

*На правах рукописи*



**Липатова Людмила Алексеевна**

**РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ОЦЕНКИ И ИССЛЕДОВАНИЕ  
ФОРМОВОЧНОЙ СПОСОБНОСТИ МНОГОСЛОЙНЫХ  
КОМПОЗИЦИОННЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**Специальность: 05.19.01 - Материаловедение производств текстильной и  
легкой промышленности**

**АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание учёной степени  
кандидата технических наук**

**Москва-2017**

Работа выполнена на кафедре материаловедения и товарной экспертизы Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)»

**Научный руководитель:** доктор технических наук, профессор кафедры материаловедения и товарной экспертизы **Бесшапошникова Валентина Иосифовна**

**Официальные оппоненты:** доктор технических наук, доцент кафедры дизайна, технологии, материаловедения и экспертизы потребительских товаров ФГБОУ ВО «Костромской государственный университет»  
**Чагина Любовь Леонидовна**

кандидат технических наук, доцент, генеральный директор ОАО «Центральный научно-исследовательский институт швейной промышленности»  
**Лопандина Светлана Константиновна**

**Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «**Казанский национальный исследовательский технологический университет**»

Защита состоится «15» июня 2017 г. в 12 часов на заседании диссертационного совета Д 212.144.06 на базе ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина» по адресу: 117997, г. Москва, ул. Садовническая, д. 33, стр. 1, ауд. 156.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина» и на сайте [www.mgudt.ru](http://www.mgudt.ru).

Автореферат разослан « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета Д 212.144.06  
доктор технических наук, профессор

Е.А. Кирсанова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы:** На сегодняшний день разработка конкурентоспособных материалов с заранее заданными свойствами и их эффективное использование при проектировании швейных изделий является основной задачей легкой промышленности и текстильного материаловедения. Широкие возможности в этом направлении лежат в переходе к сложным многослойным структурам, в том числе композиционным текстильным материалам (КТМ), полученным по клеевой технологии соединения нескольких полотен полимерным адгезивом. Такой подход позволяет получать качественно новые изделия, обладающие высокими эксплуатационными свойствами, новыми функциями, добавленными качествами, экологичностью и рыночной ликвидностью.

Однако анализ литературных данных показал, что теоретические основы проектирования КТМ находится в начальной стадии развития. Отсутствуют данные о процессах их деформирования и формовочной способности, нет методов исследования, учитывающих сложную, неоднородную структуру КТМ. Все это подтверждает актуальность проведения данных исследований.

**Целью работы является** совершенствование методов оценки и прогнозирования формовочной способности, с учетом особенностей структуры многослойных композиционных текстильных материалов и обеспечение конкурентоспособности КТМ за счет комплексного исследования свойств и разработки рекомендаций по их использованию.

Для достижения цели необходимо решить следующие **задачи**:

провести анализ научных исследований в области проектирования, прогнозирования и изучения структуры и свойств многослойных КТМ и методов оценки показателей качества полотен и изделий;

провести анализ ассортимента и исследование перспектив развития рынка многослойных текстильных материалов;

разработать номенклатуру основных показателей качества КТМ для изделий бытового назначения;

разработать концептуальную модель проектирования и изготовления КТМ и изделий из них;

установить закономерности, позволяющие прогнозировать формуемость и формоустойчивость КТМ и изделий из них;

усовершенствовать существующие методы исследования деформационных свойств и формовочной способности с учетом особенностей структуры КТМ;

разработать структуру новых композиционных текстильных материалов и осуществить комплексное исследование их свойств;

разработать практические рекомендации и осуществить апробацию результатов исследований на предприятиях швейной промышленности.

**Научная новизна результатов диссертационного исследования:**

впервые разработана концептуальная структурно-информационная модель проектирования КТМ и изделий из них, которая позволила создать новые материалы и получить новые сведения о структуре и свойствах КТМ;

предложены математические модели, которые позволяют прогнозировать формовочную способность КТМ по показателям структурных элементов полотен. Определено значение структурного коэффициента адгезива;

установлена зависимость формовочной способности от температуры и величины прикладываемого усилия, что позволило разработать более совершенные методы исследования, учитывающие особенности структуры КТМ, и повысить объективность оценки их свойств;

разработана классификация на основе систематизации многослойных материалов с учетом особенностей технологии производства и структуры, которая позволит рационально формировать техническое задание на проектирование новых КТМ и осуществлять обоснованный выбор материалов для одежды с заданными свойствами;

получены новые сведения об основных потребительских свойствах, формуемости и формоустойчивости композиционных текстильных материалов различных структур;

получено уравнение регрессии, которое позволяет прогнозировать формоустойчивость изделий на основании результатов испытания образцов по разработанному методу пространственного растяжения;

разработаны методики испытания на пространственное деформирование и одноосное одноцикловое растяжение КТМ.

**Теоретическая значимость работы** заключается в разработке математических моделей в виде формул и уравнений регрессии, которые позволяют прогнозировать формуемость и формоустойчивость материалов и изделий по показателям структурных элементов и свойств КТМ.

**Практическая значимость работы:**

разработан и внедрен в учебный процесс экспресс-метод и методика определения одноцикловых характеристик одноосного растяжения под воздействием сверхвысокочастотного электромагнитного поля (СВЧ ЭМП), которые позволяют значительно сократить время испытания текстильных материалов (патент 2472151 РФ, 2013 г; акт внедрения);

разработан и внедрен в учебный процесс метод и методика пространственного деформирования КТМ при повышенных температурах, которые дают объективную информацию о формуемости и формоустойчивости

изделий из текстильных материалов (заявка № 2015119152/20, решение о выдаче патента от 31.10.2016; акт внедрения);

разработанный ассортимент новых многослойных КТМ и полученные справочные данные физико-механических и эксплуатационных свойств позволяют расширить ассортимент многослойных текстильных материалов и определить их рациональное применение в производстве одежды;

установленные оптимальные технологические параметры процесса формования деталей одежды из многослойных КТМ, обеспечивают высокое качество и формоустойчивость швейных изделий, о чем свидетельствует акт внедрения в производственный процесс швейного цеха ООО «КВН СЕРВИС» (г. Энгельс, Саратовская область).

