

На правах рукописи

Драф

ДЕРЯБИНА АЛЛА ИГОРЕВНА

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОЦЕНКИ И ИССЛЕДОВАНИЕ
ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОМ СЖАТИИ ОБЪЕМНЫХ
НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОДЕЖДЫ**

Специальность 05.19.01 –
«Материаловедение производств текстильной и легкой промышленности»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Москва
2017

Работа выполнена в филиале Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» в г. Златоусте (филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте) на кафедре проектирования и технологии изделий сервиса.

Научный руководитель: доктор технических наук, доцент; филиал ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» в г. Златоусте (филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте), декан факультета Сервиса, экономики и права

Лисиенкова Любовь Николаевна

Официальные оппоненты: доктор технических наук, проф. ФГБОУ ВО «Костромской государственный университет (КГУ)», г. Кострома, профессор кафедры дизайна, технологии, материаловедения и экспертизы потребительских товаров.

Койтова Жанна Юрьевна

кандидат технических наук, профессор; ФГБОУ ВО «Российский государственный университет туризма и сервиса» (ФГБОУ ВПО «РГУТиС»), г. Москва, профессор кафедры сервисного инжиниринга.

Тюменев Юрий Якубович

Ведущая организация: ООО «Научно-исследовательский институт нетканых материалов» (ООО "НИИНМ"), г. Серпухов

Защита состоится 22.06.2017 г. в 12.30 часов на заседании диссертационного совета Д 212.144.06 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», по адресу: 117997, г. Москва, Садовническая ул., д. 33, стр. 1, к.156

Тел.: +7(495)951-41-07, e-mail: asp.mgudt@yandex.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» и на сайте http://www.mgudt.ru/aspirantura/d_issertations.aspx

Автореферат разослан _____ 2017 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета Д 212.144.06

доктор технических наук, профессор



Е.А. Кирсанова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы:

В настоящее время ассортимент нетканых материалов постоянно расширяется, что требует не только исследования их свойств, но и разработки практических рекомендаций по рациональному выбору материалов в пакет одежды. Благодаря эргономическим свойствам, объемные нетканые материалы и изделия с их применением имеют стабильно устойчивый спрос у производителей и потребителей одежды. Разнообразие современного ассортимента нетканых материалов ставит перед отечественными предприятиями легкой промышленности задачу максимального удовлетворения спроса потребителей в качественной одежде, что невозможно без научно - обоснованного выбора материалов в пакет одежды. Производство отечественной конкурентоспособной продукции особо актуально в условиях импортозамещения.

Нетканые волокнистые материалы имеют рыхлую неупорядоченную структуру, что обуславливает неравномерность значений показателей свойств, прежде всего геометрических. В процессах производства и эксплуатации нетканые материалы испытывают небольшие по величине циклические нагрузки, которые в первую очередь влияют на изменение размеров и формы деталей и изделий. Наибольшее влияние на свойства объемных нетканых материалов оказывает воздействие механического давления. Деформация нетканых материалов и их систем при циклическом сжатии существенно влияет на качественные характеристики материалов и готовых изделий (технологичность, надежность, эргономичность).

Для определения основных свойств материалов при сжатии существуют различные приборы и установки. Основной недостаток известных методов и средств состоит в том, что они не оценивают влияние факторов производства и эксплуатации и основаны на одноцикловом статическом деформировании.

Одним из важнейших направлений совершенствования процессов изготовления одежды с применением объемных нетканых материалов, является разработка методов исследования и оценки деформации материалов и их систем в условиях циклического сжатия, имитирующих условия производства и эксплуатации изделий.

Цели и задачи:

Целью работы является повышение качества и конкурентоспособности изделий с применением объемных нетканых материалов на базе разработки метода и средств исследования деформации материалов в условиях циклического сжатия.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

- обзор и анализ существующих методов и средств исследования поведения нетканых материалов в условиях циклического сжатия;
- исследование деформации объемных нетканых материалов в условиях циклического сжатия;
- разработка нового метода и средств исследования деформации нетканых материалов в условиях циклического сжатия, моделирующих воздействие факторов производства и эксплуатации одежды;
- проведение экспериментальных исследований закономерностей изменения деформации нетканых материалов и систем материалов для одежды при циклическом сжатии;
- разработка методики комплексной оценки характеристик деформации нетканых материалов и систем материалов в условиях циклического сжатия для прогнозирования их поведения при производстве и эксплуатации одежды;

- разработка рекомендаций по практическому использованию результатов исследований при проектировании и изготовлении швейных изделий с применением объемных нетканых материалов.

Объект исследования – нетканые материалы различного назначения, используемые для изготовления изделий легкой промышленности и их свойства.

Предмет исследования – деформация объемных нетканых материалов при сжатии.

Научная новизна работы.

При проведении теоретических и экспериментальных исследований автором впервые:

- создано новое устройство для определения деформации сжатия текстильных материалов;

- исследованы компоненты полной деформации объемных нетканых материалов в условиях циклического сжатия, при воздействии внешних факторов;

- получены математические зависимости деформации сжатия нетканых полотен, позволяющие прогнозировать параметры производства и эксплуатации при которых материал остается в упругом состоянии;

- разработана новая методика комплексной оценки характеристик деформации объемных нетканых материалов в условиях циклического сжатия для прогнозирования показателей их качества.

Практическую значимость результатов работы представляют:

- разработанная структурная схема и конструкция устройства для определения деформации объемных нетканых материалов в условиях циклического сжатия;

- разработанная новая методика прогнозирования показателей сжимаемости нетканых материалов, позволяет научно обоснованно осуществлять конфекционирование нетканых материалов, определять конструктивные и технологические особенности их изготовления, условия эксплуатации изделий;

- разработанные практические рекомендации для швейного производства по рациональному выбору объемных утепляющих нетканых материалов в пакет изделия, технологической обработке, условиям эксплуатации одежды;

- разработанная методика комплексной оценки деформации нетканых материалов и прогнозирования их свойств в условиях циклического сжатия, которая апробирована на швейных предприятиях Челябинской области, получила положительную оценку и была рекомендована к внедрению на предприятиях по производству изделий с применением объемных нетканых материалов. Разработанная методика внедрена и используется при проведении научно-исследовательских, а также курсовых и дипломных работах в учебном процессе ФГАОУ ВО «ЮУрГУ» (НИУ) г. Челябинска и филиала университета в г.Златоусте, ФГБОУ ВО «Костромской государственной технологической университет» г. Кострома, ФГБОУ ВО «Омский государственный институт сервиса» г. Омск.

