

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Российский государственный университет  
им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)»

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»

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель: доктор технических наук,  
профессор Бешапошникова Валентина Иосифовна

Москва-2017

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
Глава 1. Анализ достижений в области проектирования, прогнозирования и исследования структуры и свойств текстильных материалов	11
1.1.1. Анализ методов проектирования и прогнозирования структуры и свойств однослойных тканых полотен	11
1.1.2. Анализ методов проектирования и прогнозирования структуры и свойств многослойных текстильных материалов	15
1.2. Анализ ассортимента многослойных текстильных материалов и разработка их классификации	20
1.3. Анализ методов исследования и способов формообразования и формозакрепления деталей одежды	35
Глава 2. Объекты и методы исследования	49
2.1. Маркетинговые исследования спроса на многослойные композиционные текстильные материалы	49
2.2. Характеристика объектов исследования	51
2.3. Методы и методики экспериментальных исследований	55
Глава 3. Анализ показателей качества и прогнозирование формовочной способности композиционных текстильных материалов	59
3.1. Анализ показателей качества и обобщение требований, предъявляемых к композиционным текстильным материалам	59
3.2. Построение номенклатуры показателей качества композиционных текстильных материалов для одежды	63
3.2.1. Анализ причинно-следственных связей показателей качества композиционных текстильных материалов для одежды	64
3.2.2. Выявление значимых показателей качества КТМ методом априорного ранжирования	67
3.3. Разработка концептуальной модели создания КТМ в системе «строение – свойства КТМ – показатели качества изделия»	71
3.4. Прогнозирование формовочной способности многослойных композиционных текстильных материалов	76

Глава 4. Совершенствование метода исследования свойств текстильных материалов при одноцикловом растяжении нагрузкой меньше разрывной	92
4.1. Анализ существующих методов исследования деформационных свойств текстильных материалов нагрузкой меньше разрывной	92
4.2. Исследование деформационных свойств КТМ нагрузкой меньше разрывной в условиях повышенных температур	94
4.3. Теоретическое обоснование применения энергии СВЧ ЭМП в исследовании свойств и процессах производства швейных изделий	102
4.4. Исследование влияния параметров воздействия СВЧ ЭМП на структуру и свойства текстильных материалов и полимерных адгезивов	105
4.5. Совершенствование метода определения полной деформации и ее компонентов деформированием под СВЧ ЭМП	111
Глава 5. Разработка метода и исследование формовочной способности композиционных текстильных материалов	123
5.1. Разработка метода исследования формовочной способности КТМ при пространственном растяжении	123
5.2. Исследование влияния условий испытания на показатель формовочной способности композиционных текстильных материалов	131
5.3. Исследование релаксационных процессов пространственного деформирования композиционных текстильных материалов	135
5.4. Разработка рекомендаций по использованию результатов исследования. Справочные данные на новые материалы	140
Выводы по работе	151
Сокращения, принятые в работе	153
Список терминов	154
Список литературы	155
Приложение А. Акт внедрения метода исследования одноцикловых характеристик растяжения текстильных материалов нагрузкой меньше разрывной	178
Приложение Б. Акт внедрения метода исследования формовочной способности текстильных материалов при повышенной температуре	179

Приложение В. Акт внедрения технологии формования деталей одежды	180
Приложение Г. Ассортимент композиционных текстильных материалов, реализуемых в торговой сети	181
Приложение Д. Систематизация методов определения формовочной способности текстильных материалов	184
Приложение Е. Анкета	190
Приложение Ж. Данные опроса мнения экспертов о значимости показателей качества КТМ	191
Приложение Й. Методика определения полной деформации и ее составных частей при одноосном растяжении нагрузкой меньше разрывной и термическом воздействии	194
Приложение К. Растяжимость тканей при продавливании пальцем	200
Приложение Л. Методика определения формуемости и формоустойчивости текстильных материалов при пространственном растяжении и термическом воздействии	201

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы.** Международные санкции явились стимулом развития отечественной промышленности, основанной на внедрении передовых технологий. Разработанная по поручению Президента РФ стратегия развития легкой промышленности и последующие постановления правительства направлены на улучшение качества и повышение конкурентоспособности отечественных материалов и изделий, что подчеркивает актуальность проблемы. Поэтому разработка материалов с заранее заданными свойствами и эффективное их использование при проектировании швейных изделий является основной задачей легкой промышленности и текстильного материаловедения [1,2].

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 с 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.

Тема диссертации утверждена учёным советом ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина» и выполнялась по тематическому плану НИР по госбюджетной теме №5.8 «Разработка и совершенствование методов исследования свойств и оценки качества материалов легкой промышленности с учетом требований современных технологий».

**Целью работы является** совершенствование методов оценки и прогнозирования формовочной способности, с учетом особенностей структуры многослойных композиционных текстильных материалов и обеспечение их

конкурентоспособности за счет комплексного исследования свойств и разработки рекомендаций по их использованию.

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

провести анализ научных исследований в направлении 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 формовочную способность КТМ и изделий из них;

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

разработать структуру новых КТМ 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, позволяющие 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, формоустойчивости и формоустойчивости КТМ различных структур;

получено уравнение регрессии, позволяющее прогнозировать формоустойчивость изделий на основании результатов испытаний 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, позволяющих прогнозировать формовочную способность 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, приложение А);

разработан и внедрен в учебный процесс метод и методика пространственного деформирования КТМ при повышенных температурах, дающие объективную информацию о формовочной способности изделий из текстильных материалов (заявка № 2015119152/20, решение о выдаче патента от 31.10.2016; акт внедрения, приложение Б);

разработанный ассортимент новых многослойных КТМ и полученные справочные данные физико-механических и эксплуатационных свойств позволяют расширить ассортимент многослойных текстильных материалов и определить рациональное их 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. Энгельса Саратовской области (акт внедрения, приложение В).

**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 порошком, 125-130 °С с полиэтиленовой паутинкой 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 формовочную способность 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.

**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.

# Глава 1. АНАЛИЗ ДОСТИЖЕНИЙ В ОБЛАСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

## 1.1.1. Анализ методов проектирования и прогнозирования структуры и свойств однослойных тканых полотен

Первые работы по теории проектирования и прогнозирования структуры и свойств тканей появились в 20-х годах прошлого века и носили в основном описательный характер. Большой вклад в становление и развитие теории и практики проектирования однослойных тканых материалов внесли работы ученых Н.Г. Новикова, Н.Ф. Сурниной, Р. Grosberg, F.T. Peirce, Г.Б. Дамянова, К.Г. Алексеева, В.И. Смирнова, Ф.М. Розанова, В.М. Милашюса, В.П. Склянникова, Б.А. Бузова, К.И. Корицкого, Г.Н. Кукина, А.Н. Соловьева, А.И. Коблякова, Т. А. Модестовой и других [3-18].

Они впервые стали рассматривать строение тканей как функцию многих факторов и прежде всего технологических  $T$ , определяемых заправочными характеристиками ткани на ткацком станке, натяжением основы и утка, особенностями релаксации ткани после снятия с ткацкого станка и операций отделки и др. Установили зависимость структурных характеристик ткани от величины и характера деформации нитей и волокон  $D$ , напряжения волокон и нитей  $P_n$ , силы трения между нитями  $F$ , взаимного давления нитей в структуре ткани  $P_n$ , величины связи между нитями и волокнами  $C_6$ , остаточной работоспособности  $P_{ост}$ . Эта зависимость имеет вид (1.1):

$$C_m = \varphi (D, P_n, F, P_n, C_6, P_{ост}) \quad (1.1)$$

Указанные параметры находятся в сложной взаимосвязи, которую трудно, а порой, невозможно определить, поэтому зачастую используют показатели, косвенно характеризующие особенности строения ткани. Выделены основные управляющие факторы строения ткани: состав и структура нитей, число нитей на единицу длины, вид переплетения, толщина нитей.

В работах [13-18] сформулированы основные понятия и характеристики структуры однослойных тканых полотен, в том числе понятия объемное, линейное и поверхностное заполнение и наполнение, а также пористость.

Систематизировав возможные случаи взаимоизгибов нитей основы и утка в тканях полотняного переплетения, и приняв нити за правильные цилиндры, профессор Н.Г. Новиков и его последователи [3-12] условно подразделили ткани в зависимости от высоты волн переплетающихся нитей на 9 фаз строения. Установили, что в зависимости от вида переплетения, плотности и фазы строения ткани на ее поверхности преобладают нити основы или утка, образуя опорную поверхность, которая влияет на эксплуатационные свойства тканей.

В основе этих исследований лежал *геометрический метод* проектирования и прогнозирования структуры и свойств тканей. Однако геометрический метод является приблизительным и его применение невозможно для моделирования напряженно-деформированного состояния тканой структуры, а также не учитывает жесткость при изгибе и растяжении и особенности силового взаимодействия нитей в ткани. Эти недостатки исключают механико-геометрический метод проектирования и исследования тканей.

Моделированию структуры ткани с помощью *механико-геометрического метода* посвящены работы Э.А. Оникова, В.А. Светлицкого, С.Д. Николаева, Г.В. Степанова, А.Л. Кнолл, С.В. Ломова, С.С. Юхина, С.Г. Степанова и других ученых [18-25].

В работах [18, 19] авторами разработан метод расчета величины изгиба нитей основы новых тканых структур, который основывается на *линейной теории изгиба* и пригоден для тканей с малыми прогибами нитей. Однако анализ работ показал, что в основном эти работы посвящены расчету показателей структуры тканей полотняного переплетения, который применим лишь для тканей малой и средней плотности, и не подходит для тканей с высокой плотностью нитей.

В работах [26, 27] предложен *энергетический метод* определения параметров строения тканей, в основе которого лежит «принцип минимума внутренней энергии механической системы, а условие равновесия элементов

структуры ткани рассматривается на базе энергетических параметров». Расчет параметров строения ткани энергетическим методом предусматривает использование компьютерных технологий, что позволяет избежать многих допущений и рассматривать решение задачи с более общих позиций.

В работе В.В. Чугина [27] выполнен анализ силовых полей однослойных тканей полотняного, сатинового и атласного переплетений. Автор использует энергетический метод для определения порядков (фаз строения тканей главных переплетений).

Юхиным С.С. [28] разработаны методы расчета параметров строения, прогнозирования и технологии изготовления высокоплотных тканей, основанные на *нелинейной теории изгиба*, а также теориях длительной прочности и вязкоупругости при различных законах нагружения. Автором предложены новые виды тканей повышенной плотности в направлении нитей основы и утка, рассчитаны параметры их строения, разработана новая бесчелночная технология изготовления высокоплотных тканей, а также проведены экспериментальная и промышленная апробации.

Степановым Г.В. [29] получены математические модели, описывающие взаимодействие нитей в ткани, а также позволяющие решить практические задачи по расчёту параметров строения тканых структур и исследованию влияния на них различных факторов. В работе [30] используя «бинарную причинно-следственную теорию информации» установлены причинно-следственные связи между строением хлопчатобумажных тканей и их физико-механическими свойствами, определены факторы, в наибольшей степени определяющие строение и свойства тканей, что позволяет прогнозировать их качество и управлять им.

С помощью *нелинейной механики гибких нитей* профессором Степановым Г.В. доказано, что ось нити в ткани полотняного переплетения принимает форму, близкую к синусоидальной кривой. Также автором получены рациональные математические модели для расчета высот волн изгиба нитей основы и утка и ряда других характеристик ткани, найдена корреляция между параметрами строения ткани и натяжением систем нитей [31].

В работе Т.Ю. Каревой [32] исследованы параметры строения однослойных тканей классического способа формирования и тканей новой структуры (с переменным направлением осей нитей основы), рассмотрены вопросы прогнозирования изготовления тканей, а также взаимосвязи технологических условий заправки ткацкого станка с структурными параметрами ткани.

Примаченко Б.М. [33] использовал *механико-аналитический метод* проектирования и прогнозирования параметров структуры и характеристик прочностных свойств однослойных тканей полотняного переплетения. Метод основывается на ряде предположений: «считают нити изотропной средой; принимают модуль жесткости среды равным расчетному модулю жесткости, полученному как среднее геометрическое из модуля жесткости реальной нити при осевом растяжении и модулей жесткости при радиальном сжатии; считают, что поскольку волокна, пряжа и монопнити являются полимерными материалами, то необходимо учитывать релаксацию напряжений, возникающую в нитях с течением времени; принимают коэффициент деформации среды (коэффициент Пуассона) равным расчетному коэффициенту деформации, полученному как среднее геометрическое из радиально-осевого коэффициента деформации реальной нити при осевом растяжении и осерадиальных коэффициентов деформации при радиальном сжатии; при взаимном изгибе основной и уточной нити в области контакта напряжение вызывается только упругой деформацией, при этом пластическая деформация не влияет на это напряжение». Из этих предположений следует, что для расчета перемещений и растяжений можно использовать методы теории упругости и вязкоупругости, а толщина нитей основы равняется толщине нитей утка. Реализация механико-аналитического метода позволила получить систему уравнений, позволяющую рассчитать параметры структуры и характеристики прочностных свойств ткани.

Для прогнозирования и проектирования структуры плотных суконных тканей и характеристик их эксплуатационных свойств профессор Примаченко Б.М. использует статистический *детерминированно-вероятностный метод*, который позволяет дать оценку характеристике продукта, полуфабриката или

технологического процесса, зависящего от многих факторов. При этом характеристика является случайной величиной, а факторы – детерминированными величинами [33].

Внедрение информационных технологий значительно облегчило выполнение трудоемких расчетов и нашло применение в ряде работ. Авторы [34-36] аналитическими методами, на основе математического моделирования с использованием информационных технологий, исследовали строение тканей и определили такие параметры как: «форма осевых линий нитей в элементе ткани, их длина, высота волн изгиба нитей основы и утка и их отношение, уработка в зависимости от технологических плотностей ткани натяжения и жесткостных характеристик нитей и ряда других показателей».

### **1.1.2. Анализ методов проектирования и прогнозирования структуры и свойств многослойных текстильных материалов**

В последние полвека широкое распространение получило производство многослойных тканей. Они нашли применение в различных областях жизнедеятельности человека, как в качестве бытовых, так и технических.

Ткани многослойной структуры должны отвечать определенным требованиям, которые учитываются при проектировании материалов. Поэтому при создании многослойных тканей важным является оптимизация параметров структуры и характеристик потребительских свойств. Примаченко Б.М. [33] предложил *структурно-энергетический метод* применительно к прогнозированию параметров структуры и характеристик прочностных свойств многослойных тканей компактно-сгруппированных переплетений, предназначенных для одежды и обуви. Реализация этого метода заключается в выполнении следующих действий: «определение возможных расположений основных и уточных нитей в раппорте ткани с помощью *технологико-геометрического метода*; определение их оптимального расположения на основе минимизации энергии упругой деформации участков нитей при изгибе; выражение изгибающего момента через силу нормального давления между основной и уточной нитями и приравнение

энергии упругой деформации и работы, совершенной этой силой». Данная последовательность является сущностью структурно-энергетического метода, т.е. расчетом прогиба участка нити, который во многом определяет энергию упругой деформации при чистом изгибе.

Отсюда следует, что нить, расположенная в раппорте ткани и имеющая минимальное значение суммарного прогиба, будет обладать и минимальной энергией упругой деформации при изгибе. Основываясь на этом постулате структурно-энергетического метода, определены такие важные параметры, как абсолютная и относительная длины нитей основы и утка в многослойной ткани, прогибы нитей, толщина, поверхностная и объемная плотность. Это в свою очередь позволяет правильно смоделировать многослойные ткани и их отделку, а также определить разрывную нагрузку по основе и утку, что немаловажно при проектировании тканей по заданным параметрам [33].

Автором [37] предложено при проектировании многослойных тканей использовать *матричное описание* структуры готовой ткани, описывая взаимное расположение нитей с помощью рангов. Метод, по сути, рассматривает положение одной нити (слоя) относительно другой нити (слоя).

В работе [38] для описания структуры многослойной ткани предложено использовать *векторно-графический метод* представления структуры материала. Суть метода – представление проектируемой ткани в трехмерном пространстве, поскольку на этапе построения геометрической модели конечным элементом является нить, то можно представить ткань как набор нитей, каждая из которых проходит в пространстве определенный путь. Автор предлагает способ описания этого пути, абстрагировавшись от других нитей.

Ломов С.В. [39, 40] использовал *метод математического моделирования* в проектировании строения трехмерных тканей. Слоисто-каркасные ткани характеризуются разнообразной структурой с использованием различного количества «заполнительных слоев» и без них. При исследовании особенностей строения многослойных тканей слоисто-каркасной структуры установлена возможность получения «впадин и выступов» заданной формы на поверхности,



что расширяет ассортимент и область применения композитов, полученных на основе этих тканей.

Большую группу многослойных материалов составляют материалы, полученные клеевым способом соединения слоев тканей. Структура материалов содержит промежуточный слой, в котором присутствуют и частицы клея и склеиваемых материалов. Такие материалы образовали ассортиментную группу под названием – композиционные текстильные материалы (КТМ). Большой вклад в развитие научных основ проектирования структуры и прогнозирования свойств КТМ внесли работы ученых Веселова В.В., Кузьмичева В.Е., Бесшапошниковой В.И., Метелевой О.В. и других [41-51].

Установлен механизм формирования и разрушения клеевого соединения слоев КТМ. В зависимости от структурных характеристик полотен процесс образования прочного клеевого соединения обусловлен проявлением одной или нескольких из известных теорий адгезии клеевых полимеров и текстильной структуры, а именно механической, адсорбционной, электронной, реологической, молекулярной, термодинамической и диффузионной теориями адгезии [41-44].

Бесшапошниковой В.И. установлено, что большое влияние на прочность клеевого соединения и условия его формирования оказывает вязкость клея. Пониженные значения вязкости приводят к потере прочности клеевого соединения, преимущественно при склеивании мягких и пористых материалов, по причине попадания большого количества адгезива в структуру ткани и образования «голодной склейки». Чем выше вязкость клея, тем меньше возможность его затекания в поры поверхности и выше площадь адгезионного контакта [42, 43].

Также авторами [42-45] установлено, что на адгезионную способность влияет сразу несколько факторов: «химическая активность адгезива, его реологические и когезионные свойства, термодинамическая совместимость компонентов клеевого соединения, адгезионная способность и строение поверхности субстрата, наличие отделочных препаратов, а также параметры технологического процесса формирования клеевого соединения деталей одежды».

Кузьмичевым В.Е. [41] исследована роль структуры материалов в образовании прочного клеевого соединения. Рассмотрен механизм склеивания и

разрушения адгезионного соединения полотен многослойного материала. Предложена формула расчета площади адгезионного контакта  $S$ , см<sup>2</sup>, соединяемых слоев текстильных материалов (при точечном распределении клея) (1.2):

$$S = \frac{0,325\pi d^2}{d+b} \left( 1 + \frac{k\pi B d}{100} \sum_{i=1}^n p_i D_i \right), \quad (1.2)$$

где  $p_i$  – содержание  $i$ -го волокна в материале, %;

$B$  – ворсистость текстильного материала по линии разрушения клеевого соединения, количество ворсинок на 1 см;

$D_i$  – диаметр  $i$ -го волокна, см;

$d$  – диаметр частицы клея, см;

$b$  – расстояние между частицами клея, см;

$k$  – коэффициент, характеризующий глубину проникновения волокон поверхности склеиваемых материалов в клей (для полиэтилена низкого давления  $k = 0,5$ ; для полиамидных клеев  $k = 0,7-1$ );

$n$  – число волокон или нитей, составляющих текстильный материал.

Теоретическая прочность клеевого соединения  $P_{теор}$ , сН, на расслаивание рассчитывается по формуле (1.3):

$$P_{теор} = \frac{0,25\pi d^2 B}{100(d+b)} \sum_{i=1}^n p_i \Pi_i, \quad (1.3)$$

где  $\Pi_i$  – разрывная нагрузка  $i$ -го волокна, сН.

В работе [42] установлена зависимость жесткости при изгибе  $B$ , сН, от способа распределения и массы одной «точки» клея  $M_s$ , г/м<sup>2</sup>, и эта зависимость описывается уравнением (1.4):

$$B = 0,07M_s + 0,74 \quad (1.4)$$

Прочность клеевого соединения композиционных материалов  $P_{рас}$ , Н·г/м<sup>3</sup>, исходя из прочности на расслаивание, предложено прогнозировать используя уравнение (1.5) [42]:

$$P_{рас} = K \cdot P_{p1} \cdot M_{sk}, \quad (1.5)$$

где  $K$  – коэффициент 0,68-0,7, учитывающий влияние распределения адгезива в структуре КТМ;

$P_{p1}$  – прочность при расслаивании клеевого соединения, Н/см;

$M_{sk}$  – масса адгезива, г/м<sup>2</sup>.