**Объектами исследования являлись:** спрос и потребительские предпочтения на КТМ; структура и свойства многослойных КТМ, реализуемых в торговой сети и разработанных автором; методы исследования свойств и оценки показателей качества многослойных КТМ. В качестве слоев КТМ использовали тканые и трикотажные однослойные полотна разного волокнистого состава, структуры и свойств, в качестве полимерного адгезива – акриловые, сополиамидные и полиэтиленовые клеевые составы в виде порошка и паутинки. Формирование структуры новых КТМ осуществляли на прессах ПГУ-12112 и QUICK MINI PRESS NHJ-J500 при увлажнении 10% и давлении 0,03-0,04 МПа, времени дублирования - 20 сек, температуре: 100 °С с акриловым, 125-130 °С с полиэтиленовым и 140-145 °С с сополиамидным адгезивами.

**Основные методы исследования.** Исследования выполнялись на базе экспериментально-теоретических подходов с применением методов планирования эксперимента, теории классификации, математического моделирования, теории подобия и анализа размерностей, рентгеноструктурного анализа (РСА) и инфракрасной спектроскопии (ИКС), математической статистики, методов социологического исследования и экспертных оценок. Исследования физико-механических свойств осуществляли в соответствии с ГОСТами на известных и разработанных устройствах. В работе применяли графические, расчетные и аналитические средства MS Windows, MS Excel.

**Апробация работы.** Материалы диссертационной работы доложены и обсуждены на международных научно-практических конференциях: «Взаимодействие высшей школы с предприятиями легкой промышленности: наука и практика», (Кострома, 2013); «Техническое регулирование: базовая основа качества материалов, товаров и услуг» (Шахты, 2014); «Материалы 21 века», (Пенза, 2014); «Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы» (SMARTEX-2014) (Иваново); «Наука и технологии в современном мире: традиции и инновации» (Новосибирск 2015); «Моделирование в технике и экономике», (Витебск 2016, Беларусь);

«Перспективные полимерные композиционные материалы. Альтернативные технологии. Переработка. Применение. Экология». («КОМПОЗИТ-2016») (Энгельс); «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности» (ИННОВАЦИИ-2016) (Москва); «Актуальные проблемы науки в технологиях текстильной и легкой промышленности» (ЛЕН-2016) (Кострома); «Инновационное развитие легкой промышленности» (Казань, 2016), а также на межвузовской научно-технической конференции с международным участием «Молодые ученые – развитию отечественной промышленности» («ПОИСК-2015; ПОИСК-2016») (Иваново) и всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Современные аспекты гуманитарных, экономических и технических наук. Теория и практика» (Новосибирск, 2015 и 2016).

**Положения, выносимые на защиту:**

математические модели в виде формул и уравнений регрессии, позволяющие прогнозировать формуемость и формоустойчивость материалов и изделий по показателям структуры и свойств КТМ;

новые сведения о свойствах и параметрах структуры многослойных композиционных текстильных материалов;

разработанная классификация многослойных материалов;

разработанная концептуальная структурно-информационная модель проектирования КТМ и изделий из них;

новый метод и методика исследования показателей свойств текстильных материалов при одноосном одноцикловом растяжении;

новый метод и методика исследования показателей формовочной способности многослойных КТМ при пространственном растяжении.

**Личное участие автора** состоит в обосновании темы, постановке цели и задач исследования, анализе и обобщении полученных результатов, формулировании теоретических положений и выводов диссертации, разработке новых методов и методик, проведении экспериментальных исследований и промышленной апробации.

**Публикации.** По результатам диссертационного исследования опубликовано 20 работ (лично автором 3,1 п.л.), из них 3 статьи в журналах, входящих в перечень ВАК, 16 статей в сборниках материалов докладов на всероссийских и международных конференциях и 1 заявка на изобретение.

**Структура и объем диссертации.** Работа изложена на 154 страницах машинописного текста, состоит из введения, 5 глав, общих выводов по работе, списка использованных источников из 217 наименований, 10 приложений и содержит 27 таблиц и 34 рисунка.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность работы, сформулированы цели и основные задачи исследований. Даны общая характеристика, научная новизна и практическая значимость результатов работы.

**В первой главе** приведен анализ и систематизация данных исследований, в том числе работ Степанова С.Г., Николаева С.Д., Примаченко Б.М., Ломова С.В., Шустова Ю.С., Кузьмичева В.Е., Склянникова В.П., Смирновой Н.А., Метелевой О.В. и других российских и зарубежных ученых, отражающих проектирование и прогнозирование структуры и свойств многослойных полотен, а также разработку методов оценки показателей качества текстильных материалов. Выявлено, что ассортимент КТМ весьма перспективный и постоянно расширяется, однако, не обнаружено данных о физико-механических свойствах, формовочной способности материалов и изделий из них. Отсутствуют методы исследования свойств, учитывающие особенности структуры КТМ, что обусловило актуальность, цель и задачи данных исследований.

Анализ ассортимента позволил разработать классификацию многослойных материалов с учетом особенностей технологии производства и структуры, которая позволяет рационально формировать техническое задание на проектирование новых КТМ и осуществлять обоснованный выбор материалов для одежды с заданными свойствами.

**Во второй главе** представлены исследования по изучению спроса и потребительских предпочтений изделий из многослойных КТМ. Анализ результатов опроса позволил установить высокий потребительский спрос на такие материалы и необходимость расширения ассортимента КТМ. Дан обоснованный выбор и характеристика объектов исследования. Описаны стандартные и известные методы и методики исследования и технологические параметры получения новых КТМ различной структуры.