Общая характеристика методов. Методология и методы исследования:

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе, подтверждается использованием современных методов исследования, с применением проверенных средств измерений, сертифицированного оборудования и приборов; методами математической статистики, планирования, аналитического моделирования и интерполяции, которые осуществлялись на ЭВМ с применением программных продуктов: Windows XP Professional Service Pack II, программное обеспечение Microsoft Office 2007, MathCAD, MS Excel; Компас-3D V8+.

Апробация работы:

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на:

– международной научно-практической конференции International Conference «Industrial Engineering – ICIE-2015» (международная научно-практическая конференция «Пром-Инжиниринг») г. Челябинск;

– международной научно-практической конференции «Problematyczne aspekty i rozwiązania we współczesnej nauce 28.06.2012-30.06.2012» (Kraków, 2012) / «Проблемные аспекты, пути решения в современной науке» (Польша, г. Краков, 2012 г.);

– международной научно-практической конференции «Инновационные технологии производства товаров, повышения качества и безопасности продукции легкой промышленности», «Алматинский технологический университет» (Республика Казахстан, г. Алматы, 2012 г.);

– всероссийской 59-й научно-практической конференции с международным участием «Россия молодая», «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева» (КузГТУ) (г. Кемерово, 2014 г.);

– X межвузовской научно-практической конференции студентов и аспирантов "Молодёжь, наука, творчество – 2012", «Омский государственный институт сервиса» (г. Омск, 2012 г.);

– всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Проблемы и перспективы развития лёгкой промышленности и сферы услуг», «Омский государственный институт сервиса», (г. Омск, 2015 г.);

— ежегодных научно-практических конференциях студентов и аспирантов «Наука ЮУрГУ», ФГБОУ ВО «ЮУрГУ» (НИУ), (г. Челябинск, 2011-2015);

Публикации:

По теме исследований опубликовано 14 печатных работ, в том числе 4 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Получен патент РФ на полезную модель № 144579 U1 «Устройство для определения деформации текстильных материалов при сжатии».

Структура и объем диссертационной работы:

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, выводов и списка использованных источников, включающего 153 наименования. Работа изложена на 136 страницах, включает 33 рисунка, 24 таблиц, 8 приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы и научного направления исследования, сформулированы цель, задачи исследования, показана научная и практическая значимость разработки методов оценки и исследования деформации нетканых материалов в условиях циклического сжатия.

Первая глава диссертационной работы посвящена анализу литературной информации, освещающей состояние вопросов по исследованию свойств и разработке методик оценки показателей качества объемных нетканых полотен в России и зарубежом. Большой вклад в изучение поведения материалов при воздействии внешних факторов внесли: Г.Н. Кукин, Б.А. Бузов, А.Ю. Жихарев, А.Г. Зыбин, О.А. Макаров, К.Г. Гущина, Л.А. Бекмурзаев, Л.А. Серебрякова, Ю.Я. Тюменев, Ж.Ю. Койтова, и другие не менее известные ученые.

Проведенный анализ литературы выявил недостаточный объем информации по теме исследования. Для определения показателей качества нетканых материалов в условиях циклического сжатия, в основном, используют методы, разработанные для тканей. Существующие методы определения показателей качества нетканых материалов в условиях циклического сжатия либо сложные и громоздкие, либо не уни-

версальны (не могут моделировать условия производства и эксплуатации, применяются для конкретного вида материалов или показателей свойств, невозможность реализации стесненного и свободного сжатия).

Поэтому для более достоверной оценки деформации материалов необходима разработка компактных, точных, автоматизированных устройств для испытания объектов в условиях циклического сжатия, а также возможность проведения параллельных, последовательных или совместных испытаний образцов к комплексу внешних воздействий (свободное и стесненное сжатие, влажностно-тепловые воздействия).

Определены основные направления экспериментальных исследований, выбраны соответствующие методы и поставлены задачи для реализации цели диссертационной работы.

Во второй главе дана характеристика объектов и методов исследования. В качестве объектов исследования выбраны объемные нетканые полотна и пакеты из них различного способа получения и волокнистого состава, имеющие широкое применение в производстве мужской и женской утепляющей одежды:

- скрепленные механическим способом (ватыны, войлок);
- скрепленные физико-химическим способом (шерстипон, тинсулейт, синтепон, холофайбер).

Определены методики и параметры проведения экспериментальных исследований. Приведены методы обработки данных и оценки получаемых результатов.

Для предварительных исследований разработана стендовая установка, для исследования закономерностей изменения деформации материалов при циклическом силовом давлении.

В третьей главе изложены результаты исследования закономерностей изменения деформации объемных нетканых материалов при циклическом сжатии. Для математического моделирования процесса циклического сжатия нетканых материалов выбрана функциональная зависимость, адекватно описывающая изменения деформации при сжимающих воздействиях. На основе эмпирических данных получены математические модели изменения деформации исследуемых объектов при воздействии многоциклового сжатия.

При воздействии внешних сжимающих усилий в структуре нетканых материалов происходят сложные пространственные деформации структурных элементов: увеличение площади контакта волокон, скручивание, изгибание. Однако, все эти процессы носят упругий или упруго-пластический характер.

При сжатии на материал помимо действия сил, направленных перпендикулярно его плоскости, также действует сила реакции опоры N . В результате действия внешних усилий в материале возникают силы упругости $F_{\text{упр}}$ структурных элементов. Поскольку расположение элементарных волокон в нетканых материалах хаотично, то по аналогии с броуновским движением частиц, можно рассматривать только суммарные составляющие этих элементарных сил, $\sum F_i = F_{\text{упр}}$ (рис. 1).

В таких случаях математическая модель сжатия строится по эмпирическим зависимостям, т.е. на основе обработки результатов множества экспериментов.

В работе предложена функциональная зависимость деформации нетканых материалов при сжатии, позволяющую анализировать влияние структурных изменений в объекте на его поведение (деформацию) при сжатии. В качестве параметров модели выбраны: уровень структуры, свойства объекта, характер внешних воздействий. С учетом цели и задач исследования к объектам и модели их деформации приняты условные допущения и ограничения:

- элементы структуры объектов условно можно представить в виде геометрического тела обладающего длиной (l), шириной (z) и толщиной (h);
- деформация структурных элементов определяется изменением толщины h объекта при воздействии небольших (1-20% от предельных) значениях сжимающих усилий;
- структурные элементы объекта обладают упруго-пластическими свойствами.

