

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Рымкевича Павла Павловича

на тему: *"Разработка научных основ и методов прогнозирования термовязкоупругих свойств полимерных материалов текстильной и легкой промышленности"*, представленной на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности

05.19.01 — Материаловедение производств текстильной и легкой промышленности

Актуальность темы

Актуальность избранной диссертантом темы не вызывает сомнений и обусловлена необходимостью всестороннего исследования деформационных свойств полимерных нитей и текстильных материалов из них в области действия неразрушающих нагрузок, близких к условиям их эксплуатации, а также прогнозирования деформационных процессов в них. Анализ механического поведения полимерных нитей и текстильных материалов из них, разработка численных методик расчета и прогнозирования деформационных процессов представляет большой научный и практический интерес.

Вопросы количественного описания ползучести и релаксации полимерных нитей и текстильных материалов из них на основе математического моделирования, прогнозирование их деформационных, восстановительных, релаксационных, упругих, вязкоупругих, пластических свойств в разных условиях эксплуатации. являются достаточно непростыми для исследования, поэтому научная проблема, сформулированная в диссертации, по разработке универсальной научной теории прогнозирования термовязкоупругих свойств полимерных материалов текстильной и легкой промышленности является, безусловно, актуальной, а решение её способствует производству и целенаправленному технологическому отбору указанных материалов, обладающих требуемыми вязкоупругими свойствами.

Поэтому есть все основания считать тему диссертационного исследования весьма важной, актуальной и представляющей значительный научный и практический интерес.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе, обеспечивается применением принятого в практике научных исследований производственных систем аппарата анализа и моделирования, содержательного и формального анализа задач измерения параметров материалов текстильной и легкой промышленности. Автор использует для обоснования формулируемых положений обширный экспериментальный материал.

Соискатель вполне обоснованно формулирует цель диссертационного исследования и выдвинутые научные задачи. Порядок изложения материала представляется вполне логичным. Работу можно характеризовать как законченное исследование по выбранной проблематике.

Задачи по разработке научных основ и математических моделей для описания и прогнозирования термовязкоупругих свойств полимерных материалов, определению условий и границ применимости разрабатываемой теории и математических моделей, разработке методов определения основных параметров-характеристик математических моделей, физическому обоснованию деформационного поведения полимерных текстильных материалов в различных режимах вязкоупругости, нахождению аналитических решений для определяющих уравнений вязкоупругости, соответствующих различным моделям, и определению аналитических зависимостей, связывающих параметры-характеристики различных математических моделей термовязкоупругости между собой решаются диссертантом с применением современных методов материаловедения с использованием математического моделирования.

Теоретической основой проведённых исследований являются современные научные представления о кинетической природе процессов деформирования ориентированных

полимеров, учитывающие увеличение времени запаздывания при возрастании приложенной нагрузки, обусловленное отсутствием регулярной структуры исследованных материалов. Широко используются различные математические методы (интегральные и дифференциальные уравнения, уравнения математической физики, операционное исчисление, численные методы и др.). Разработаны новые математические методы прогнозирования термовязкоупругого поведения материалов текстильной и лёгкой промышленности: метод замены операторов, метод квантовых колец, метод усреднения, позволяющие получать аналитические решения сформулированных выше задач.

Работа начинается с **введения**, где определены актуальность, цели и задачи работы. К ним можно полностью присоединиться.

Первая глава является обзором научно-технической литературы, включающим 327 источников. Автором изучены и критически анализируются известные достижения и теоретические положения других авторов по методам анализа механических свойств, способам моделирования вязкоупругих свойств и прогнозирования деформационных процессов в зоне действия неразрушающих механических воздействий. Достаточно глубоко с физической точки зрения представлено описание деформационных свойств полимерных текстильных материалов, изложены микромеханизмы релаксации и ползучести на основе представлений о надмолекулярной структуре высокоориентированных полимеров. Указаны аспекты применения математических методов при исследовании деформационных свойств полимерных материалов. На основании анализа научной литературы обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цели и задачи диссертационной работы по разработке научных основ и методов прогнозирования термовязкоупругих свойств полимерных материалов текстильной и лёгкой промышленности, которые следует оценить положительно.

Вторая глава, которую можно рассматривать как базовую, посвящена описанию разработанной автором новой квантовой двухуровневой барьерной теории термовязкоупругости полимерных текстильных материалов, в которой полимерные материалы рассматриваются как набор кластеров, или активных конформационных элементов, находящихся в разных энергетических состояниях, при переходе между которыми выделяется или поглощается квант деформации. Здесь автор использует предложенный им метод разделения остаточного (необратимого) компонента деформации на условно-обратимую и истинно необратимую части, что представляется весьма оригинальным, и на основании составленного уравнения баланса количества переходов с учетом статистической термодинамики получает основное определяющее уравнение состояния полимерного текстильного материала под воздействием нагрузки, решение которого позволяет прогнозировать поведение полимерных текстильных материалов в различных режимах эксплуатации.