**В третьей главе** на основании анализа стандартов, статистических методов анализа, схем Исикава, априорного ранжирования, выявлено 15 наиболее значимых показателей качества КТМ: жесткость при изгибе, формуемость, составные части полной деформации, изменение линейных размеров, формоустойчивость и другие, которые определяют надежность, долговечность, потребительскую ценность и внешнюю привлекательность одежды из КТМ. Обобщение научно-технической информации и аналитических исследований позволили разработать концептуальную структурно-информационную модель системного проектирования КТМ и изделий из них, которая представлена в виде взаимосвязанных процессов принятия проектных решений: 1-ый этап – предпроектные исследования, 2-ой этап – проектирование КТМ, 3-ий этап –

конструкторско-технологическая подготовка производства одежды, 4-ый этап – изготовление одежды, 5-ый этап – оценка качества одежды. Концептуальная модель основана на целенаправленном учете свойств материалов на всех этапах проектирования КТМ и швейных изделий, а так же она показывает, что при производстве одежды из КТМ необходимо учитывать показатели, прямо или косвенно характеризующие формовочную способность таких материалов.

Одним из показателей формовочной способности является прогиб пробы материала при пространственном растяжении. Представляет интерес нахождение зависимости величины прогиба пробы от структурных характеристик полотен КТМ. Высота прогиба пробы  $f$ , мм, есть функция следующих основных переменных (1):

$$f = \varphi (P_o, P_y, T_o, T_y, \Pi_o, \Pi_y, \rho, S_{пр}, F, n), \quad (1)$$

где  $P_o, P_y$  – разрывная нагрузка по основе/утку при одноосном растяжении, даН;  $\Pi_o, \Pi_y$  – плотность нитей по основе и утку, количество нитей на 100мм;  $T_o, T_y$  – линейная плотность нитей по основе, текс (мг/м);  $\rho$  – плотность вещества волокна, г/м<sup>3</sup>;  $n$  – доля использования разрывной нагрузки;  $S_{пр}$  – площадь пробы при пространственном растяжении, м<sup>2</sup>;  $F$  – коэффициент переплетения нитей в ткани.

Применяя теорию подобия и анализа размерностей, представляем приведенные факторы через основные характеристики:  $P_o, P_y = [M]^1[L]^1[T]^{-2}$ , Н;  $T_o, T_y = [M]^1[L]^{-1}[T]^0$ , мг/м;  $\Pi_o, \Pi_y = [M]^0[L]^0[T]^0$ , нитей на 100мм;  $\rho = [M]^1[L]^{-3}[T]^0$ , г/м<sup>3</sup>;  $S_{пр} = [M]^0[L]^2[T]^0$ , м<sup>2</sup>;  $F, n = [M]^0[L]^0[T]^0$ .

В качестве основных размерностей выбраны: разрывная нагрузка  $P_o$ , площадь пробы  $S_{пр}$ , плотность вещества волокна  $\rho$ .

Для нахождения критериев подобия использован метод нулевых размерностей и решены полученные уравнения. После нахождения критериев подобия в общем виде формула для расчета высоты прогиба пробы однослойных полотен имеет вид (2):

$$f = \eta \frac{nFP_yT_oT_y\Pi_o\Pi_y}{P_o\rho^2\sqrt{S_{пр}^3}} \quad (2)$$

где  $\eta$  – коэффициент =  $0,366 \cdot 10^2$  – для комплексных нитей; и  $0,114 \cdot 10^2$  – для пряжи.

Исследование достоверности формулы (2) для прогнозирования формовочной способности многослойных КТМ показало (таблица 1), что по сравнению с исходными шерсть содержащими тканями, высота прогиба проб КТМ уменьшается приблизительно на 50 % и в 2-4 раза превышает этот показатель у шелковых тканей, что обусловлено влиянием адгезива на проявление формовочной способности полотен структуры КТМ. Это влияние было выражено безразмерным коэффициентом адгезива  $K_{ад}$ . В результате расчетов было определено, что при содержании адгезива в структуре КТМ в количестве 30 г/м<sup>2</sup> –  $K_{ад} = 0,53$ ; а при 40 г/м<sup>2</sup> –  $K_{ад} = 0,44$ .



Таблица 1 – Результаты теоретического прогнозирования и экспериментальных исследований характеристик КТМ