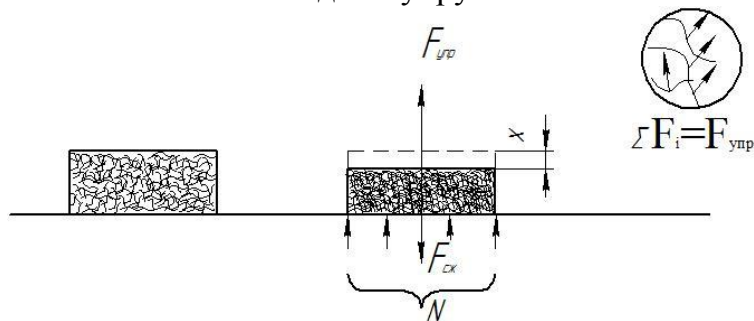


Рис. 1. Воздействие внешних сил при сжатии нетканых материалов

Для аппроксимации результатов эксперимента из множества функциональных зависимостей, использована функция:

$$y = a x^b e^{cx} \quad (1)$$

Эмпирическое уравнение (1) содержит три константы a , b и c , числовые значения которых могут быть определены различными способами. Применительно к описанию результатов экспериментального исследования деформации сжатия исследуемых объектов константа $a > 0$ и может быть равна любому целому или дробному числу. Константа b и константа c могут быть положительными или отрицательными величинами.

Для определения констант a , b и c уравнения (1) использовали метод наименьших квадратов (МНК), преимущество которого заключается в сравнительной простоте и универсальности вычислительных процедур. Используя программное обеспечение MathCAD, находим коэффициенты a , b , c – параметры деформации исследуемых объектов (табл. 1).

Таблица 1

Расчет параметров деформации материалов.

№ Образца.	Наименование материала	Коэффициенты уравнения (1)		
		a	b	c
Свободное сжатие				
1	Полотно нетканое холстопршивное арт. 927622	1,984	-0,013	-0,003
2	Полотно нетканое холстопршивное арт. 917618	1,222	-0,011	0,001
3	Войлок ГОСТ 6418-81	1,466	-0,023	0,003
4	Шерстипон (Верблюжья шерсть – 60 %)	3,363	-0,008	-0,009
5	Шерстипон(Овечья шерсть – 60%)	3,384	-0,01	-0,022
6	Тинсулейт Р 150	4,213	-0,029	-0,036
7	Синтепон СК150/300	2,968	-0,024	0,011
8	Холлофайбер	2,354	-0,011	0,03
Стесненное сжатие				
1	Полотно нетканое холстопршивное арт. 927622	1,003	-0,017	-0,004
2	Полотно нетканое холстопршивное арт. 917618	0,563	-0,026	0,011
3	Войлок ГОСТ 6418-81	0,999	-0,026	0,004
4	Шерстипон (верблюжья шерсть – 60 %)	5,932	-0,008	0,003
5	Шерстипон(овечья шерсть – 60%)	2,857	-0,024	0,008
6	Тинсулейт Р 150	4,208	-0,019	-0,019
7	Синтепон СК150/300	1,382	-0,001	-0,04
8	Холлофайбер	1,857	-0,054	0,038

Графические модели уравнения эмпирической кривой (1) представлена на рис. 2.

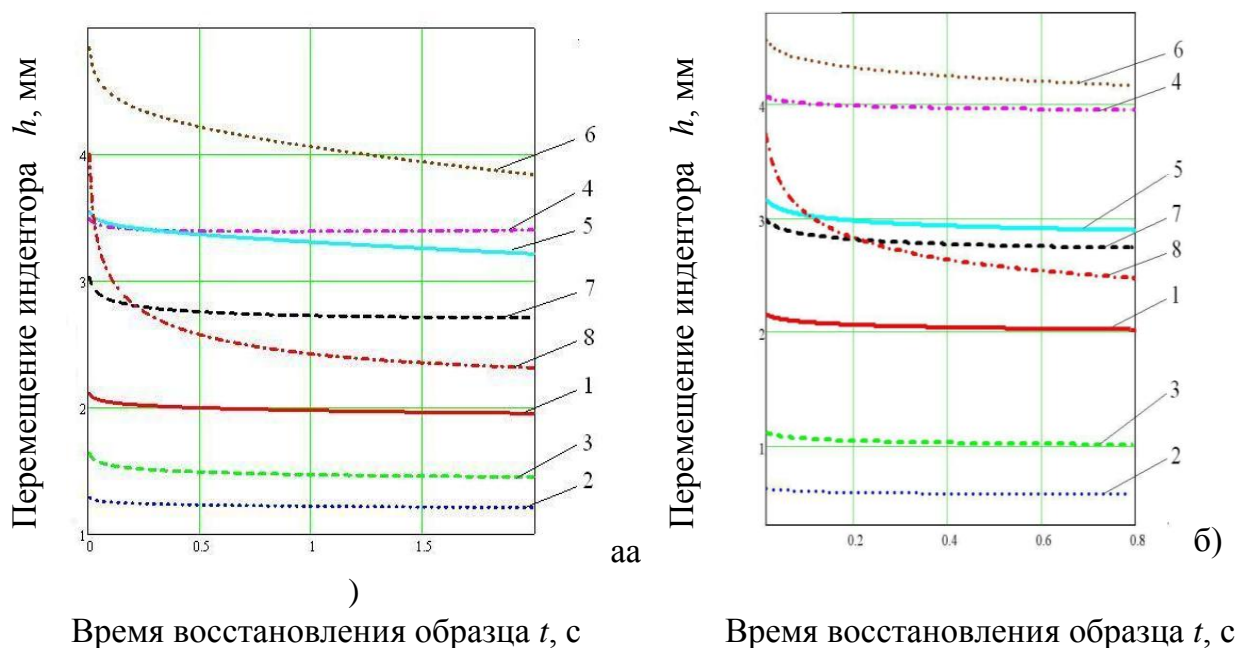


Рис. 2 – Графики изменения остаточной деформации при а) свободного, б) стесненного сжатия. Образцы: 1 – полотно холстопршивное (ВШрс – 85%, ВПэф – 15%); 2 – полотно холстопршивное (ВХл – 100%); 3 – войлок; 4 – шерстипон (верблюжья шерсть); 5 – шерстипон (овечья шерсть); 6 – тинсулейт; 7 – синтепон; 8 – холлофайбер

Результаты математического моделирования показали, что предложенная функциональная зависимость (1) подходит для описания остаточной деформации объемных нетканых материалов в условиях циклического сжатия. Уравнение (1) можно представить в виде:

$$h_i = at^b e^{ct} \quad (2)$$

где h_i – остаточная деформация, мм;

t – время восстановления образца, с;

a, b, c – коэффициенты уравнения (1) (параметры интенсивности процесса).

