптимизации конструктивно-технологического решения к реальному производству с обязательным учетом имеющегося в наличии технологического оборудования.

- Важной эксплуатационной характеристикой разрабатываемого летательного аппарата является его надежность (или живучесть, если рассматривать боевые условия), данный параметр необходимо учитывать при поиске конструктивно-технологического решения наряду с жесткостью, прочностью конструктивных элементов и минимизацией массы летательного аппарата.

5. Акционерное общество Центр высокопрочных материалов «Армированные композиты» (АО ЦВМ «Армоком»), отзыв на автореферат. Отзыв положительный, подписан начальником научно-исследовательского отдела, кандидатом технических наук Заикиным С.В, утвержден генеральным директором АО ЦВМ «Армоком», главным конструктором по системе защиты боевой экипировки военнослужащих, доктором технических наук, профессором, лауреатом Государственной премии СССР, трижды лауреатом премии Правительства РФ, заслуженным деятелем науки РФ, академиком РАН Харченко Е.Ф.

По тексту автореферата имеются следующее замечание:

- Предложенная методика проверена натурными экспериментами только на одном расчетном примере, однако было бы интересно получить экспериментальные подтверждения эффективности остальных спроектированных деталей и узлов.

6. Публичное акционерное общество «Долгопрудненское научно-производственное предприятие» (ПАО «ДНПП»), отзыв на автореферат. Отзыв положительный, обсужден и одобрен на секции НИОКР НТС ПАО «ДНПП» (Протокол №8/2024 от 21.10.2024г.), подписан заместителем главного конструктора Фокиным А.С., начальником отдела 281 Бобыревым В.М., инженером-конструктором I категории, кандидатом технических наук Виндекером А.В., заверен начальником отдела кадров Поляковой Л.А., утвержден генеральным директором, доктором технических наук Мартыновым О.Ю.

По тексту автореферата имеются следующие замечания:

- Из автореферата не ясно, как с учетом ТО производится выбор материалов для элементов конструкции беспилотного ЛА.

- В автореферате не уточнено, как при ТО учтены требования по обеспечению температурных, ударных, вибрационных и других эксплуатационных воздействий, испытываемых беспилотным ЛА при его применении.

- Для наглядного восприятия материалов при формировании КТР целесообразно было бы сопоставить их с этапами на представленных блок-схемах методики рационального проектирования.

7. Акционерное общество «Центральный научно-исследовательский институт специального машиностроения», отзыв на автореферат. Отзыв положительный, подписан главным научным сотрудником АО «Центральный научно-исследовательский институт специального машиностроения», доктором технических наук по специальности 2.5.14 – Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов Азаровым А.В., заверен секретарем НТС АО «ЦНИИСМ» Красновой Г.В.

По тексту автореферата имеются следующие замечания:

- В настоящее время ряд коммерческих программных продуктов, реализующих алгоритмы топологической оптимизации, позволяет учесть ограничения по прочности непосредственно в процессе топологической оптимизации. В связи с этим было бы целесообразно оценку прочности проводить сразу при оптимизации, а не отдельно.

- При проведении параметрической оптимизации конструкции в качестве основного ограничения выступает прочность. Однако, результатом топологической оптимизации зачастую являются конструкции, состоящие из достаточно тонких и длинных ребер, которые могут терять устойчивость при нагружении. Таким образом, помимо оценки прочности необходима оценка устойчивости элементов конструкции.

8. Акционерное общество «Корпорация «Тактическое ракетное вооружение», отзыв на автореферат. Отзыв положительный, подписан заместителем генерального конструктора Акционерного общества Корпорация «Тактическое ракетное вооружение», кандидатом технических наук Ефремовым В.А.

По тексту автореферата имеются следующие замечания:

- Из текста автореферата не ясно, изменение каких граничных условий исследовалось при проектировании бронепанели;

- В автореферате не представлены рекомендации по выбору критериев параметрической оптимизации элементов конструкции;

- Автором в автореферате недостаточно подробно изложены этапы постобработки результатов и параметрической оптимизации.

9. **Публичное акционерное общество «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королева**», отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан ведущим научным сотрудником отдела прочности конструкций ПАО «РКК «Энергия», кандидатом технических наук Муляром С.Г., заверен ученым секретарем ПАО «РКК «Энергия», доктором физико-математических наук Хатунцевой О.Н.

По тексту автореферата имеются следующие замечания:

- Нет строгого определения понятия «интерпретация результата оптимизации» на этапе постобработки результата оптимизации. Не ясно, возможно ли провести этот этап в автоматическом режиме.
- Из автореферата не ясно, возможно ли применение предложенной методики проектирования при изменении целевой функции топологической оптимизации.

10. **Опытно-конструкторское бюро имени А. Люльки филиал ПАО «ОДК-УМПО»**, отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан начальником бригады статической прочности опытно-конструкторского бюро имени А. Люльки филиал ПАО «ОДК-УМПО», кандидатом технических наук (05.03.01) Гущиным А.Ю., заверен начальником отдела кадров опытно-конструкторского бюро имени А. Люльки филиал ПАО «ОДК-УМПО» Самсоновой Т.Г.

По тексту автореферата имеются следующие замечания:

- Следует добавить в алгоритм и блок-схему методики расчет напряженно-деформируемого состояния окончательной конструкции с учетом технологических возможностей;
- В автореферате недостаточно подробно описана целевая функция и параметры оптимизации;
- Автором недостаточно подробно проработан вопрос исследования механических свойств, а, следовательно, и требований прочности деталей, изготовленных по аддитивной технологии.