Установлено, что смачиваемость субстрата адгезивом в большей степени зависит от температуры условий склеивания. Эта зависимость имеет линейный характер и описывается уравнением (1.6) [42]:

$$\theta = -0,4474T + 125,89, \quad (1.6)$$

где  $\theta$  – краевой угол смачивания;

$T$  – температура, °С.

Таким образом, при создании КТМ важно оценить все факторы: строение материалов и их структурные характеристики, параметры формирования адгезионного взаимодействия и характеристики свойств полимерного клея, требования к КТМ и условия их эксплуатации, и другие факторы.

При этом следует также учитывать, что увеличению внешней поверхности текстильного материала (ТМ) также способствуют системы субмикроскопических пор, которые пронизывают волокна и облегчают сорбцию клея [45]. На поверхности этих пор функциональные группы макромолекул не блокированы межмолекулярными связями и формируют силовое поле, определяющее протекание сорбционных процессов, которые являются начальным актом межфазного взаимодействия системы волокно-клей. Наличие разветвленной системы пор в волокнах позволяет отдельным видам полимерных веществ затекать в их структуру, что увеличивает фактическую площадь контакта и прочность клеевого соединения за счет механической составляющей [46].

Также авторами [43-46] отмечено, что «при невысокой плотности нитей по основе и утку, и небольшой поверхностной плотности тканей существует реальная опасность проникновения клея на лицевую сторону ТМ, поэтому условия склеивания (температура, время, давление) должны выбираться в зависимости от плотности материалов. При дублировании объемное заполнение тканей изменяется в результате сжатия волокон и нитей в 1,5-1,9 раза, что также влияет на адгезионное взаимодействие склеиваемых полотен. При увеличении крутки нитей уменьшается количество ворсинок, выступающих на поверхности пряжи, а, следовательно, и число возможных механических связей в зоне клеевого соединения. Адгезионная способность тканей, изготовленных из смеси волокон,

будет зависеть не только от процентного содержания волокон каждого вида, но и от распределения волокон по сечению пряжи, в первую очередь во внешнем слое».

Ряд работ [47-52] посвящен разработке способов повышения надежности клеевого соединения. Для этих целей предлагается использовать как химически активные паровые среды, так и энергетические воздействия лазером, СВЧ, плазмой и коронным разрядом и другие.

## **1.2. Анализ ассортимента многослойных текстильных материалов и разработка их классификации [53,54]**

Ассортимент многослойных текстильных материалов (МТМ) весьма разнообразен. В общероссийском классификаторе продукции (ОКП) МТМ относятся к классу искусственных кож и пленочных материалов (87 класс), где они подразделяются на материалы дублированные, триплированные (87 2600) и материалы прорезиненные (87 2500) [55]. Из ОКП видно, что классификация учитывает назначение материалов, но не отражает, из каких полотен состоит многослойный материал и технологию получения. На предприятиях производитель присваивает артикул или условное обозначение своей продукции и при этом способ соединения слоев МТМ отражается буквой (например, Н – ниточное, К – клеевое).

В классификации [56] автор рассматривает различие многослойных материалов по виду лицевого слоя и подкладки, по способу дублирования, по методу нанесения клеевого состава (при клеевом способе соединения), по типу клея. В работах [57, 58] предлагается более подробная классификация, в которой многослойные материалы разделены по следующим признакам:

- по числу слоев – двухслойные и многослойные;
- по сырьевому составу лицевого слоя – из натуральных и химических волокон;
- по структуре слоев: лицевой – ткань, трикотаж, нетканые полотна, искусственные мех и кожа, пленочный материал;
- по промежуточному слою – пенополиуретан, нетканое полотно;

- по изнаночному слою – ткань, трикотаж, нетканое полотно, пленочный материал, каучук, пенополиуретан;
- по назначению – бытовые, технические;
- по способу дублирования слоев – клеевой, термический (огневой), прошивной (ниточный), ультразвуковой (сварной).

Однако недостатком такой классификации можно считать отсутствие единой основы, что затрудняет возможность разделить многослойные текстильные материалы по главенствующему признаку. Это в свою очередь, не позволяет использовать информационные технологии для систематизации и каталогизации текстильных материалов, которая существенно снизит затраты при конфекционировании материалов в пакет швейных изделий. Кроме того, ассортимент текстильных материалов расширяется и обновляется за счет появления новых методов создания многослойных структур, которые следует учесть. В связи с чем, назрела необходимость создания новой классификации способной устранить выявленные недостатки.

Для структурированного анализа ассортимента МТМ, используя системный подход анализа и иерархический метод классификации, выделено несколько групп, отличительным признаком которых является способ производства. Иерархическая классификация многослойных текстильных материалов представлена на рисунке 1.1.

Анализ и систематизация патентной и научной литературы позволили выделить следующие технологии соединения слоев структуры МТМ: клеевой, термический (огневой), сварной (термостежка), прошивной (ниточный). Отдельно выделены материалы с полимерным покрытием и ткани с многослойной тканой или вязаной структурой [53,54].

Прогрессивным способом создания многослойных материалов является *клеевой* [42-45, 53, 54, 58-65], который позволяет получить двухслойные и многослойные материалы, используемые в производстве обуви, одежды бытового назначения (пальто, куртки, плащи т.д.), специальной одежды (огне- и химзащитной, форменной, спортивной и т.д.), а также изделий технического назначения (обивочные, укрывные и тентовые материалы и т.д.).

## КЛАССИФИКАЦИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

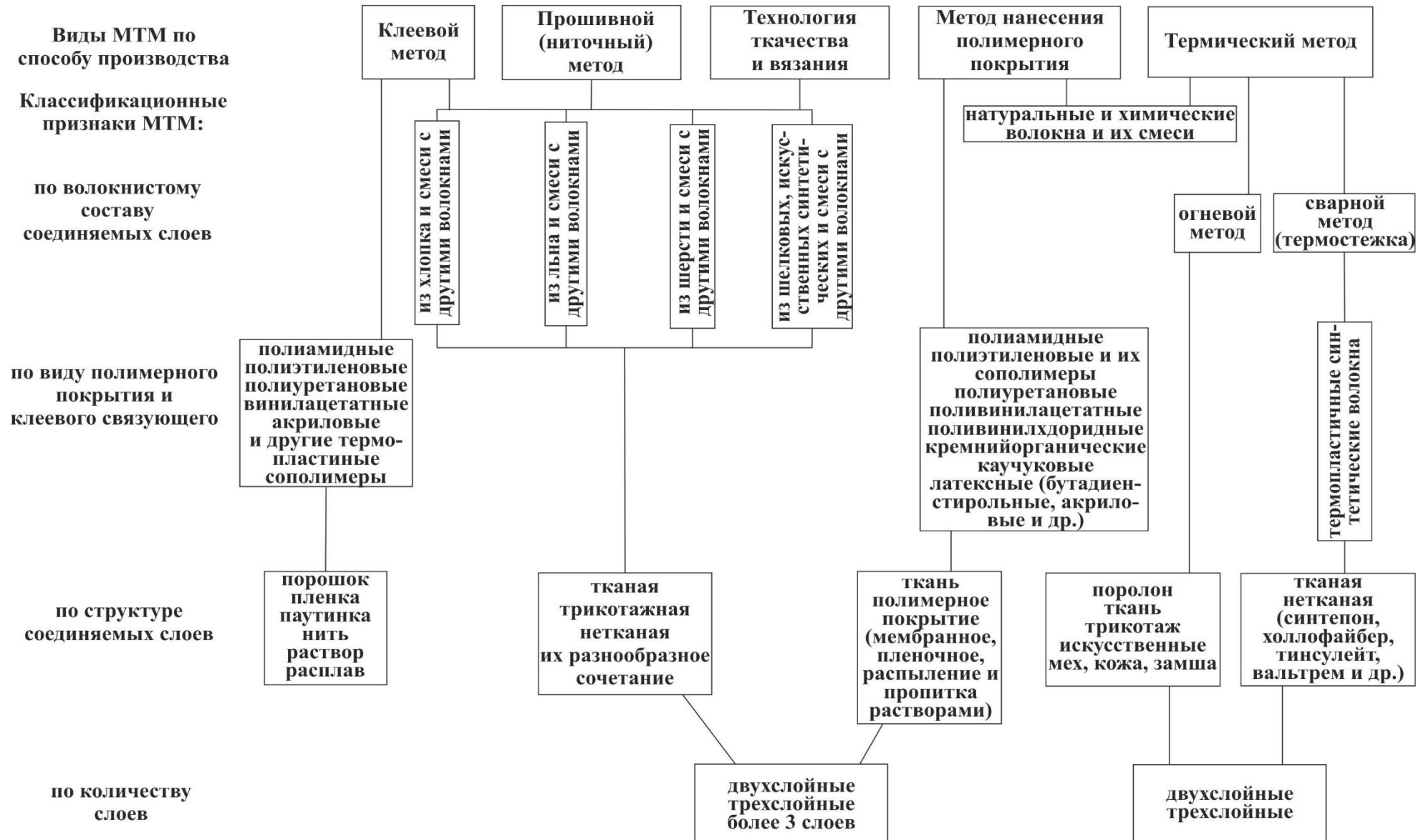


Рисунок 1.1 – Иерархическая классификация многослойных текстильных материалов

Ассортимент современных зарубежных и отечественных текстильных материалов для одежды бытового назначения, полученных по клеевой технологии, представлен в приложении Г.

Для лицевого слоя МТМ используют плотные и износостойкие ткани и трикотажные полотна, искусственный мех, кожу и замшу. В качестве нижнего слоя МТМ используют как тонкие легкие тканые, трикотажные и нетканые полотна, так и плотные массивные материалы, например, полушерстяные клетчатые пестроткани, трикотажные и нетканые полотна с начесом (флис), искусственный мех. В качестве связующего применяют полиамидный, полиэтиленовый, полиизобутиленовый, полипропиленовый, полиэфирный, полиуретановый, поливинилхлоридный клеи, а также разнообразные сополимеры – акриловые, сополиамидные, поливинилацетатные и другие клеевые композиции. Клеевой полимер используется в виде порошков, нитей, паутинок, пленок, растворов и расплавов. В текстильную основу нередко вплетают клеевую нить. Скрепление слоев осуществляется, как правило, горячим прессованием, пропуская материалы между нагретым и прижимным валами каландра или на прессах проходного типа с последующим охлаждением полученного материала [53, 54, 66-69].

В работе Кузьмичева В.Е. [70] разработана новая теоретическая концепция склеивания различных текстильных материалов. Один из разделов содержит информацию о разработке технологий и оборудования для получения многослойных клеевых композиционных материалов, в которых одним из слоев является нетканое объемное полотно (клееное, холстопршивное, иглопробивное). В качестве основных тканей верхнего слоя автор предлагает использовать курточные (капроновые типа арт. Н5007, 1736, 52205, 52314, 3455, 82108, 134, капроновые с отделкой ЛКДС, хлопчатобумажные, хлопкополиэфирные), плащевые (типа арт. 52336, 52278, С27ЮГ), пальтовые и костюмные. Из трикотажных полотен – капроноацетатные ворсованные полотна. В качестве нетканых объемных утеплителей – материалы любого способа получения (клееные типа арт. 935556, 935568, холстопршивные типа арт. 931513, 931518, иглопробивные типа арт. 954522). В качестве адгезивов для получения

МТМ автором предлагаются клеи-растворы, отверждающиеся на воздухе и выпускаемые российскими производителями: эмульсар 21, акрил В, акрилат 85 КТ, дисперсия АК-215-23, акриловый сополимер АК-211, а также опытные образцы адгезивов латакрил 388Н, латакрил 386 загущенный, акрэмос 501 и 601.

Отечественные предприятия НПО «Кита» (г. Москва) и ЗАО «Катод – Текстиль» (г. Санкт-Петербург) производят двух- и трехслойные материалы для головных уборов и обуви, следующих структур: ткань (трикотаж) + поролон, искусственная кожа + поролон, драп + дублерин, спанбонд + поролон + искусственный мех, «Вельвет» + «Малифлис», «Малифлис» + поролон + ткань, регенирированная кожа + нетканое иглопробивное полотно (ИПП), пенополиэтилен + нетканое ИПП, войлок + нетканое ИПП, спанбонд + пенополиэтилен, махровое полотно + поролон + спандбонд. Такие МТМ нашли широкое применение в качестве обивочных и отделочных в мебельной, автомобильной, строительной и других секторах экономики [53, 54, 61, 62].

ОАО «Термопласт» (г. Таганрог) по клеевой технологии дублируют в два и три слоя хлопчатобумажные и синтетические ткани, шерстяные ткани, искусственную кожу с хлопчатобумажными тканями [53, 54, 63]. В производстве спортивной и специализированной одежды широко используются двухслойные полотна из ворсованного трикотажа – флиса, а также его комбинации с тканью.

Современные плащевые и курточные ткани «Dewsp» и «Bonding» (Китай, Корея) представляют собой двуслойные материалы (полиэфирная ткань + трикотажное полотно), соединенных полиуретановой композицией, придающей дополнительную функцию водоотталкивания [64]. При производстве специальной одежды предпочитают использовать МТМ, в которых верхний слой огнезащитной или химзащитной ткани склеен с сорбирующим слоем [66], а также допускается промежуточный слой, например, из пленки или крепированной бумаги [67].

Для придания теплоотражающих свойств материалов в защитной спецодежде в состав адгезива может добавляться алюминиевая пудра, либо металлизированная изнаночная сторона полимерной пленки, которой дублируется основная ткань [68].



*Метод нанесения полимерного покрытия* особенно актуален в производстве водонепроницаемых материалов бытового и технического назначения. На текстильную основу наносят полимерную композицию: полиуретановую, поливинилхлоридную, полиамидную, полиэтиленовую, кремнийорганическую или каучуковую (бутилкаучуковые, фторкаучуковые, силоксановые) [53, 68, 72-74].

Например, многослойный материал [74] для огне- и маслобензостойкой одежды содержит тканую основу из термостойких волокон, с нанесенным на одну сторону полимерным покрытием из фторкаучука, с другой стороны нанесен гидроизоляционный слой из силоксановой композиции. Полимерно-текстильный материал [75] состоит из тканой основы, на одну сторону которой методом каландрирования наносится смесь на основе бутилкаучука с последующей вулканизацией, а на другую сторону на клеепромазочной машине наносится раствор фторкаучука и фторопласта.

Защитные материалы [76, 77] выполнены трехслойными, в которых средний слой – ткань из синтетических волокон, а два наружных слоя выполнены из резиновой композиции на основе бутилкаучука. Огнезащитные материалы [78, 79] также содержат в основе капроновую ткань, с нанесенным с двух сторон отвержденным покрытием на основе низкомолекулярного силоксанового каучука.

Для придания воздухо- и водонепроницаемых свойств на текстильную основу наносятся однослойные пленочные покрытия (например, плащевые и курточные ткани «Jonardan», «Prince» (Китай, Южная Корея), ткани «Oxford» (Китай) для тентов, палаток, сумок, рюкзаков). Нанесение покрытия в несколько слоев делает ткань водупорной. Также ткани и трикотаж могут подвергаться водоотталкивающим обработкам и пропиткам (Antifrost, WR - water repellent, DWR-durable water repellent, технология «ХТ» для горнолыжной одежды). Например, разработанные технические материалы, ткани для верхней одежды «Taslon», «Nylon» и др. китайского и корейского производства. Однако, чаще всего, для повышения водозащитных свойств выполняется комбинация разных технологий, например, с одной стороны текстильной основы наносится

полимерное покрытие, с другой – водоотталкивающая обработка (ткани «Fitsystem», «Taffeta», «Lokker», «Taslan» Китай, Корея, и др.) [53, 54, 64].

Большой популярностью при производстве специальной и спортивной и одежды пользуются водонепроницаемые «дышащие» материалы с мембранным покрытием. Мембраны по своему строению бывают беспоровыми, поровыми и комбинированными [53, 80-82]. Размер микропор мембраны во много раз меньше капель воды, что делает ткань водонепроницаемой снаружи, но, в то же время, во много раз больше молекул воды, что позволяет влаге в виде пара выходить наружу. По количеству слоев различают мембраны: двухслойные (текстильная основа + мембрана), трехслойные (текстильная основа + мембрана + нижний слой – защитное покрытие из полиуретана или карбоновых частиц, или текстильный материал), например, материалы «Fitsystem», «Ice-Team membrane», «HI TECH membrane», «HI-pora» и другие [53, 54].

Мембранные покрытия соединяют с текстильной основой либо наносным методом – membrane coating, либо клеевым – membrane laminated. Например, по технологии [82], клей точечно наносят на мембрану. По технологии [83] на текстильную основу наносят полимер мембраны с помощью ножевой ракля и после коагуляции, отмывки и сушки его дублируют со стороны мембраны трикотажным полотном.

Наблюдается тенденция к усложнению структуры многослойных материалов, например, многослойный сорбционный огнезащитный материал [84] состоит из 1-5 однородных или разнородных внутренних слоев нетканого высокопористого материала, к которому с двух сторон приклеены тканые армирующие слои. К наружному тканому слою прилегает мембранотканевый слой, состоящий из пористой мембраны, нанесенной на изнаночную сторону огнезащитного тканевого слоя, полученного из арамидных нитей.

Мировым лидером по производству мембранных тканей, является «W.L. Gore», торговый знак «Gore-Tex», а также «Toray», «Untica». Многие известные производители одежды покупают исключительный патент у производителя мембранных материалов и выпускают их под своей торговой маркой, например:

Dermizax (Spyder, Descente), AWT (Killy), DIAPLEX (Phenix), Venture (Schoffel), Helly Tex (Helly Hansen), Sensor Tex (Volk), ATX (EVF) [53, 54].

Традиционная технология *прошивного* или *ниточного* соединения слоев МТМ заключается в соединении двух и более текстильных полотен нитками на многоигольных стегально-прошивных машинах цепного или челночного стежка. В России по данной технологии вырабатывают МТМ: ООО «Карро» г. Обнинск, ООО «Армтекс» г. Армавир, ООО «Пилон» г. Москва, ООО «Алтик» г. Москва, ООО «Сибирский синтепон» г. Новосибирск, и другие [53, 85].

Особенность стеганых материалов заключается в том, что одним из слоев полотен является утепляющая прокладка или наполнитель разного вида. Как правило, верхний слой в стеганых материалах это плотные хлопчатобумажные, синтетические и смесовые ткани и трикотажные полотна, в том числе с пленочным покрытием и водоотталкивающей отделкой. Для подкладочного слоя в трехслойных полотнах «сэндвич» используются плотные трикотажные полотна, а также хлопчатобумажные, синтетические, и смесовые ткани. Промежутки между строчками могут заполняться натуральным пухом и пером птиц или, например, пенополистиролом [53, 54, 86].

Утеплителями в прошивных МТМ выступают: синтепон, холлофайбер, холофан («Аляска»), тинсулейт, шерстипон, савофил, нитепрошивной и иглопробивной ватин. В спецодежде для работы в условиях пониженных температур, используется современный натуральный утеплитель «Шерстон» (65% шерсти, 35% хлопка). Для предотвращения миграции волокон утеплителя в стеганых материалах дополнительно прокладывается слой тонкого, но прочного нетканого полотна – спанбонда. Например, многослойное полотно арт. Н525 получено ниточным простегиванием синтепона «Арктик» арт. 935118 поверхностной плотности  $100 \text{ г/м}^2$  из лавсановых волокон, с вискозной подкладочной тканью арт. 32290 поверхностной плотности  $100 \text{ г/м}^2$  [53, 54, 86].

Более современной технологией является *сварной способ (термостежка)* соединения синтетических полотен термострочкой от ультразвукового оборудования [86, 87]. Под действием ультразвука производится спайка

термопластичных материалов, не менее чем на половину состоящих из синтетических волокон. Термостеганные материалы выпускаются двух- и трехслойными. Для лицевого слоя используются искусственная кожа, синтетические ткани из полиэфирных волокон («Тергалет», «Тафта», «Жаккард», «Сатин-атлас», «Креп-сатин», «Микрофибра») и смесовых («Поликоттон», «Жаккард» и т.д.), а также с водоотталкивающими полимерными покрытиями. Далее располагается промежуточный или изнаночный слой утепляющей прокладки: синтепона, тинсулейта, шервисина, шерстипона и т.д. В трехслойных полотнах утеплитель закрывается подкладочной тканью из синтетических или смесовых волокон, флизелином или флисом. Промежутки между сварными строчками могут заполняться лебяжим пухом, верблюжьей шерстью, или наполнителями «Экофайбер»: «файбер хлопок», «файбер кукуруза», «файбер бамбук» и т.д. Термостеганные материалы широко используются при производстве верхней одежды, спецодежды, головных уборов, кожгалантереи, сумок и рюкзаков, а так же мягкой мебели, матрасов и постельных принадлежностей и т.д. Компания ООО «Ультрастеп» (г. Люберцы) с одноименной торговой маркой является первым и крупнейшим отечественным производителем термостеганных материалов. Существенным недостатком термостеганных полотен является высокое содержание синтетических волокон, не менее 50 %, что ухудшает гигиенические свойства материалов и швейных изделий [53, 54].