Результаты моделирования показали, что коэффициенты уравнения (1) определяются структурой и свойствами исследованных материалов. Коэффициент a прогнозирует упругие свойства материалов, обусловленные структурными характеристиками и объемом образца. Чем больше толщина и более рыхлая структура материала, тем больше значение a (табл. 1, рис.2: образцы № 4-6). Коэффициент b зависит от волокнистого состава и параметров сжатия материалов (стесненное, свободное сжатие). При свободном сжатии у образцов из натуральных волокон № 1, 2, 4, значение коэффициента b меньше чем, у образцов из синтетических волокон № 6, 7 (табл. 1, рис.2). При стесненном сжатии у образцов из синтетических волокон № 6, 7 значение коэффициента b меньше чем, у образцов № 2, 3, 5 из натуральных волокон. Коэффициент c определяет скорость установления релаксационного равновесия в материале после циклического сжатия.

Установленные диапазоны значений параметров a, b, c позволяют выбирать параметры при которых проявляются упругие деформации материалов, коэффициент b для нетканых материалов имеет отрицательное значение.

Предложенная функциональная зависимость деформации (1) позволяет прогнозировать параметры, условия (режимы) производства и эксплуатации нетканых материалов, при которых проявляются упругие деформации материалов. Упругие дефор-

мации в основном определяют показатели качества нетканых материалов при производстве и эксплуатации утепленной одежды.

Четвертая глава посвящена экспериментальным исследованиям деформации объемных нетканых материалов и пакетов материалов в условиях циклического сжатия, при воздействии внешних факторов (влаги, стирки) и разработке научно обоснованной методики оценки деформации нетканых материалов при циклическом сжатии.

Для реализации экспериментальных исследований разработано устройство для циклического сжатия материалов (рис. 3), включающее: стальную емкость цилиндрической формы 3 для размещения пробы 1 и съемный индентор 4.

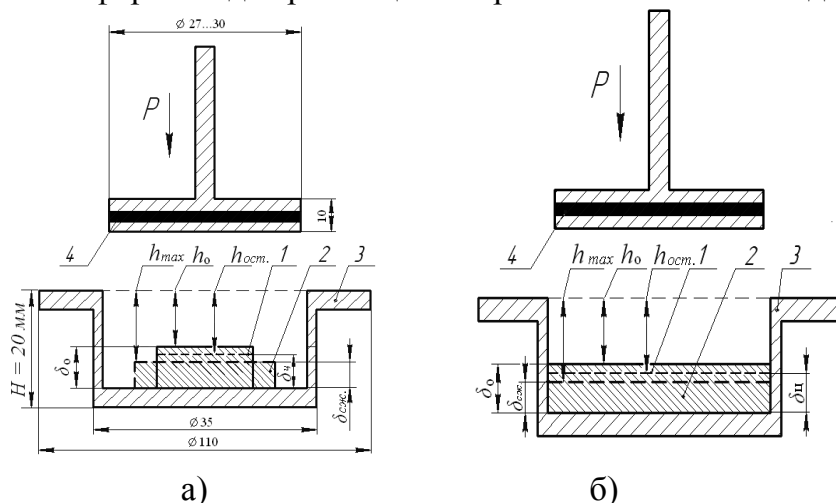


Рис. 3 – Схема приспособления для свободного (а), стесненного (б) сжатия материалов:

- 1 – проба до сжатия;
- 2 – проба при сжатии;
- 3 – приспособление для размещения пробы;
- 4 – индентор

Разработанное устройство позволяет в автоматизированном режиме и без разрушения образца, варьируя количество циклов, время нагружения и отдыха, получать составляющие полной деформации – условнообратимую, условнонеобратимую (остаточную) и определять их численные характеристики при сжатии, а также кинетику изменения деформации при изменении внешних условий в процессе нагружения и отдыха. Устройство позволяет изучать как технологические свойства материалов (способность к деформации), так и важнейшие эксплуатационные характеристики (упругость).

Преимущество разработанного метода сжатия заключается не только в автоматическом режиме реализации испытаний, измерений с помощью фотодатчиков, а также в возможности оценки исходных и конечных значений толщины в одинаковых условиях, что является особенно важным для объемных нетканых материалов, в возможности реализации разных условий сжатия: стесненное или свободное; в разных климатических условиях (влаги, тепло). Указанные достоинства обеспечивают, с одной стороны, объективность и точность измерения показателей, с другой – позволяют изучать сжимаемость и оценивать динамику изменения данного показателя при различных задаваемых внешних факторах, тем самым существенно расширять научные знания о свойствах материалов при сжатии.

Аналитически установлено, что относительная ошибка измеряемой величины $h(t)$ разработанным устройством не превышает 3–5 %. Высокая точность измерений предлагаемого устройства позволяет применять его в производственных условиях и в научных исследованиях.

Для сравнительной оценки свойств объемных нетканых материалов и пакетов из них в условиях циклического стесненного и свободного сжатия испытанию подвергали пробы образцов материалов в кондиционном, влажном ($W_{пробы} = 40\%$) состояниях, после эксплуатационных воздействий (1-ая, 2-ая стирка).

