



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе,

д-р техн. наук, профессор

Воро **Воротилин Михаил Сергеевич**

« 12 » 09 2023 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования

«Тульский государственный университет»

на диссертационную работу Денискиной Галины Юрьевны

«Методы и алгоритмы оптимизации процесса 3D-печати функциональных объектов из композиционных материалов», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

Актуальность. Представленная на отзыв диссертация посвящена разработке методов и алгоритмов оптимизации процесса 3D-печати функциональных объектов из полимерных композиционных материалов, которые в настоящее время широко распространены для изготовления технических изделий в различных отраслях промышленности. Физико-механические характеристики полимерных композиционных материалов в том числе зависят от направления армирующих элементов (углеродных волокон), а 3D-печать позволяет получать конструкции с пространственным армированием по заданным траекториям в соответствии с требуемыми условиями эксплуатации изделия. Автором в диссертации исследованы вопросы, связанные с оптимизацией процесса 3D-печати таких изделий в части контроля расположения волокон при печати, позволяющие учитывать критерии разрушения материала изделия (полимерного композита). Поэтому диссертация представляется актуальной с теоретической и практической точек зрения.

Структура и содержание работы. Диссертационная работа изложена на 138 страницах, состоит из введения, 4 глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы из 95 источников, и 2 приложений.

Во введении отмечена актуальность темы исследования, сформулированы его цель и задачи, отмечены научная новизна, теоретическая и практическая

Отдел документационного
обеспечения МАИ

«18» 09 2023

значимость выполненной работы, приведены методология и методы исследования, степень достоверности и апробация результатов. Представлены положения, выносимые на защиту.

В 1-й главе поставлена оптимизационная задача выбора схемы 3D-печати функциональных объектов из полимерных композиционных материалов. Предложен метод нахождения значений критерия разрушения материала как целевой функции задачи оптимизации. Решена задача поиска оптимальных траекторий укладки волокон при 3D-печати.

Во 2-й главе рассмотрено дискретное вейвлет-преобразование функций, даны понятия неортогонального кратномасштабного анализа, схемы подъема и схемы подразделений. Построены вычислительные алгоритмы для локально-аппроксимационных сплайнов, основанные на дискретном вейвлет-преобразовании и свертке. Разработаны алгоритмы для нахождения значений вейвлетов и их частных производных на основе схемы подъема и схемы подразделений. Их применение позволило осуществить параллельное построение функций из вейвлет-системы на области печати при использовании разных ядер свертки.

В 3-й главе разработан метод приближенного решения задач теории упругости с помощью вейвлетов.

В 4-й главе описан программный комплекс для реализации разработанных методов и алгоритмов моделирования, управления и оптимизации процесса 3D-печати функциональных объектов из полимерных композиционных материалов. Приведены общая организация программного комплекса и назначение его функциональных блоков.

В заключении изложены основные полученные результаты диссертационного исследования, а также перспективы и направления дальнейших исследований.

В приложениях приведены копии свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Оценивая диссертацию Денискиной Г.Ю. в целом, следует отметить наиболее важные результаты, обладающие научной новизной:

1. Поставлена задача оптимизации процесса 3D-печати функционального объекта из полимерного композиционного материала.

2. Разработана математическая модель управления укладкой волокон при 3D-печати объектов из композиционных материалов. В рамках этой модели траектории укладки волокон получаются с помощью аналитических функций, краевые условия для которых – это углы, образуемые волокнами с границей области печати. Предложен метод нахождения оптимальной схемы 3D-печати функциональных объектов из композиционных материалов. В оптимизационной задаче критерий разрушения композиционного материала представлен, как

функция нескольких переменных, которыми являются углы, образуемые волокнами с границей области печати.

3. Разработан численный метод решения уравнений механики композиционных материалов, описывающих напряжённо-деформированное состояние конструкции, основанный на вейвлетах, построенных с помощью схем подразделений и подъёма. Разработан новый алгоритм вычисления значений таких вейвлетов на основе операции свёртки последовательностей. Данный алгоритм позволяет организовать параллельные вычисления значений базисных функций.

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

Значимость полученных автором диссертации результатов для развития соответствующей отрасли науки.

Диссертация Денискиной Г.Ю. 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.

Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации.

Результаты и выводы, приведенные в диссертации Денискиной Г.Ю., могут быть использованы для решения практических задач аддитивного производства технических изделий в авиационной, ракетно-космической, автомобильной, судостроительной и других отраслях промышленности, к которым предъявляются повышенные требования, связанные с их физико-механическими свойствами.

По диссертационной работе имеются следующие замечания:

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.

Указанные замечания не снижают ценности диссертационного исследования.

Заключение.

Диссертационная работа удовлетворяет требованиям положения «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Автор диссертации, Денискина Галина Юрьевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Отзыв обсужден и утвержден на заседании кафедры «Вычислительная механика и математика» ТулГУ от 11 сентября 2023 г., протокол № 1.

Заведующий кафедрой
«Вычислительная механика и математика»,
д-р физ.-мат. наук, профессор



Глаголев В. В.

Справочные данные:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тулский государственный университет»,
300012, г. Тула, проспект Ленина, д. 92, +7 (4872) 73-44-44, info@tsu.tula.ru



С отзывом ознакомлена

18.09.2023

 Денискина Г. Ю.