«УТВЕРЖДАЮ»
Директор Федерального
государственного учреждения
«Федеральный исследовательский
центр «Информатика и управление»
Российской академии наук»,



_____ М.А. Посыпкин

«__» сентября 20 26 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук»

Диссертация Мочаловой Юлии Дмитриевны на тему: «Методы анализа данных и многомасштабные подходы для исследования прочностных характеристик композиционных материалов» выполнена в отделе 27 (Математическое моделирование гетерогенных систем) Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» Российской академии наук.

Мочалова Юлия Дмитриевна 1996 года рождения, гражданка России, в 2020 году окончила ФГБОУ Московский Авиационный Институт (Национальный исследовательский университет) по направлению 02.04.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии», направленность (профиль) образовательной программы «Машинное обучение и управление большими данными».

В 2023 г. окончила очную аспирантуру Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук» по научной специальности 05.13.17 «Теоретические основы информатики» (1.2.3. «Теоретическая информатика, кибернетика»).

В период подготовки диссертации соискатель ученой степени Мочалова Юлия Дмитриевна работала Федеральном государственном учреждении «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук», отдел 27 (Математическое моделирование гетерогенных систем) в должности математика. В настоящее время также работает в Федеральном государственном учреждении «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук», отдел 27 (Математическое моделирование гетерогенных систем) в должности математика.

Справка № 16/КЭ о периоде обучения с результатами сдачи кандидатских экзаменов выдана в 2026 г. в Федеральном государственном учреждении «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук». Приказ № 3-45 от 08.09.2026 о прикреплении к «Федеральному исследовательскому центру «Информатика и управление» Российской академии наук» качестве экстерна для сдачи кандидатского экзамена по специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Научный руководитель – д.ф.-. м.н., доцент, Абгарян Каринэ Карленовна – работает в ФИЦ ИУ РАН в должности заведующего отделом 27 (Математическое моделирование гетерогенных систем).

По итогам обсуждения принято следующее заключение.

Актуальность темы

Разработка и применение многослойных полимерных композиционных материалов является одним из приоритетных направлений современного материаловедения и инженерной механики. Рост требований к прочности, жесткости и долговечности конструкций в авиационно-космической, транспортной и энергетической отраслях сопровождается усложнением структуры композиционных материалов и увеличением числа проектных параметров. Это существенно ограничивает возможности традиционных методов расчёта, основанных на прямом численном моделировании и экспериментальных исследованиях, в задачах оптимизации и проектирования. Существенной проблемой является высокая вычислительная стоимость оценки прочностных характеристик многослойных композитов с учетом ориентации слоев, анизотропии и критериев разрушения. В этих условиях актуальной становится разработка интеллектуальных методов анализа и обобщения результатов расчетов, позволяющих существенно сократить время проектирования без потери физической обоснованности. В представленной диссертационной работе решается актуальная научно-техническая задача разработки модельно-ориентированного подхода к прогнозированию разрушения и проектированию структуры многослойных полимерных композиционных материалов с использованием методов машинного обучения, что соответствует современным тенденциям развития цифровых технологий в инженерных расчетах.

Обоснованность научных положений

Научные положения и выводы диссертационной работы основаны на систематическом анализе фундаментальных и прикладных исследований в области механики композиционных материалов, теории слоистых структур и методов машинного обучения. Все предлагаемые модели и алгоритмы опираются на известные физические законы и математические зависимости, используемые в инженерной практике. Обоснованность полученных результатов подтверждается согласованностью аналитических расчетов, результатов численного моделирования и предсказаний разработанных моделей машинного обучения. Используемые критерии разрушения, методы формирования признаков и архитектуры нейронных сетей выбраны с учетом особенностей исследуемых материалов и поставленных задач, что обеспечивает логическую и методологическую непротиворечивость работы.