Результаты исследования деформации проб материалов и пакетов нетканых материалов по разработанной методике при изменении параметров циклического сжатия представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты оценки деформации после циклического сжатия материалов

Образец	вид сжатия	предварительная обработка*	Толщина материала, мм		Относительная деформация сжатия, доли				
			исходная L_0	после сжатия $L_{сж}$	% ($\times 10^2$)			доли	
					полная	обратимая	необратимая	$\Delta \epsilon_{об}$	$\Delta \epsilon_{необ}$
Полотно нетканое холстопршивное, арт. 927622	Стесненное	–	4,8	4,0	0,58	0,40	0,18	0,69	0,10
		Увл.	5,7	3,5	0,63	0,56	0,06	0,89	0,21
		1 стирка	5,0	4,4	0,33	0,30	0,02	0,90	0,06
		2 стирка	3,7	2,2	0,08	0,05	0,03	0,63	0,04
	Свободное	–	4,7	4,1	0,44	0,40	0,04	0,92	0,31
		Увл.	5,8	3,9	0,62	0,43	0,19	0,69	0,31
		1 стирка	5,1	4,3	0,45	0,42	0,03	0,93	0,07
2 стирка	3,6	2,2	0,36	0,33	0,03	0,92	0,08		
Полотно нетканое холстопршивное, арт. 917618	Стесненное	–	2,8	2,5	0,21	0,19	0,02	0,90	0,17
		Увл.	3,0	2,9	0,93	0,85	0,08	0,91	0,09
		1 стирка	2,8	2,4	0,43	0,41	0,02	0,95	0,05
		2 стирка	2,3	2,1	0,18	0,14	0,04	0,78	0,22
	Свободное	–	2,6	2,5	0,46	0,43	0,03	0,93	0,32
		Увл.	2,9	2,1	0,81	0,55	0,26	0,68	0,04
		1 стирка	2,7	2,5	0,65	0,62	0,03	0,95	0,05
2 стирка	2,2	2,0	0,65	0,64	0,01	0,99	0,01		
Войлок (Россия)	Стесненное	–	6,0	5,9	0,20	0,17	0,03	0,85	0,15
		Увл.	6,6	6,1	0,31	0,26	0,05	0,84	0,16
		1 стирка	6,2	5,3	0,28	0,26	0,02	0,93	0,07
		2 стирка	6,1	4,5	0,08	0,07	0,01	0,88	0,12
	Свободное	–	5,9	5,5	0,27	0,24	0,03	0,89	0,11
		Увл.	6,5	6,3	0,34	0,31	0,03	0,91	0,09
		1 стирка	6,1	5,2	0,24	0,20	0,04	0,83	0,17
2 стирка	6,0	4,6	0,46	0,42	0,04	0,91	0,09		
Шерстипон (ВПЭф – 40 %; верблюжья шерсть – 60%)	Стесненное	–	24,4	23,4	0,25	0,24	0,01	0,96	0,09
		Увл.	18,6	18,4	0,33	0,30	0,03	0,91	0,03
		1 стирка	19,8	19,2	0,29	0,28	0,01	0,97	0,03
		2 стирка	7,9	7,4	0,12	0,11	0,01	0,92	0,08
	Свободное	–	24,2	23,2	0,23	0,22	0,01	0,97	0,03
		Увл.	19,3	18,8	0,31	0,28	0,03	0,96	0,10
		1 стирка	19,7	19,1	0,38	0,37	0,01	0,97	0,03
2 стирка	7,8	7,5	0,16	0,14	0,02	0,88	0,12		
Шерстипон (ВПЭф – 40 %; овечья шерсть – 60%)	Стесненное	–	14,9	12,7	0,23	0,19	0,04	0,82	0,09
		Увл.	16,2	14,5	0,38	0,34	0,04	0,90	0,18
		1 стирка	8,0	6,0	0,09	0,08	0,01	0,89	0,11
		2 стирка	3,1	2,6	0,25	0,24	0,01	0,96	0,04
	Свободное	–	14,7	12,5	0,23	0,21	0,02	0,91	0,10
		Увл.	17,0	15,0	0,29	0,26	0,03	0,97	0,09
1 стирка	8,1	5,9	0,36	0,34	0,02	0,94	0,06		

		2 стирка	3,2	2,6	0,17	0,15	0,02	0,88	0,12
Тинсулейт Р 150	Стесненное	–	15,8	13,7	0,28	0,25	0,03	0,89	0,11
		Увл.	15,9	13,9	0,38	0,36	0,02	0,95	0,05
		1 стирка	10,7	8,6	0,50	0,49	0,01	0,98	0,02
		2 стирка	7,4	4,3	0,39	0,38	0,01	0,97	0,03
	Свободное	–	15,6	13,5	0,34	0,25	0,09	0,74	0,26
		Увл.	16,1	14,2	0,37	0,33	0,04	0,89	0,11
		1 стирка	10,8	8,7	0,15	0,14	0,01	0,93	0,07
		2 стирка	7,6	4,4	0,47	0,45	0,02	0,96	0,04
Синтепон СК150/300	Стесненное	–	7,8	6,4	0,18	0,17	0,01	0,94	0,03
		Увл.	12,0	9,2	0,77	0,75	0,02	0,97	0,06
		1 стирка	6,5	6,3	0,32	0,30	0,02	0,94	0,08
		2 стирка	3,1	2,5	0,09	0,07	0,02	0,78	0,22
	Свободное	–	7,5	6,2	0,40	0,38	0,02	0,95	0,05
		Увл.	12,6	9,8	0,66	0,62	0,04	0,94	0,06
		1 стирка	6,4	6,2	0,36	0,33	0,03	0,92	0,08
		2 стирка	3,0	2,4	0,28	0,26	0,02	0,93	0,07
Холлофайбер	Стесненное	–	11,9	9,2	10,8	8,3	0,02	0,76	0,13
		Увл.	19,6	11,4	19,1	10,8	0,08	0,56	0,23
		1 стирка	6,7	4,6	0,50	0,49	0,01	0,98	0,02
		2 стирка	7,4	4,3	0,39	0,38	0,01	0,97	0,03
	Свободное	–	12,00	8,52	12,6	7,9	0,04	0,62	0,17
		Увл.	17,60	8,23	17,1	7,5	0,09	0,44	0,16
		1 стирка	7,7	5,6	0,50	0,38	0,01	0,92	0,01
		2 стирка	7,4	4,3	0,39	0,38	0,01	0,97	0,03
Комплексны й материал С ₁ Т ₁	Стесненное	–	5,2	5,1	0,50	0,49	0,01	0,98	0,01
		Увл.	6,9	6,7	0,51	0,47	0,04	0,92	0,08
		1 стирка	4,1	3,3	0,17	0,15	0,02	0,88	0,12
		2 стирка	2,3	1,7	0,15	0,14	0,01	0,93	0,07
	Свободное	–	5,1	4,9	0,21	0,19	0,02	0,90	0,10
		Увл.	6,7	6,5	0,57	0,54	0,03	0,95	0,05
		1 стирка	4,0	3,2	0,61	0,57	0,04	0,93	0,07
		2 стирка	2,4	1,8	0,29	0,26	0,03	0,90	0,10
Комплексны й материал С ₁ Т ₂	Стесненное	–	4,8	3,4	0,39	0,36	0,03	0,92	0,08
		Увл.	5,7	4,7	0,19	0,17	0,02	0,89	0,11
		1 стирка	2,1	1,8	0,27	0,26	0,01	0,96	0,04
		2 стирка	1,2	1,0	0,06	0,04	0,02	0,67	0,33
	Свободное	–	4,6	3,2	0,60	0,59	0,01	0,98	0,02
		Увл.	5,8	4,9	0,22	0,19	0,03	0,86	0,14
		1 стирка	2,0	1,6	0,46	0,42	0,04	0,91	0,09
		2 стирка	1,4	0,8	0,26	0,23	0,03	0,88	0,12
Комплексны й материал Т ₃ С ₂ Т ₃	Стесненное	–	1,5	1,1	1,00	0,96	0,04	0,96	0,03
		Увл.	3,6	2,3	0,64	0,36	0,28	0,56	0,44
		1 стирка	2,4	1,3	0,87	0,84	0,03	0,97	0,04
		2 стирка	1,1	0,7	0,46	0,35	0,11	0,76	0,24
	Свободное	–	1,4	1,2	0,34	0,29	0,04	0,85	0,12
		Увл.	3,9	2,6	0,81	0,65	0,16	0,80	0,20
		1 стирка	2,5	1,4	0,57	0,54	0,03	0,95	0,05
		2 стирка	1,1	0,8	0,50	0,36	0,14	0,72	0,28
Комплексны й материал	Стесненное	–	4,0	3,4	0,45	0,42	0,02	0,93	0,05
		Увл.	6,1	5,7	0,28	0,23	0,05	0,82	0,18