11. **Акционерное общество «Уральский завод гражданской авиации»**, отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан ведущим инженером-конструктором, кандидатом технических наук Чучкаловым И.Б., начальником отделения прочности Валюжинич Д.В., утвержден первым заместителем генерального директора – исполнительным директором Шиловым О.А.

По тексту автореферата имеются следующие замечания:

- Не в полной мере рассматривается влияние геометрических параметров конструкции, условий нагружения на результат топологической оптимизации;

- В автореферате не представлена информация о сходимости задачи топологической оптимизации, о размерности моделей, не указаны значения параметров оптимизации.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты имеют большой опыт в исследовании задач проектирования летательных аппаратов и их систем, опубликовали значительное количество работ, близких к теме диссертации, а ведущая организация имеет достижения в области проектирования силовых агрегатов планера летательных аппаратов, о чем свидетельствуют имеющиеся научные труды и публикации сотрудников ведущей организации.

АО «ГосМКБ «Вымпел» им. И.И. Торопова» – ведущее российское предприятие в области разработки и производства авиационного вооружения. Отзыв на диссертационную работу подписан учеными, которые имеют опыт в проектировании, изготовлении и испытании беспилотных летательных аппаратов.

Ветров Вячеслав Васильевич – доктор технических наук, автор многочисленных научных публикаций по тематике повышения баллистической эффективности летательных аппаратов.

Раков Дмитрий Леонидович – кандидат технических наук, специалист в области структурной и параметрической оптимизации летательных аппаратов, что подтверждается многочисленными публикациями, тематика которых связана с направлением исследований диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, на основании выполненных соискателем исследований разработана новая методика рационального проектирования авиационных силовых конструкций и предложены новые конструктивные решения для повышения весовой эффективности летательных аппаратов.

Новизна полученных результатов заключается в том, что:

1. Разработаны новые конечно-элементные модели основных агрегатов планера летательного аппарата и новый алгоритм постобработки результатов топологической оптимизации с использованием метода аппроксимации функций; сформулирован порядок формирования силовой схемы в задаче топологической оптимизации модели с неизвестными начальными параметрами проектирования, что позволило усовершенствовать метод топологической оптимизации применительно к авиационным силовым конструкциям.

2. Разработана новая методика рационального проектирования конструктивно-технологических решений силовых конструкций летательных аппаратов, учитывающая технологическую проработку конструктивно-

технологических решений, предназначенных как для традиционных, так и для аддитивных способов изготовления.

3. Разработаны новые конструктивно-технологические решения шпангоутов, крыла и силовой панели летательных аппаратов в ходе исследования задач рационального проектирования с учетом жесткости, прочности и минимума массы.

4. Разработано новое конструктивно-технологическое решение аэродинамического руля с учетом жесткости, прочности, аэроупругой устойчивости и минимума массы.

Теоретическая значимость диссертации заключается в развитии методов рационального проектирования и создании новой методики рационального проектирования силовых конструкций летательных аппаратов с использованием топологической оптимизации, постобработки с учетом технологических ограничений и параметрической оптимизации.

Практическая значимость диссертации заключается в разработке основных силовых конструкций летательных аппаратов с использованием предложенной методики проектирования. По результатам исследования установлена возможность повышения качества процесса проектирования авиационных конструкций. **Значение полученных соискателем результатов исследования для практики** подтверждается их внедрением на предприятии АО ЦВМ «Армоком» в рамках выполнения опытно-конструкторской работы. Получен акт внедрения.

Результаты диссертационной работы рекомендуются к использованию в научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах по проектированию силовых конструкций летательных аппаратов.

Достоверность результатов исследования подтверждается сопоставлением типовых конструкций с конструктивно-технологическими решениями, разработанными с использованием предложенной методики проектирования и использованием в работе обоснованных методов анализа напряженно-деформированного состояния и аэродинамических характеристик авиационных конструкций.

Личный вклад автора состоит в непосредственной реализации всех этапов исследовательского процесса, получении новых научных результатов при разработке новых конструктивно-технологических решений силовых конструкций летательных аппаратов, в выполнении теоретических и экспериментальных исследований, в обработке, интерпретации и апробации результатов диссертационной работы.

Лично автором предложена новая методика рационального проектирования, разработаны блок-схемы ее этапов, предложены новые структуры конечно-элементных моделей силовых конструкций летательных

аппаратов. При непосредственном участии автора получены результаты натурных испытаний детали «Поддержка» для бронирования двери вертолета.

В ходе защиты критических замечаний высказано не было.

В диссертационной работе все заимствованные материалы представлены со ссылкой на автора или источник. Тем самым работа удовлетворяет п.14 Положения о присуждении ученых степеней.

На заседании 21 ноября 2024 г. диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, и принял решение за **новые научно-обоснованные технические решения**, имеющие существенное значение для развития авиационной отрасли страны в области проектирования силовых конструкций летательных аппаратов, присудить Куприяновой Янине Алексеевне ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 4 доктора наук по специальности 2.5.13. – «Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов», участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» – 16, «против» – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Заместитель председателя диссертационного совета

24.2.327.09, д.т.н., профессор

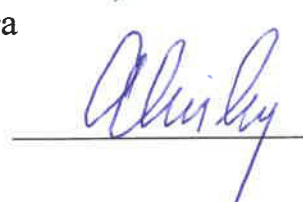
Евдокименков Вениамин Николаевич



Ученый секретарь диссертационного совета

24.2.327.09, к.т.н., доцент

Стрелец Дмитрий Юрьевич



«21 » ноября 2024 г.

Проректор по научной работе, д.т.н., доцент

Иванов Андрей Владимирович

