

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: 24.2.327.02

Соискатель: Денискина Галина Юрьевна

Тема диссертации: Методы и алгоритмы оптимизации процесса 3D-печати функциональных объектов из композиционных материалов

Специальность: 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

Решение диссертационного совета по результатам защиты:

На заседании 06 октября 2023 года (протокол № 28) диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация Денискиной Г. Ю. «Методы и алгоритмы оптимизации процесса 3D-печати функциональных объектов из композиционных материалов» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении учёных степеней, утверждённым постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, и принял решение присудить Денискиной Галине Юрьевне учёную степень кандидата физико-математических наук.

Присутствовали:

Наумов А. В. – *председатель диссертационного совета*, Кибзун А. И. – *зам. председателя диссертационного совета*, Рассказова В. А. – *учёный секретарь диссертационного совета*, а также члены диссертационного совета: Битюков Ю. И., Борисов А. В., Бортаковский А. С., Гидаспов В. Ю., Грумондз В. Т., Иванов С. В., Колесник С. А., Котельников М. В., Красинский А. Я., Кузнецов Е. Б., Кузнецова Е. Л., Кулагин Н. Е., Куравский Л. С., Пантелеев А. В., Ревизников Д. Л., Семенихин К. В., Сеницин В. И., Сиротин А. Н., Формалев В. Ф.

Учёный секретарь
диссертационного совета 24.2.327.02
к.ф.-м.н.



НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА
Т.А. АРБИКУНА

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
В.А. РАССКАЗОВА

В. А. Рассказова

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.327.02,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 06.10.2023 № 28

О присуждении Денискиной Галине Юрьевне, гражданину РФ, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Методы и алгоритмы оптимизации процесса 3D-печати функциональных объектов из композиционных материалов» по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (физико-математические науки) принята к защите 01 августа 2023 года (протокол заседания № 26) диссертационным советом 24.2.327.02, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 125993, г. Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, д. 4, приказы Минобрнауки РФ: о создании диссертационного совета № 714/нк от 02.11.2012, об изменении состава диссертационного совета № 628/нк от 07.10.2013, 574/нк от 15.10.2014, № 1339/нк от 29.10.2015, № 710/нк от 21.06.2016, № 1403/нк от 01.11.2016, № 1017/нк от 20.10.2017, № 272/нк от 27.03.2019.

Соискатель Денискина Галина Юрьевна, 17 декабря 1993 года рождения. В 2018 году соискатель окончила с отличием федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по направлению подготовки 01.04.04. «Прикладная математика». В 2022 году соискатель окончила очную аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по программе подготовки научно-педагогических кадров в системе послевузовского профессионального образования, по направлению подготовки 09.06.01. «Информатика и вычислительная техника».

В период подготовки диссертации соискатель работала специалистом в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)». С 2022 года по настоящее время соискатель работает на кафедре 804 «Теория вероятностей и компьютерное моделирование» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» в должности ассистента.

Диссертация выполнена на кафедре 804 «Теория вероятностей и компьютерное моделирование» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Битюков Юрий Иванович, профессор кафедры № 804 «Теория вероятностей и компьютерное моделирование» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Официальные оппоненты:

Кондратов Дмитрий Вячеславович, доктор физико-математических наук, доцент, зав. кафедрой «Информационная безопасность автоматизированных систем» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.»,

Малышева Галина Владленовна, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Ракетно-космические композитные конструкции» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет» в своём положительном отзыве, подписанном заведующим кафедрой «Вычислительная механика и математика», доктором физико-математических наук, профессором Глаголевым Вадимом Вадимовичем и утверждённом проректором по научной работе, доктором технических наук, профессором Воротилиным Михаилом Сергеевичем, указала, что диссертация Денискиной Г. Ю. представляет собой представляет собой актуальное законченное высококвалифицированное научное исследование, которое имеет значимость для развития отрасли науки по специальности 2.3.1. Системный

анализ, управление и обработка информации, статистика (физико-математические науки). Полученные в работе основные результаты полностью опубликованы в рецензируемых изданиях, являются новыми и строго обоснованными. Автореферат соответствует содержанию диссертации. Диссертационная работа удовлетворяет требованиям положения «О порядке присуждения учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук. Автор диссертации, Денискина Галина Юрьевна, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Соискатель имеет 20 опубликованных научных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 16 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 10 работ (5 – в изданиях, входящих в международные системы цитирования; 3 – в изданиях из перечня ВАК; 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ). 3 научные работы в изданиях из перечня ВАК опубликованы без соавторов.