С ₃ T ₁		1 стирка	5,8	2,9	0,45	0,44	0,01	0,98	0,02
		2 стирка	2,8	2,1	0,45	0,23	0,19	0,51	0,49
	Свободное	–	3,8	2,9	0,33	0,27	0,06	0,81	0,19
		Увл.	6,0	5,5	0,26	0,22	0,04	0,85	0,15
		1 стирка	5,7	2,8	0,50	0,43	0,07	0,86	0,14
		2 стирка	2,9	2,0	0,97	0,87	0,10	0,90	0,10

Результаты исследований показали, что в кондиционном состоянии доля необратимой деформации проб из натуральных волокон (см. табл. 2, образцы № 1 – 3) в условиях стесненного сжатия меньше на 15-25%, по сравнению с аналогичными результатами в условиях свободного сжатия проб данных материалов. Это объясняется условиями испытаний, упругими свойствами натуральных волокон и их лучшей восстанавливаемостью в свободном состоянии. Результаты исследований показали, что доля обратимой деформации проб после увлажнения и 100 циклов свободного сжатия (см. табл.2, образцы 1, 4, 5) больше, чем после стесненного сжатия увлажненных проб, и связаны со строением и свойствами шерстяных волокон. В работе также были исследованы системы нетканых материалов при различных параметрах сжатия (стесненное, свободное) и воздействии дополнительных факторов (увлажнение, стирки). Характеристика исследуемых систем нетканых материалов представлена в работе п.п. 4.2 (таблица 4.6).

Экспериментальные исследования показали, что компоненты полной деформации материалов – обратимая и необратимая – существенным образом зависят от комплекса факторов: количества циклов сжатия, вида сжатия (стесненное, свободное), климатических условий (влага, тепло).

Далее в работе исследовано влияние изменения деформации объектов при циклическом сжатии на эргономические свойства. Показано, что воздействие циклических сжимающих усилий на объемные нетканые материалы приводит к изменению их толщины, что в свою очередь приводит к изменению теплозащитных свойств. В работе исследована закономерность изменения теплового сопротивления объектов после многоциклового сжатия на приборе ПТС-225, в соответствии с ГОСТ 20489-75 «Материалы для одежды. Метод определения суммарного теплового сопротивления». Теоретически влияние изменения толщины h нетканых материалов после многоциклового сжатия на его тепловое сопротивление R описывается зависимостью вида:

$$R=h/\lambda \quad (3)$$

где λ – эффективный коэффициент теплопроводности материала, Вт/(м•К)

h – толщина материала, м.

Таблица 3

Теплофизические свойства материалов после циклического сжатия

Материал	Тепловое сопротивление, м ² К/Вт				
	период, циклы				
	0	100	200	300	400
Полотно нетканое холстопрощивное арт. 927622	0,143	0,115	0,104	0,099	0,096
Шерстипон (Верблюжья шерсть – 60 %)	0,285	0,241	0,220	0,208	0,208
Синтепон СК150/300	0,199	0,163	0,160	0,155	0,155
Тинсулейт Р 150	0,303	0,261	0,253	0,240	0,237
Показатели теплового сопротивления материалов после циклического сжатия (на приборе ПТС-225)					
Полотно нетканое холстопрощивное арт. 927622	0,119	0,100	0,090	0,083	0,083
Шерстипон (Верблюжья шерсть – 60 %)	0,314	0,266	0,240	0,228	0,220

Синтепон СК150/300	0,153	0,140	0,133	0,128	0,125
Тинсулейт Р 150	0,294	0,240	0,240	0,238	0,234

Сравнительный анализ данных, представленных в таблице 3, показал согласованность результатов, полученных на приборе ПТС-225 и по уравнению (3), относительная погрешность – не более 8... 12 %. Из экспериментальных и расчетных данных видно, что уменьшение толщины приводит к снижению теплового сопротивления. Данные таблицы 3 показывают, что наибольшее изменение теплового сопротивления после 400 циклов сжатия наблюдается у ватина и шерстипона (27-32%), у высокообъемных термоскрепленных образцов материалов (синтепон, тинсулейт) теплое сопротивление после 400 циклов сжатия изменяется меньше (18-22%) это объясняется волокнистым составом, плотностью и высокой пористостью данных объемных термоскрепленных материалов.

Пятая глава посвящена разработке методики прогнозирования свойств нетканых материалов в условиях циклического сжатия. Предложены новые показатели начальной и циклической сжимаемости для прогнозирования поведения материалов при циклическом сжатии.