Технология *огневого дублирования* применяется при соединении текстильных материалов разной структуры с пенополиуретаном (поролоном) толщиной 3-10 мм. Процесс получения таких МТМ заключается в оплавлении поверхности рулонного пенополиуретана по всей ширине полотна с помощью газовой горелки щелевидного типа, соединении под давлением с текстильным материалом и последующем охлаждении. При производстве трехслойных материалов поролон последовательно оплавляют с двух сторон под воздействием температуры около 200 °С и пропускают через прижимные валы, где одновременно поролон склеивается с подкладкой с одной стороны, и тканью верха (лицевой слой) с другой [53, 54, 88].

Производители (ООО «Велига» г. Тверь, ЗАО «Московский шелк» г. Москва, ОАО «Искожа» г. Нефтекамск и другие) для лицевого слоя МТМ используют плотные материалы, такие как велюр, флокированные ткани, гладкие и ворсовые трикотажные полотна, ткани из полиэфирных волокон «Жаккард» и «Твид», а также натуральную и искусственную кожу и замшу. МТМ, полученные огневым способом обладают удовлетворительными показателями прочности на расслаивание, теплозащитными и эксплуатационными свойствами, достаточно формоустойчивы, но имеют низкую воздухопроницаемость и плохо драпируются [53, 54, 88]. Тем не менее по причине токсичности при нагревании поролон, низких гигиенических свойств и повышенной жесткости, материалы, соединенные с поролоном, в производстве одежды и обуви применяются ограниченно. В то время как находят широкое применение при производстве обивочного и отделочного текстиля, например, для обивки мебели, салонов автомобилей, домашнего текстиля и т.д.

Древнейшие технологии *ткачества и вязания*, которые и на сегодняшний день являются ведущими, благодаря разработке новых сложных переплетений позволяют получать многослойные материалы. Подробная и весьма информативная классификация многослойных переплетений разработана профессором С.Г. Керимовым [89]. Многослойные полотна, полученные по технологии ткачества и вязания обладают комплексом свойств, которые определяют их назначение и отвечают требованиям потребителей [33, 53].

Для производства многослойных тканей и трикотажных полотен используются мононити, комплексные, текстурированные и разноусадочные нити разной линейной плотности. Нити могут быть синтетическими, натуральными, и смесовыми [53, 54]. Например, многослойные технические ткани [90, 91] состоят из двух наружных тканых слоев, образованных переплетением двух систем основных и уточных нитей. Между ними располагаются дополнительные слои из прямолинейно расположенных наполнительных основных нитей, разделенных слоем уточных нитей, переплетающихся с основными соединительными нитями.

Многослойная ткань [90] выполнена из уточных нитей и двух систем основных нитей, одна из которых служит для создания складок с верхними и нижними отворотами, скрепленных второй основной системой по нижнему отвороту с помощью фиксирующих уточных нитей. Ткань имеет высокие прочностные свойства.

Большую ассортиментную группу составляют материалы технического назначения [92-96]. Например, двойной основовязанный трикотаж [92] для технических целей содержит два обращенных друг другу изнаночными сторонами одинарными полотнами, соединенных между собой нитями утка так, что они образуют на одинарных полотнах сдвоенные петли, соединенные как минимум двумя системами нитей.

Трикотажно-пленочный материал [94] для систем экранирования представляет собой полотно различной ширины, состоящее из трикотажного каркаса, образованного уточным переплетением, и ввязанных в него узких продольных лент пленки.

Предприятие ЗАО «Три-Д» (п. Андреевка, Московская обл.) специализируется на производстве многослойных тканых армирующих материалах технического назначения, состоящих из кварцевых нитей (99,95%  $\text{SiO}_2$ ), кремнеземных нитей (96%  $\text{SiO}_2$ ), нитей из Е-стекла, кремнеземно-хлопчатобумажных и комбинированных нитей. Такие полотна предназначены армирования стеклопластиков, работающих в сложных и жестких условиях эксплуатации [53, 54, 95].

Существует множество вариантов структуры многослойных тканей и трикотажных полотен для одежды и обуви, благодаря комбинации различных видов переплетений. Например, двухслойная ткань для защиты кожных покровов человека от огня [92], обладающая улучшенными гигиеническими свойствами. Ткань содержит наружный слой, выполненный полотняным переплетением из огнестойких синтетических нитей, и изнаночный слой, выполненный вафельным переплетением с чередованием нитей из огнестойких и натуральных волокон. Слои соединяются между собой двумя уточными нитями наружного слоя и огнестойкими основными нитями изнаночного слоя.

Двухслойная ткань [96] предлагается для изготовления верхней одежды, в частности костюмов и спортивных курток. В качестве основных нитей обоих слоев взята хлопчатобумажная пряжа, в утке лицевого слоя – текстурированные полиэфирные нити, изнаночного слоя – текстурированные высокоусадочные полиэфирные нити. Слои соединены между собой в направлении основных нитей с образованием продольных канавок.

Двухслойный футерованный трикотаж [97], применимый для производства бытовой одежды с повышенными теплозащитными свойствами, содержит два слоя футерованной глади, обращенных друг к другу изнаночной стороной и соединенных грунтовыми петлями.

Для изготовления спортивной одежды в настоящее время широко применяется объемный трикотаж, который представляет собой объемное полотно, состоящее из трикотажной сетки трехмерного плетения, образующей ячейки [98].

Среди продуктов объемного текстиля известны материалы, так называемые многоплоскостные полотна, которые представляют собой материалы, состоящие из двух поверхностей, соединенных на расстоянии друг от друга более или менее упругими несущими нитями. В качестве промежуточного слоя применяется в основном полиамидное волокно, для изготовления верха полотен – всевозможные полимерные волокна [53, 54, 99].

Таким образом, в результате подробного рассмотрения ассортимента многослойных текстильных материалов была разработана классификация, в основу которой положен иерархический метод (рисунок 1.1).

Однако выяснилось, что многослойные полотна могут различаться по очень большому количеству признаков, поэтому метод иерархического разделения не является рациональным. В связи с этим на основании фасетного метода была разработана классификация МТМ, в основу которой также положен способ производства. Классификационные признаки в фасетной классификации в полной мере отражают технологию производства, и дают информацию об особенностях структуры МТМ. Фасетная классификация многослойных текстильных материалов (МТМ) представлена в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Фасетная классификация МТМ

Классификация МТМ			
По способу производства (скрепления слоев)	Волокнистый состав слоев	Структура соединяемых слоев	Фазовое состояние связующего
1. Клеевой	1. Однородный (волокна одной природы)	1. Однородная тканая	1. Твердое (порошок, паутинка, нить, сетка, пленка)
2. Прошивной	2. Смешанный (разный волокнистый состав)	2. Однородная трикотажная	2. Жидкое (раствор, латекс, эмульсия)
3. Ткачество	3. Разнородный (пряжа, нити текстурированные, комплексные и т.п.)	3. Разнородная (ткань, трикотаж, нетканое)	3. Расплав (термический способ)
4. Трикотажный (вязальный)	4. Инверсный (сочетание полотен волокнистого состава типа 1, 2, 3)	4. Пленочная (с полимерным, мембранным покрытием)	
5. С полимерным покрытием		5. Объемная (с объемным утеплителем)	
6. Термический (огневой, сварной)		6. Дискретная	

Для каждого иерархического уровня предложен свой фасетный код, обозначенный цифрой, на основе которого строится фасетная формула. Например, формула (1.7):

$$K_i = F_1, F_2, F_3, F_1, \quad (1.7)$$

где  $K_i$  – классификация,

$F_i$  – фасет.

Из приведенной формулы следует, что МТМ получен клеевым методом скрепления (фасет 1), состоит из полотен однородного волокнистого состава (фасет 2), но разнородной структуры (ткань, трикотаж) (фасет 3), которые соединены твердым связующим (фасет 1).

Преимущества фасетной классификации заключаются в изменении числа ее признаков и возможности варьирования последовательности их использования. Кроме того, фасетная система облегчает процесс кодирования объектов классификации, так как заданное множество объектов независимо делится на



подмножества по различным признакам, что позволяет использовать информационные технологии для обработки и хранения информации о многослойных текстильных материалах.

Фасетная классификация с помощью программного обеспечения информационных систем позволяет детальнее идентифицировать материалы, и предоставить полную информацию о свойствах, назначении, особенностях технологии применения в швейном производстве, что важно как при проектировании, конфекционировании и производстве изделий легкой промышленности, так и при разработке научно-технической документации.

Интерфейс программного обеспечения представлен на рисунке 1.2 [100]. Основная особенность разрабатываемой классификации – это возможность модификации структуры и редактирования информации, не нарушая ее целостности. Классификация является основой базы данных ассортимента многослойных текстильных полотен, которая в свою очередь послужит информацией (контентом) для разработки программного обеспечения детализации информации о МТМ.

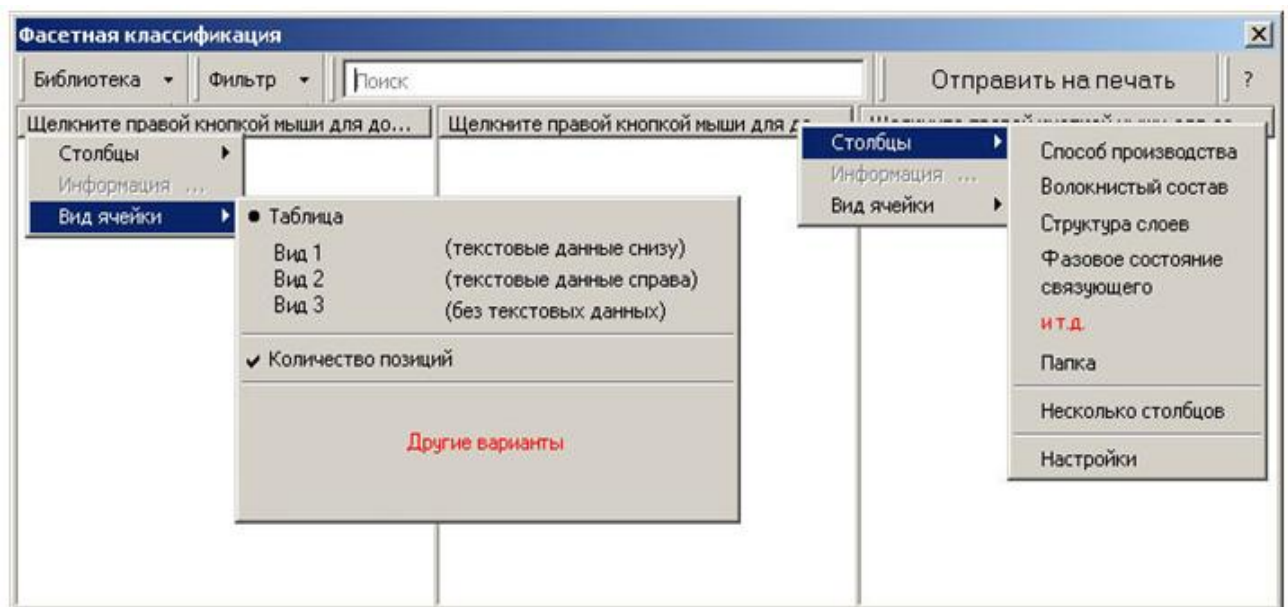


Рисунок 1.2 – Интерфейс программного обеспечения фасетной классификации многослойных текстильных материалов

Предлагаемая классификация понятна и доступна профессионалам производств изделий легкой промышленности. Она позволит разрабатывать

техническое задание на проектирование новых материалов и осуществлять обоснованный выбор материала для одежды с заданными свойствами. Создание базы данных позволит реализовать возможность интеграции в большинство комплексов проектирования изделий легкой промышленности.

В ходе анализа ассортимента многослойных текстильных материалов обнаружилась проблема отсутствия единой терминологии, что значительно затруднило патентный и литературный поиск. Для введения единообразия в терминологии предлагаем [53, 54]:

- термин «композиционный», как наиболее часто применимый, использовать в качестве основного для многослойных текстильных материалов, полученных по клеевой технологии. Учитывая опыт использования термина «композиционный материал» в полимерной химии, металловедении, строительстве, машиностроении и т.д., предлагается следующая трактовка понятия «композиционные материалы» применительно к МТМ: *«Композиционные текстильные материалы»* – это материалы, состоящие из двух и более однородных и/или разнородных слоев, соединенных в единую структуру полимерным связующим жидким или твердым, и/или полимерные композиции на текстильной основе образуют пленочные или мембранные покрытия;

- *«многослойная ткань»* и *«многослойный трикотаж»* – это многослойный текстильный материал, полученный по технологии ткачества и вязания;

- *«комплексные текстильные материалы»* – это материалы, состоящие из двух и более однородных и/или разнородных слоев полотен, скрепленных между собой прошивным, огневым, сварным способами, образуя единую структуру.

### **1.3. Анализ методов исследования и способов формообразования и формозакрепления деталей одежды**

Качество и долговечность швейных изделий во многом определяются их способностью устойчиво сохранять внешний вид и форму. Эти требования потребителей обеспечивает формовочная способность текстильных материалов.

Формовочная способность – это способность текстильных материалов образовывать сложную пространственную форму, устойчиво закреплять и сохранять ее в процессе эксплуатации изделия. В понятие формовочной способности входит способность текстильных материалов к формообразованию и формозакреплению.

Формообразование – это процесс создания объемной формы, то есть локального изменения первоначальных геометрических размеров на отдельных участках деталей изделия, за счет деформирования текстильных материалов при растяжении, изгибе, сжатии. Способ получения объемной формы и метод формообразования в каждом конкретном случае определяются индивидуально и зависят от свойств исходных материалов: волокнистого состава, структурных характеристик полотен, структуры и свойств составляющих нитей, а также структуры пакета материалов изделия, которая может быть однослойной, многослойной и комбинированной (на различных участках изделия – разное количество слоев материалов).

Выделяют три основных способа формообразования:

1. *Конструктивный способ* основан на членении материала на части с учетом анатомических особенностей строения тела человека и замысла художника-модельера. При этом используют всевозможные сечения, выточки, складки и т.п. Конструктивный способ формообразования основан на инженерных расчетах, точном воспроизведении и устойчивом закреплении практически любой формы одежды [101, 102].

Однако при создании сложных пространственных форм необходимо увеличивать количество членений в конструкции изделия, что неизбежно увеличивает расход материала и повышает трудоемкость изготовления. Так же использование данного метода невозможно для тканей повышенной жесткости, поскольку это вызывает ряд несоответствий архитектурным требованиям моды и снижает эстетические и утилитарные качества одежды. Появление этих недостатков можно избежать, используя технологические приемы [103, 104].

2. *Технологический способ* предусматривает создание объемной формы деталей швейных изделий, воздействуя на плоский материал температурой, влагой и давлением. При этом за счет деформаций сжатия материала по толщине (утонение), растяжения, изменения угла между нитями основы и утка в структуре ткани и между петельными столбиками в трикотажных полотнах, принудительной усадки (сутюживания) и изгиба материала происходит образование заданной формы изделия [105].

3. *Комбинированный метод* – метод, сочетающий в себе применение конструктивных и технологических решений. На практике наиболее часто применяется именно комбинированный метод, так как он позволяет получить пространственную форму изделия максимально приближенную к задуманной, либо полностью ей соответствующую. Поэтому при формообразовании одежды в первую очередь необходимо учитывать механические свойства текстильного материала, которые зависят от параметров строения и структуры, волокнистого состава, а также условий процесса изготовления и отделки [106, 107].

При изготовлении швейных изделий *сжатие материала по толщине* вследствие действия сжимающих усилий (*утонение*) используется достаточно часто. При обработке краев бортов, линий отлета воротников, низа рукавов и изделий в целом и т.п. утонение играет важную роль. Однако в соответствии с современными требованиями моды высококачественные швейные изделия отличаются объемными краями, а операция прессования на этих участках не применяется. Помимо этого, утонение несущественно для процесса формообразования, так как толщина большинства материалов для одежды невелика по сравнению с их другими геометрическими размерами [108, 109].

В процессе формообразования деталей швейных изделий учитывают *способность ткани изменять сетевые углы между нитями основы и утка*. Данные, полученные при исследовании этой способности, положены в основу разработанной профессором А.В. Савостицким и его последователями [109] методики конструирования, базирующейся на понятиях «чебышевской сети».

Теоретические исследования академика П.Л. Чебышева и других ученых [110] показали возможность одевания кривых поверхностей развертками оболочек из материалов сетчатой структуры. Основной задачей расчета разверток является нахождение рациональной формы с минимальной площадью, которая наиболее простым способом могла бы одеть заданную поверхность плоским материалом при наименьшем количестве швов. Решение этой задачи достигается нахождением радиуса кривизны с помощью математических формул. Однако на практике это достаточно трудоемко. Поэтому авторами [110, 111] был разработан приближенный способ расчета разверток деталей одежды, учитывающий, что их формирование происходит при небольшом угле перекося нитей ткани. Реализация способа дала положительные результаты для 1/3 части поверхности шара и отдельных частей поверхности манекена. Как правило, при деформировании одновременно происходит и растяжение нитей ткани, которое при использовании этого метода формообразования не должно превышать 2%. Считается, что эта величина незначительна и ею можно пренебречь.

В работе Мальцевой Е.А. [112] на основе экспериментальных данных установлено, что на способность изменять угол между нитями основы и утка значительное влияние оказывает волокнистый состав ткани и толщина нитей. Испытания, проведенные на образцах костюмно-платьевых льносодержащих тканей, показали следующее: «чистольняные ткани требуют меньшего усилия для перекося нитей по сравнению с неоднородными льнохлопковыми и смешанными – льнолавсановыми; увеличение линейной плотности нитей требует большего усилия для изменения угла на одну и ту же величину; максимальное изменение угла перекося нитей достигается в тканях саржевого и сатинового переплетения, а минимальное – в тканях полотняного переплетения».

На способность ткани проявлять *деформации растяжения и сжатия* существенное влияние оказывают внутренние связи, обусловленные особенностями строения нитей (пряжи) и волокон, и внешние связи, определяемые особенностями структуры текстильного материала. Проявление полной деформации и ее составных частей в значительной степени зависит от

волокнистого состава ткани, вида переплетения, плотности по основе и утку, характера отделки и т.д. [16]

Характер проявления деформации в ткани зависит от направления приложения растягивающего усилия. Нагружая ткань в основном или уточном направлениях, происходит ее удлинение вследствие распрямления и удлинения нитей, расположенных вдоль действующей силы. Как правило, для распрямления нитей требуется меньшие усилия, чем для их растяжения, сопряженного с изменением наклона спиральных витков крутки, распрямлением и скольжением волокон [16]. Поэтому удлинение ткани на прямую зависит от числа изгибов нити, приходящихся на единицу её длины, и глубины изгибов. В свою очередь установлено, что «число изгибов нити определяется переплетением и плотностью ткани, а глубина изгиба – толщиной нити перпендикулярной системы и фазой строения ткани, наибольшее удлинение происходит в тканях полотняного переплетения» [113]. Полная деформация растет при приложении нагрузки под углами к нитям основы или утка, при этом изменяется соотношение ее составных частей: доля обратимой части уменьшается, а доля необратимой увеличивается. Особенно увеличиваются полная деформация и доля ее необратимой части при приложении нагрузки под углом  $45^\circ$  к нити основы (утка), т.е. к диагонали ячейки [114, 115].

Переплетение является активным фактором формирования строения ткани, так как определяет степень связанности нитей в местах контакта. Чем меньше этих связей, тем легче осуществляется деформация ячейки ткани. Так же от вида переплетения зависит количество изгибов нитей, что отражается на величине деформации удлинения или сокращения вдоль нитей. Плотность расположения нитей определяет промежутки между ними и то свободное пространство ячейки ткани, которое позволяет ей деформироваться [116].

В работе [115] установлено, что «при увеличении содержания лавсановых волокон в пряже от 0% до 50% при усилии растяжении равном 1 даН в направлении диагонали ячейки величина деформации сетевого угла шерстяных тканей снижается с  $22^\circ$  до  $13^\circ$ , а относительное удлинение с 30% до 13%».

В работе [40] предложена математическая модель процесса растяжения двухслойной ткани, слои в которой соединены ниточным способом.