Опубликованные научные работы, в полной мере отражающие содержание диссертации, посвящены: постановке задачи оптимизации процесса 3D-печати функционального объекта из полимерного композиционного материала, а также разработке метода и вычислительного алгоритма нахождения значений критерия разрушения композиционного материала по заданным углам; построению вейвлет-системы на заданном множестве и разработке метода нахождения оптимальной схемы укладки волокон при печати, диктуемой условиями эксплуатации функционального объекта. Зарегистрированные программы для ЭВМ реализуют разработанные методы и алгоритмы моделирования, управления и оптимизации процесса 3D-печати функциональных объектов из волоконистых композиционных материалов.

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

Наиболее значимые научные работы соискателя по теме диссертации:

1) Bityukov, Y.I. Spline Wavelets Use for Output Processes Analysis of Multi-Dimensional Non-Stationary Linear Control Systems / Y.I. Bityukov, Y.I. Deniskin, G.Y. Deniskina // Journal of Physics: Conference Series. – Omsk: Institute of Physics Publishing, 2018. – P. 012018. – DOI: 10.1088/1742-6596/944/1/012018 (Scopus).

2) Deniskina, G.Y. About Biorthogonal Wavelets, Created on the Basis of Scheme of Increasing of Lazy Wavelets / G.Y. Deniskina, Y.I. Deniskin, Y.I. Bityukov // Lecture Notes in Electrical Engineering. – 2021. – Vol. 729 LNEE. – P. 173–181. – DOI:10.1007/978-3-030-71119-1_18 (Scopus).

3) Application of Wavelets and Conformal Reflections to Finding Optimal Scheme of Fiber Placement at 3D-Printing Constructions from Composition Materials / Yu. Bitukov, Yu. Deniskin, G. Deniskina, I.V. Potsebnova // E3S Web of Conferences: 2021. – P. 05004. – DOI: 10.1051/e3sconf/202124405004 (Scopus).

4) Deniskina, G.Y. About Some Computational Algorithms for Locally Approximation Splines, Based on the Wavelet Transformation and Convolution / G.Y. Deniskina, Y.I. Deniskin, Y.I. Bitukov // Lecture Notes in Electrical Engineering. – 2021. – Vol. 729 LNEE. – P. 182–191. – DOI: 10.1007/978-3-030-71119-1_19 (Scopus).

5) Босов, А.В. О поиске оптимальной схемы 3D-печати конструкций из композиционных материалов / А.В. Босов, Ю.И. Битюков, Г.Ю. Денискина // Информатика и её применения. – 2022. – Т.16. – Вып. 1. – С. 10–19. – DOI: 10.14357/19922264220102 (Scopus).

6) Денискина, Г.Ю. Оптимизация выбора схемы 3D-печати функциональных объектов из композиционных материалов // Г.Ю. Денискина // Моделирование и анализ данных. – 2023. – Том 13. – № 2. – С. 7–35. – DOI: <https://doi.org/10.17759/mda.2023130201> (перечень ВАК).

7) Денискина, Г.Ю. CAD/CAM/CAE-система для изготовления конструкций из волокнистых композиционных материалов методом 3D-печати / Г.Ю. Денискина // Труды МАИ. – 2022. – №126. – DOI: 10.34759/trd-2022-126-21 (перечень ВАК).

8) Денискина, Г.Ю. Приближённое решение уравнений теории упругости с помощью сплайн-вейвлетов / Г.Ю. Денискина // Труды МАИ. – 2021. – №121. – DOI: 10.34759/trd-2021-121-24 (перечень ВАК).