| Обозначение КТМ | Структура КТМ<br>1 слой/2 слой | Волокнистый<br>состав, % | Тип<br>адгезива                             | Поверх-<br>ностная<br>плот-<br>ность,<br>г/м <sup>2</sup> | Прогиб проб<br>фактический,<br>$f_{\text{факт}}$ , мм, тканей |        | Прогиб проб КТМ                             |   | От-<br>кло-<br>не-<br>ние,<br>% | Коэф-<br>фи-<br>циент<br>адге-<br>зива,<br>$K_{ад}$ |
|-----------------|--------------------------------|--------------------------|---|---|---|--------|---|---|---------------------------------|---|
|                 |                                |                          |   |   | 1 слой  | 2 слой | Фактичес-<br>кий, $f_{\text{факт}}$ ,<br>мм | Расчет-<br>ный, $f_{\text{расч}}$ ,<br>мм |                                 |   |
|                 |                                |                          |   |   |   |        |   |   |                                 |   |
| KM-22604        | Костюмная арт. 22604           | 40Ш, 60Лс                | АКР-622<br>(30 г/м <sup>2</sup> )           | 376   | 11,4  | 2,6    | 7,4   | 7,2                                       | 3,1                             | 0,53  |
|                 | Ткань арт. 8014S9              | 100ВВ                    |   |   |   |        |   |   |                                 |   |
| KM-22307        | Костюмная арт. 22307           | 70Ш, 30Лс                | АКР-622<br>(30 г/м <sup>2</sup> )           | 364   | 11,9  | 1,85   | 7,1   | 7,0                                       | 1,5                             | 0,53  |
|                 | «Мембрана» арт. 4856М          | 100Лс                    |   |   |   |        |   |   |                                 |   |
| KM-35484        | Пальтовая арт. 35484           | 100 Ш                    | АКР-622<br>(30 г/м <sup>2</sup> )           | 631   | 19,0  | 2,8    | 11,5  | 11,0                                      | 4,3                             | 0,53  |
|                 | «Поликоттон» арт.82510         | 50Лс, 50Хл               |   |   |   |        |   |   |                                 |   |
| KM-45443        | Пальтовая арт. 45443           | 30ПАН, 50Ш, 20Лс         | АКР-622<br>(30 г/м <sup>2</sup> )           | 620   | 16,5  | 1,85   | 10,2  | 10,0                                      | 2,2                             | 0,53  |
|                 | «Мембрана» арт. 4856М          | 100Лс                    |   |   |   |        |   |   |                                 |   |
| KM-35484А40     | Пальтовая арт. 35484           | 100Ш                     | АКР-622<br>(40 г/м <sup>2</sup> )           | 641   | 19,0  | 2,8    | 9,6   | 9,15                                      | 4,8                             | 0,44  |
|                 | «Поликоттон» арт.82510         | 50Лс, 50Хл               |   |   |   |        |   |   |                                 |   |
| KM-45443А40     | Пальтовая арт. 45443           | 30ПАН, 50Ш, 20Лс         | АКР-622<br>(40 г/м <sup>2</sup> )           | 630   | 16,5  | 1,85   | 8,1   | 8,3                                       | 2,6                             | 0,44  |
|                 | «Мембрана» арт. 4856М          | 100Лс                    |   |   |   |        |   |   |                                 |   |
| KM-22604А40     | Костюмная арт. 22604           | 40Ш, 60Лс                | АКР-622<br>(40 г/м <sup>2</sup> )           | 385   | 11,4  | 2,6    | 6,2   | 5,97                                      | 3,1                             | 0,44  |
|                 | Ткань арт. 8014S9              | 100ВВ                    |   |   |   |        |   |   |                                 |   |
| KM-22307А40     | Костюмная арт. 22307           | 70Ш, 30Лс                | АКР-622<br>(40 г/м <sup>2</sup> )           | 375   | 11,9  | 1,85   | 6,1   | 5,8                                       | 4,3                             | 0,44  |
|                 | «Мембрана» арт. 4856М          | 100Лс                    |   |   |   |        |   |   |                                 |   |
| KM-22604П40     | Костюмная арт. 22604           | 40Ш, 60Лс                | Платамид<br>Н105РА<br>(40г/м <sup>2</sup> ) | 385   | 11,4  | 2,6    | 6,0   | 5,97                                      | 1,1                             | 0,44  |
|                 | Ткань арт. 8014S9              | 100ВВ                    |   |   |   |        |   |   |                                 |   |
| KM-22307П40     | Костюмная арт. 22307           | 70Ш, 30Лс                | Платамид<br>(40г/м <sup>2</sup> )           | 373   | 11,9  | 1,85   | 5,7   | 5,8                                       | 1,6                             | 0,44  |
|                 | «Мембрана» арт. 4856М          | 100Лс                    |   |   |   |        |   |   |                                 |   |
| KM-35484П40     | Пальтовая арт. 35484           | 100Ш                     | Платамид<br>Н105РА<br>(40г/м <sup>2</sup> ) | 640   | 19  | 2,8    | 9,5   | 9,15                                      | 3,8                             | 0,44  |
|                 | «Поликоттон» арт.82510         | 50Лс, 50Хл               |   |   |   |        |   |   |                                 |   |
| KM-45443П40     | Пальтовая арт. 45443           | 30ПАН, 50Ш, 20Лс         | Платамид<br>(40г/м <sup>2</sup> )           | 631   | 16,5  | 1,85   | 7,9   | 8,3                                       | 4,6                             | 0,44  |
|                 | «Мембрана» арт. 4856М          | 100Лс                    |   |   |   |        |   |   |                                 |   |

Таким образом в общем виде формула для расчета высоты прогиба пробы КТМ по структурным характеристикам и показателям свойств тканей имеет вид (3):

$$f_{\text{км}} = K_{\text{ад}} \left( \eta_1 \frac{nF_1 P_{y1} T_{o1} T_{y1} \Pi_{o1} \Pi_{y1}}{\rho_{o1} \rho_1^2 \sqrt{s_{\text{пр}}^3}} + \eta_2 \frac{nF_2 P_{y2} T_{o2} T_{y2} \Pi_{o2} \Pi_{y2}}{\rho_{o2} \rho_2^2 \sqrt{s_{\text{пр}}^3}} \right), \quad (3)$$

где  $f_{\text{км}}$  – прогиб КТМ при пространственном растяжении, мм;  $K_{\text{ад}}$  – безразмерный коэффициент адгезива, для КТМ с 30 г/м<sup>2</sup> адгезива –  $K_{\text{ад}}=0,53$ , при 40 г/м<sup>2</sup>  $K_{\text{ад}}=0,44$ . Индексы 1 и 2 указывают на показатели первого и второго текстильного слоя КТМ, соответственно.

Таким образом, формула (3) позволяет прогнозировать формовочную способность КТМ по показателям структурных элементов полотен и содержанию адгезива. Отклонение расчетных и экспериментальных данных прогиба проб не превышает 5%, что позволяет говорить о хорошей сходимости результатов и достоверности формулы (3) для оценки прогиба и формовочной способности КТМ.

**Четвертая глава** посвящена анализу существующих и разработке нового метода исследования характеристик текстильных материалов при одноцикловом растяжении нагрузкой меньше разрывной. Выявлено, что при формовании деталей одежды, КТМ образуют и устойчиво сохраняют объемную форму изделий. Однако испытание КТМ стандартными методами на одноосное одноцикловое растяжение нагрузкой меньше разрывной, характеризует их как плохо формуемые. Это связано с уникальной структурой КТМ, а именно ограниченной подвижностью элементов из-за прочной фиксации их полимерным термопластичным клеем, что искажает информацию о их реальных возможностях и скрытой формовочной способности. В связи с этим возникла необходимость совершенствования метода определения полной деформации и ее составных частей применительно к КТМ.

Для решения этой проблемы изменили условия проведения эксперимента. Для обеспечения размягчения полимерного связующего и увеличения подвижности структурных элементов КТМ использовали воздействие сверхвысокочастотного электромагнитного поля. Для этого в СВЧ печь с камерой 500x500x1000 мм и мощностью генератора 1000 Вт устанавливали приспособление «Релаксометр типа стойка», изготовленное из фторопласта.

