



УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора ФИЦ ХФ РАН

д.ф.-м.н.

Чертович А. В.

« 21 »

2025 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Федерального исследовательского центра химической физики
им. Н. Н. Семенова Российской академии наук**

Диссертация на тему «Механические явления в слоистых структурах» выполнена в лаборатории армированных пластиков отдела полимеров и композиционных материалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра химической физики им. Н. Н. Семенова Российской академии наук».

В период подготовки диссертации соискатель Разакова Рио-Рита Вадимовна проходила обучение в очной аспирантуре Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» и работала в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Московский энергетический институт», на кафедре «Энергетические и гидротехнические сооружения», в должности ассистента.

В 2020 году окончила Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» по специальности «Прикладная механика».

В 2024 году успешно окончила аспирантуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» по специальности 01.06.01 «Математика и механика».

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов по специальности 1.4.7 – Высокомолекулярные соединения выдано в 2024 г. Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Федеральным исследовательским центром химической физики им. Н. Н. Семенова Российской академии наук.

Научный руководитель – Турусов Роберт Алексеевич, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории армированных пластиков Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук (основное место работы), профессор кафедры сопротивления материалов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (по совместительству).

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Выполненная Разаковой Рио-Ритой Вадимовной диссертация на тему «Механические явления в слоистых структурах» является самостоятельной, завершенной научно-квалификационной работой и обладает внутренним единством.

Актуальность темы определяется тем, что слоистые композиционные структуры используются в различных областях промышленности, например, в военной, строительной, энергетической и других. Точный расчет напряженно-деформированного состояния деталей из композиционных материалов позволяет гарантировать надежность и эффективную работоспособность конструкции. В таком случае, очевидна необходимость создания и развития методов, позволяющих производить достоверную оценку напряженно-деформированного состояния слоистых объектов. Также для прогнозирования поведения и оценки надежности конструкции необходимы оптимальные методы определения физико-механических характеристик слоистых материалов.

Личный вклад автора

Автор принимал участие во всех этапах выполнения работы: постановке задачи, планировании экспериментов, изготовлении экспериментальных образцов

и их испытаниях, обработке и анализе экспериментальных данных, обсуждении результатов и формулировке выводов, а также написании научных работ. Лично автором разработана технология изготовления слоистых стержней и проведены эксперименты, направленные на получение данных по измерению скорости звука и модуля упругости исследуемых образцов в процессе отверждения. Расширена область применения метода контактного слоя (метод Р.А. Турусова) и нелинейного уравнения Максвелла-Гуревича. Разработаны программы на языке MATLAB, предназначенные для определения термоупругих свойств слоистых композитов. Сформированы базы данных результатов экспериментальных исследований.

Оценка (степень) достоверности результатов проведенных исследований.

Достоверность результатов подтверждается применением строгих математических методов решения задач, а также удовлетворительным согласованием данных теоретических решений и физических экспериментов. В ходе проведения исследований применялись современные сертифицированные и прошедшие поверку приборы, входящие в Государственный реестр средств измерений (Госреестр СИ), обеспечивающих погрешность менее 10 %.

Научная новизна.

Основную часть научной новизны составляют:

1. Разработка технологии изготовления полимерных и слоистых композиционных образцов, которая позволяет производить экспериментальное исследование в процессе отверждения.
2. Выведение системы уравнений, предназначенной для анализа температурных напряжений в слоистых образцах, разработанной с применением метода контактного слоя и нелинейного релаксационного дифференциального уравнения Максвелла-Гуревича.
3. Установление зависимости скорости звука, модуля упругости, коэффициента линейного теплового расширения от механических и геометрических параметров моделей слоистых материалов.

Практическая значимость и реализация результатов работы заключается в том, что: усовершенствованный метод исследования термоупругих

свойств слоистых материалов, а также алгоритм, написанный на языке MATLAB, может использоваться в расчетных отделах научно-производственных предприятий, занимающихся созданием новых композитных материалов, а также при анализе элементов конструкций, созданных с помощью аддитивных технологий. Данная работа актуальна для ряда предприятий, в первую очередь, специализирующихся на производстве изделий из полимерного сырья, а также заводах, занимающихся изготовлением оконных, дверных проемов, шумозащитных, виброзащитных экранов, конструктивных элементов авиационной и ракетно-космической техники.