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

Отзыв на диссертацию официального оппонента, д.ф.-м.н. Кондратова Дмитрия Вячеславовича.

Отзыв положительный. Замечания по диссертационной работе:

1) В диссертации не объясняется, почему для построения аппроксимации гомеоморфизма и приближённого нахождения значений частных производных был выбран локально-аппроксимационный сплайн.

2) Известно, что для биортогональных сплайн-вейвлетов существуют готовые формулы для фильтров, не требующие подъёма. Почему они не использованы в работе?

3) При применении интерполяционной схемы в подъёме в диссертации использовались только те маски, которые приводят к масштабирующим функциям Deslauriers-Dubuc, хотя существует бесконечное множество интерполяционных масштабирующих функций.

Отзыв на диссертацию официального оппонента, д.т.н. Малышевой Галины Владленовны.

Отзыв положительный. Замечания по диссертационной работе:

1) Автору следовало бы представить больше примеров, показывающих преимущество разработанного в диссертации подхода к решению уравнений механики композиционных материалов, по сравнению с методом конечных элементов.

2) В третьей главе диссертации приводится теоретический пример 3D-печати прямоугольной пластины из полимерного композита с отверстием. С практической точки зрения следовало бы рассмотреть реальный технический объект с такой конструкцией.

3) В четвёртой главе диссертации представлены общая организация программного комплекса для реализации разработанных методов и алгоритмов моделирования, управления и оптимизации процесса 3D-печати функциональных объектов, его основные характеристики и назначение функциональных блоков, однако не указаны требования к стандартному программно-аппаратному обеспечению решения такого класса задач.

Отзыв на диссертацию ведущей организации.

Отзыв положительный. Замечания по диссертационной работе:

1) При увеличении номера пространства, в котором ищется приближение решения уравнения, происходит уменьшение носителя базисных функций. Может получиться так, что сетки просто не хватит для введения новых слагаемых в вейвлет-разложение.

2) Алгоритмы, представленные в разделах 2.9 и 3.3, не могут быть использованы, если применяются нестационарные схемы подразделений. В этих алгоритмах используется не изменяющееся ядро свертки, хотя в работе говорится о применении и нестационарных схем.

3) Производные функции, найденной по схеме подразделений, также могут быть найдены через схемы подразделений, как например, показано в статье автора N. Dyn «Analysis of Convergence and Smoothness by the Formalism of Laurent Polynomials». В работе не обосновано, почему не были использованы эти схемы, а вместо них использовался локально-аппроксимационный сплайн.

Отзывы на автореферат.

1. Федеральное автономное учреждение «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н. Е. Жуковского».

Отзыв подписан доктором физико-математических наук, профессором РАН, доцентом, первым заместителем генерального директора Медведским Александром Леонидовичем.

Отзыв положительный. Замечания к автореферату:

1) Из автореферата не ясно, почему решение уравнений механики композитов выполнено не с помощью метода конечных элементов, который традиционно применяется для решения такого класса задач, а самостоятельно разработанным методом. Очевидно, что необходимо было дать обоснование замены известного метода на разработанный в диссертации.

2. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет».

Отзыв подписан доктором физико-математических наук, профессором, профессором кафедры общей физики Рембеза Екатериной Станиславовной.

Отзыв положительный. Замечания к автореферату:

1) В автореферате отсутствует обоснование выбора значений коэффициентов ($-1/6$ и $4/3$) локально-аппроксимационного сплайна в определении 1 (стр. 11).

2) В тексте автореферата присутствуют некоторые опечатки. Например, в формуле Дини на стр. 10 и далее по тексту при обозначении функции f .

3. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный государственный университет путей сообщения».

Отзыв подписан кандидатом физико-математических наук, доцентом, директором Института управления, автоматизации и телекоммуникаций Пономарчук Юлией Викторовной.

Отзыв положительный. Без замечаний.

4. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт космических исследований Российской академии наук.