Авторы [116-118] провели исследования влияния структурных параметров ткани на анизотропию деформационных свойств при растяжении. Установлено следующее: «увеличение растяжимости по утку наблюдается у тканей саржевого переплетения; вид переплетения и число нитей утка на 100 мм сказываются на удлинении тканей при растяжении под  $45^\circ$  к нитям; изменение степени уплотненности нитей в ткани оказывает существенное влияние на деформацию сетевых углов; переуплотненная структура образцов ткани с поверхностным наполнением свыше 100% препятствует деформации сетчатой структуры; снижение поверхностного наполнения до уровня 90% заметно повышает подвижность структуры и ее деформацию».

*Сутюживание ткани* происходит в результате принудительной усадки, осуществляемой воздействием на ткань тепла, влаги и давления, т.е. в условиях влажно-тепловой обработки (ВТО).

Лисиенковой Л.В. установлено, что деформация сжатия ткани обусловлена тремя видами деформации её структуры [119]: «дополнительным изгибом нитей; сокращением длины нитей вследствие усадки и перемещения волокон; изменением угла между нитями». Величина сутюживания определяется волокнистым составом материала, его строением и структурой составляющих нитей, а также направлением приложения нагрузки. Максимальный результат сутюживания достигается по диагоналям ячеек ткани.

Наиболее склонными к изменению линейных размеров в процессе ВТО являются чистошерстяные материалы, которые по свойствам сутюживания и оттягивания превосходят полиэфирные. Это объясняется гидролизом дисульфидных связей волокон шерсти и восстановлением их в новом положении макромолекул под действием ВТО. В следствие этого, форма швейного изделия, получаемая в результате воздействия влаги и тепла, обладает повышенной формоустойчивостью [119, 120].

В целлюлозных волокнах (хлопковых, льняных, искусственных) при ВТО перегруппировываются водородные связи, однако новые связи неустойчивы к действию внешних факторов. Исследования Юферовой Л.В. показали [118], что ткани, в составе которых присутствуют эластичные полиуретановые нити, обладают лучшей формуемостью и формоустойчивостью, чем ткани без эластана. Особенностью синтетических тканей является их незначительная сутюживаемость, поэтому конструкция и технология изготовления одежды из таких материалов предполагает коррективы.

Автор [121] утверждает, что оценка способности текстильных материалов к оттягиванию и сутюживанию при проведении влажно-тепловой обработки, в значительной степени определяет выбор способа формообразования.

Для получения объемной формы швейного изделия также используется деформация *изгиба* [122]. Использование чистого изгиба позволяет получать простые геометрические формы (цилиндр, конус, складки, защипы, сборки). Комбинируя изгиб с другими видами деформаций, получают сложные объемные формы одежды. В зависимости от формы швейного изделия в качестве характеристики формообразующей способности используют следующие показатели: жесткость при изгибе и драпируемость [123].

*Жесткостью при изгибе* называется способность текстильного материала сопротивляться действию внешней изгибающей силы. Это свойство является одним из важнейших и определяет формоустойчивость швейных изделий в процессе их изготовления и эксплуатации [124, 125].

*Драпируемостью* называется способность текстильных материалов в подвешенном состоянии образовывать мягкие подвижные складки. В первую очередь, на жесткость при изгибе и драпируемость текстильных материалов влияют волокнистый состав, а также строение и свойства волокон и нитей.

Отмечено, что с увеличением степени распрямления и ориентации в осевом направлении цепных молекул волокнообразующего полимера снижается подвижность и гибкость структуры волокон, следовательно, возрастает жесткость материала. В частности, этим объясняется повышенная жесткость льняных тканей



и отдельных видов синтетических материалов [120, 125, 126]. Чем жестче структура материала, тем большие усилия требуются для его изгиба, тем хуже драпируемость. Синтетические текстильные материалы по показателям драпируемости уступают чистошерстяным, так как обладают меньшей массой и больше показателем жесткости. С учетом волокнистого состава предложена градация тканей по драпируемости [114].

Жесткость и драпируемость текстильного материала в значительной степени зависит от его структурных параметров – вида переплетения, плотности нитей по основе и утку, а также поверхностной плотности. Отмечено, что чем больше длина перекрытий и меньше число связей в структуре ткани, тем ниже ее жесткость, следовательно, лучше драпируемость [127]. Ткани полотняного переплетения жесткие, поэтому драпируются хуже всего. Ткани саржевого, крепового и атласного переплетений менее жесткие, поэтому при создании из них драпировок, образуются красивые мягкие складки [128].

Повышение поверхностной плотности при ослаблении связи между структурными элементами может привести к снижению драпируемости, а при возрастании этой связи – как снижению, так и к повышению, что зависит от абсолютных значений этих показателей, наличия боковых изгибов нитей и коэффициента трения между ними, чем он меньше, тем больше снижение драпируемости при повышении уплотненности ткани. Особенно хорошо драпируются тонкие гибкие и тяжелые материалы, они образуют устойчивые складки [120, 126, 127].

При создании объемной формы швейного изделия со складками необходимо учитывать свойства *несминаемости* и *сминаемости* текстильного материала. *Несминаемостью* называется свойство материала сопротивляться изгибу, смятию и восстанавливать первоначальное состояние после снятия усилия, вызывающего его изгиб и смятие [16]. Способность материала сопротивляться изгибу зависит от его жесткости, а способность разглаживаться, восстанавливая первоначальное состояние – от упругости. Если материал наделен значительной долей быстроисчезающей деформации, изделия из него обладают

хорошей несминаемостью. Если же в материале преобладает доля пластической деформации, одежда, смятая в процессе носки, не восстанавливает свою первоначальную форму [128-130].

Повышенной несминаемостью обладают материалы, выработанные из волокон, обладающих высокой упругостью, способных быстро восстанавливать размеры и форму после деформирования (шерстяных, синтетических волокон) [120]. В материалах из разно-упругих волокон, в начале эксплуатации упругие волокна преодолевают влияние менее упругих и смятые участки одежды восстанавливают свою форму. Постепенно в процессе эксплуатации нарастают усталостные явления в упругих волокнах и основную роль начинают играть менее упругие волокна, поэтому складки и морщины становятся устойчивыми, ухудшается внешний вид одежды. С увеличением крутки нитей повышается их упругость и уменьшается сминаемость тканей. Текстильные материалы, выработанные из текстурированных нитей, легко восстанавливают первоначальную форму и практически не мнутся [131-133].

Сминаемость зависит от параметров структуры тканей или трикотажа. Повышенной сминаемостью обладают ткани полотняного переплетения за счет высокой связанности нитей в структуре, для изгиба которых требуется наибольшее усилие. Ткани типа крепового переплетения обладают наименьшей сминаемостью, так как имеют неравномерно разбросанные перекрытия. В следствие увеличения длины перекрытий уменьшается сминаемость ткани, так как усилия, возникающие в наружных слоях нити при сгибании такой ткани, противодействуют изгибу [132, 133].

Чагиной Л. Л. установлено [131, 134], что увеличение числа нитей на 10 см уменьшает сминаемость и повышает упругость тканей, вследствие ограниченности сдвига нитей. Поэтому ткани рыхлой структуры обладают повышенной сминаемостью. Трикотажные полотна малосминаемы по причине сложного петлеобразного строения, поэтому при смятии трикотажа в нем меньше участков нитей, подвергающихся одинаковой деформации, чем в ткани. Различно

напряженные участки нитей трикотажа помогают быстрее восстановить его первоначальную форму.

Немаловажными факторами, влияющими на сминаемость текстильных материалов, являются температура и влага. Во влажном состоянии и при повышенной температуре материалы легко сминаются. Это свойство используется при производстве швейных изделий во время выполнения ВТО, когда необходимо получить устойчивое смятие материала. Значительно снизить сминаемость тканей возможно, обрабатывая их различными несминаемыми отделками [135, 136].

Понятие «*способность к формозакреплению*» предполагает наличие в материале двух качеств: способности сопротивляться действиям возмущающих факторов (многократного растяжения, многократного изгиба и т.д.) и способности восстанавливать первоначальное состояние по окончании их воздействия. Способность к формозакреплению определяется рядом факторов, основными из которых являются: волокнистый состав, структура материала и его свойства, а также структура пакета материалов, технологические режимы и параметры обработки, условия эксплуатации изделия [137, 138].

Взаимосвязь между устойчивостью формы и свойствами материала, из которого эта форма получена, очень важна при создании одежды. Формоустойчивость материала можно оценить с помощью таких характеристик как упругость, жесткость, драпируемость, несминаемость при многократном смятии, компоненты полной деформации, усадка.

Ефимова О.Г. [138] объединила эти характеристики в иерархическую трехуровневую структурную схему, дающую возможность комплексной оценки качества пакетов одежды и текстильных материалов, обеспечивающих высокую способность к образованию и сохранению формы.

Изучение деформационных свойств материалов и кинетики процесса деформации, доказывает тот факт, что увеличение времени нагружения текстильных материалов позволяет достигать лучшей формоустойчивости изделий из них, вследствие релаксации, возникающих внутренних напряжений.

Материалы, имеющие высокую остаточную деформацию, менее способны к ней при повторных нагрузениях [16].

В последние годы все более распространено используется клеевая технология повышения или закрепления объемной формы швейных изделий. Современный ассортимент термоклеевых прокладочных материалов (ТКПМ) весьма разнообразен [139]. Качество формозакрепления и свойства дублированной системы во многом зависят от свойств и структуры применяемых ТКПМ [140]. Автором [141] установлено, что увеличение коэффициента переплетения ткани ведет к удлинению перекрытий, которые фиксируются при дублировании связующим веществом, следовательно, возрастает жесткость пакета и снижается упругость.

Теоретически установлен и экспериментально подтвержден характер зависимости жесткости дублированного соединения от свойств, входящих в него компонентов, в частности от количества клеевого полимерного материала и «рисунка» его нанесения. При изменении направления раскроя прокладочного материала работа изгиба пакета материалов меняется от 5 до 50%, упругость – до 10%. Максимум работы изгиба наблюдается при совпадении ортогональных направлений основного и прокладочного материалов. Установлено, что формоустойчивость клеевых соединений одежды зависит от структуры и направления раскроя ТКПМ. Применение ТКПМ на тканой основе обеспечивает более высокие показатели формоустойчивости клеевых соединений одежды, чем ТКПМ на трикотажной основе. Самой низкой способностью к восстановлению после деформирования обладают клеевые соединения одежды с ТКПМ на нетканой основе [141].

Арбузовой А.А. [142] разработан способ повышения формоустойчивости полочки мужского пиджака, который заключается в обработке прокладочного материала композицией на основе полиакрилатной дисперсии в соотношении с дистиллированной водой. Сравнение значений коэффициента устойчивости формы показало, что применение композиционного материала позволяет повысить

формоустойчивость пакета полочки по сравнению с пакетами с использованием бортовой прокладки и прокладочных материалов.

Способность текстильных материалов к формозакреплению возможно изменять за счет проведения различных модифицирующих процессов и химических препаратов [143, 144]. Предложен метод воздействия потока плазмы высокочастотного емкостного (ВЧЕ) разряда пониженного давления на текстильные материалы различного волокнистого состава для улучшения физических и механических свойств, определяющих формовочную способность [120, 145]. Установлено, что модифицированные материалы при растяжении имеют малый период релаксации, за счет увеличения энергии в межмолекулярных связях, что способствует быстрому восстановлению формы и размеров одежды.

Работы [146-149] направлены на изучение возможности фиксирования формы деталей или готовых швейных изделий в процессе с помощью активных химических сред. Закрепление формы происходит с помощью химических связей, образованных в волокне в результате ввода в паровую адсорбционную среду технологического раствора.

В процессе ВТО влага служит теплоносителем и пластификатором обрабатываемых материалов. Молекулы воды ослабляют связи макромолекул волокнообразующего полимера, ускоряя переход волокон из застеклованного состояния в высокоэластическое и увеличивая деформируемость материалов [150, 151]. Под действием давления и температуры происходит необходимое формование материала за счет изменения конфигурации молекулярных цепей.

Авторами [152, 153] установлено, что целлюлозосодержащие волокна в результате ВТО перегруппировывают водородные связи, которые становятся неустойчивы к действию внешних факторов, поэтому при одновременном воздействии тепла, влаги и давления льняным тканям возможно придавать объемную пространственную форму. Термопластичность синтетических волокон легко позволяет фиксировать форму материала под действием ВТО. Наилучшей способностью к формозакреплению обладают чистшерстяные полотна [120, 121].

Проблема исследования и повышения формоустойчивости материалов, пакетов одежды и готовых изделий является предметом множества отечественных и зарубежных исследований.

Анализ методов и методик исследования формовочной способности текстильных материалов, представленных в таблице Д.1, показал, что для этих целей используют большое разнообразие методов и критериев оценки формуемости и формоустойчивости. Это обусловлено тем, что материалы, применяемые для изготовления швейных изделий, отличаются друг от друга по структуре и назначению. Принципиальными различиями методов исследования являются: характер деформирования, форма и размеры проб, способ закрепления проб, параметры испытаний, инструментальное обеспечение методов измерений, информативность измеряемых показателей.

Анализ литературных источников и патентной документации позволил классифицировать методы оценки формовочной способности текстильных материалов на несколько групп (приложение Д):

1 – Методы, позволяющие определить формовочную способность путем измерения перекоса сетевого угла;

2 – Методы, основанные на изменении и измерении геометрических размеров образцов после растяжения или сжатия;

3 – Методы, реализующие пространственное деформирование проб;

4 – Методы, реализующие одноцикловое деформирование проб нагрузкой меньше разрывной;

5 – Методы, реализующие деформацию сжатия проб.

Анализ таблицы Д.1 показывает, что нет ни одного метода, рекомендованного для исследования формовочной способности многослойных композиционных текстильных материалов.

Таким образом, анализ способов и приемов придания объемной формы материалам в швейном изделии показал, что практически во всех работах исследованию подвергали однослойные текстильные полотна, и лишь несколько работ посвящено исследованию двухполотенных трикотажных материалов. Отсутствуют работы, связанные с исследованием формовочной способности

композиционных текстильных материалов. Учитывая, что ассортимент таких материалов весьма перспективный и постоянно расширяется, то актуальным является исследование формовочной способности КТМ, многослойная структура которых скреплена полимерным связующим.

## **ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 1**

1. Анализ литературных данных показал, что для текстильных материалов нашли применение различные методы проектирования и прогнозирования структуры и свойств. При этом построение модели структуры однослойных, двухслойных и многослойных тканей должно учитывать изменение формы и размеров сечений нитей, их упругих и вязкоупругих свойств, модель должна основываться на описании механики взаимодействия контактирующих составных элементов, обязательно должна прослеживаться связь с процессом производства тканей и технологией применения в швейном производстве.

2. Установлено, что теоретические основы проектирования многослойных КТМ находится в начальной стадии развития. Отсутствуют данные о процессах деформирования КТМ при одноосном, двухосном и пространственном растяжении, отсутствуют исследования формовочной способности и изменения свойств материалов под воздействием производственных и эксплуатационных факторов. Необходима разработка новых, универсальных методов расчета параметров строения и проектирования тканей многослойной структуры, а также методов и методик исследования структуры и свойств сложных, разнородных многослойных материалов.

3. Разработана фасетная классификация МТМ, основной особенностью которой является возможность редактирования информации, не нарушая ее целостности. Классификация является основой базы данных МТМ, которая в свою очередь послужит контентом для разработки программного обеспечения с целью детализации информации о МТМ. Такая классификация позволит разрабатывать техническое задание на проектирование новых материалов и

осуществлять обоснованный выбор материала для одежды с заданными свойствами. Создание базы данных позволит реализовать возможность ее интеграции в большинство комплексов проектирования изделий легкой промышленности.

4. Предложена уточняющая терминология и ее определения для многослойных текстильных материалов, с учетом способа производства и особенностей структуры.

5. Анализ способов и приемов придания объемной формы материалам в швейном изделии показал, что практически во все работах, исследованию подвергали однослойные текстильные полотна, и лишь несколько работ посвящено исследованию двухполотенных трикотажных материалов. Отсутствуют работы, связанные с исследованием формовочной способности КТМ. Учитывая, что ассортимент таких материалов весьма перспективный и постоянно расширяется, то актуальным является исследование формовочной способности КТМ, многослойная структура которых скреплена полимерным адгезивом.



## Глава 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1. Маркетинговые исследования спроса на многослойные композиционные текстильные материалы

Выявление прогнозов сбыта производимой продукции, своевременное реагирование на требования рынка и оценка его емкости определяют маркетинговые исследования. Поэтому в работе проведены исследования по изучению спроса и потребительских предпочтений изделий из многослойных КТМ.

Разработана анкета, состоящая из вопросов, логически взаимосвязанных с поставленной задачей. При заполнении составленной анкеты, респонденты оценивали отдельно каждый вопрос, выбирая ответ из предложенных вариантов. Анкета состояла из 10 вопросов по теме проблемы, и 11 дополнительный вопрос – касался информации об опрашиваемых (приложение Е).

В данном опросе приняли участие 150 респондентов из числа менеджеров, продавцов и продавцов-консультантов тканей оптом и в розницу г. Москвы, Московской области, г. Саратова и Саратовской области.

По итогам анкетирования можно сделать вывод, что все респонденты – торгующие организации реализуют многослойные материалы.

67% респондентов сказали, что потребители предпочитают многослойные композиционные материалы, 20% – многослойные трикотажные полотна.

Поставщиками продукции многослойных материалов являются: 54% – Китай, 35% – из Турция и 10% – отечественные производители.

Объем поставок зависит от товарооборота торгующей организации. Так 80% организаций оптовой реализации закупают крупными партиями, а все 100% розничной торговли закупают продукцию малыми партиями.

Спрос на многослойные композиционные текстильные материалы как высокий – оценили 49% респондентов и 47% – как средний.

Респонденты отдадут предпочтение по волокнистому составу трем типам композиционных текстильных материалов: шерстяным – 28%, смесовым тканям – 44% и шелковым – 19%.

Ценовая политика в отношении композиционных текстильных материалов отмечена на 81% – как доступные цены и 10% – дорогие ткани.

У потребителей большим спросом пользуются: материалы для одежды – 50%, декоративно-отделочные и портьерные ткани – 29% и обивочные для мебели – 9%. Респонденты отмечают, что спрос с учетом фактуры и художественно-колористического оформления на композиционные текстильные материалы очень разнообразный и зависит, вероятно, от возраста и вкуса потребителя. Однако 25% респондентов отмечают предпочтение потребителями однотонных тканей, примерно столько же 24% – цветных, и 41% – с разным цветовым оформлением сторон материала.

Ассортиментная группа одежды зависит от времени года, и потребители покупают композиционные текстильные материалы осенью и зимой – преимущественно толстые теплые шерсть содержащие ткани с гладкой поверхностью нижнего слоя – 61%, для вечерней одежды – 25%.

Анализ результатов опроса позволил определить следующее: во-первых, чрезвычайно узок ассортимент КТМ для вечерней и праздничной одежды; во-вторых, практически полностью отсутствует ассортимент таких тканей для мужчин и детей. В связи с этим направление расширения ассортимента композиционных текстильных материалов является актуальным.

Таким образом, проведение маркетинговых исследований позволяет сводить риск производителей композиционных текстильных материалов к минимуму. Кроме того, позволяет выработать решения по совершенствованию структуры КТМ, направленные на приведение в соответствие со спросом предложения конкретных текстильных материалов.

## **2.2. Характеристика объектов исследования**

В работе объектами исследования являлись чистошерстяные, полшерстяные, шелковые и хлопчатобумажные ткани и трикотажные полотна и многослойные композиционные текстильные материалы на их основе, полученные в лабораторных условиях по клеевой технологии соединения двух

текстильных полотен клеевыми связующими, а также КТМ, реализуемые в торговой сети.

К многослойным КТМ, реализуемым в торговой сети, относятся ткани соединенные полимерным адгезивом, характеристика структуры которых представлена в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Характеристика структуры и свойств многослойных КТМ, реализуемых в торговой сети

Обозначение КТМ	Полотна структуры КТМ	Волокнистый состав, %	Поверхностная плотность КТМ, г/м <sup>2</sup>
КМ-15310	Ткань костюмная	80Ш+20Лс	310
	Адгезив	сополиамид	
	Ткань	100Хл	
КМ-15225	Ткань костюмная	70Ш+30Лс	350
	Адгезив	сополиамид	
	Трикотаж	100Хл	
КМ-15350	Ткань костюмная	100Лс	225
	Адгезив	сополиамид	
	Ткань подкладочная	100ВВ	
Примечания: 1. Лс – лавсан 2. ВВ – вискоза 3. Ш – шерсть 4. Хл – хлопок			

В качестве полимерного адгезива исследовали: сополиамидный (СПА) клеевой порошок марки платамид Н105РА, с температурой плавления 125°С; акриловый сополимер АКР 622 (ТУ-6-02-00209912-60-96) с температурой плавления 80°С; паутинку из полиэтилена (ПЭ) высокого давления низкой плотности) арт. 1Т1Р с температурой плавления 110°С; сополиамидную паутинку арт. 1С8D производства Германии поверхностной плотности 30 г/м<sup>2</sup>, с температурой плавления 125°С. Характеристика многослойных КТМ, полученных в работе для исследований, представлена в таблице 2.2. Характеристика структуры однослойных текстильных материалов, использованных в работе, представлена в таблице 2.3.

