



МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ
Федеральное государственное
автономное образовательное учреждение высшего
образования
«Пермский государственный национальный
исследовательский университет»
(ПГНИУ)

614068, Россия, Пермь, ул. Букирева, 15,
+7(342) 239 64 35; +7(342) 237 16 11 (факс)
info@psu.ru, www.psu.ru

ОКПО 02069071, ОГРН 1025900762150
ИНН/КПП 5903003330 / 590301001

07.02.2023

№ 34-3/514

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе
ФГАОУ ВО ПГНИУ, кандидат
физико-математических наук

 Е.В.Бабушкина

» 02 2023 г



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Лесниковой Юлии Игоревны «Математическое моделирование термовязкоупругого поведения оптических волокон типа Panda и его конструктивных элементов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Актуальность темы выполненного исследования.

Волоконно-оптические технологии и разрабатываемые на их базе измерительные устройства нашли широкое применение в разных областях науки и техники. Рассматриваемое в диссертации волокно типа Panda используется в волоконно-оптических гироскопах, когерентных линиях связи, в распределенных датчиках давления, температуры и других физических величин. Для прогнозирования поведения датчиков в зависимости от внешних термосиловых воздействий необходим математический аппарат, позволяющий как можно точнее описывать физические явления в волокнах. Актуальными являются также задачи улучшения технологии изготовления и эксплуатации оптических волокон, являющихся чувствительным элементом волоконно-оптических датчиков.

В работе методами математического моделирования исследуется поведение волокна типа Panda, с учетом полимерных покрытий в широком диапазоне температур $[-60^{\circ}\text{C}; +60^{\circ}\text{C}]$. Анализ влияния температуры, натяга, изгиба, сопряжения поверхностей, а также отклонения проектной геометрии, позволил получить важные данные о работе изделия.

Широкий охват литературных источников, приведенных в тексте диссертационной работы, и представленное в обзоре многообразие сфер применения оптических волокон свидетельствует о междисциплинарности этой научной работы и большом интересе к этой теме отечественных и зарубежных специалистов. Тема диссертации, ее цель, задачи и методические подходы к их решению продуманы, а актуальность не вызывает сомнения.

Научная новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Диссертационная работа Лесниковой Ю.И. направлена на развитие моделей поведения стекляющихся и полимерных материалов, используемых при производстве оптических волокон типа Panda, за счет применения математического аппарата теории линейной вязкоупругости. Приведенная математическая модель поведения заготовки силового стержня с учетом технологических остаточных напряжений позволила впервые определить конструкционный критерий прочности. Была разработана методика выбора критерия прочности, которая позволила анализировать условия разрушения на различных этапах производства, уменьшить число натуральных испытаний, рационализировать конструкцию силового стержня, а также снизить процент брака силовых элементов. Математическая модель оптического волокна Panda, находящегося как в условиях технологической пробы, так и при свободной намотке, позволила оценить влияние отклонений проектных размеров, положения конструктивных элементов на работу конструкции в широком диапазоне температур при сложном напряженно-деформированном состоянии. А также получить новые закономерности эволюции полей технологических напряжений и связанных с ними оптических характеристик волокна Panda. Учет в модели вязкоупругого поведения полимерного защитного покрытия позволил оценить влияние происходящих в нем релаксационных процессов на двулучепреломление и отклонение показателя преломления в светопроводящей жиле.

Практическая и теоретическая значимость полученных автором диссертации результатов.

Теоретическая значимость работы заключается в создании теоретических основ прикладных разделов технологической механики, связанных с проектированием изделий из неоднородно легированных кварцевых стекол, а также в развитии численных методов решения задач термовязкоупругости неоднородных стекляющихся тел и полимеров покрытий.

Практическая значимость работы состоит в непосредственной применимости ее результатов для проектирования различных вариантов анизотропных оптических волокон и отдельных элементов их конструкции, прогнозирования оптических характеристик и влияния на них внешних термосиловых воздействий.

Научная и практическая значимость подчеркивается тем, что диссертация была выполнена в рамках проектов РФФИ 13-08-96036, 16-48-590660 и 20-48-596009, договора №2015/305 с ПАО «ПНППК».

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений.

Сформулированные в диссертационной работе положения, выводы и рекомендации подтверждаются обширным анализом научной литературы по тематике исследования, экспериментальными исследованиями, проведенными в аккредитованном центре коллективного пользования «Центр экспериментальной механики» ПНИПУ на проверенных средствах измерения и аттестованном оборудовании. Достоверность результатов обеспечена корректной постановкой задач, применением современного математического аппарата и численных методов механики деформированного твердого тела.

Оценка содержания диссертации и автореферата.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Работа изложена на 113 страницах, содержит 61 иллюстрацию и 12 таблиц. Список литературы включает 140 наименований.

Введение отражает актуальность и степень разработанности темы исследования, цель и задачи, научную новизну, практическую и теоретическую значимость, степень достоверности, выносимые на защиту положения, апробацию результатов и личный вклад автора в работу.

В первой главе автором проведен анализ литературных источников, содержащих сведения об объекте исследования, который отражает современное состояние вопроса моделирования анизотропных оптических волокон типа Panda. С точки зрения выявления проблем на производстве рассмотрена технология изготовления оптического волокна. Сделан обзор существующих моделей, применяемых для прогнозирования напряженно-деформированного состояния в волокне, выявлены их недостатки и обоснована актуальность диссертационного исследования.