Определение оптимальных параметров воздействия СВЧ ЭМП на образцах камвольной полушерстяной ткани арт. 23336 показало, что при мощности генератора 580-620 Вт и нагрузке 1,5 кгс (как в ГОСТ 29104.22-91), в течение 1-1,5 мин достигается максимальное равновесное значение полной деформации ткани, которое приблизительно в 2 раза превышает этот показатель, полученный по стандартной методике.

Исследование деформационных свойств КТМ показало (рисунок 1), что полная деформация КТМ, испытанных по стандартному методу, по основе и утку не превышает 4,5% (рисунок 1, условие 1), а под углом 45° составляет лишь 8,5%,

что свидетельствует о низкой эластичности и плохой формовочной способности КТМ. Испытания КТМ по новому методу при мощности СВЧ 580-620 Вт и нагрузке 1,5 кгс в течение 1,5 мин показывают такие же значения полной деформации (рисунок 1, условие 2), как при испытании в течение 120 мин по стандартному методу (условие 1). Таким образом, новый метод – это экспресс-метод определения одноцикловых характеристик при растяжении текстильных материалов, который позволяет со 120 минут до 1,5 мин сократить время испытания образцов.

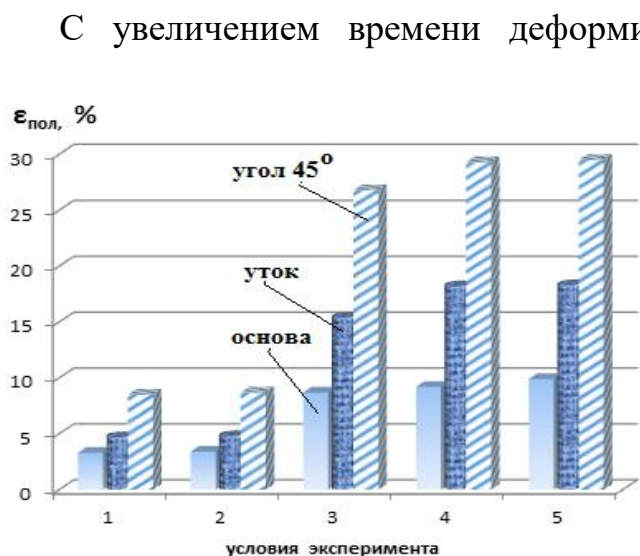


Рисунок 1 – Полная деформация КТМ с ПЭ адгезивом арт. 1Т1Р, испытанных при условиях: 1 – по ГОСТ; с СВЧ ЭМП в течение: 2 – 1,5 мин; 3 – 3 мин; 4 – 5 мин; 5 – 7 мин.

волокнообразующего полимера из стеклообразного состояния в высокоэластическое и облегчает деформирование структурных элементов текстильного материала. Кроме того, под действием СВЧ ЭМП происходят изменения в надмолекулярной структуре волокон и адгезива, о чем свидетельствуют данные инфракрасной спектроскопии.

При таких условиях испытания условно упругая и условно эластическая деформации КТМ не превышают 5%, в то время как условно пластическая, необратимая – возрастает значительно до 15-30%, в зависимости от времени экспериментирования, что обусловлено переходом на воздухе термопластичного клея в твердое состояние, и прочной фиксацией структуры КТМ в его новом положении. С увеличением времени воздействия СВЧ ЭМП до 5 и 7 минут деформация КТМ затухает, и основная доля приходится на пластическую составляющую полной деформации (таблица 2).

Аналогичная зависимость наблюдается на КТМ из разных полотен и адгезивов. Надежная фиксация слоев КТМ в новом деформированном состоянии, подтверждается сохранением прочности при расслаивании клеевого соединения после деформирования, что вероятно обусловлено повышением когезионных

С увеличением времени деформирования КТМ в СВЧ ЭМП полная деформация КТМ возрастает значительно и в 2-4 раза превышает деформацию этих же материалов, испытанных по стандартной методике (рисунок 1, условия 3-5).

Это обусловлено тем, что в таких условиях теплового нагрева происходит размягчение полимера клея, при котором ослабевает адгезионное соединение полотен, и текстильная структура вновь приобретает подвижность. В свою очередь, действие тепловой СВЧ энергии ускоряет переход

свойств адгезивов, о чем свидетельствует возрастание на 3-5% степени кристалличности адгезивов (по данным РСА).

Таблица 2 – Данные полной деформации и её составных частей КТМ

| № пробы | Условия испытания.<br>Образец КМ-15310 | Относительная деформация и её составные части, % (доли),<br>(данные по основе) |                                       |  |  |
|---------|--|--|---------------------------------------|--|--|
|         |  | Условно упругая, $\varepsilon_y$   | Условно эластическая, $\varepsilon_3$ | Условно пластическая, $\varepsilon_{II}$ | Полная деформация, $\varepsilon_{пол}$ |
| 1       | Стандартный – 120 мин                  | 2,5(0,63)  | 1,5(0,37)                             | 0,0(0,0)                                 | 4,0                                    |
| 2       | СВЧ – 1,5 мин                          | 2,2(0,48)  | 1,4(0,3)                              | 1,0(0,22)                                | 4,6                                    |
| 3       | СВЧ – 3 мин                            | 2,0(0,24)  | 0,5(0,06)                             | 6,0(0,7)                                 | 8,5                                    |
| 4       | СВЧ – 5 мин                            | 1,0(0,1)   | 0,5(0,05)                             | 8,5(0,85)                                | 10,0                                   |
| 5       | СВЧ – 7 мин                            | 0,5(0,05)  | 0,0(0,0)                              | 9,9(0,95)                                | 10,4                                   |

Примечание – Коэффициент вариации не превышал 4,3.

**Пятая глава** посвящена разработке метода и исследованию формовочной способности КТМ при пространственном деформировании.