Таблица 2.2 – Характеристика многослойных композиционных материалов, полученных для исследований автором

№ образца	Структура КТМ (масса адгезива 30 г/м <sup>2</sup> )	Обозначение КТМ	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Волокнистый состав слоев, %
1	2	3	4	5
1	1 слой – ткань костюмная арт. 22120 2 слой – ткань арт. 257 Клей – платамид Н105РА	МТТ-3220	318	1 – 50Ш+50Лс 2 – 100Хл
2	1 слой – ткань костюмная арт. 22120 2 слой – трикотажное полотно арт. 130413 Клей – платамид Н105РА	МТТр-3130	305	1 – 50Ш+50Лс 2 – 100ВВ
3	1 слой – костюмная ткань арт. 22120 2 слой – ткань арт. 257 Клей – ПЭ паутинка арт. 1Т1Р	МТТ-3225	322	1 – 50Ш+50Лс 2 – 100Хл
4	1 слой – ткань костюмная арт. 22120 2 слой – трикотажное полотно арт. 130573 Клей – ПЭ паутинка арт. 1Т1Р	МТТр-3126	320	1 – 50Ш+50Лс 2 – 100Хл
5	1 слой – ткань костюмная арт. 22120 2 слой – ткань арт. 257 Клей – акриловый порошок АКР622	МТТ-3228	325	1 – 50Ш+50Лс 2 – 100Хл
6	1 слой – ткань костюмная арт. 22120 2 слой – трикотажное полотно арт. 130413 Клей – акриловый порошок АКР622	МТТр-3127	326	1 – 50Ш+50Лс 2 – 100Хл
7	1 слой – ткань костюмная арт. С64-3Т 2 слой – трикотажное полотно «Флис» арт. 847412 Клей – платамид Н105РА	КМ-310	310	1 – 50Лс+50Ш 2 – 100ПАН
8	1 слой – ткань костюмная арт. С64-3Т 2 слой – трикотажное полотно арт. ДТУ-140 Клей – платамид Н105РА	КМ-250	250	1 – 50Лс+50Ш 2 – 100ВВ
9	1 слой – ткань костюмная арт. 22429 2 слой – трикотажное полотно арт. ДТУ-140 Клей – платамид Н105РА	КМ-205	205	1 – 100Лс 2 – 100ВВ
10	1 слой – ткань костюмная арт. 12100 2 слой – ткань арт. 2110/2810v Клей – платамид Н105РА	КМ-12100	350	1 – 100Ш 2 – 50Ац+50Лс
11	1 слой – ткань костюмная арт. 22208 2 слой – ткань жаккардовая арт. ДСК008 Клей – платамид Н105РА	КМ-22208	335	1 – 80Ш+20Лс 2 – 55Лс+45ВВ
12	1 слой – ткань костюмная арт. 22604 2 слой – ткань арт. 8014S9 Клей – платамид Н105РА	КМ-22604	375	1 – 40Ш+60Лс 2 – 100ВВ
13	1 слой – ткань костюмная арт. 22307 2 слой – ткань «Мембрана» арт. 4856М Клей – платамид Н105РА	КМ-22307	363	1 – 70Ш+30Лс 2 – 100Лс

Окончание таблицы 2.2

1	2	3	4	5
14	1 слой – ткань костюмная арт. 22405 2 слой – ткань костюмная арт. 2211F7 Клей – платамид Н105РА	КМ-22405	450	1 – 55Ш+45Лс 2 – 55Ш+45Лс
15	1 слой – драп арт. 36490; 2 слой – ткань «Мембрана» арт. 4856М Клей – платамид Н105РА	КМ-36490	626	1 – 100Ш 2 – 100Лс
16	1 слой – драп арт. 46518 2 слой – ткань арт.32451 Клей – платамид Н105РА	КМ-46518	650	1 – 50Ш+20Лс+ 30ПАН 2 – 100ВВ
17	1 слой – ткань пальтовая арт. 45443 2 слой – ткань «Мембрана» арт. 4856М Клей – платамид Н105РА	КМ-45443	620	1 – 30ПАН+ 50Ш+20Лс 2 – 100Лс
18	1 слой – ткань пальтовая арт. 35484 2 слой – ткань «Поликоттон» арт.82510 Клей – платамид Н105РА	КМ-35484	630	1 – 100Ш 2 – 50Лс+50Хл
19	1 слой – ткань костюмная арт. 16053 2 слой – ткань плательная арт. 52316 Клей – сополиамид арт. 1С8D	КМ-15170	280	1 – 50Ш+50Лс 2 – 100ПА
Примечания: 1. ПА – полиамид 2. ПАН – нитрон 3. Ац – ацетат 4. Тк. – ткань 5. Тр. – трикотаж				

Таблица 2.3 – Характеристика структуры тканей для КТМ

Артикул материалов	Волокнистый состав	Переплетение ткани	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Линейная плотность, текс основа/уток (Т <sub>о</sub> /Т <sub>у</sub> )	Плотность, количество нитей на 10 см, основа/уток (П <sub>о</sub> /П <sub>у</sub> )
1	2	3	4	5	6
Костюмная арт. 12100	100Ш	Полотняное	246	25x2/22x2	330/232
Костюмная арт. 22208	80Ш+20Лс	Саржевое	208	25x2/25x3	261/245
Костюмная арт. 22604	40Ш+60Лс	Комбинированное	242	25x2/25x3	305/194
Костюмная арт. 22307	70Ш+30Лс	Ломанная саржа	226	22x2/25x2	367/317
Костюмная арт. 22405	55Ш+45Лс	Ломанная саржа	223	25x3+22/ 25x3	300/210
Драп арт. 36490	100Ш	Полуторо- слойное	490	120/120	210/160
Драп арт. 46518	50Ш+20Лс+ 30ПАН	Полуторо- слойное	518	125/100	224/157

Окончание таблицы 2.3

1	2	3	4	5	6
Пальтовая арт. 45443	30ПАН+ 50Ш+20Лс	Полутора- слойное	483	200/200	110/112
Пальтовая арт. 35484	100Ш	Полутора- слойное	494	125/125	188/165
Ткань арт. 2110/2810v	50Ац+50Лс	Полотняное	80	4,8x2/2,3x3	540/520
Жаккардовая арт. ДСК008	55Лс+45ВВ	Полотняное	100	11/9,5	455/510
Ткань арт. 8014S9	100ВВ	Полотняное	104	11,1/13,3	480/480
Костюмная арт. 2211F7	55Ш+45Лс	Полотняное	205	22x2/22x2	300/285
Тк. «Мембрана» арт. 4856М	100Лс	Полотняное	108	12/9,5	449/440
Тк. арт.32451	100ВВ	Саржевое	105	13,3/16,6	512/330
Тк. Поликоттон арт.42510	50ВВ+50Хл	Саржевое	108	13,3/18,5	522/335
Костюмная арт. 22429	100Лс	Полотняное	175	8,5/8,4	513/285
Тр. «Флис» арт. 847412	100ПАН	Футерован- ное	155	50/29	58/56
Костюмная арт. С64-3Т	50Лс+50Ш	Креповое	120	14x2/14x2	328/206
Трикотаж арт. DTY-100	100ВВ	Интерлок	100	12x2	76/72
Ткань арт. 210	100Хл	Полотняное	110	14x2/14x2	210/180
Камвольная арт. 16053	50Ш+50Лс	Полотняное	150	95/25x3	295/210
Костюмная арт. 23336	44Лс + 56Ш	Полотняное	210	50/25x2	365/290
Ткань арт. 52316	100ПА	Полотняное	100	5x4/5x4	430/420
Костюмная арт. 22120	50Ш+50Лс	Полотняное	190	25x3/25x2	345/305
Ткань арт. 257	100Хл	Полотняное	100	14x2/14x3	460/440

Формирование структуры КТМ в лабораторных условиях осуществляли на прессе проходного типа модель QUICK MINI PRESS NHJ-J500 (Китай) и прессе ПГУ 12112 при условиях: увлажнение 10%, давление 0,03-0,04 МПа, время дублирования – 20-30 сек при температуре 100 °С с акриловым адгезивом АКР 622, 125-130 °С с полиэтиленовой паутинкой арт. 1Т1Р, и 140-145 °С с сополиамидной паутинкой арт. 1С8D и порошком платамид Н105РА.

### 2.3. Методы и методики экспериментальных исследований

Физико-механические, физико-химические и эксплуатационные свойства определяли в соответствии со стандартными методиками:

определение индекса текучести расплава	ГОСТ 11645-73
оценка показателей качества	ГОСТ Р 56285-2014
определение жесткости материала при изгибе	ГОСТ 10550-93
определение несминаемости	ГОСТ 19204-73
определение растяжимости при нагрузках	
меньше разрывных	ГОСТ 29104.22-91
прочность и растяжимость при пространственном	
растяжении	ГОСТ 29104.8-91
подготовка проб к испытанию	ГОСТ 17316-71
кондиционирование проб	ГОСТ 10681-75
определение стойкости материалов к стирке	ГОСТ 87105-86
относительная разрывная нагрузка ( $P_0$ )	
и удлинение волокон ( $l_0$ )	ГОСТ 6611.2-73
определения осыпаемости	ГОСТ 3814-81

Температуру контролировали термопарой TP-01 (ISO 49V6F22).

Обработку экспериментальных данных осуществляли методом математической статистики. Целью статистической обработки данных является определение с известной степенью надежности изучаемых характеристик объекта исследования на основании конечного числа образцов. Статистическую обработку результатов эксперимента проводили по ГОСТ 14359-69.

**Исследование влияния параметров воздействия СВЧ ЭМП на структуру и свойства текстильных материалов и полимерных адгезивов** проводили на специальной лабораторной модульной конвейерной установке комбинированного СВЧ и теплового воздействия, с регулировкой уровня и продолжительности процесса обработки. Схема установки представлена на рисунке 2.1. СВЧ модуль представляет собой отрезок прямоугольного волновода сечением 45x90 мм с волноводными поворотами на его концах.

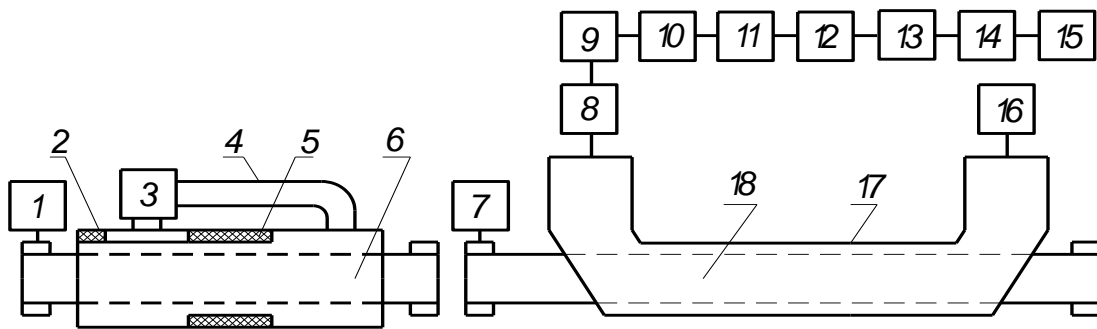


Рисунок 2.1 – Структурная схема модульной автоматизированной конвейерной установки комбинированного СВЧ и теплового воздействия: 1 – электропривод транспортной ленты теплового модуля; 2 – тепловой модуль; 3 – электрокалорифер; 4 – воздуховод; 5 – инфракрасные нагреватели; 6 – транспортная лента теплового модуля; 7 – электропривод модуля СВЧ; 8 – измеритель отраженной мощности; 9 – измеритель падающей мощности; 10 – повороты; 11 – регулируемый аттенюатор; 12 – согласующий вентиль; 13 – СВЧ генератор; 14 – источник питания СВЧ генератора; 15 – блок управления; 16 – измеритель прошедшей мощности; 17 – СВЧ модуль; 18 – транспортная лента СВЧ модуля.

К одному повороту подключается выходной фланец направленного ответвителя для измерения отраженной мощности, а к фланцу другого поворота – коаксиальная калориметрическая нагрузка, для измерения прошедшей мощности. Установка снабжена водным расходомером, термопарами, измеряющими температуру на входе и выходе балластной нагрузки с соответствующей системой индикации. Весь СВЧ модуль пронизывает транспортная лента из радиопрозрачного материала и приводится в движение с помощью регулируемого электропривода, позволяющего менять скорость движения ленты. Для предотвращения попадания СВЧ излучения в окружающее пространство на ленте установлены специальные шлюзы. Последовательно с СВЧ модулем расположен тепловой модуль для подвода теплоты к обрабатываемому объекту от электрокалорифера и инфракрасного нагревателя. Установка имеет два пульта управления для регулирования скорости лент, температуры воздушного потока, инфракрасных нагревателей и поверхности обрабатываемого объекта и фиксации показаний падающей, отраженной и прошедшей мощности в СВЧ модуле. Расчет мощностей производился по формулам (2.1-2.2) [154-156]:

Мощность прошедшая  $P_{\text{прошед}}$ , Вт:

$$P_{\text{прошед}} = 70 \cdot G \cdot (T_{\text{вых}} - T_{\text{вх}}), \quad (2.1)$$

где  $G$  – расход воды, л/мин;

$T_{\text{вых}}$ ,  $T_{\text{вх}}$  – температура на входе и на выходе, °С.



Мощность поглощенная  $P_{\text{поглощ}}$ , Вт:

$$P_{\text{поглощ}} = P_{\text{генер}} - P_{\text{прошед}}, \quad (2.2)$$

где  $P_{\text{генер}}$  – генерируемая мощность, Вт;

$P_{\text{прошед}}$  – прошедшая мощность, Вт.

При испытаниях варьировали следующие параметры: скорость ленты транспортера от 9,99 до 5,03 м/мин; плотность тока проводимости от 0,4 до 0,8 мА. В результате выходная мощность генератора изменялась в широких пределах от 128 до 2412 Вт.

**Совершенствование метода определения составных частей полной деформации с использованием СВЧ ЭМП** осуществляли на установке СВЧ ЭМП с размером камеры 500x500x1000 мм, максимальная мощность 1000 Вт. Приспособление «Релаксометр типа стойка» изготовили из фторопласта, устойчивого к воздействию СВЧ ЭМП. После кондиционирования при нормальных условиях (ГОСТ 10681-75) образцы проб закрепляли в верхний неподвижный зажим приспособления и помещали в камеру СВЧ ЭМП установки. Рабочая зона проб размером 20x200 мм, общая длина 250 мм. На нижний конец пробы фиксируется зажим, с приложенным растягивающим усилием 14,7Н [157].

#### **Метод рентгеноструктурного анализа (РСА) [158-160]**

Исследование структурных характеристик объектов исследования осуществляли на рентгеновской установке ДРОН-3 (дифрактометр рентгеновский общего назначения) ( $\text{Fe } k_{\alpha} \lambda=1,93 \text{ \AA}$ ). Степень кристалличности  $\chi_c$ , %, рассчитывали по формуле (2.3):

$$\chi_c = \frac{\sum S^2 J_k}{\sum S^2 J_{k+a}}, \quad (2.3)$$

где  $S=1/d$ ,  $d$  – межплоскостное расстояние, мм;

$J_k$  – интенсивность кристаллической области;

$J_{k+a}$  – сумма интенсивностей аморфной и кристаллической областей.

Ошибка эксперимента не превышает 1%.

#### **Метод инфракрасной спектроскопии (ИКС) [161]**

Для исследования влияния СВЧ ЭМП и изучения взаимодействия волокон и адгезива применяли метод ИК – спектроскопии с использованием

спектрофотометра «Specord – 75 IR» и Фурье-спектрометра «Infraium FT-801» в волновой области 400-4000 см<sup>-1</sup>. Образцы изготавливали в виде таблеток, полученных прессованием при давлении 2 МПа, из смеси, содержащей 4 мг образца и 200 мг бромистого калия (KBr).

## **ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 2**

1. Проведены исследования по изучению спроса и потребительских предпочтений изделий из многослойных композиционных материалов.

2. Анализ результатов опроса позволил установить высокий потребительский спрос на многослойные КТМ, и необходимость и актуальность расширения ассортимента КТМ для вечерней и праздничной одежды, а также материалов для мужских и детских швейных изделий.

3. С учетом результатов проведенных маркетинговых исследований выбраны объекты исследования и разработана структура новых КТМ.

4. Описаны стандартные и известные методы и методики исследования и технологические параметры получения новых КТМ.

### **Глава 3. АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ФОРМОВОЧНОЙ СПОСОБНОСТИ КОМПОЗИЦИОННЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

#### **3.1. Анализ показателей качества и обобщение требований, предъявляемых к композиционным текстильным материалам**

Проектирование многослойных тканей начинается с разработки технического задания, которое основано на требованиях нормативных документов. Анализ нормативно-технической документации показал, что единственным на сегодняшний день утвержденным государственным стандартом на композиционные многослойные материалы является ГОСТ Р 56285-2014 *Материал текстильный многослойный. Общие технические условия*. Стандарт распространяется на многослойный текстильный материал, который состоит из верхнего и подкладочного слоев, соединенных между собой полимерной композицией. Многослойный текстильный материал предназначен для пошива верхней одежды различных ассортиментных групп. При этом верхний слой – ткани из натуральных и химических волокон, соответствующие требованиям ГОСТ 28000-2004, ГОСТ 28486-90, ГОСТ 15968-87, возможно, с изнаночным полимерным покрытием; подкладочный слой – мех искусственный, или трикотажное полотно, или ткань из натуральных и химических волокон [162-165].

Допускается по согласованию с потребителем использовать другие текстильные полотна (ткани, трикотажные полотна, ворсованные трикотажные полотна; мех подкладочный), обеспечивающие соответствие качества многослойного текстильного материала требованиям настоящего стандарта.

Многослойный текстильный материал в зависимости от наличия и характера дефектов внешнего вида подразделяют на два сорта – первый и второй. Допускаемые дефекты в зависимости от сорта композиционного материала описаны в стандарте. По физико-механическим показателям многослойный текстильный материал может быть двух видов, каждый из которых должен соответствовать нормам, указанным в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Нормативные требования, предъявляемые к многослойным материалам, соединенным полимерной композицией по ГОСТ Р 56285-2014

Наименование показателя	Нормы для:		Метод испытания
	Вида 1	Вида 2	
Масса 1 м <sup>2</sup> , г, не более	700	800	ГОСТ 17073-71 [165]
Прочность связи между слоями, продольное направление, кН/м, не менее	0,2	0,2	ГОСТ 17317-88 [166]
Значение суммарного теплового сопротивления, м <sup>2</sup> °С/Вт, не менее*	0,40	0,40	ГОСТ 20489-75 [167]
Паропроницаемость, мг/м <sup>2</sup> с, не менее	6,0	3,5	ГОСТ 22900-78 [168]
Усадка, %, не более продольное направление поперечное направление	2,5 2,0	2,5 2,0	ГОСТ 8972-78 [169]
Устойчивость окраски покрытия к трению, баллы, не менее сухое мокрое	4,0 4,0	4,0 4,0	ГОСТ 9733.27-83 [170]
Водоупорность, мм вод. ст., не менее, для материала толщиной до 3 мм Водопроницаемость, ч, не менее, для материала толщиной более 3мм	- -	450 2,0 Отсутствие капель	ГОСТ 3816-81 [171] (п.6) ГОСТ 22944-78 [172] (п.2)
Жесткость, сН, не более Продольное направление Для материала для верхней зимней одежды	10 22	10 22	ГОСТ 55826-13[173]
*Примечание – показатель определяется для многослойного текстильного материала, предназначенного для верхней зимней одежды.			

Стандарт прописывает требования к маркировке и упаковке композиционных материалов по ГОСТ 24 957-81 [175].