Во второй главе приведены концептуальные и математические постановки рассматриваемых задач, приведена модель, используемая для описания поведения полимеров защищающих кварцевую поверхность волокна от внешних воздействий и агрессивных сред.

Третья глава посвящена конструкционной прочности силового стержня, основного конструктивного элемента волокна, отвечающего за формирование двулучепреломления в светопроводящей жиле. Автором описан объект исследования и натурные эксперименты по разрушению силовых стержней, разработан алгоритм численного моделирования, повторяющий условия натурального эксперимента, в результате анализа данных натуральных и численных экспериментов получен критерий прочности конструкции силового стержня при трехточечном изгибе.

В четвертой главе рассматривается поведение оптического волокна типа Panda в условиях технологической пробы и свободной намотки волокна в термоцикле от -60°C до $+60^{\circ}\text{C}$ с выдержкой при температурах 23, 60 и -60°C . Автором сделана оценка влияния радиуса намотки волокна, отклонения положения светопроводящей жилы и геометрической конфигурации защитно-упрочняющего покрытия на деформационные (контактное давление в зоне сопряжения катушка-волокно, компоненты тензора напряжений) и оптические (материальное и модовое двулучепреломление, изменение показателя преломления) параметры модели. Для модели технологической пробы и модели свободной намотки волокна было проведено сравнение результатов расчета с постоянными и зависящими от температуры коэффициентами термического расширения полимеров защитных покрытий. Анализ результатов всех исследований показал, что радиус намотки, температура, термомеханические свойства материалов и геометрия защитных покрытий оказывают влияние на характер изменения и уровни параметров НДС и оптические характеристики волокна.

В заключении приведены основные результаты работы.

В приложении приведены свидетельства на программы ЭВМ и акт внедрения результатов диссертации на ПАО «ПНППК» г. Пермь.

Содержание и структура диссертационной работы находятся в логическом единстве и соответствуют поставленным задачам исследования. Автореферат диссертации правильно и полно отражает ее содержание.

Основные научные результаты приведены в 35 научных работах, в том числе 5 в ведущих рецензируемых изданиях, 3 – в изданиях, индексируемых в международных базах цитирования Web of Science и/или Scopus, 24 тезиса докладов на российских и международных конференциях. Получены 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Соответствие диссертационной работы паспорту специальности.

Диссертационная работа Лесниковой Юлии Игоревны по содержанию и полноте изложенного материала соответствует паспорту специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ: пункту № 4 – «Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента»; пункту № 5 – «Комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента» и пункту № 9 – «Постановка и проведение численных экспериментов, статистический анализ их результатов, в том числе с применением современных компьютерных технологий».

Замечания по содержанию и оформлению работы

1. В работе рассматривается трехслойный силовой стержень, в литературе же чаще встречается такой конструктивный элемент, состоящий только из боросиликатного стекла и оболочки из кварцевого стекла. Можно ли адаптировать разработанную методику выбора и определения критерия прочности силового стержня под другой состав и геометрию конструкции?

2. В разделе 3.4 была проведена статистическая обработка данных вычислительных экспериментов, в которых были определены критериальные характеристики заготовок силовых стержней. Выводы о разбросах данных были сделаны по величинам первого порядка. Чем это обосновывается?

3. В главе 4 рассматривается оптическое волокно типа Panda, которое согласно таблице 4.1 имеет однородное распределение легирующих веществ, как в силовых стержнях, так и в светопроводящей жиле, хотя при постановке задач говорится об учете неоднородного легирования.

4. В разделе 4.2 автором выполнено исследование характера сопряжения защитно-упрочняющего покрытия и оптического волокна в модели технологической пробы. Выбрана модель с идеальным контактом. Для практики было бы важно провести исследование анализа влияния неидеального контакта при разной адгезии.

В целом указанные замечания не снижают общего положительного впечатления о проделанной соискателем работе.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней.

Диссертация Лесниковой Юлии Игоревны «Математическое моделирование термовязкоупругого поведения оптических волокон типа Panda и его конструктивных элементов» является научно-квалификационной работой, в которой разрабатываются математические модели термовязкоупругости анизотропного оптического волокна типа Panda и его конструктивных элементов для изучения основных закономерностей деформационного и оптического поведения изделия на этапах изготовления.

Диссертационная работа Лесниковой Ю.И. соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

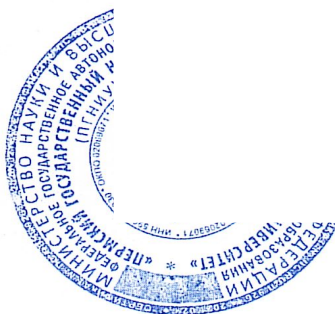
Отзыв рассмотрен и утвержден на заседании кафедры прикладной математики и информатики ФГАОУ ВО ПГНИУ протокол № 4 от «24» января 2023 г.

Отзыв составлен:

Заведующий кафедрой прикладной математики и информатики,
д.ф.-м.н, профессор

Сергей Владимирович
Русаков

Подпись Русакова С.В. заверяю
Ученый секретарь



Е.П.Антропова