Учитывая, что пространственная растяжимость КТМ по стандартному методу продавливания шариком очень низкая и характеризует их как плохо формуемые материалы, то разработан усовершенствованный метод пространственного растяжения – продавливание нагретым пальцем (рисунок 2). В

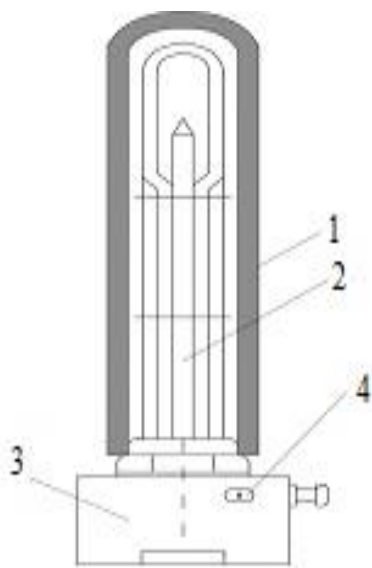


Рисунок 2 – Палец с нагревательным элементом

новом методе в отличие от стандартного (ГОСТ 8847-85 и ГОСТ 29104.8-91) винт со съемным шариком заменен цилиндрическим полым пальцем 1 с нагревательным элементом 2, головкой 3 и регулятором температуры 4 (от 80 до 200 °С). Закрытый конец пальца выполнен в форме полусферы диаметром 20 мм, имитируя поверхность шарика, как в стандартном методе. Внешний диаметр пальца 20 мм, диаметр канала 10 мм, глубина 100 мм, длина рабочей части пальца 105 мм. Палец в сборе вставляется в гнездо колодки верхней рамы разрывной машины РТ-250 М и прочно фиксируется винтом.

При проведении испытания по шкале «усилие» регистрировали величину прикладываемой нагрузки, по шкале «удлинение» оценивали высоту прогиба пробы  $f$ , мм. Цилиндрический палец нагревали до требуемой температуры. Пробу перед испытанием увлажняли водой из расчета 10% от массы пробы, для равномерного прогрева образца текстильного материала. Далее испытание проводили как в стандартной методике. После охлаждения и снятия нагрузки изучали релаксационные процессы, измеряли высоту прогиба пробы после снятия нагрузки и отдыха пробы  $f_1$ , мм. Для объективной оценки формоустойчивости,

пробу подвергали увлажнению до 100% содержания влаги, с последующей сушкой до постоянной массы, и измеряли высоту прогиба пробы после увлажнения  $f_2$ , мм. Коэффициент формоустойчивости рассчитывали по известным формулам.

С целью обоснованного выбора параметров испытания, усилие изменяли от 20 до 80% от разрывной нагрузки материалов при пространственном растяжении. Увлажнение выбрано постоянное 10% от массы материала, температуру нагрева пальца изменяли от  $20 \pm 2$  °С до 100, 130 и 140°С. Результаты исследования,

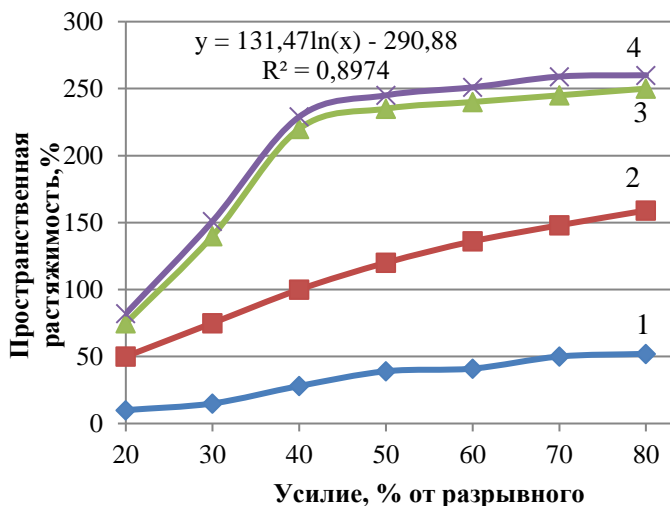


Рисунок 3 – Зависимость пространственной растяжимости КМ-310 от прикладываемого усилия и температуры: 1 –  $20 \pm 2$  °С; 2 –  $100 \pm 2$  °С; 3 –  $130 \pm 2$  °С; 4 –  $140 \pm 2$  °С

представленные на рисунке 3, позволили выявить общую закономерность. Растяжимость КТМ по новому способу при температуре 130-140 °С в 2-2,3 раза превышает показатели, полученные при температуре 20 °С. Максимум прироста растяжимости наблюдается при усилии 40% от разрывного, после которого рост деформации затухает (кривые 3 и 4). При этом коэффициент формоустойчивости объемной формы составил 87-93%.

С помощью статистических и аналитических возможностей программы Excel получено уравнение регрессии вида (4):

$$y = 47,4 + 0,23 X_1 + 0,69 X_2, \quad (4)$$

где  $y$  – формоустойчивость, %;  $X_1$  – прогиб пробы, мм;  $X_2$  – усилие, даН, которое составляет 40% от разрывной нагрузки при пространственном растяжении.

Полученное уравнение регрессии позволяет прогнозировать формоустойчивость изделий из КТМ на основании результатов испытания образцов по разработанному методу, что сократит затраты времени и средств на изучение релаксационных процессов и оценку формоустойчивости.

С целью определения рациональных параметров процесса формообразования деталей одежды из КТМ, на прессе с подушкой в виде полусферы и высотой кривизны поверхности 50 мм, установлены оптимальные параметры процесса формования деталей одежды из КТМ: температура на 10-15°С выше температуры плавления клея, увлажнение 10%, время формования 30 с, давление 0,03МПа – для КТМ поверхностной плотности до 300 г/м<sup>2</sup>, и 0,04МПа – для КТМ с поверхностной плотностью более 300 г/м<sup>2</sup>. Акт внедрения в производственный процесс швейного цеха ООО «КВН СЕРВИС» (г. Энгельс) подтверждает высокое качество и формоустойчивость швейных изделий из КТМ.

В диссертационной работе получены справочные данные физико-механических, технологических и эксплуатационных показателей качества промышленных и разработанных КТМ, которые позволяют осуществлять рациональный выбор материалов, методов проектирования и изготовления швейных изделий с высокой конкурентоспособностью.

## ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Выявлено, что теоретические основы проектирования КТМ находятся в начальной стадии развития. Отсутствуют методы и методики исследования свойств при одноосном и пространственном растяжении, не обнаружено данных о формуемости и формоустойчивости КТМ, что подтверждает актуальность проведения данных исследований. Маркетинговые исследования подтвердили перспективность развития ассортимента КТМ и обосновали выбор объектов исследования и разработку новых материалов.

2. Разработана классификация многослойных текстильных материалов, которая позволяет обоснованно формировать техническое задание на проектирование новых КТМ и осуществлять рациональный выбор материалов для одежды с заданными свойствами.

3. Выявлено 15 наиболее значимых показателей качества КТМ, среди которых формуемость, формоустойчивость, составные части полной деформации, жесткость при изгибе и другие. Разработана структурно-информационная модель проектирования КТМ и изделий из них, представленная в виде взаимосвязанных процессов принятия проектных решений с учетом свойств материалов на всех этапах проектирования материалов и швейных изделий, что позволило разработать новые КТМ.

4. Предложена математическая модель прогнозирования характеристик формовочной способности с учетом параметров структуры многослойных КТМ. Определено значение коэффициента адгезива:  $K_{ад} = 0,53$  при содержании адгезива в структуре КТМ в количестве  $30 \text{ г/м}^2$ ; и  $K_{ад} = 0,44$  – при  $40 \text{ г/м}^2$ . Сравнительный анализ теоретических и экспериментальных данных показал достаточно высокую точность прогнозирования математической модели.

5. Разработан экспресс-метод и методика испытания текстильных материалов при одноосном одноцикловом растяжении нагрузкой меньше разрывной, с использованием энергии СВЧ ЭМП при мощности 580-620 Вт, что значительно сокращает продолжительность эксперимента со 120 мин до 1,5 мин, а полученные результаты дают достоверную информацию о формовочной способности КТМ. Новизна технического решения подтверждена патентом РФ № 2472151.

6. Предложен усовершенствованный метод и методика пространственного деформирования КТМ и определены оптимальные параметры исследования свойств, учитывающие особенности структуры КТМ. Получено уравнение регрессии, которое позволит прогнозировать формоустойчивость изделий на основании результатов испытания образцов по разработанному методу и сократит затраты времени и средств на изучение релаксационных процессов и формоустойчивости. Новизна технического решения подтверждена положительным решением от 31.10.2016 о выдаче патента по заявке № 2015119152/20.

7. Установлены оптимальные параметры процесса формования деталей одежды из КТМ: температура на  $10 \pm 5$  °С выше температуры плавления клея, увлажнение 10%, время формования 30 с, давление 0,03МПа, для КТМ поверхностной плотности до  $300 \text{ г/м}^2$ , и 0,04МПа – для КТМ с поверхностной плотностью более  $300 \text{ г/м}^2$ . Результаты внедрены в производственный процесс ООО «КВН СЕРВИС» г. Энгельса и характеризуются положительно.

8. Получены новые справочные данные показателей свойств на существующие и разработанные КТМ, которые позволяют осуществлять рациональный выбор материалов и методов проектирования и изготовления швейных изделий с высокой конкурентоспособностью.

9. Разработанные способы являются универсальными, так как рекомендуются для оценки формовочной способности как многослойных, так и одинарных текстильных полотен. Данные о формовочной способности материалов позволят сделать обоснованный выбор способа получения объемной формы одежды.

## **ОПУБЛИКОВАННЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

### ***Статьи, опубликованные в журналах, рекомендуемых ВАК:***

1. **Ульвачева Л.А.** Анализ ассортимента многослойных текстильных материалов и разработка их классификации / Л.А. Ульвачева, В.И. Бесшапошникова, И.Н. Жагина, Е.А. Кирсанова, Е.Д. Змеева, Н.В. Некрасова / Дизайн и технологии. – 2014. – № 44 (86). – С. 71-78. (0,5/0,25 п.л.)

2. Бесшапошникова В.И. Совершенствование метода исследования тканых полотен при одноцикловом растяжении / В.И. Бесшапошникова, Е.В. Жилина, И.Н. Жагина, **Л.А. Ульвачева** // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. – 2016. – №1 (361). – С. 30-33. (0,25/0,15 п.л.)

3. Ковалева Н.Е. Исследование структуры и свойств полимерных оболочек пространственной формы и разработка на их основе технологии изготовления одежды / Н.Е. Ковалева, **Л.А. Ульвачева**, В.И. Бесшапошникова / Дизайн и технологии. – 2014. – № 45 (87). – С. 32-39. (0,5/0,30)

**Статьи, опубликованные в других изданиях:**

4. **Ульвачева Л.А.** Исследование свойств композиционных текстильных материалов при одноосном одноцикловом растяжении / Л.А. Ульвачева, Д.Н. Бессарабев, Н.В. Некрасова, Е.В. Жилина, И.Н. Жагрина, В.И. Бесшапошникова // Международная научно-практическая конференция «Взаимодействие высшей школы с предприятиями легкой промышленности: наука и практика». – Кострома, КГТУ, 2013. – С.6-8. (0,18/0,10 п.л.)

5. **Ульвачева Л.А.** Исследование формовочных свойств композиционных текстильных материалов / Л.А. Ульвачева, Е.В. Жилина, И.Н. Жагрина, В.И. Бесшапошникова, Д.Н. Бессарабев, Н.В. Некрасова // Международная научно-практическая конференция «Техническое регулирование: базовая основа качества материалов, товаров и услуг». – Шахты, ИСОиП, 2014. – С. 85-86. (0,125/0,05 п.л.)

6. **Ульвачева Л.А.** Разработка композиционных текстильных материалов пониженной горючести для спецодежды / Л.А. Ульвачева, О.Н. Микрюкова, Н.В. Некрасова, В.И. Бесшапошникова / 12 Международная научно-техническая конференция «Материалы 21 века». – Пенза, 2014. – С. 45-47. (0,19/0,10 п.л.)