Требования безопасности текстильных материалов включают: по показателям химической безопасности многослойный текстильный материал должен соответствовать требованиям Технического регламента Таможенного союза (ТР ТС) 017/2011; сырье и материалы, применяемые для изготовления многослойного текстильного материала, должны соответствовать требованиям действующих в РФ государственных санитарно-эпидемиологических правил и норм; оборудование, применяемое для перематывания рулонов многослойного

текстильного материала, должно быть заземлено и оснащено нейтрализаторами статического электричества; требования по обеспечению пожарной безопасности помещений, в которых хранят и перерабатывают многослойный текстильный материал в соответствии с Федеральным законом [176, 177]. Согласно статье 5 (приложение 2) ТР ТС 017/2011 требования безопасности текстильных материалов, изделий из них, одежды, текстильно-галантерейных изделий, включают биологическую и химическую безопасность, показатели которой устанавливаются в зависимости от их функционального назначения и сырьевого состава (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Нормативные требования, предъявляемые к материалам для изделий легкой промышленности по ТР ТС 017/2011

Наименование показателя	Для одежды с учетом расположения:				Для обуви
	1 слоя	2 слоя	3 слоя	Подкладочного	
Гигроскопичность, %, не менее	6	-	-	-	4
Воздухопроницаемость, $\text{дм}^3/\text{м}^2\text{с}$ , не менее	100	60	60	60	-
Уровень напряженности электрического поля, $\text{кВ/м}$ , не более	15	15	15	15	-
Содержание свободного формальдегида, $\text{мкг/г}$ , не более	75	300	300	300	300

Перечень контролируемых веществ определяют в зависимости от химического состава материала и вида изделия.

Сведём в таблицу 3.3 контролируемые показатели и проведём анализ их отсутствия/наличия в ГОСТ Р 56285-2014 и ТР ТС 017/2011.

Как видно из таблицы 3.3 эти два нормативных документа дополняют друг друга. Поиск других нормативно-технических документов на многослойные текстильные материалы оказался не результативен.

Таблица 3.3 – Сводная таблица требований к многослойным материалам для одежды

Наименование показателя	Наличие/отсутствие показателя	
	ГОСТ Р 56285-2014	ТР ТС 017/2011
Масса 1 м <sup>2</sup> , г	+	-
Прочность связи между слоями, продольное направление, кН/м	+	-
Значение суммарного теплового сопротивления, м <sup>2</sup> °С/Вт не менее*	+	-
Паропроницаемость, мг/м <sup>2</sup> с	+	-
Усадка, %, не более	+	-
Устойчивость окраски покрытия к трению (сухому, мокрому), баллы	+	+
Устойчивость окраски покрытия к стирке, баллы	-	+
Устойчивость окраски покрытия к поту, баллы	-	+
Устойчивость окраски к дистиллированной воде	-	+
Водоупорность, мм вод. ст.	+	-
Выделение химических летучих веществ	-	+

Анализ содержания стандарта ГОСТ Р 56285-2014 показал, что в стандарте наименьшее внимание уделяется клеевому компоненту многослойного композиционного материала, в частности, в документе на готовый материал по стандарту должно быть указано: наименование страны изготовителя, юридический адрес, наименование предприятия изготовителя и его товарный знак (при наличии); вид и наименование продукции; артикулы текстильных полотен для лицевого и подкладочного слоев; результаты физико-механических испытаний многослойного текстильного материала; дата изготовления; номер партии продукции; обозначение настоящего стандарта; единый знак обращения продукции на рынке государств-членов Таможенного союза. Таким образом, в маркировке и сопроводительной документации отсутствует информация о клеевом материале. Как известно, именно клеевой состав определяет условия ухода за изделием из композиционного текстильного материала. Например, полиэтиленовые клеевые составы устойчивы к стиркам, а сополиамидные – к

химчисткам. Кроме того, испытание показателей качества обязаны проводить по стандартам пленочных материалов, хотя анализ литературных данных и стандарта ГОСТ Р 56285-2014 не подтверждает применение клеевой композиции в виде пленки, преимущественно это точечное нанесение клеевого состава на изнаночную поверхность одного из слоев, что обеспечивает подвижность, воздухопроницаемость и паропроницаемость таких материалам.

Следует отметить, что и ГОСТ Р 56285-2014 и ТР ТС 017/2011 рекомендуют проводить оценку показателей свойств композиционных текстильных материалов по методикам и ГОСТам, разработанным для одинарных полотен. По-видимому, это обусловлено отсутствием методов и методик оценки показателей структуры и свойств многослойных композиционных материалов.

Однако очевидно, что сложная многокомпонентная структура, скрепленная полимерным связующим, будет иначе проявлять свойства, чем однослойные полотна. Поэтому совершенствование методов исследования структуры и свойств и их адаптация применительно к композиционным текстильным материалам является назревшей проблемой.

### **3.2. Построение номенклатуры показателей качества композиционных текстильных материалов для одежды**

Анализ литературных источников показал, что в настоящее время существует весьма небольшое число исследований, посвященных разработке и изучению свойств композиционных текстильных материалов, кроме того, практически отсутствуют сведения о ассортименте таких материалов. В связи с развитием нового ассортимента многослойных КТМ представляется важным углубленное изучение их свойств в системе «*материал – изделие*». Возросший потребительский интерес стимулирует отечественных производителей осваивать выпуск новых КТМ с высокими потребительскими свойствами. Однако проектирование и производство таких материалов сопряжено с определенными трудностями, причиной которых является недостаточное информационное обеспечение в части исследования и учета свойств структурных составляющих и

их проявление в готовом КТМ. Выявление наиболее значимых показателей качества полотен для верхней одежды и их комплексное исследование является одним из методов решения проблемы недостаточности сведений о свойствах КТМ. Для систематизации и выбора наиболее значимых показателей качества КТМ для одежды применены методы причинно-следственных схем Исикава и экспертной оценки [56, 178-184].

### **3.2.1. Анализ причинно-следственных связей показателей качества композиционных текстильных материалов для одежды**

Метод системного анализа с использованием причинно-следственных схем Исикава [178] получил широкое распространение в работах по текстильному материаловедению, особенно при оценке качества текстильных материалов [179-181]. Схемы Исикава на основе анализа (мозгового штурма) позволяют определить влияние различных факторов на исследуемый объект, что в свою очередь, приводит к рациональному и комплексному управлению показателями качества разрабатываемых материалов [182, 183].

Методика определения значимых показателей качества с использованием причинно-следственных схем реализована по этапам:

1. Выделение проблемного аспекта качества КТМ.
2. Выбор факторов, прямо или косвенно влияющих на величину характеристик КТМ.
3. Группировка выявленных факторов по категориям качества.
4. Определение значимости факторов и их иерархической последовательности.
5. Графическое изображение влияния факторов на объект исследования – качество КТМ.

Для выбора показателей, определяющих качество КТМ для одежды, использовали классификацию свойств, принятую в материаловедении [181]. Систематизацию выделенных единичных показателей качества в групповые, осуществляли с учетом специфики свойств КТМ (таблица 3.4).



Таблица 3.4 – Единичные и групповые показатели качества композиционных текстильных материалов для одежды

№ кода	Групповые и единичные показатели качества	№ кода	Групповые и единичные показатели качества
1	<b>Функциональные</b>	3.5	Устойчивость окраски
1.1	Суммарное тепловое сопротивление	3.6	Стойкость к истиранию
1.2	Разрывная нагрузка	4	<b>Эстетические</b>
1.3	Поверхностная плотность	4.1	Колористическое оформление
1.4	Формоустойчивость	4.2	Цвет
2	<b>Эргономические</b>	4.3	Фактура (структура)
2.1	Загрязняемость	4.4	Прозрачность
2.2	Воздухопроницаемость	4.5	Белизна
2.3	Электризуемость	4.6	Блеск
2.4	Паропроницаемость	5	<b>Конструкторско-технологические</b>
2.5	Водопоглощаемость	5.1	Формуемость
2.6	Гигроскопичность	5.2	Толщина
3	<b>Эксплуатационные</b>	5.3	Жесткость при изгибе
3.1	ИЛР после мокрой обработки	5.4	Раздвигаемость нитей
3.2	Несминаемость	5.5	ИЛР после ВТО
3.3	Полная деформация и ее составные части	5.6	Прорубаемость иглой
3.4	Пиллингуемость		

После выбора показателей, проведено обсуждение, в результате которого исключены случайные показатели, наименее влияющие на качество КТМ и изделий из них, и добавлены упущенные по различным причинам. Построенная причинно-следственная схема выбранных факторов представлена на рисунке 3.1.

Проведенные исследования позволили установить, что определяющими и наиболее значимыми показателями качества КТМ являются: гигроскопичность и паропроницаемость, формоустойчивость и разрывная нагрузка, формуемость и жесткость при изгибе, колористическое оформление и фактура, изменение линейных размеров после мокрой обработки и полная деформация и ее составные части.

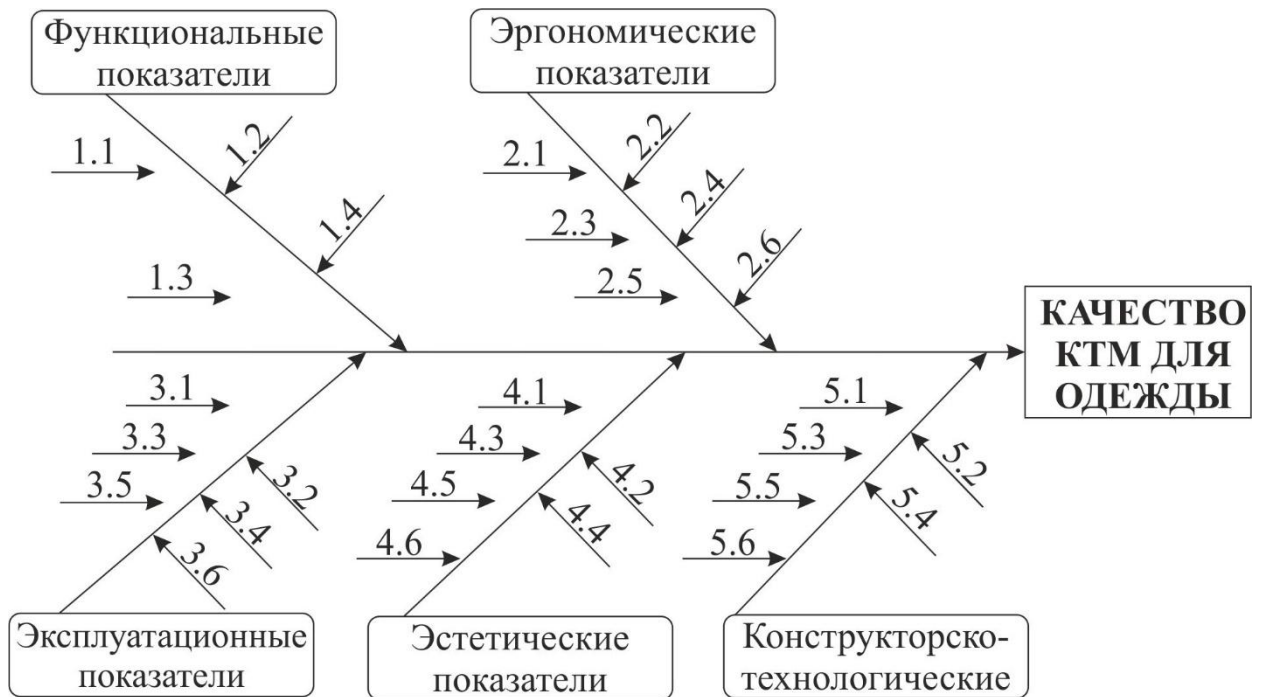


Рисунок 3.1 – Схема причинно-следственных связей показателей качества композиционных текстильных материалов для одежды

На втором этапе анализа из наиболее значимых показателей качества, было выявлено 6 показателей, которые и явились объектом исследования в данной работе. Это показатели: разрывная нагрузка при растяжении, формоустойчивость, формовочная способность, жесткость при изгибе, полная деформация и ее составные части, несминаемость.

### 3.2.2. Выявление значимых показателей качества КТМ методом априорного ранжирования

Наиболее ответственный этап оценки качества текстильных материалов – это выбор номенклатуры показателей качества, поэтому для проверки результатов, полученных методом анализа причинно-следственных связей, выявление наиболее значимых показателей качества КТМ для одежды провели методом экспертной оценки.

Сущность процедуры ранжирования заключается в следующем: наиболее предпочтительному объекту присваивают ранг 1, а наименее предпочтительному – последний ранг, равный по абсолютной величине числу упорядочиваемых

объектов. Результирующие ранги объектов ранжирования по данным опросов определяются как суммы рангов для каждого объекта. В итоге первое по значимости место присваивается тому объекту, который получил наименьшую сумму рангов, а последний – тому, у которого оказалась наибольшая сумма рангов, т.е. наименее значимому объекту [184].

Коэффициенты весомости каждого из объектов ранжирования  $b_{i \text{ ранг}}$  (при условии, что сумма всех коэффициентов весомости  $b_{i \text{ ранг}}$  от 1 до  $n$  равна единице) рассчитывается по формуле (3.1):

$$b_{i \text{ ранг}} = (n - r_n + 1) / S_n, \quad (3.1)$$

где  $n$  – число исследуемых объектов;

$r_n$  – результирующий ранг исследуемого объект, рассчитываемый по формуле (3.2):

$$r_n = S_i / m \quad (3.2)$$

$S_n$  – сумма результирующих рангов;

$m$  – количество экспертов;

$S_i$  – сумма рангов единичного объекта.

Относительная значимость единичного показателя,  $b_j$ , рассчитывается по формуле (3.3):

$$b_j = 1 - S_i / \sum R_{ij}, \quad (3.3)$$

$\sum R_{ij}$  – сумма рангов для каждого эксперта.

В нормативно-технических документах, рассмотренных в пункте 3.1, выделены показатели, которые характеризуют структуру КТМ: поверхностная плотность, прочность связи между слоями в продольном и поперечном направлении, усадка составляющих полотен.

Из показателей физико-химических и механических свойств выделены: разрывная нагрузка и удлинение при одноосном растяжении, растяжимость при нагрузках меньше разрывных (составные части полной деформации), формуемость, разрывная нагрузка при пространственном растяжении, пространственная растяжимость, усадка после мокрой обработки, устойчивость к смятию и истиранию, гигроскопичность, воздухопроницаемость, электризуемость и суммарное тепловое сопротивление.

Художественно-эстетическими показателями, отсутствием или наличием пороков внешнего вида, устойчивостью окраски к трению, стирке, поту, дистиллированной воде определяется внешний вид полотна. К художественно-эстетическим показателям относят художественно-колористическое оформление, переплетение, фактуру материала, отделку и др.

Экспертная оценка состояла из следующих этапов: разработка анкеты на основе предварительной оценки автора весомости показателей с учетом назначения КТМ, условий эксплуатации и комфорта, в анкете также представлена суть обсуждаемого вопроса; формирование группы специалистов-экспертов в количестве 10 человек; опрос экспертов; обработку экспертных оценок. При выборе экспертов предъявлялись требования профессионализма и объективности. Экспертам предлагалось дать ранговую оценку заранее определенного количества показателей качества КТМ. Ранговая оценка осуществлялась обозначением степени значимости каждого показателя рангом.

Статистическая обработка экспертных оценок сводилась к расчету коэффициента конкордации, определяющего согласованность мнений экспертов, оценке его значимости по критерию Пирсона, и определению коэффициентов значимости каждого показателя [184, 185].

Расчеты проводили в программе Excel в специальной программе «Оценка значимости и весомости ранговой оценки экспертов». Результаты расчетов представлены в таблицах Ж.1 и Ж.2 и рисунке Ж.1.

Перечень из 15 наиболее значимых показателей качества КТМ их весомость и значимость приведена в таблице 3.5.

Коэффициент конкордации  $W$ , рассчитывается по формуле (3.4):

$$W = \frac{12 \cdot \sum_{j=1}^n (S_j - \bar{S}_j)^2}{m^2 \cdot (n^3 - n) - m \cdot \sum_{j=1}^m T_{ji}} = 0,847 \quad (3.4)$$

Критерий Пирсона  $\chi^2$ , рассчитывается по формуле (3.5):

$$\chi_p^2 = W \cdot m(n - 1) = 203,32 \quad (3.5)$$

Таблица 3.5 – Значимость и весомость показателей качества КТМ для одежды

Единичные показатели	Код показателя	Распределение показателей по значимости (рангам)	Коэффициент весомости показателя, $b_{i \text{ ранг}}$	Относительная значимость единичного показателя, $b_j$
Разрывная нагрузка при одноосном растяжении	X <sub>3</sub>	1	0,081	0,957
Растяжимость при пространственном растяжении	X <sub>5</sub>	2	0,073	0,892
Формоустойчивость	X <sub>2</sub>	3	0,070	0,877
Формуемость	X <sub>1</sub>	4	0,067	0,874
Составные части полной деформации	X <sub>7</sub>	5	0,063	0,834
Прочность связи между слоями	X <sub>20</sub>	6	0,060	0,82
ИЛР после мокрой обработки	X <sub>11</sub>	7	0,055	0,748
Жесткость при изгибе	X <sub>6</sub>	8	0,054	0,729
Суммарное тепловое сопротивление	X <sub>22</sub>	9	0,053	0,680
Разрывная нагрузка при пространственном растяжении	X <sub>15</sub>	10	0,052	0,674
Поверхностная плотность	X <sub>4</sub>	11	0,050	0,668
Гигроскопичность	X <sub>8</sub>	12	0,045	0,652
Драпируемость	X <sub>13</sub>	13	0,040	0,591
Воздухопроницаемость	X <sub>9</sub>	14	0,031	0,520
Стойкость к истиранию	X <sub>10</sub>	15	0,029	0,492

Так как табличное значения критерия Пирсона  $\chi^2=23,4$  меньше расчетного, можно с 95%-й доверительной вероятностью сделать вывод, что коэффициент конкордации является значимым, следовательно, оценки экспертов согласованы.

Рассчитанные коэффициенты значимости и весомости каждого показателя подтверждают мнение экспертов о распределении показателей качества. Показатель считается значимым, если его коэффициент весомости  $b_i > 1/n$ , т.е.  $b_i > 0,04$ . Коэффициенты значимости убывают по мере снижения значимости показателя. Таким образом, из 15 анализируемых показателей не значимыми являются: драпируемость, воздухопроницаемость и стойкость к истиранию.

Анализ результатов таблицы 3.5 позволил сделать вывод, что наиболее значимыми показателями качества КТМ для одежды эксперты выделяют прямые или косвенные показатели формоустойчивости (жесткость при изгибе, формоустойчивость, составные части полной деформации, изменение линейных размеров). Ориентируясь на них, возможно прогнозировать надежность и долговечность швейного изделия, и как следствие, потребительскую ценность и внешнюю привлекательность.

Соотношение частей полной деформации КТМ для одежды имеет большое значение для характеристики их механических свойств при производстве и эксплуатации швейного изделия. Чем выше доля обратимых частей полной деформации, тем изделие лучше сохраняет форму, размеры и внешний вид.

Изменение линейных размеров после мокрых обработок является одним из основных показателей материалов для одежды, характеризующих стабильность размеров, формы и качества изделий.

Разрывная нагрузка и прочность связи между слоями характеризуют прочность, износостойкость и долговечность изделий и обеспечиваются свойствами слоев, из которых сформирована структура КТМ.

Показатель гигроскопичности отвечает за комфорт человека при эксплуатации одежды.

Формуемость определяет способность материала к образованию пространственной формы. Анализ литературных данных показал, что формуемость КТМ практически не изучена и способы формования выбираются зачастую спонтанно, опираясь на опыт работы с однослойными текстильными полотнами, где определяющим фактором является волокнистый состав, и не учитывается влияние полимерного связующего на формовочную способность.

Результаты экспертной оценки в целом совпали с результатами анализа методом причинно-следственных схем Исикава. Установленный перечень наиболее значимых показателей качества КТМ для одежды будет использован для экспериментирования в дальнейшем.

### **3.3. Разработка концептуальной модели создания КТМ в системе «строение - свойства КТМ - показатели качества изделия»**

Качество готового швейного изделия формируют многие факторы – характеристики структуры и свойства текстильных материалов, конструктивные особенности и технология изготовления и т. д. Создание конкурентоспособной одежды – это решение многокритериальной задачи, удовлетворяющей целый комплекс требований [101, 108, 109]. Для решения таких задач нередко применяется системный подход, предполагающий объединение всех этапов проектирования в единую систему [186, 187]. Определение места каждой процедуры в общей структуре системного проектирования, позволяет выявить направления усовершенствования и формализации методов проектирования на различных этапах, от создания материалов до готовой одежды, а также содержание необходимой и достаточной входной и выходной информации [188].

Системные исследования проходят по двум стадиям: анализ функционирования системы и построение структуры системы.

Анализ функционирования системы заключается в создании концептуального аппарата, идей, установок и подходов к решению проблемной ситуации и конкретных задач, которые необходимо выполнить. [189, 190].

Концептуальная модель – это логико-математическое описание, блочно-иерархическая схема структуры, моделируемой системы в соответствии с решаемой проблемой. Концептуальное описание представляет собой упрощенное алгоритмическое отображение реальной анализируемой системы. Построение концептуальной модели начинается с того, что на основе цели моделирования устанавливаются границы моделируемой системы, определяются воздействия внешней среды, выдвигаются гипотезы и фиксируются все допущения (предположения), необходимые для построения имитационной модели [189].