В **третьей главе** рассмотрен новый математический аппарат, основанный на некоммутативной логике событий, позволяющий описывать системы с естественным квантованием, к которым можно отнести такие реологически сложные системы, как полимерные материалы текстильной и лёгкой промышленности. Можно отметить оригинальность и новизну предложенной автором методики усреднения дифференциальных характеристик, основанной на свойствах нормального распределения.

В **четвёртой главе** предлагаются разработанные автором теоретические основы квантовой теории переноса аддитивных величин (энергии, импульса, момента импульса и т.д.) в пространстве и времени, которые можно применить при рассмотрении процессов термовязкоупругости для составления баланса энергии. Процессы деформирования полимерных текстильных материалов автор рассматривает как диффузию в пространстве энергий под влиянием внешних воздействий. Рассмотренные общие методы теории переноса представляют несомненный научный интерес в рамках исследуемой проблемы прогнозирования вязкоупругого поведения материалов текстильной и лёгкой промышленности.

Пятая глава посвящена применению методики прогнозирования некоторых тестовых режимов деформирования на основе простейшей двухуровневой модели с анализом и решением определяющего уравнения (2.12). Рассмотрены режимы ползучести, релаксации напряжения, а также диаграмма растяжения при постоянной и переменной температуре. В частности, для режима ползучести полимерных текстильных материалов под действием постоянной нагрузки показано, что, в зависимости от величины нагрузки, время запаздывания сначала возрастает, а затем монотонно убывает по мере роста нагрузки. Диссертантом получены явные зависимости вида кривых диаграмм растяжения от скорости деформирования и температуры, а также исследованы кривые изометрического нагрева полимерных материалов текстильной и лёгкой промышленности.

В **шестой** главе изложены основные положения многоуровневой квантовой теории переноса. Автор показывает, что в общем случае принцип наследственности Больцмана, постулированный всеми основными методами прогнозирования поведения материалов текстильной и лёгкой промышленности, и сило-временная и деформационно-временная аналогии следуют из многобарьерной модели для полимерных нитей и волокон.

Седьмая глава посвящена рассмотрению зависимости термомеханических свойств полимерных текстильных материалов от их надмолекулярной структуры. Автор выводит кинетическое уравнение для чисел заполнения кластеров, находящихся в разных энергетических состояниях, получает спектр времён релаксации и определяющее уравнение для модели складчатой структуры, позволяющее описывать процессы нагрузки и разгрузки материалов текстильной и лёгкой промышленности, что позволяет расширить границы прогнозирования поведения данных материалов.

Восьмая глава посвящена прогнозированию деформационно-релаксационных процессов полимерных текстильных материалов на основе моделей с несколькими устойчивыми состояниями. В рамках модели с несколькими устойчивыми состояниями для материалов текстильной и лёгкой промышленности построено асимптотически точное решение зависимости уровня деформации от времени, показано, что кроме «быстрого» времени релаксации, соответствующего однобарьерной модели, существует и «медленное» время релаксации, между которыми установлена связь, предложено несколько методик прогнозирования вязкоупругого поведения материалов текстильной и лёгкой промышленности на основе различных наборов экспериментальных данных. Показано, что методики прогнозирования дают хорошее совпадение теоретических и экспериментальных результатов.

Выводы чётко и обоснованно характеризуют полученные в диссертационной работе результаты.

Оценка новизны и достоверности

В качестве новых научных результатов диссертантом разработаны квантовая теория переноса, введено понятие кванта деформации, предложена нелинейная физическая модель полимерных материалов на основе введённых кластеров (активных конформационных элементов), которые могут находиться в разных энергетических состояниях, на основе квантовой теории переноса предложены новые определяющие уравнения для прогнозирования термовязкоупругих свойств и получены аналитические решения этих уравнений для определенных режимов деформирования материалов текстильной и лёгкой промышленности, соответствующих различным физическим моделям, найдены аналитические закономерности между параметрами термовязкоупругости, вытекающие из квантовой теории и позволяющие проверять применимость предложенных моделей, разработаны новые математические методы прогнозирования термовязкоупругого поведения материалов текстильной и лёгкой промышленности: метод замены операторов, метод квантовых колец, метод усреднения, позволяющие получать аналитические решения поставленных автором задач с целью разработки универсальной научной теории прогнозирования термовязкоупругих свойств полимерных материалов текстильной и лёгкой промышленности.

Отмеченные выше результаты определяют научную новизну диссертации.

В целом, эти результаты являются новыми научными знаниями в области материаловедения производств текстильной и лёгкой промышленности.