7. Микрюкова О.Н. Скрепляющие материалы для спецодежды / О.Н. Микрюкова, Л.А. Ульвачева, Н.А. Макарова, В.И. Бесшапошникова // Международный научно-практический семинар «Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы» (SMARTEX – 2014). – Иваново, 2014. – Т.1. – №1-1(1). – С. 113-117. (0,31/0,20 п.л.)

8. **Ульвачева Л.А.** Ассортимент многослойных текстильных материалов / Л.А. Ульвачева, В.И. Бесшапошникова. // Сборник научных трудов аспирантов МГУДТ. – М., 2014. – С. 38-44. (0,43/0,3 п.л.)

9. **Ульвачева Л.А.** Исследование свойств многослойных текстильных материалов / Л.А. Ульвачева, Н.В. Некрасова, Е.Д. Змеева, Н.М. Кудряшова, В.И. Бесшапошникова // Межвузовская научно-техническая конференция с международным участием «Молодые ученые – развитию отечественной промышленности» («ПОИСК – 2015»). – Иваново, ИВГПУ, 2015. – С. 87-88. (0,125/0,05 п.л.)

10. **Ульвачева Л.А.** Исследование влияния структуры на свойства многослойных текстильных материалов / Л.А. Ульвачева, Е.Д. Змеева, Н.В. Некрасова // XIV Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Современные аспекты гуманитарных, экономических и технических наук. Теория и практика». – Новосибирск, СНИ, 2015. – С. 202-205. (0,25/0,15 п.л.)

11. **Ульвачева Л.А.** Разработка многослойных текстильных материалов и исследование их свойств / Л.А. Ульвачева, В.И. Бесшапошникова, И.Н. Жагрина,



Е.Д. Змеева, А.А. Зюлин, Е.В. Субботина // II Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Наука и технологии в современном мире: традиции и инновации». – Новосибирск, СНИ, 2015. – С.157-161. (0,31/0,20 п.л.)

12. Микрюкова О.Н. Моделирование и оптимизация процесса модификации текстильных материалов / О.Н. Микрюкова, **Л.А. Липатова**, Е.Д. Змеева, Е.В. Субботина, А.А. Зюлин, Н.В. Бесшапошникова, В.И. Бесшапошникова // Международная научно-практическая конференция «Моделирование в технике и экономике». – Витебск, ВГТУ, 2016. – С. 123-125. (0,19/0,05 п.л.)

13. **Липатова Л.А.** Исследование структуры и свойств терморегулируемых многослойных текстильных материалов для швейных изделий / Л.А. Липатова, О.Н. Микрюкова, Е.Д. Змеева, А.А. Зюлин, Е.В. Субботина, Н.В. Бесшапошникова, В.И. Бесшапошникова // Межвузовская молодежная научно-техническая конференция с международным участием «Молодые ученые – развитию текстильно-промышленного кластера» («ПОИСК – 2016»). – Иваново, ВГПУ, 2016. – С. 82-83. (0,125/0,05 п.л.)

14. Бесшапошникова В.И. Исследование свойств многослойных терморегулируемых текстильных материалов / В.И. Бесшапошникова, **Л.А. Липатова**, И.Н. Жагрина, Н.В. Бесшапошникова, Е.Д. Змеева, Е.В. Субботина, А.А. Зюлин // XV Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Современные аспекты гуманитарных, экономических и технических наук. Теория и практика». – Новосибирск, СНИ, 2016. – С. 126-129. (0,25/0,15 п.л.)

15. Бесшапошникова В.И. Разработка композиционного электропроводящего текстильного материала / В.И. Бесшапошникова, **Л.А. Липатова**, И.Н. Жагрина, Е.Д. Змеева, Н.В. Бесшапошникова, Е.В. Субботина, А.А. Зюлин // VII международная конференция «Перспективные полимерные композиционные материалы. Альтернативные технологии. Переработка. Применение. Экология». («КОМПОЗИТ – 2016»). – Энгельс, СГТУ, 2016. – С. 10-13. (0,25/0,15 п.л.)

16. Бесшапошникова В.И. Исследование влияния ЭМП СВЧ на адгезионное соединение слоев многослойных материалов / В.И. Бесшапошникова, **Л.А. Липатова**, Н.А. Климова, Ю.М. Шульц // Международная научно-техническая конференция «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности» (ИННОВАЦИИ – 2016). – М., РГУ им. А.Н. Косыгина, 2016. – С.10-14. (0,31/0,20 п.л.)

17. **Липатова Л.А.** Исследование зависимости свойств от структуры многослойных текстильных материалов / Л.А. Липатова, И.Н. Жагрина, А.А. Зюлин, Е.В. Субботина // Международная научно-техническая конференция «Дизайн,

технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности» (ИННОВАЦИИ – 2016). – М., РГУ им. А.Н. Косыгина, 2016. – С.62-67. (0,25/0,20 п.л.)

18. **Липатова Л.А.** Композиционный терморегулируемый материал для швейных изделий / Л.А. Липатова, В.И. Бесшапошникова, И.Н. Жагрина, С.В. Родэ, Е.Ю. Шампаров, В.И. Лобов // Международная научно-техническая конференция «Актуальные проблемы науки в технологиях текстильной и легкой промышленности». – Кострома, КГТУ, 2016. – С. 219 -221. (0,31/0,20 п.л.)

19. **Липатова Л.А.** Обогревающий композиционный текстильный материал / Л.А. Липатова, В.И. Бесшапошникова, Н.В. Бесшапошникова, В.Ш. Хетагурова, Е.В. Субботина, Н.А. Климова // Международная научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов «Инновационное развитие легкой промышленности». – Казань, КНИТУ, 2016. – С. 76-80. (0,31/0,20 п.л.)

#### ***Патент***

20. Способ определения формовочной способности текстильных материалов при пространственном растяжении / Бесшапошникова В.И., Жилина Е.В., Сладков О.М., Жагрина И.Н., **Ульвачева Л.А.**, Некрасова Н.В. / заявка № 2015119152/20 от 21.05.2015, решение о выдаче патента от 31.10.2016.

**Липатова Людмила Алексеевна**

### **РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ОЦЕНКИ И ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМОВОЧНОЙ СПОСОБНОСТИ МНОГОСЛОЙНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**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**