Для оценки объективности методик проведен сопоставительный анализ характеристик свойств, полученных в условиях циклического сжатия материалов и при эксплуатации изделий. Графо-аналитическим способом установлено, что величина коэффициента подобия между результатами деформации материалов при сжатии и эксплуатации равна 15.

Сравнительный анализ деформации материалов с использованием коэффициента подобия доказал соответствие характера динамики изменения деформации объектов в условиях циклического сжатия и при эксплуатации изделий (рис. 4).

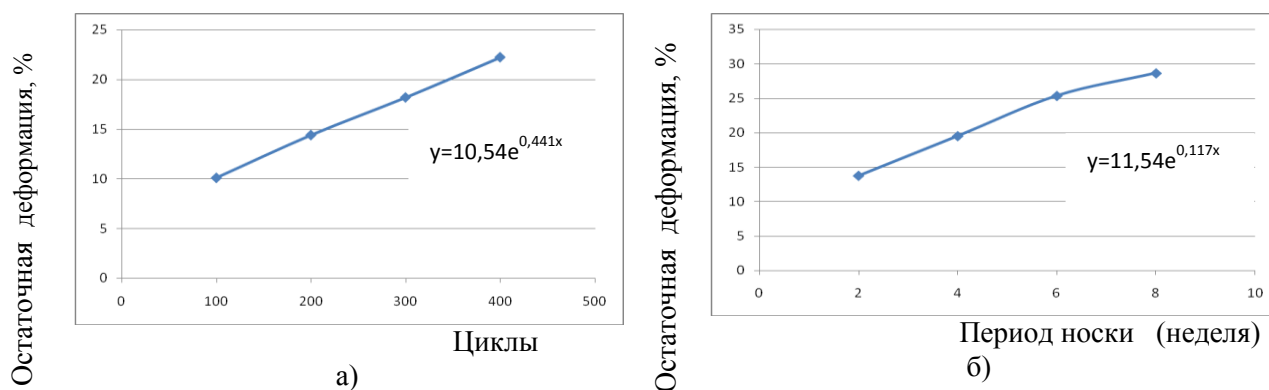


Рис. 4 – Графические модели накопления остаточной деформации пакета материалов при циклическом сжатии (а) и эксплуатации (б).

Таким образом доказана объективность метода при прогнозировании поведения материалов в условиях циклического сжатия.

Разработана методика прогнозирования поведения объемных нетканых материалов в условиях циклического сжатия, позволяющая учитывать факторы производства и эксплуатации. Сущность методики заключается в использовании комплекса показателей, характеризующих деформацию и изменение размеров и формы материалов при сжатии: циклическая сжимаемость, показатели сжимаемости (технологичности).

Коэффициент начальной сжимаемости $K_{сж}$ характеризует технологические свойства материалов и позволяют выбирать наиболее оптимальные методы обработки деталей и узлов изделия или способы ухода за изделиями при эксплуатации:

$$K_{сж} = C_2 / C_1, \quad (4)$$

В качестве базового показателя сжимаемости берется показатель C_1 который рассчитывается по полученным экспериментальным данным исследования деформации в условиях циклического свободного сжатия в кондиционных условиях (см. гл. 4):

$$C_1 = 100 (\delta_0 - \delta_{сж}) / \delta_0, \quad (5)$$

где $\delta_0, \delta_{сж}$ – толщина пробы до сжатия, при сжатии соответственно, мм.

Показатель сжимаемости C_2 сравнивается с базовым показателем C_1 и в зависимости от технологических операций формования, прессования, выбора конструкции изделия, условий обработки определяется по формуле (5) по результатам испытания проб в кондиционном или влажном состояниях, стесненного или свободного сжатия соответственно.

Циклическая сжимаемость C_u материала учитывает релаксационный характер изменения толщины во время нагрузки (отдыха) и поэтому является более объективной характеристикой сжимаемости, определяемая в период отдыха пробы при установлении релаксационного равновесия (при последнем измерении).

$$C_u = L_0 - L_u = h_i \quad (6)$$

где L_0 – толщина пробы до сжатия, мм;

L_u – толщина материала после воздействия периода сжатия, мм;

h_i – последнее измерение величины деформации сжатия пробы в период отдыха, мм.

Показатель остаточной сжимаемости $C_{ц}$, характеризует «податливость» материалов при сжатии и обратное этому свойству проявление – упругость, т.е. способности материала сопротивляться сжимающей нагрузке.

На основе показателя остаточной сжимаемости $C_{ц}$ определены группы сжимаемости (табл. 4) и с учетом коэффициента начальной сжимаемости $K_{сж}$ разработана методика оценки сжимаемости материалов для одежды в условиях непределенных циклических нагрузок. Применение методики позволило разработать практические рекомендации по проектированию конкретных моделей изделия (силуэтные варианты); определить рациональные способы выполнения технологических операций и прогнозировать условия эксплуатации и ухода за изделиями.

Таблица 4

Показатель	Группа сжимаемости	
	1 (среднесжимаемые, нетканые полотна скрепленные механическим способом)	2 (сильносжимаемые, объемные термоскрепленные полотна)
Остаточная сжимаемость после 100 циклов сжатия $C_{ц}, \%$	10...20	Более 20
Образцы материалов	1,2,3	4,5,6,7

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. На основе анализа и систематизации информации выявлено отсутствие стандартных унифицированных методов оценки деформации нетканых материалов в условиях циклического сжатия, что затрудняет рациональный выбор материалов в пакет одежды.

2. Предложена математическая модель деформации объемных нетканых материалов при циклическом сжатии, позволяющая прогнозировать параметры производства и эксплуатации нетканых материалов, при которых материалы остаются в упругом состоянии.

3. Разработано новое устройство для исследования деформации нетканых материалов, позволяет создавать условия сжатия, соответствующие условиям при про-

изводстве и эксплуатации одежды, обеспечивающее достоверность результатов оценки деформации нетканых материалов и пакетов материалов для изделий.

4. Разработан новый метод определения составляющих полной деформации нетканых материалов при циклическом сжатии. Погрешность между расчетными и экспериментальными значениями деформации изменяется в пределах 5–15,0 %, что говорит о достаточном соответствии теоретических расчетов экспериментальным данным.