Достоверность экспериментальных данных обеспечивается использованием современных средств и методик проведения исследований. Теоретические положения основываются на использовании соискателем постулатов классической и квантовой механики и последних достижений в области материаловедения производств текстильной и лёгкой промышленности и механики деформируемых твёрдых тел, согласованностью теоретических положений диссертации с результатами экспериментов, а также вычислительной математики с использованием аналитических методов. В РИНЦ зарегистрировано более 100 публикаций П.П. Рымкевича, опубликованных в 2000 – 2017 гг., из них 2 монографии, более 1000 цитирований, индекс Хирша равен 18. Научные результаты неоднократно обсуждались на различных научных конференциях и получили одобрение ведущих специалистов.

Практическая значимость работы заключается в предложенных практических рекомендациях по совершенствованию методик и методов моделирования и прогнозирования деформационного поведения материалов текстильной и лёгкой промышленности в различных режимах эксплуатации, что способствует целенаправленному технологическому отбору материалов, обладающих определёнными эксплуатационными и деформационными свойствами, а также актами внедрения результатов диссертационной работы.

Замечания по диссертационной работе в целом

1. Предложенное уравнение (7.1) на с. 219 не является в общем случае общим кинетическим уравнением для эволюции рассматриваемых систем, как утверждает автор, а справедливо только в случае обратимых переходов, что не всегда выполняется в реальных системах.
2. Следовало бы продемонстрировать эффективность разработанных автором методов в четвёртой главе применительно к рассматриваемым материалам текстильной и легкой промышленности.
3. Автор утверждает, что выражение (5.34) на с. 165 «достаточно хорошо описывает всю кривую ползучести». Было бы более убедительно привести сравнительный анализ с экспериментальными данными по ползучести текстильных материалов.
4. На с.166 установлена асимптотическая связь между широко известным методом НАЛ и предложенным автором методом энергетических барьеров. К сожалению, автором не предложено методики перехода от одной модели к другой.
5. Разработанный автором диаграммный метод (с. 107 – 122) является весьма перспективным, но нет примеров его применимости к основным задачам, рассматриваемым в диссертационной работе.

Заключение

Отмеченные недостатки носят частный, не принципиальный характер и не снижают общую высокую оценку работы. Диссертация выполнена на адекватном научном уровне, хорошо оформлена. Автореферат отражает основные положения диссертационной работы, материалы диссертации достаточно полно освещены в публикациях автора.

Научные положения и результаты аргументированы и имеют отличия от известных достижений в данной области науки.

Результаты нашли практическое применение в Северо-Осетинском государственном университете имени К.Л. Хетагурова и в Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского.

Диссертация соответствует области исследования: 1 – Строение, свойства и показатели качества натуральных и химических волокон, нитей и полупродуктов прядения, ткачества и отделки, 3 – Строение, свойства и показатели качества сырья, полупродуктов и готовых

швейных изделий, 8 – Методы проектирования и прогнозирования свойств и показателей качества материалов и изделий текстильной и лёгкой промышленности, 9 – Методы оптимизации параметров структуры и свойств материалов и изделий текстильной и лёгкой промышленности — паспорта научной специальности 05.19.01 — Материаловедение производств текстильной и лёгкой промышленности.

В целом диссертационная работа **Рымкевича Павла Павловича** на тему: «Разработка научных основ и методов прогнозирования термовязкоупругих свойств полимерных материалов текстильной и лёгкой промышленности» представляет собой целостную законченную научно-квалификационную работу, в которой, на основании выполненных автором исследований решена крупная научная проблема в области разработки теоретических положений и методов прогнозирования термовязкоупругих свойств полимерных материалов текстильной и лёгкой промышленности, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение.

Считаю, что диссертационная работа Рымкевича Павла Павловича на тему: «Разработка научных основ и методов прогнозирования термовязкоупругих свойств полимерных материалов текстильной и лёгкой промышленности» удовлетворяет требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней» ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора технических наук, а её автор — **Рымкевич Павел Павлович** заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 05.19.01 — Материаловедение производств текстильной и легкой промышленности.

Официальный оппонент

Максимов Василий Васильевич,
доктор технических наук, профессор,
АО "Концерн "ОКЕАНПРИБОР",
Главный учёный секретарь



Максимов В.В.

25.04.2018

*Максимов Василий Васильевич,
доктор технических наук, профессор,
АО "Концерн "ОКЕАНПРИБОР",
197376, Санкт-Петербург, Чкаловский пр., д. 46.
тел.: (812)499-7643
e-mail: mail@oceanpribor.ru*

Подпись главного учёного секретаря В.В. Максимова заверяю:



25.04.2018г.

Заместитель генерального директора
по кадрам В.В. Иванов