Отзыв подписан доктором технических наук, заведующим лабораторией 524 «Астрофизические рентгеновские детекторы и телескопы» Семеной Николаем Петровичем и доктором физико-математических наук, членом-корреспондентом РАН, заместителем директора по научной работе Лутовиновым Александром Анатольевичем.

Отзыв положительный. Замечания к автореферату:

1) Из автореферата не ясно, почему в качестве критерия разрушения полимерного композиционного материала был выбран именно критерий максимальных напряжений. Ведь существует множество других критериев, в том числе и реализованных в известных программных комплексах.

5. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет».

Отзыв подписан доктором физико-математических наук, доцентом, профессором кафедры высшей математики - 3 Кытмановым Алексеем Александровичем.

Отзыв положительный. Замечания к автореферату:

1) На стр. 9 автореферата указано, что для расчётных примеров в диссертации выбрана функция $q(x)$. Однако не поясняется, чем обоснован выбор этой функции.

6. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный авиационный технический университет».

Отзыв подписан доктором физико-математических наук, профессором, заведующим кафедрой вычислительной техники и защиты информации Картаком Вадимом Михайловичем и доктором технических наук, профессором, профессором кафедры цифровых технологий в экономике и управлении Мартыновым Виталием Владимировичем.

Отзыв положительный. Замечания к автореферату:

1) На общей схеме решения задачи выбора оптимальной схемы печати (рис. 1) указано, что можно задавать свойства функций на границе области. Но из автореферата не ясно, как это делать.

7. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова».

Отзыв подписан кандидатом физико-математических наук, доцентом, доцентом кафедры математического анализа Степанянцем Суреном Арменовичем и доктором физико-математических наук, членом-корреспондентом РАН, профессором, деканом механико-математического факультета Шафаревичем Андреем Игоревичем.

Отзыв положительный. Замечания к автореферату:

1) В алгоритме вычисления значений масштабирующих функций, вейвлетов и их частных производных (стр. 14) необходимо подробнее пояснить, как производится выбор последовательностей для задания свойств масштабирующих функций и вейвлетов.

2) В работе также присутствуют опечатки.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в области тем, затрагиваемых в диссертационном исследовании.

Официальный оппонент, д.ф.-м.н. Кондратов Дмитрий Вячеславович работает заведующим кафедрой «Информационная безопасность автоматизированных систем» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.».

Область научных интересов включает в себя различные вопросы математического моделирования сложных систем, механики деформируемого твёрдого тела, механики жидкости и газа. Кондратов Д. В. является автором и соавтором более 250 научных трудов, которые опубликованы в рецензируемых научных изданиях (перечень ВАК, Scopus, WoS), включая монографии и учебные пособия.

Официальный оппонент, д.т.н. Малышева Галина Владленовна работает профессором кафедры «Ракетно-космические композитные конструкции» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)».

Область научных интересов включает в себя различные вопросы и проблемы проектирования конструкций из полимерных композитов, материаловедения и технологии производства изделий из полимерных композиционных материалов, технологии современных и перспективных материалов, ракетно-космических производственных технологий. Малышева Г. В. является автором и соавтором более 200 научных трудов, опубликованных в рецензируемых научных изданиях (перечень ВАК, Scopus, WoS), включая монографии и учебные пособия.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет» является крупнейшим государственным вузом по подготовке специалистов для оборонной и других высокотехнологических отраслей промышленности. Научная деятельность кафедры «Вычислительная механика и математика», подготовившей отзыв на диссертацию, связана с моделями, постановками и решениями ряда задач по актуальным направлениям вычислительной математики и механики деформируемого твёрдого тела, в т.ч. нелинейной механики разрушения, динамических задач механики разрушения, идентификации анизотропных материалов и моделирования процессов конечного деформирования упругопластических гипотупругих тел, теории устойчивости и колебаний многомерных динамических систем.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- поставлена задача оптимизации процесса 3D-печати функционального объекта из полимерного композиционного материала;

