

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке

Пермского национального

исследовательского

политехнического университета,

мат. наук, доцент

Швейкин А.И.



03 » октября 2022 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования

«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

Диссертация «Математическое моделирование термовязкоупругого поведения оптических волокон типа Panda и его конструктивных элементов» выполнена на кафедре «Вычислительная математика, механика и биомеханика».

В период подготовки диссертации соискатель Лесникова Юлия Игоревна работала в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» на кафедре «Вычислительная математика, механика и биомеханика» в должностях инженера и ассистента.

В 2007 году Лесникова Юлия Игоревна окончила с отличием Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет» по специальности «Динамика и прочность машин».

В 2019 году окончила аспирантуру очной формы обучения федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пермского национальный исследовательский политехнический университет» по направлению 01.06.01 Математика и механика, специальность 01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела» (период обучения с «01» октября 2015 по «30» сентября 2019 г.).

Научный руководитель – кандидат технических наук Труфанов Александр Николаевич, работает директором департамента цифровой трансформации и стратегических коммуникаций ФГАОУ ВО ПНИПУ.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

1. Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации, заключается в следующем:

Все отраженные в диссертации результаты получены Ю.И. Лесниковой лично или с ее непосредственным участием. Соискатель принимал непосредственное участие в реализации серии натурных испытаний заготовок силовых стержней на трехточечный изгиб. Личным вкладом автора является разработка алгоритмов, создание программ для ЭВМ на их основе, реализация численных экспериментов, обработка и визуализация. Анализ результатов выполнялся совместно с научным руководителем А.Н. Труфановым и другими коллегами. Интерпретация результатов и подготовка публикаций выполнена совместно с соавторами.

2. Научная новизна диссертационного исследования

В рамках работы для моделирования термовязкоупругого поведения материалов заготовок и готового изделия волокна типа Panda созданы программные модули для конечно-элементного программного пакета ANSYS Mechanical APDL, в том числе позволяющие учесть температурные функциональные зависимости термомеханических свойств полимеров. С использованием программных модулей построены пространственные

параметризованные математические модели для анизотропных оптических волокон типа Panda и его конструктивных элементов с учетом физических соотношений теории вязкоупругости. Численное моделирование трехточечного изгиба заготовки силового стержня на основе данных натуральных экспериментов позволило получить величины критериальных характеристик прочности исследуемых элементов. В результате серии вычислительных экспериментов на модели технологической пробы были получены новые закономерности эволюции полей технологических напряжений и связанных с ними оптических характеристик волокна Panda в защитно-упрочняющем покрытии в условиях термосилового воздействия и сложного напряженно-деформированного состояния.

3. Степень достоверности результатов проведенных исследований

Достоверность полученных результатов обеспечивается сходимостью вычислительных алгоритмов программ, качественным и количественным соответствием результатов моделирования данным натуральных экспериментов и известным решениям других авторов на удовлетворительном уровне.

4. Практическая и теоретическая значимость исследования

Предложенные математические модели, алгоритмы и вычислительные программы использованы в технологических процессах производства и тестирования оптических волокон типа Panda в ПАО «ПНППК». Результаты, полученные в процессе исследования, позволили сформировать рекомендации, новые подходы и технологические решения, что дало возможность улучшить характеристики конечной продукции из анизотропного волокна.

Актуальность проблемы исследования обусловлена необходимостью формирования фундаментальных основ методологий решения прикладных задач технологической механики анизотропных волокон, имеющих выраженный междисциплинарный характер. Решение данной проблемы актуально с теоретической точки зрения, как развитие численных методов

решения задач термовязкоупругости неоднородных стеклующихся тел, а также с позиций необходимости создания теоретических основ прикладных разделов технологической механики, связанных с проектированием изделий из неоднородно легированных кварцевых стекол и расчетами параметров технологических процессов изготовления оптоволокна и его компонент.

5. Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем

По теме диссертационной работы Лесниковой Юлии Игоревны опубликовано 35 научных работ, в том числе 5 в ведущих рецензируемых изданиях, 3 – в изданиях, индексируемых в международных базах цитирования Web of Science и/или Scopus, 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ. Основные положения и результаты работы отражены в следующих научных публикациях в журналах, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий, и/или в базы цитирования Web of Science, Scopus:

1. Труфанов, А.Н. Выбор критерия конструкционной прочности неоднородного кварцевого стержня на основе натуральных и вычислительных экспериментов / А.Н. Труфанов, **Ю.И. Лесникова**, Н.А. Труфанов, О.Ю. Сметанников // Вычислительная механика сплошных сред = Computational continuum mechanics. – 2016. – Т. 9, № 1. – С. 97-108 (вклад автора 3/12 с.).
(ВАК)

В работе проведен анализ прочности заготовки силового стержня волокна типа Panda на основе комплексного численно-экспериментального исследования, определен критерий конструкционной прочности. В работе автор принимал непосредственное участие в реализации серии натуральных испытаний; численное моделирование задачи, серия вычислительных экспериментов, обработка и анализ результатов выполнены совместно с научным руководителем А.Н. Труфановым.