Для построения структуры в виде блочно-иерархической схемы система представляется в виде блоков-этапов проектирования, последовательно расположенных на различных уровнях. На каждом уровне формируются и решаются определенные задачи.

Алгоритм разработки КТМ и изделий из них состоит из частных моделей конкретных процессов. Целевой функцией концептуальной модели в общем виде является решение проблемы создания КТМ требуемого уровня качества [190, 191]. Процесс моделирования включает:

- рациональную организацию входной и выходной информации;
- рациональную структуру процесса;
- установление взаимосвязи между этапами и потоками информации.

В результате концептуальная модель представляет собой графическое описание комплекса процессов, нацеленных на достижение основной функции создания КТМ и изделий требуемого уровня качества. Таким образом, в результате анализа и обобщения научно-технической информации разработана структурно-информационная модель системного проектирования КТМ и изделий из них, представленная на рисунке 3.2.

Концептуальная структурно-информационная модель проектирования КТМ и изделий из них представлена в виде взаимосвязанных процессов принятия проектных решений: 1-ый этап – предпроектные исследования, 2-ой этап – проектирование композиционных текстильных материалов, 3-ий этап – конструкторско-технологическая подготовка производства одежды, 4-ый этап – изготовление одежды, 5-ый этап – оценка качества одежды.

Концепция создания КТМ в системе «строение – свойства КТМ – показатели качества изделия» базируется на целенаправленном учете свойств текстильных материалов на всех стадиях проектирования швейных изделий.

*Первый этап* в концептуальной модели включает *предпроектные исследования*. Этот этап характеризуется проведением маркетинговых исследований по выявлению спроса на многослойные композиционные материалы и изделия из них, определить и проанализировать требования потребителей к рассматриваемому ассортименту продукции. Разработать коллекцию моделей одежды (эскизный проект), для которой будут разработаны и получены новые материалы. Необходимо сформулировать требования и разработать номенклатуру показателей качества КТМ и швейных изделий различного назначения, так как в существующих нормативных документах данная информация по КТМ отсутствует.



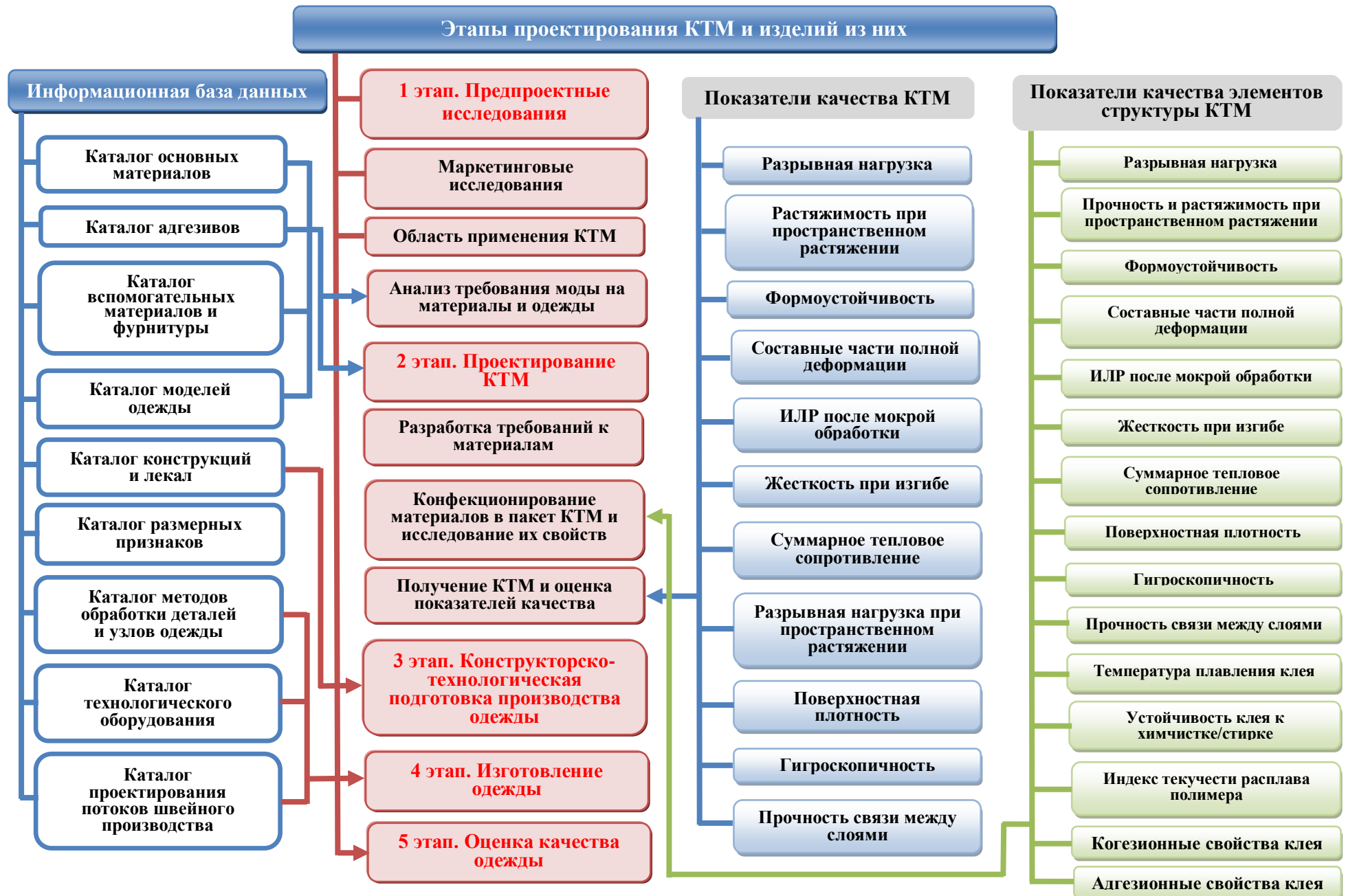


Рисунок 3.2 – Структурно-информационная модель проектирования КТМ и изделий из них

Выходная информация первого этапа – разработанное техническое задание с учетом назначения изделий, сезонности, особенностей модели и возрастной группы потребителя, размеро-ростовочной и ценовой группы.

*Второй этап – проектирование (выбор) композиционного текстильного материала.* Данный этап тесно связан с эскизной проработкой, прежде всего назначением, наименованием и эскизом модели изделия, на основании которой осуществляется выбор исходных полотен и адгезива для формирования структуры КТМ, оборудование и параметры процесса дублирования (соединения) слоев структуры многослойного материала. На этом этапе исходной информацией являются сведения о характеристиках структуры и свойств исходных систем: материалов 1-го и 2-го и последующих слоев и скрепляющего их клеевого адгезива (волокнистый состав, тип адгезива, поверхностная плотность, толщина) и их проявление в готовом КТМ.

На данном этапе возможно действовать по двум направлениям. В первом случае выбираются материалы из каталога базы данных предприятия. Во втором – проводят исследование основных характеристик строения, геометрических и физико-механических свойств полотен, составляющих КТМ и готового многослойного материала. Как было определено выше (пункт 3.2) для КТМ необходимы сведения о таких свойствах как, составные части полной деформации, формуемость и формоустойчивость, изменение линейных размеров, жесткость при изгибе, прочность при растяжении, поверхностная плотность и суммарное тепловое сопротивление и другие. Эти показатели предполагается учитывать на этапах разработки конструкции и оценке качества готовых швейных изделий.

*Третий этап – конструкторско-технологическая подготовка производства* включает конструкторскую составляющую – разработку базовой и модельной конструкции изделий, выбор конструктивных прибавок с учетом свойств КТМ. Технологическая составляющая включает конфекционирование материалов в пакет одежды, разработку комплекта лекал, раскладки и другой документации.

*Четвертый этап – изготовление изделия, с разработкой справочника технологических операций, организационной структуры потоков производства, выбора и расстановки в потоке оборудования и т.д.*

Определение величины необходимой прибавки сопряжено с учетом максимально допустимого давления на тело человека, не нарушающего свободу дыхания, кровообращения и движения. В зависимости от группы растяжимости текстильных материалов существуют рекомендации по величинам конструктивных прибавок [101, 108, 109]. Однако необходимо уточнение величин прибавок с учетом повышенной жесткости КТМ, поскольку эти рекомендации достаточно общие. Поэтому оптимальным вариантом является выявление математических зависимостей минимальных значений конструктивных прибавок от степени растяжимости КТМ. После чего разрабатывается конструкция швейного изделия или выбирается подходящая из существующей базы данных конструкций.

На технологическом этапе рекомендуется использовать каталог технологических операций и оборудования, при этом необходимо учесть особенности обработки КТМ, которые обусловлены наличием многослойной структуры, соединенной в единую систему полимерным адгезивом.

*Пятый этап – оценка качества материалов и изделия.* Применяя принцип обратной связи концептуальной системы, проектирование КТМ и изделий из них завершает этап оценки качества изделия, в том числе в процессе эксплуатации. На этом этапе проводится опытная носка, разрабатываются рекомендации по уходу за изделием, вносятся изменения в эскизный проект, проектирование КТМ, в конструкцию и технологию, с целью обеспечения высокого качества и конкурентоспособности швейных изделий.

Таким образом, в результате системного анализа разработана концептуальная структурно-информационная модель проектирования КТМ и изделий из них.

### **3.4. Прогнозирование формовочной способности многослойных композиционных текстильных материалов**

Для прогнозирования свойств многослойных текстильных материалов необходимо построить математическую модель структуры. Учитывая, что

многослойные КТМ могут состоять из полотен различной структуры, то вводим ограничение по структуре и будем строить математическую модель для КТМ, содержащих только тканые полотна, соединенные адгезивом.

Анализ (в пункте 1.1) методов построения математической модели проектирования и прогнозирования свойств текстильных материалов, позволил сделать обоснованный выбор метода прогнозирования для исследуемых систем.

Учитывая, что КТМ дополнительно имеют промежуточный адгезионный слой, то построение механико-аналитической модели требует применения очень сложных трудоемких приемов математического анализа и программирования, и специальных вычислительных программ ЭВМ.

Применение технолого-геометрического метода прогнозирования параметров структуры многослойных КТМ не обеспечивает инженерной точности получаемых результатов. Вследствие этих причин прогнозирование формовочной способности КТМ по показателям структуры осуществляли детерминированно-вероятностным методом с использованием математических и статистических функций программы Excel.

Детерминированно-вероятностный метод позволяет дать оценку характеристике продукта, полуфабриката или технологического процесса, зависящей от многих факторов. При этом характеристика – это случайная величина, а факторы – детерминированные величины. Детерминированно-вероятностный метод рассматривается применительно к прогнозированию параметров структуры и характеристик формовочной способности многослойных КТМ.

Улучшение качества текстильных материалов является одной из важнейших задач текстильной промышленности. Текстильный материал оценивается как качественный, если показатели его свойств отвечают эксплуатационным, эргономическим и эстетическим требованиям. В ряду таких свойств стоит и формовочная способность. Однако, не смотря на большое количество работ, посвященных исследованию данной характеристики, пока не удалось установить объективно существующих зависимостей между формовочной способностью и исходными параметрами структуры материала [103-137]. Основными факторами,

влияющими на формовочную способность текстильного материала, являются показатели прочности, вид переплетения, волокнистый состав, а также характеристики нитей и их плотность на единице длины материала.

Для выявления закономерностей формирования структуры новых КТМ заданной формоустойчивости изучали структурные характеристики, прочностные свойства и формовочную способность КТМ и полотен его составляющих. Для получения теоретического объяснения и математической модели, позволяющей прогнозировать формовочную способность на стадии проектирования КТМ, исследования проводили с использованием метода теории подобия и анализа размерностей, а также экспериментальных методов, с целью подтверждения теоретических выводов.

Для исследования этого вопроса получены новые многослойные КТМ по клеевой технологии, в лабораторных условиях на прессе проходного типа QUICK MINI PRESS NHJ-J500 (Китай), методом соединения двух полотен сополиамидным мелкодисперсным клеевым порошком марки платамид Н105РА, с температурой плавления 125 °С. Количество клеевого связующего – 30 г/м<sup>2</sup> (как обеспечивающее наибольшую прочность при расслаивании и оптимальную жесткость КТМ), температура прессования 140-145 °С, давление 0,03-0,04 МПа, время 20-30 сек, увлажнение 10%, как наиболее оптимальные параметры формирования структуры многослойных КТМ [41, 42].

Характеристика объектов исследования представлена в пункте 2.2. Испытания образцов проводили по стандартным методикам ГОСТ 29104.8-91, описанным в пункте 2.3.

Метод теории подобия и анализа размерностей позволяет с достаточной точностью получить особенно ценные выводы при рассмотрении таких явлений, которые зависят от большого количества параметров, но при этом некоторые из этих параметров становятся несущественными. Иногда на начальной стадии изучения некоторых сложных явлений теория размерности является единственно возможным теоретическим методом.

У разных исследователей в качестве показателя формовочной способности используются различные величины. В данной работе такой величиной принято считать высоту прогиба пробы  $f$ , мм, полученную в результате испытания ткани на продавливание шариком.

Высота прогиба пробы  $f$  есть функция следующих основных переменных (3.6):

$$f = \varphi (P_o, P_y, T_o, T_y, \Pi_o, \Pi_y, \rho, S_{пр}, F, n), \quad (3.6)$$

где  $P_o, P_y$  – разрывная нагрузка по основе/утку при одноосном растяжении, даН;

$\Pi_o, \Pi_y$  – плотность нитей по основе и утку, нитей/100мм;

$T_o, T_y$  – линейная плотность нитей по основе, текс (мг/м);

$\rho$  – плотность вещества волокна, г/м<sup>3</sup>;

$S_{пр}$  – площадь пробы при пространственном растяжении, м<sup>2</sup>;

$F$  – коэффициент переплетения нитей в ткани;

$n$  – доля использования разрывной нагрузки.

Применяя теорию подобия и анализа размерностей, представим приведенные факторы через основные характеристики (3.7):

$$P_o, P_y = [M]^1 [L]^1 [T]^{-2}, \text{ Н};$$

$$T_o, T_y = [M]^1 [L]^{-1} [T]^0, \text{ мг/м};$$

$$\Pi_o, \Pi_y = [M]^0 [L]^0 [T]^0, \text{ нитей/100мм}; \quad (3.7)$$

$$\rho = [M]^1 [L]^{-3} [T]^0, \text{ г/м}^3;$$

$$S_{пр} = [M]^0 [L]^2 [T]^0, \text{ м}^2;$$

$$F, n = [M]^0 [L]^0 [T]^0.$$

Аналитическое получение этой зависимости практически невозможно. Экспериментальное определение очень трудоемко. Однако если перейти от обычных физических величин к критериям подобия, т.е. к величинам, составленным из тех же физических величин, но в определенных сочетаниях в зависимости от природы процесса, нахождение этой зависимости за счет сокращения количества переменных, становится не затруднительным.

В качестве основных размерностей выбираем разрывную нагрузку  $P_o$ , площадь пробы  $S_{пр}$ , плотность вещества волокна  $\rho$ . Выбор этих показателей продиктован второй теоремой подобия [192], т.е. система имеет решение, причем единственное, если составленный из коэффициентов уравнения определитель  $\Delta$

будет не равен нулю. В данном случае  $\Delta = 4$ , следовательно,  $P_o$ ,  $S_{пр}$  и  $\rho$  можно использовать в качестве основных размерностей.

Для нахождения критериев подобия используем метод нулевых размерностей, тогда получим уравнение вида (3.8):

$$\frac{f}{[P_o]^{\alpha_f} [\rho]^{\beta_f} [S_{пр}]^{\gamma_f}} = \varphi \left( \frac{P_y}{[P_o]^{\alpha_{P_y}} [\rho]^{\beta_{P_y}} [S_{пр}]^{\gamma_{P_y}}} * \frac{T_o}{[P_o]^{\alpha_{T_o}} [\rho]^{\beta_{T_o}} [S_{пр}]^{\gamma_{T_o}}} * \right. \\ \left. \frac{T_y}{[P_o]^{\alpha_{T_y}} [\rho]^{\beta_{T_y}} [S_{пр}]^{\gamma_{T_y}}} * \frac{P_o}{[P_o]^{\alpha_{P_o}} [\rho]^{\beta_{P_o}} [S_{пр}]^{\gamma_{P_o}}} * \frac{P_y}{[P_o]^{\alpha_{P_y}} [\rho]^{\beta_{P_y}} [S_{пр}]^{\gamma_{P_y}}} * \right. \\ \left. \frac{F}{[P_o]^{\alpha_F} [\rho]^{\beta_F} [S_{пр}]^{\gamma_F}} * \frac{n}{[P_o]^{\alpha_n} [\rho]^{\beta_n} [S_{пр}]^{\gamma_n}} \right) \quad (3.8)$$

Решая каждый комплекс уравнения (3.8) в отдельности и подставляя данные из (3.7) получены следующие выражения (3.9-3.14):

$$\frac{f}{[P_o]^{\alpha_f} [\rho]^{\beta_f} [S_{пр}]^{\gamma_f}} = \frac{f}{\sqrt{S_{пр}}}, \quad (3.9)$$

$$\frac{P_y}{[P_o]^{\alpha_{P_y}} [\rho]^{\beta_{P_y}} [S_{пр}]^{\gamma_{P_y}}} = \frac{P_y}{P_o}, \quad (3.10)$$

$$\frac{T_o}{[P_o]^{\alpha_{T_o}} [\rho]^{\beta_{T_o}} [S_{пр}]^{\gamma_{T_o}}} * \frac{T_y}{[P_o]^{\alpha_{T_y}} [\rho]^{\beta_{T_y}} [S_{пр}]^{\gamma_{T_y}}} = \frac{T_o}{\rho S_{пр}} * \frac{T_y}{\rho S_{пр}}, \quad (3.11)$$

$$\frac{P_o}{[P_o]^{\alpha_{P_o}} [\rho]^{\beta_{P_o}} [S_{пр}]^{\gamma_{P_o}}} * \frac{P_y}{[P_o]^{\alpha_{P_y}} [\rho]^{\beta_{P_y}} [S_{пр}]^{\gamma_{P_y}}} = P_o * P_y, \quad (3.12)$$

$$\frac{F}{[P_o]^{\alpha_F} [\rho]^{\beta_F} [S_{пр}]^{\gamma_F}} = F, \quad (3.13)$$

$$\frac{n}{[P_o]^{\alpha_n} [\rho]^{\beta_n} [S_{пр}]^{\gamma_n}} = n. \quad (3.14)$$

После нахождения критериев подобия уравнение (3.8) имеет вид (3.15):

$$f = \frac{n F P_y T_o T_y P_o P_y}{P_o \rho^2 \sqrt{S_{пр}^3}} \quad (3.15)$$

В общем виде формула для расчета высоты прогиба пробы имеет вид (3.16):

$$f = \eta \frac{n F P_y T_o T_y P_o P_y}{P_o \rho^2 \sqrt{S_{пр}^3}}, \quad (3.16)$$

где  $\eta$  – коэффициент равный  $0,366 * 10^2$  – для комплексных нитей;  $0,114 * 10^2$  – для пряжи.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований свойств тканей, составляющих структуру КТМ представлены в таблицах 3.6 и 3.7.