- разработаны метод и вычислительный алгоритм нахождения значений критерия разрушения композиционного материала по заданным углам, основанный на конформных преобразованиях и вейвлет-преобразовании, как целевой функции задачи оптимизации;

- предложена математическая модель управления процессом укладки волокон при 3D-печати функциональных объектов из композиционных материалов, позволяющая моделировать траектории укладки волокон с помощью аналитических функций;

- получены формулы для нахождения значений локально-аппроксимационных сплайнов и их производных в узлах сетки, основанные на свёртке и являющиеся частным случаем вейвлет-восстановления, применение которых позволяет распараллелить процедуру построения вейвлет-системы на заданном множестве;

- разработан алгоритм нахождения значений масштабирующих функций и их частных производных, а также вейвлетов, построенных на основе схем подразделений и подъёма, основанный на преобразовании свёртки;

- разработаны метод построения биортогональных вейвлет-систем на триангулируемых пространствах с конечным множеством симплексов и метод применения биортогональных вейвлет-систем к приближённому решению дифференциальных уравнений в частных производных. Показано его применение к приближённому решению уравнений теории упругости;

- разработаны алгоритмы и программный комплекс управления и оптимизации процесса 3D-печати функционального объекта, в которых реализована возможность нахождения оптимальной схемы печати, диктуемой условиями его эксплуатации;

- новые понятия и термины не вводились.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- решена задача оптимизации процесса 3D-печати функциональных объектов из композиционных материалов с целевой функцией в виде критерия разрушения материала;

- доказаны необходимые теоремы, леммы и положения, вносящие вклад в развитие математического обеспечения проблемно-ориентированной системы управления моделированием и нахождением оптимальных траекторий укладки волокон при 3D-печати. Новизной и отличительной особенностью предложенного подхода является моделирование траекторий укладки волокон с

помощью аналитических функций и использование биортогональных вейвлетов, построенных на основе схем подъёма и подразделений, в качестве инструмента решения уравнений механики композиционных материалов.

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

- разработаны алгоритмы и программное обеспечение, реализующие предложенные методы оптимизации процесса 3D-печати функциональных объектов, в т. ч. направленные также на сокращение объёмов и трудоёмкости вычислительных операций;

- полученные результаты могут быть использованы в авиационной, ракетно-космической и других высокотехнологичных отраслях промышленности;

- математическое и программное обеспечение, разработанное в диссертации, предложено использовать в АО «Национальный центр вертолётостроения им. М. Л. Миля и Н. И. Камова» при выполнении проектно-исследовательских работ по созданию вертолётной техники, что подтверждается актом о возможности использовании результатов диссертационной работы.

Личный вклад соискателя состоит в его непосредственном участии на всех этапах выполненного исследования, от постановки задачи оптимизации процесса 3D-печати функционального объекта из полимерного композиционного материала до реализации разработанных методов и алгоритмов. Автором проведены вычислительные эксперименты в предложенном программном комплексе, выполнен анализ полученных результатов, сформулированы выводы и практические рекомендации. Подготовлены основные публикации по проведённому исследованию.

Диссертационный совет считает, что диссертационная работа Денискиной Галины Юрьевны является самостоятельно выполненной, завершённой научно-квалификационной работой, обладающей научной новизной, в которой получены важные теоретические и прикладные результаты в области разработки методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации и управления процессом 3D-печати функциональных объектов из полимерных композиционных материалов. Диссертация удовлетворяет пункту 9 постановления Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 «О порядке присуждения учёных степеней».

На заседании 06 октября 2023 года диссертационный совет принял решение присудить Денискиной Г. Ю. учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 22 человек, из них 9 докторов наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика, участвовавших в заседании, из 30 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 22, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель
диссертационного совета 24.2.327.02,
д.ф.-м.н., профессор



А. В. Наумов

Ученый секретарь
диссертационного совета 24.2.327.02,
к.ф.-м.н.



В. А. Рассказова

06 октября 2023 г.

НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА УДС МАУИ
Т.А. АНИКОВА