2. **Lesnikova, Y.I.** Contact stresses modeling at the Panda-type fiber single-layer winding and evaluation of their impact on the fiber optic properties / Y.I. Lesnikova, O.Y. Smetannikov, A.N. Trufanov, N.A. Trufanov // IOP Conference

Series: Materials Science and Engineering. – 2017. – Vol. 177: Intern. Conf. on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems 2016, 2729 October 2016, Tomsk, Russian Federation. – Art. 012116 (вклад автора 2/5 с.). (**WoS, Scopus**)

В работе выполнено исследование контактных поперечных сил при намотке волокна типа Panda на катушку. Рассматривалось два радиуса катушки и две ориентации силовых стержней в волокне. Установлено влияние натяжения волокна на двулучепреломление. Автором разработана модель с учетом изгиба, выполнена ее численная реализация на ЭВМ, проведена серия численных экспериментов и их анализ.

3. Лесникова, Ю.И. Численное моделирование контактного термосилового воздействия на оптическое волокно в полимерном защитно-упрочняющем покрытии / Ю.И. Лесникова, О.Ю. Сметанников, А.Н. Труфанов // Научно-технический вестник Поволжья. – 2018. – № 2. – С. 28-31 (вклад автора 1/4 с.). (**ВАК**)

В работе построена математическая модель влияния термосилового нагружения анизотропного оптического волокна типа Panda, с учетом контактного взаимодействия с катушкой, микроизгиба и реологических свойств защитно-упрочняющих покрытий. В результате численных экспериментов установлено, что напряжения, вызванные силовой намоткой, в большей степени релаксируют при нагреве и выдержке уже на первом цикле изменения температуры, и далее практически не отличаются от соответствующих значений на последующих циклах. Автору принадлежат разработка алгоритмов, создание программ для ЭВМ, проведение серии численных экспериментов, визуализация результатов; анализ результатов выполнен совместно с научным руководителем А.Н. Труфановым.

4. Lesnikova, Y.I. The effect of contact influence on the opticomemchanical properties of Panda-type fiber under thermocycling conditions / Y.I. Lesnikova, A.N. Trufanov // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – Vol. 1129. – Art. 012023 (вклад автора 3/6 с.). (**WoS, Scopus**)

В работе исследовано влияние положения светопроводящей жилы на эволюцию полей напряжений и оптические характеристики волокна в рамках термоцикла. Установлено, чем больше отклонение геометрии волокна от проектных значений, тем большее влияние на его оптические характеристики оказывает изменение температуры. Автору принадлежат разработка алгоритмов, создание программ для ЭВМ, проведение серии численных экспериментов, визуализация результатов; анализ результатов выполнен совместно с научным руководителем А.Н. Труфановым.

5. **Лесникова, Ю.И.** Исследование оптико-механических характеристик волокна в условиях термоцикла / Ю.И. Лесникова, А.Н. Труфанов, О.Ю. Сметанников // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2018. – Т. 20, № 6(2). – С. 255-260 (вклад автора 2/6 с.). **(ВАК)**

В работе приведена математическая постановка задачи технологической пробы, построена численная модель контактного взаимодействия катушки с анизотропным оптическим волокном в защитно-упрочняющем покрытии при силовой однорядной намотке в условиях термоцикла. В результате численных экспериментов были получены зависимости, описывающие эволюцию полей напряжений в волокне, а также связанные с ними оптические характеристики. Автору принадлежат разработка алгоритмов, создание программ для ЭВМ, проведение серии численных экспериментов, визуализация результатов; анализ результатов выполнен совместно с научным руководителем А.Н. Труфановым.

6. **Lesnikova, Y.I.** Analysis of the polymer two-layer protective coating impact on Panda-type optical fiber under bending / Y.I. Lesnikova, A.N. Trufanov, A.A. Kamenskikh // Polymers. – 2022. – Vol.14. – Art. 3840 (вклад автора 10/19 с.). **(WoS, Scopus)**

В работе исследуется влияние изгиба на поведение волокна типа Panda при трех вариантах радиуса катушки. На малом радиусе исследовано влияние соотношения толщин покрытий при сохранении внешнего диаметра на деформационные и оптические характеристики системы. Установлены качественные и количественные закономерности влияния температуры, изгиба, толщины отдельных слоев полимерного покрытия и релаксационных переходов их материалов. Автору принадлежат разработка алгоритмов, создание программ для ЭВМ, проведение серии численных экспериментов, визуализация результатов; анализ результатов выполнен совместно с научным руководителем А.Н. Труфановым.