Ценность научной работы заключается в развитии методов расчета напряженно-деформированного состояния слоистых композиционных материалов и адгезионных соединений. Программная реализация математических моделей позволяет проводить численные эксперименты с применением ЭВМ. Полученные результаты и предлагаемые математические модели могут быть использованы в научно-производственных предприятиях при оценке напряженно-деформированного состояний элементов конструкций различного назначения, изготовленных из композиционных материалов.

Диссертация Разаковой Рио-Риты Вадимовны по своему содержанию соответствует научной специальности 1.4.7 – «Высокомолекулярные соединения» (пункты 7, 8 паспорта специальности).

Полученные научные результаты достаточно полно изложены в 8 работах, из которых 4 работы опубликованы в журналах, включенных в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук.

Публикации в научных изданиях, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий:

1. Разакова, Р. В. Термоупругие параметры слоистых композитов / Р. Р. В. Разакова, Р. А. Турусов // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Физико-математические науки. – 2023. – Т. 16, № 1. – С. 140-151.

2. Турусов, Р. А. Температурные напряжения в полимерах и слоистых композитах / Р. А. Турусов, Р. В. Разакова // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. – 2023. – № 22. – С. 20-24.

3. Razakova, R.-R.V. Influence of adhesive interaction on the sound speed in layered composites / R.-R.V. Razakova, R.A. Turusov // Materials Physics and Mechanics. – 2024. – Т. 52, № 3. – С. 13-21.

4. Разакова, Р. В. Особенности численного моделирования композитных материалов с вязкоупругими полимерными слоями / Р. В. Разакова, М. А. Разаков // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2024. – Т. 26, № 4. – С. 77-86.

Свидетельства на программы для электронных вычислительных машин и базы данных:

1. Разакова Р. Р. В. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021663764 Российская Федерация. Программа прочностного анализа элементов конструкции из композиционных материалов "FusionComp 1.0": № 2021662762 : заявл. 16.08.2021 : опубл. 23.08.2021.

2. Разакова Р. Р. В. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023686390 Российская Федерация. Программа для расчета физико-механических характеристик слоистых структур «Fusion 1.0» № 2023685687 : заявл. 29.11.2023 : опубл. 06.12.2023.

3. Разакова Р. Р. В. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023686391 Российская Федерация. Программа для расчета температурных напряжений в слоистых структурах: № 2023686009 : заявл. 29.11.2023 : опубл. 06.12.2023.

4. Разакова Р. Р. В. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023624603 Российская Федерация. База данных результатов экспериментальных исследований упругих и акустических характеристик полимерных и слоистых материалов : № 2023624321 : заявл. 29.11.2023 : опубл. 13.12.2023.

Результаты диссертационной работы были представлены на научных конференциях:

1. Разакова Р. Р. В., Турусов Р. А. Исследование физико-механических параметров слоистых композиционных материалов // Полимеры 2024: Сборник трудов XXV ежегодной научной конференции отдела полимеров и композиционных материалов ФГБУН ФИЦ ХФ им. Н. Н. Семенова РАН. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "ТОРУС ПРЕСС", 2024. – С. 108-110.

2. Разакова Р.Р. В. Конструкционные материалы для изготовления топливных резервуаров // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе: Материалы Национальной с международным участием научно-практической конференции студентов, аспирантов, учёных и специалистов. Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2022. – С. 122-125.

3. Разакова Р. Р. В., Разаков, М. А. Численное моделирование элементов конструкций из композиционных материалов в программе «fusioncomp» // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: тезисы докладов Двадцать восьмой международной научно-технической конференции студентов и аспирантов. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Центр полиграфических услуг «РАДУГА», 2022. – С. 136.

4. Разакова, Р. Р. В., Разаков М. А. Математическое моделирование конструкций из композиционных материалов в программной среде // Машиностроение: новые концепции и технологии: Всероссийская научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых. – Красноярск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», 2021. – С. 164-167.

Диссертация Разаковой Рио-Риты Вадимовны на тему «Механические явления в слоистых структурах» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.4.7 – «Высокомолекулярные соединения»

Заключение принято на заседании ученого совета Отдела полимеров и композиционных материалов Федерального государственного бюджетного

учреждения науки Федерального исследовательского центра химической физики
им. Н.Н. Семенова Российской академии наук.

На заседании присутствовало 15 членов ученого совета из 17.

Решение принято единогласно, протокол № 10 от «05» декабря 2024 года.

Секретарь секции № 7

Ученого совета ФИЦ ХФ РАН

кандидат химических наук, доцент



Кузнецова О.П.