Личное участие соискателя ученой степени в получении результатов, изложенных в диссертации

Соискателем самостоятельно разработаны методика полуавтоматического формирования проблемно-ориентированных коллекций данных, алгоритмы автоматического запуска численного моделирования однослойных и многослойных композиционных материалов, программная реализация аналитических расчетов упругих характеристик, модели машинного обучения для предсказания индекса разрушения, а также алгоритм решения обратной задачи проектирования структуры композита. Модуль квантово-механического моделирования базового материала был разработан другим участником общего научного проекта и использован соискателем в качестве входного компонента многомасштабной композиции. Все последующие этапы численного моделирования, обработки данных, анализа результатов и оптимизации структуры материала реализованы соискателем лично.

Степень достоверности результатов, проведенных соискателем ученой степени исследований

Достоверность результатов обеспечивается использованием апробированных расчетных моделей и сопоставлением результатов различных методов моделирования. Полученные данные согласуются с известными теоретическими представлениями о поведении многослойных композиционных материалов и не противоречат данным, представленным в научной литературе. Результаты моделирования устойчиво воспроизводятся при варьировании параметров расчетных моделей, а предсказания моделей машинного обучения демонстрируют стабильные метрики качества на

независимых выборках, что подтверждает их обобщающую способность.

Научная новизна работы

В диссертационной работе предложена модельно-ориентированная методика формирования проблемно-ориентированных коллекций данных для задач анализа прочности многослойных ПКМ; реализовано представление структуры композиционного материала в виде упорядоченной последовательности слоев, позволившее применить рекуррентные нейронные сети для прогнозирования индекса разрушения; разработана нейросетевая модель, учитывающая влияние порядка укладки слоев на прочностные характеристики композита с итеративным согласованием межслойного взаимодействия; предложен гибридный алгоритм решения обратной задачи проектирования структуры материала, сочетающий машинное обучение, классическую теорию слоистых структур и генетический алгоритм.

Теоретическая значимость

В диссертационной работе представлен модельно-ориентированный подход к формированию наборов данных для задач машинного обучения в механике композиционных материалов.

Изложены принципы построения многомасштабной композиции расчетных моделей с передачей информации между уровнями.

Изучены возможности применения рекуррентных нейронных сетей для анализа последовательной структуры многослойных композитов.

Рассмотрены особенности интеграции критериев разрушения в задачи интеллектуального анализа данных.

Констатируется возможность снижения вычислительной сложности задач анализа прочности за счет использования обучаемых моделей.

Критически проанализированы ограничения классических и интеллектуальных методов при проектировании многослойных ПКМ.

Апробация работы

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на международных и всероссийских научных конференциях

1.II Международная конференция Математическое моделирование в материаловедении электронных компонентов, ФИЦ ИУ РАН, АО НИИМЭ, МАИ, 2020

2.19-я Международная конференция «Авиация и космонавтика», МАИ, 2020

3.III Международная конференция Математическое моделирование в материаловедении электронных компонентов, ФИЦ ИУ РАН, АО НИИМЭ, МАИ, 2021

4.21-ая Всероссийская конференция с международным участием, ФИЦ ИУ РАН, 2023

5.VII Международная конференция Математическое моделирование в материаловедении электронных компонентов, ФИЦ ИУ РАН, АО НИИМЭ, ВМК МГУ, 2025.

Полнота изложения материалов диссертации в публикациях

Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в 11 работах общим объемом 3,44 п.л.; личный вклад автора составляет 1.5 п.л.

1. Итеративная двунаправленная рекуррентная сеть для предсказания разрушения многослойных композитов, Мочалова Ю.Д., Абгарян К.К. International Journal of Open Information Technologies. 2026, Т. 14. № 2. С. 87-91.
2. Метод компьютерного моделирования упругих характеристик многослойных композиционных материалов, Абгарян К.К., Загордан Н.Л., Мочалова Ю.Д. Системы и средства информатики. 2023. Т. 33. № 4. С. 92-101.
3. Компьютерное моделирование эффективного модуля упругости слоистых композиционных материалов из углеродного волокна, Загордан Н.Л., Мочалова Ю.Д., Абгарян К.К. Системы высокой доступности, 2025.Т. 21.
4. Современные подходы к моделированию упруго-прочностных характеристик полимерных композиционных материалов, Загордан Н.Л., Мочалова Ю.Д., Абгарян

К.К. Моделирование и анализ данных. 2025. Т. 15.