5. Разработана новая методика комплексной оценки показателей сжимаемости нетканых утепляющих материалов для прогнозирования их поведения при производстве и эксплуатации одежды. На основе экспериментальных исследований деформации объектов в условиях циклического сжатия разработана градация утепляющих нетканых объемных материалов на две группы сжимаемости (1 – средняя, 2 – высокая).

6. Разработаны практические рекомендации для швейного производства по рациональному выбору объемных утепляющих нетканых материалов в пакет изделия, технологической обработке, условиям эксплуатации одежды.

7. Экспериментально-аналитически установлена достаточно тесная связь характера (кинетики) изменения деформации исследованных объектов при эксплуатации изделий и в лабораторных условиях при циклическом сжатии материалов, коэффициент корреляции составил 0,72... 0,84. Методом экстраполяции экспериментальных данных найдены функциональные зависимости, описывающие изменение деформации исследованных объектов в эксплуатационной носке и в лабораторных условиях при циклическом сжатии. Установлен коэффициент подобия между периодами носки изделий и циклами сжатия в лабораторных условиях, значение которого составляет 15.

8. Результаты экспериментальных и аналитических исследований апробированы и получили положительную оценку на швейных предприятиях Челябинской области.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи, опубликованные в ведущих рецензируемых научных изданиях и журналах, рекомендуемых ВАК при Минобрнауки России

1. Дерябина А.И. Исследование деформации волокнисто-сетчатых материалов методом циклического сжатия / А.И. Дерябина, Л.Н. Лисиенкова // Изв. вузов. Серия «Технология текстильной промышленности». – 2013. – № 1. – С.32-36.

2. Дерябина А.И. Исследование деформации волокнисто-сетчатых материалов при циклическом сжатии / А.И. Дерябина, Л.Н. Лисиенкова, Е.А. Кирсанова, Г.Э. Махарашвили // Дизайн и технологии. – 2013. – №35(77). – С. 64-69.

3. Дерябина А.И. Моделирование деформации волокнисто-сетчатых материалов при циклическом сжатии / А.И. Дерябина, Л.Н. Лисиенкова, О.Ю. Тарасова // Изв. вузов. Серия «Технология текстильной промышленности». – 2015. – № 3. – С. 29-34.

Дерябина А.И. Исследование изменения теплового сопротивления нетканых материалов в условиях циклического сжатия / А.И. Дерябина, Л.Н. Лисиенкова // Изв. вузов. Серия «Технология текстильной промышленности». – 2016. – № 1. – С94-98.

Патент

1. Патент на полезную модель Российская Федерация № 144579 U1, МПК G01N 3/08 Устройство для определения деформации текстильных материалов при сжатии [Текст]/ А.И. Дерябина, Л.Н. Лисиенкова, Е.А. Трофимов, Ю.С. Мязина – Заявка № 2014115352/28; заявл. 16.04.2014; опубл. 27.08.2014.

Материалы научно-технических конференций и статьи

1. Дерябина А.И. Stability of shape prediction for light industry products / А.И. Дерябина, Л.Н. Лисиенкова // Материалы международной научно-практической конфе-

ренции «Проблемные аспекты, пути решения в современной науке». – Краков. 2012. – С. 6-10.

2. Дерябина А.И. Deformation of fibrous materials in the way of the cyclical compression / А.И. Дерябина, Л.Н. Лисиенкова // Евразийский Союз Ученых. Ежемесячный научный журнал Изд-во Евразийский Союз Ученых – 2014. – № 4. – С. 54-56.

3. Дерябина А.И. Разработка методики оценки свойств волокнистых материалов в условиях циклического сжатия / А.И. Дерябина, Л.Н. Лисиенкова // Материалы междунар. научно-практич. конференции «Инновационные технологии производства товаров, повышение качества и безопасности продукции легкой промышленности»: Изд-во Алматинского технологич. ун-та. – 2012. – С. 78-80.

4. Дерябина А.И. Разработка метода оценки свойств материалов для одежды при циклическом сжатии / А.И. Дерябина, Л.Н. Лисиенкова // Совершенствование процесса организации услуг и технологий в индустрии моды и красоты: Материалы X межвузовск. науч.-пр. конф. студентов и аспирантов "Молодёжь, наука, творчество-2012": межвузовский сб. науч. тр. – Омск: ОГИС, 2012. – С. 94–95.

5. Дерябина А.И. Прогнозирование формоустойчивости материалов для изделий легкой промышленности / А.И. Дерябина, Л.Н. Лисиенкова // Наука ЮУрГУ: материалы 65-й научной конференции. Секции технических наук: в 2 т. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – Т.2. – С. 1220-1224.

6. Дерябина А.И. Анализ деформации нетканых материалов при циклическом сжатии / А.И. Дерябина, Л.Н. Лисиенкова // Сборник «НАУКА ЮУрГУ». Материалы 66-й научной конференции (Электронный ресурс). Южно-Уральский государственный университет; ответственный за выпуск: Ваулин С.Д. – 2014. – С. 1205-1209.

7. Дерябина А.И. Анализ деформации материалов при циклическом сжатии / А.И. Дерябина, Л.Н. Лисиенкова // Сборник материалов VI Всерос. 59-й научно-практической конференции с международным участием «Россия молодая». 2014 г., Кемерово / ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева».

8. Дерябина А.И. Прогнозирование свойств нетканых материалов для одежды в условиях циклического сжатия / А.И. Дерябина, Л.Н. Лисиенкова // Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Проблемы и перспективы развития лёгкой промышленности и сферы услуг», 2015 г., Омск [Электронный ресурс] / ФГБОУ ВПО «ОГИС».

Дерябина А.И. Разработка методов оценки и исследование деформации нетканых материалов для одежды в условиях циклического сжатия / А.И. Дерябина, Л.Н. Лисиенкова // Наука ЮУрГУ: материалы 69-ой научной конференции. Секции технических наук: в 2 т. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. – Т.2. – 440 с.

Дерябина Алла Игоревна

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОЦЕНКИ И ИССЛЕДОВАНИЕ
ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОМ СЖАТИИ ОБЪЕМНЫХ
НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОДЕЖДЫ**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Усл.-печ. 1,0 п.л. Тираж 80 экз. Заказ № _____
Редакционно-издательский отдел РГУ им. А.Н. Косыгина
117997, г. Москва, ул. Садовническая, 33, стр. 1
отпечатано в РИО РГУ им. А.Н. Косыгина