7. **Лесникова, Ю.И.** Математическое моделирование контактного взаимодействия оптического волокна типа PANDA с алюминиевым полупространством при разном характере сопряжения элементов / Ю.И. Лесникова, А.А. Каменских, М.М. Пащенко // Прикладная математика и вопросы управления = Applied Mathematics and Control Sciences. – 2022. – № 3. – С. 45-65 (вклад автора 12/22 с.). **(ВАК)**

В рамках работы построены четыре модели контактного взаимодействия элементов оптического волокна с полимерным двухслойным покрытием и металлической

поверхностью сопряжения. Исследование направлено на оценку влияния характера сопряжения элементов оптического волокна типа Panda на напряженно-деформированное состояние. Рассматривалось совместное деформирование, контактная склейка, фрикционный контакт и разное их сочетание. Автору принадлежит постановка задачи, численное моделирование и обработка результатов.

8. **Лесникова, Ю.И.** Анализ влияния двухслойного защитно-упрочняющего покрытия на деформационные и оптические характеристики волокна типа Panda // Вестник ПНИПУ. Машиностроение, материаловедение. – 2022.– Т. 24, № 1. – С. 49–61 (вклад автора 13/13 с.). **(ВАК)**

В работе выполнено описание математической модели технологической пробы волокна типа Panda в рамках термоциклирования с изгибом и натягом по алюминиевой катушке. Рассмотрено влияние геометрических размеров катушки и несовершенства соотношения толщин полимерных защитно-упрочняющих покрытий на работу системы и оптические характеристики. Описаны основные эффекты влияния на напряженно-деформированное состояние волокна и оптику параметров модели в широком диапазоне температур, установлены новые качественные и количественные закономерности. Работа выполнена автором лично и без соавторов.

Свидетельства

9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022669739 «Трехточечный изгиб заготовок силовых стержней анизотропных оптических волокон типа Panda» /**Ю.И. Лесникова, А.Н. Труфанов, О.Ю. Сметанников, А.А. Каменских.** Дата регистрации 25.10.2022. (вклад автора 30/100 %)

Программа предназначена для моделирования термомеханического поведения конструктивных элементов заготовок для вытяжки оптического волокна типа Panda в условиях технологических процессов их изготовления и эксперимент на трехточечный изгиб с учетом остаточных технологических напряжений. Автором выполнена разработка плоской модели заготовки силового стержня, моделирование поля остаточных деформаций, создание трехмерной модели и технологии имплантации поля остаточных деформаций в рамках моделирования технологического процесса, моделирование трехточечного изгиба.

10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022669757 «Программа испытания анизотропного волокна типа Panda с учетом изгиба и натяга в широком диапазоне температур от –60 до +60 °С»

Лесникова, А.Н. Труфанов, О.Ю. Сметанников, А.А. Каменских. Дата регистрации 25.10.2022. (вклад автора 30/100 %)

Программа предназначена для моделирования термомеханического поведения анизотропного оптического волокна типа Panda с учетом двухслойного полимерного защитно-упрочняющего покрытия с учетом остаточных технологических напряжений, релаксационных переходов в объемах полимерных материалов, изгиба, натяга и контакта с алюминиевой катушкой в широком диапазоне температур от -60 до $+60$ °С. Автором выполнена имплантация моделей поведения материалов защитно-упрочняющих покрытий в программный комплекс ANSYS, моделирование остаточных напряжений в волокне после вытяжки, создание трехмерной параметризованной модели однорядного натяга оптического волокна на алюминиевую катушку с постоянной силой натяжения в рамках механики контактного взаимодействия.

6. Соответствие содержания диссертации специальности, по которой она рекомендуется к защите

Диссертация «Математическое моделирование термовязкоупругого поведения оптических волокон типа Panda и его конструктивных элементов» Лесниковой Юлии Игоревны соответствует паспорту специальности 1.2.2. «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» по техническим наукам.

7. Соответствие диссертационной работы требованиям, «Положения о присуждении ученых степеней», «Порядка присуждения ученых степеней в ПНИПУ».

Диссертация Лесниковой Юлии Игоревны отвечает требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842 (в редакциях от 21.04.2016 № 335 и 12.10.18 № 1168), требованиям «Порядка присуждения ученых степеней в ПНИПУ», предъявляемым к кандидатским диссертациям.

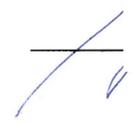
Диссертация «Математическое моделирование термовязкоупругого поведения оптических волокон типа Panda и его конструктивных элементов» Лесниковой Юлии Игоревны рекомендуется к защите на соискание ученой

степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2. «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Заключение принято на заседании кафедры «Вычислительная математика, механика и биомеханика».

Присутствовало на заседании 27 чел. Результаты голосования: «за» – 27 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0, протокол № 2 от «28» сентября 2022 г.

  } — Столбов Валерий Юрьевич, д.т.н., профессор
Заведующий кафедрой «Вычислительная математика, механика и биомеханика» ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

 — Куликов Роман Георгиевич, к.ф.-м.н., доцент
ученый секретарь кафедры «Вычислительная математика, механика и биомеханика» ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»