5. Автоматизация расчета предела прочности композитных материалов с металлической матрицей с использованием программных средств, Мочалова Ю.Д., Абгарян К.К. International Journal of Open Information Technologies. 2023. Т. 11. № 5. С. 100-105.
6. Программный модуль для расчета упругих характеристик однонаправленных полимерных композитных материалов, Абгарян К.К., Мочалова Ю.Д. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2025619197, 14.04.2025. Заявка № 2025616220 от 21.03.2025.
7. Ускоренный подбор последовательностей укладки многослойных полимерных композиционных материалов с помощью теорий-ориентированных моделей машинного обучения, Мочалова Ю.Д., Математическое моделирование в материаловедении электронных компонентов. Материалы IV Международной конференции. Москва, 2025.
8. Применение методов машинного обучения для анализа упругих характеристик многослойных композиционных материалов, Абгарян К.К., Загордан Н.Л., Мочалова Ю.Д. В книге: Математические методы распознавания образов. Тезисы докладов 21-й Всероссийской конференции с международным участием. Москва, 2023. С. 224-226.
9. Моделирование усталостных характеристик композитного материала с помощью программного продукта COMSOL Multiphysics, Мочалова Ю.Д., Абгарян К.К. В сборнике: Математическое моделирование в материаловедении электронных компонентов. Материалы III Международной конференции. Москва, 2021. С. 144-146.
10. Моделирование прочностных свойств композитных материалов, Мочалова Ю.Д., Абгарян К.К. В книге: 19-я Международная конференция «Авиация и космонавтика». Тезисы 19-ой Международной конференции. Москва, 2020. С. 478.
11. Моделирование процессов деградации механических свойств, прочности и разрушения композитных материалов, Мочалова Ю.Д., Абгарян К.К. В сборнике: Математическое моделирование в материаловедении электронных компонентов. Материалы II международной конференции. 2020. С. 95-97.

Публикации полностью соответствуют теме диссертационного исследования и раскрывают её основные положения.

Ценность научных работ соискателя ученой степени

Ценность научных работ соискателя определяется разработкой и апробацией модельно-ориентированного подхода к применению методов машинного обучения в задачах механики многослойных композитных материалов. Полученные результаты расширяют возможности анализа и проектирования композитных конструкций и могут служить основой для дальнейших исследований в области цифрового материаловедения.

Диссертация Мочаловой Юлии Дмитриевны на тему: «Методы анализа данных и многомасштабные подходы для исследования прочностных характеристик композиционных материалов» – это законченная научно-квалификационная работа, которая соответствует: требованиям пунктов 9, 10, 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а также Паспорту научной специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» в частности, по следующим пунктам:

2. «Разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий».

3. «Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента».

8. «Комплексные исследования научных и технических проблем с применением

современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента».

9. «Постановка и проведение численных экспериментов, статистический анализ их результатов, в том числе с применением современных компьютерных технологий (технические науки)».

Диссертация Мочаловой Юлии Дмитриевны на тему: «Методы анализа данных и многомасштабные подходы для исследования прочностных характеристик композиционных материалов» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Заключение принято на заседании отдела №27 (математическое моделирование гетерогенных систем) ФИЦ ИУ РАН «10» сентября 2026 г., протокол № 4.

Присутствовало на заседании 11 человек.

Результаты голосования: «за» – 11 человек, «против» – 0 человек, «воздержалось» – 0 человек.

Председательствующий на заседании:
Старший научный сотрудник ФИЦ ИУ РАН,
доктор физико-математических наук Морозов А.Ю.

Секретарь заседания:
Научный сотрудник ФИЦ ИУ РАН,
кандидат физико-математических наук Колбин И.С.