Таблица 3.6. Результаты теоретического прогнозирования и экспериментальных исследований свойств тканей верхнего слоя КТМ

№ образца	Артикул ткани	Волокнистый состав, %	Переплетение ткани	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Линейная плотность нитей, основа/уток, текс	Плотность нитей, основа/уток, число/100 мм	Разрывная нагрузка, основа/уток, Н		Прогиб проб фактический, мм	Прогиб проб расчетный, мм	Отклонение, %
1	Костюмная арт. 12100	100Ш	Плотняное	246	25+25x2/25	330/232	450	420	12,4	13,0	4,6
2	Костюмная арт. 22208	80Ш+20Лс	Саржевое	208	22x2/22x2	261/245	570	480	14,5	14,7	1,3
3	Костюмная арт. 22604	40Ш+60Лс	Комбинированное	242	19x2/22x2	305/194	980	620	11,4	11,1	2,9
4	Костюмная арт. 22307	70Ш+30Лс	Ломанная саржа	226	22x2/25x2	367/317	710	520	11,9	11,4	4,4
5	Костюмная арт. 22405	55Ш+45Лс	Ломанная саржа	223	25x3+22/36	300/210	1350	460	13,3	13,6	1,9
6	Драп арт. 36490	100Ш	Полутораслойное	490	120/120	210/160	495	462	18,5	18,2	1,6
7	Драп арт. 46518	50Ш+20Лс+30ПАН	Полутораслойное	518	125/100	224/157	570	511	16,0	16,6	3,7
8	Пальтовая арт. 45443	30ПАН+50Ш+20Лс	Полутораслойное	483	200/200	110/112	668	549	16,5	17,0	3,3
9	Пальтовая арт. 35484	100Ш	Полутораслойное	494	125/125	188/165	523	484	19,0	18,1	4,9



Таблица 3.7. Результаты теоретического прогнозирования и экспериментальных исследований тканей нижнего слоя КТМ

№ образца	Артикул ткани	Волокнистый состав, %	Переплетение ткани	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Линейная плотность нитей, основа/уток, текс	Плотность нитей, основа/уток, число/100 мм	Разрывная нагрузка, основа/уток, Н	Прогиб проб фактический, мм	Прогиб проб расчетный, мм	Отклонение, %
1	Ткань арт. 2110/2810v	50Ац+50Лс	Плотняное	80	4,8х2/2,3х3	540/520	360/450	2,1	2	4,3
2	Жаккардовая арт. ДСК008	55Лс+45ВВ	Плотняное	100	5,5х2/3,2х3	455/510	420/400	2,1	2	4,3
3	Ткань арт. 8014S9	100ВВ	Плотняное	104	5,5х2/4,4х3	480/480	361/366	2,5	2,4	3,6
4	Костюмная арт. 2211F7	55Ш+45Лс	Плотняное	205	22х2/22х2	300/285	560/485	11,8	12,3	4,4
5	Ткань «Мембрана» арт. 4856М	100Лс	Плотняное	108	4х3/3,2х3	449/440	524/512	1,85	1,8	2,7
6	Ткань арт. 32451	100ВВ	Саржа 1/2	105	4,4х3/5,5х3	512/330	377/362	2,6	2,52	3,2
7	Ткань «Поликоттон» арт. 82510	50Лс+50Хл	Саржа 1/2	108	4,4х3/18,5	522/335	338/305	2,8	2,72	2,9

Сравнение расчетных и экспериментальных данных показывает, что отклонение не превышает 5%, что позволяет говорить о хорошей сходимости результатов при испытании одинарных полотен и формула (3.16) может быть рекомендована для прогнозирования формовочной способности однослойных текстильных материалов. Отмечено, что чистошерстяные ткани обладают лучшей формуемостью, чем полушерстяные полотна (таблица 3.6).

Выбор тканей для нижнего слоя был продиктован эстетическими предпочтениями потребителей, желанием расширить ассортимент двухсторонних КТМ, применение которых сократит технологические и материальные затраты на производство одежды и других швейных изделий. Поэтому все ткани нижнего слоя КТМ отвечают требованиям современности по художественно-колористическому оформлению и также могут выступать в качестве лицевой поверхности одежды.

Исследование формовочной способности этих полотен показало, что шелковые ткани плохо формуются. Высота прогиба пробы не превышает 2,5 мм для тканей полотняного переплетения, и 3 мм для саржи  $\frac{1}{2}$ , что свидетельствует о влиянии вида переплетения на формовочную способность материалов.

Представляет интерес выяснение возможности использования формулы (3.16) для прогнозирования формовочной способности многослойных КТМ, содержащих в своей структуре не только текстильные полотна разной структуры, но и термопластичный полимер, который вносит существенный вклад в показатель формовочной способности КТМ.

Исследование формовочной способности КТМ, представленных в таблице 3.8 показало, что по сравнению с исходными шерсть содержащими тканями, высота прогиба проб КТМ уменьшается приблизительно на 50% (таблица 3.6), и в 2-4 раза превышает этот показатель для шелковых тканей (таблица 3.7).

Выявленная закономерность обусловлена наличием связующего в структуре КТМ. В результате расчетов был определен коэффициент адгезива  $K_{ад}=0,53$ , учитывающий влияние клея на проявление формовочной способности исследуемых КТМ.

Таблица 3.8. Результаты теоретического прогнозирования и экспериментальных исследований характеристик КТМ

№ образца	Обозначение КТМ	Структура КТМ 1 слой/2 слой	Волокнистый состав, %	Тип адгезива (30 г/м <sup>2</sup> )	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Разрывная нагрузка, основа/ уток, Н		Прогиб проб фактический, мм	Прогиб проб расчетный, мм	Отклонение, %
1	КМ-12100	Костюмная арт. 12100	100Ш	Платамид Н105РА	350	1450	1390	7,8	7,95	1,4
		Ткань арт. 2110/2810v	50Ац+50Лс							
2	КМ-22208	Костюмная арт. 22208	80Ш+20Лс	Платамид Н105РА	335	1690	1560	8,5	8,86	4,2
		Жаккардовая арт. ДСК008	55Лс+45ВВ							
3	КМ-22604	Костюмная арт. 22604	40Ш+60Лс	Платамид Н105РА	375	1950	1880	7,0	7,2	2,8
		Ткань арт. 8014S9	100ВВ							
4	КМ - 22307	Костюмная арт. 22307	70Ш+30Лс	Платамид Н105РА	363	1990	1890	7,3	7,0	4,3
		Ткань «Мембрана» арт. 4856М	100Лс							
5	КМ-22405	Костюмная арт. 22405	55Ш+45Лс	Платамид Н105РА	450	1774	1690	13,2	13,7	3,9
		Костюмная арт. 2211F7	55Ш+45Лс							
6	КМ-36490	Драп арт. 36490	100Ш	Платамид Н105РА	626	1350	1290	11,1	10,6	4,5
		Ткань «Мембрана» арт. 4856М	100Лс							
7	КМ-46518	Драп арт. 46518	50Ш+20Лс+30ПАН	Платамид Н105РА	650	1170	1090	10,14	10,13	0,1
		Ткань арт.32451	100ВВ							
8	КМ-45443	Пальтовая арт. 45443	30ПАН+50Ш+20Лс	Платамид Н105РА	620	1570	1510	9,7	10,0	2,8
		Ткань «Мембрана» арт. 4856М	100Лс							
9	КМ-35484	Пальтовая арт. 35484	100Ш	Платамид Н105РА	630	1590	1530	11,5	11,0	4,2
		Ткань «Поликоттон» арт.82510	50Лс+50Хл							

В общем виде формула для расчета высоты  $f_{км}$  прогиба пробы КТМ по структурным характеристикам имеет вид (3.17):

$$f_{км} = K_{ад} \left( \eta_1 \frac{nF_1 P_{y1} T_{o1} T_{y1} \Pi_{o1} \Pi_{y1}}{P_{o1} \rho_1^2 \sqrt{S_{пр}^3}} + \eta_2 \frac{nF_2 P_{y2} T_{o2} T_{y2} \Pi_{o2} \Pi_{y2}}{P_{o2} \rho_2^2 \sqrt{S_{пр}^3}} \right), \quad (3.17)$$

$K_{ад} = 0,53$  безразмерный коэффициент адгезива;

$\eta_1$  и  $\eta_2$  – коэффициент =  $0,366 \cdot 10^2$  – для комплексных нитей;  $0,114 \cdot 10^2$  – для пряжи.

$P_{o1}$ ,  $P_{y1}$  – разрывная нагрузка по основе/утку ткани первого слоя при одноосном растяжении, даН;

$P_{o2}$ ,  $P_{y2}$  – разрывная нагрузка по основе/утку ткани второго слоя, даН;

$\Pi_{o1}$ ,  $\Pi_{y1}$  – плотность нитей по основе/утку первого слоя, нитей/100мм;

$\Pi_{o2}$ ,  $\Pi_{y2}$  – плотность нитей по основе/утку второго слоя, нитей/100мм;

$T_{o1}$ ,  $T_{y1}$  – линейная плотность нитей по основе/утку первого слоя, мг/м;

$T_{o2}$ ,  $T_{y2}$  – линейная плотность нитей по основе/утку второго слоя, мг/м;

$\rho_1$  – плотность вещества волокна ткани первого слоя, г/м<sup>3</sup>;

$\rho_2$  – плотность вещества волокна ткани второго слоя КТМ, г/м<sup>3</sup>;

$S_{пр}$  – площадь пробы при пространственном растяжении, м<sup>2</sup>;

$F_1$ ,  $F_2$  – коэффициент переплетения нитей в ткани первого и второго слоев КТМ, соответственно;

$n$  – доля использования разрывной нагрузки.

Зная величину прогиба проб исходных полотен можно прогнозировать формовочную способность КТМ по формуле (3.18):

$$f_{км} = K_{ад} (f_1 + f_2) \quad (3.18)$$

Для выяснения достоверности найденного коэффициента адгезива и расчетной формулы для КТМ с другими по химическому составу адгезивами, и количестве связующего на 1 м<sup>2</sup>, получили образцы КТМ на основе этих же текстильных полотен в качестве верхнего и нижнего слоя. В качестве полимерного адгезива использовали акриловый сополимер АКР-622 в виде мелкодисперсного порошка в количестве 30 и 40 г/м<sup>2</sup> и платамид Н105РА из

расчета  $40 \text{ г/м}^2$ . Результаты исследований пространственного деформирования продавливания шариком по ГОСТ 29104.8-91 представлены в таблице 3.9.

Из данных таблицы 3.9 видно, что показатели прогиба пробы при пространственном деформировании КТМ с акриловым связующим из расчета  $30 \text{ г/м}^2$  текстильного материала (образы №1-№4), незначительно отличаются от пространственной растяжимости КТМ с такой же структурой текстильных полотен, но соединенных сополиамидным клеем (образцы №3, №4, №7 и №8).

Коэффициент адгезива, учитывающий влияние клея на проявление формовочной способности КТМ, с акриловым полимером такой же как и с сополиамидным, т.е. равный 0,53. Отклонение показателей фактического прогиба проб от расчетного значения, рассчитанного по формуле (3.17) не превышает 5%, что позволяет утверждать, что природа адгезива не играет определяющего влияния на показатель формовочной способности КТМ.

Увеличение количества полимера с 30 до  $40 \text{ г/м}^2$ , как акрилового, так и сополиамидного, существенно на 15-20% уменьшают величину прогиба проб. Рассчитанный коэффициент адгезива составил  $K_{ad}=0,44$  для всех образцов КТМ с массой адгезива  $40 \text{ г/м}^2$  (образцы №5- №12).

Такое влияние количества адгезива на формовочную способность объясняется повышением жесткости при изгибе проб (рисунок 3.3), содержащих большее количество полимерного клея, способствующего уменьшению подвижности и эластичности структурных элементов полотен и КТМ в целом.

Таблица 3.9. Результаты теоретического прогнозирования и экспериментальных исследований свойств КТМ

№ образца	Обозначение КТМ	Структура КТМ 1 слой/2 слой	Волокнистый состав, %	Тип адгезива	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Прогиб проб фактический, мм, тканей		Прогиб проб		Отклонение, %	Коэффициент адгезива, $K_{ад}$
						1 слой	2 слой	фактический, мм	расчетный, мм		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	KM-22604	Костюмная арт. 22604	40Ш+60Лс	АКР-622 (30 г/м <sup>2</sup> )	376	11,4	2,6	7,4	7,2	3,1	0,53
		Ткань арт. 8014S9	100ВВ								
2	KM-22307	Костюмная арт. 22307	70Ш+30Лс	АКР-622 (30 г/м <sup>2</sup> )	364	11,9	1,85	7,1	7,0	1,5	0,53
		Ткань «Мембрана» арт. 4856М	100Лс								
3	KM-35484	Пальтовая арт. 35484	100Ш	АКР-622 (30 г/м <sup>2</sup> )	631	19,0	2,8	11,5	11,0	4,3	0,53
		Ткань «Поликоттон» арт.82510	50Лс+50Хл								
4	KM-45443	Пальтовая арт. 45443	30ПАН+50Ш +20Лс	АКР-622 (30 г/м <sup>2</sup> )	620	16,5	1,85	10,2	10,0	2,2	0,53
		Ткань «Мембрана» арт. 4856М	100Лс								
5	KM-35484A40	Пальтовая арт. 35484	100Ш	АКР-622 (40 г/м <sup>2</sup> )	641	19,0	2,8	9,6	9,15	4,8	0,44
		Ткань «Поликоттон» арт.82510	50Лс+50Хл								
6	KM-45443A40	Пальтовая арт. 45443	30ПАН+50Ш +20Лс	АКР-622 (40 г/м <sup>2</sup> )	630	16,5	1,85	8,1	8,3	2,6	0,44
		Ткань «Мембрана» арт. 4856М	100Лс								
7	KM-22604A40	Костюмная арт. 22604	40Ш+60Лс	АКР-622 (40 г/м <sup>2</sup> )	385	11,4	2,6	6,2	5,97	3,1	0,44
		Ткань арт. 8014S9	100ВВ								

Окончание таблицы 3.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8	КМ-22307А40	Костюмная арт. 22307	70Ш+30Лс	АКР-622 (40 г/м <sup>2</sup> )	375	11,9	1,85	6,1	5,8	4,3	0,44
		Ткань «Мембрана» арт. 4856М	100Лс								
9	КМ-22604П40	Костюмная арт. 22604	40Ш+60Лс	Плата- мид Н105РА (40г/м <sup>2</sup> )	385	11,4	2,6	6,0	5,97	1,1	0,44
		Ткань арт. 8014S9	100ВВ								
10	КМ-22307П40	Костюмная арт. 22307	70Ш+30Лс	Плата- мид (40г/м <sup>2</sup> )	373	11,9	1,85	5,7	5,8	1,6	0,44
		Ткань «Мембрана» арт. 4856М	100Лс								
11	КМ-35484П40	Пальтовая арт. 35484	100Ш	Плата- мид Н105РА (40г/м <sup>2</sup> )	640	19	2,8	9,5	9,15	3,8	0,44
		Ткань «Поликоттон» арт.82510	50Лс+50Хл								
12	КМ-45443П40	Пальтовая арт. 45443	30ПАН+50Ш +20Лс	Плата- мид (40г/м <sup>2</sup> )	631	16,5	1,85	7,9	8,3	4,6	0,44
		Ткань «Мембрана» арт. 4856М	100Лс								

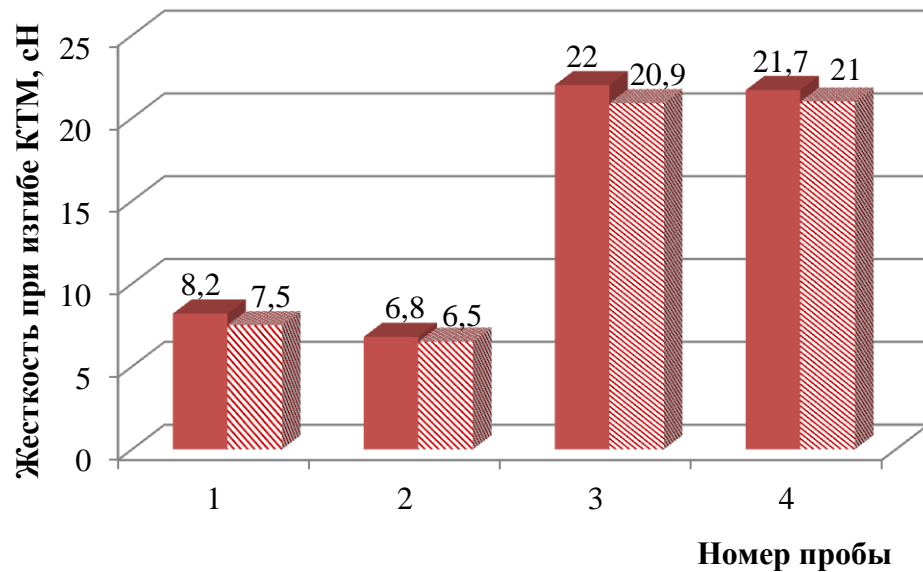




Рисунок 3.3 – Влияние массы клея АКР-622 (  - 30 г/м² и  - 40 г/м²) на жесткость при изгибе КТМ: 1 – КМ-22604; 2 – КМ-22307; 3 – КМ-35484; 4 – КМ-45443 (данные по основе, по утку - аналогичная закономерность)

Таким образом, экспериментальными методами определены параметры структуры и характеристики формовочной способности многослойных композиционных текстильных материалов. На основе детерминированно-вероятностного метода с помощью компьютерных программ выполнено прогнозирование характеристик формовочной способности с учетом параметров структуры многослойных КТМ.

Предложена математическая модель:

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

которая позволяет прогнозировать формовочную способность КТМ по показателям структурных элементов полотен и содержанию адгезива.

Зная величину прогиба проб  $f$  исходных полотен можно прогнозировать формовочную способность КТМ по формуле:

$$f_{\text{км}} = K_{\text{ад}} (f_1 + f_2).$$

Установлена зависимость безразмерного коэффициента адгезива  $K_{\text{ад}}$ , учитывающего влияние массы клея в структуре КТМ на показатель прогиба



пробы при пространственном деформировании. Определено значение коэффициента адгезива, которое составляет:  $K_{ad} = 0,53$  при содержании адгезива в структуре КТМ в количестве  $30 \text{ г/м}^2$ ; и  $K_{ad} = 0,44$  – при  $40 \text{ г/м}^2$ .

Сравнительный анализ результатов прогнозирования и экспериментальных исследований показали достаточно высокую точность прогнозирования математических моделей зависимости формовочной способности от структуры и свойств адгезива и полотен составляющих многослойные КТМ.

### **ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 3**

1. Анализ нормативно-технической документации позволил установить, что и ГОСТ Р 56285-2014 и ТР ТС 017/2011 рекомендуют проводить оценку показателей свойств КТМ по стандартам, разработанным для одинарных полотен, что обусловлено отсутствием методов и методик оценки показателей структуры и свойств многослойных композиционных материалов, учитывающих сложную многокомпонентную структуру, скрепленную полимерным связующим.

2. Методом системного анализа с использованием схем Исикава и метода априорного ранжирования выявлены значимые показатели качества КТМ. Установленный перечень наиболее значимых показателей качества, положен в основу проектирования структур новых КТМ.

3. В результате системного анализа разработана структурно-информационная модель проектирования КТМ и изделий из них, на основании которой были разработаны новые многослойные материалы и исследована структура и свойства КТМ.

4. Экспериментальными методами определены параметры структуры и характеристики формовочной способности многослойных КТМ.

5. На основе детерминированно-вероятностного метода с помощью компьютерных программ выполнено прогнозирование характеристик формовочной способности с учетом параметров структуры многослойных КТМ. Предложена математическая модель, которая позволяет прогнозировать

формовочную способность КТМ по показателям структурных элементов полотен и содержанию адгезива. Зная величину прогиба проб исходных полотен, можно прогнозировать формовочную способность КТМ.

6. Установлена зависимость безразмерного коэффициента адгезива  $K_{ад}$ , учитывающего влияние массы клея в структуре КТМ на показатель прогиба пробы при пространственном деформировании. 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  $40 \text{ г/м}^2$ .

7. Сравнительный анализ данных теоретических и экспериментальных исследований показал достаточно высокую точность прогнозирования математических моделей зависимости формовочной способности от структуры и свойств адгезива и полотен, составляющих многослойный КТМ.

## **Глава 4. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ОДНОЦИКЛОВОМ РАСТЯЖЕНИИ НАГРУЗКОЙ МЕНЬШЕ РАЗРЫВНОЙ**

### **4.1. Анализ существующих методов исследования деформационных свойств текстильных материалов нагрузкой меньше разрывной**

Данные о деформационных свойствах текстильных материалов при растяжении необходимы для производства высококачественной, конкурентоспособной одежды, поэтому совершенствование методов исследования, направленных на расширение знаний, повышение достоверности оценки показателей свойств материалов, снижение затрат времени и материалоемкости эксперимента является актуальной проблемой. Данные о растяжимости в пределах эксплуатационных нагрузок учитывают при разработке конструкций изделий для определения величин конструктивных прибавок [108, 109].

Для изучения деформационных свойств текстильных материалов используют методы, основанные на применении приборов, осуществляющих одноосное растяжение. Классическими являются разрывные машины, имеющие один неподвижный зажим, соединенный с силоизмерительным устройством, и один подвижный зажим, приводимый в движение электродвигателем [193]. К положительным качествам таких устройств можно отнести широкий диапазон видов испытываемых материалов, применяемых скоростей нагружения и величин прикладываемых нагрузок.

Известна группа методов исследования неразрывных характеристик деформаций растяжения, в которых на разрывных машинах осуществляется медленное растяжение до заданного параметра с постоянной скоростью деформирования, при этом выполняется запись диаграмм растяжения [114, 193, 194]. Характеристиками, описывающими механические свойства при однократном одноосном растяжении, являются: модуль продольной упругости, доля упругой работы растяжения, начальные модули относительной жесткости [195, 196].

Разработаны устройства, которые при фиксации в зажимах разрывной машины позволяют проводить испытания по определению показателей растяжимости текстильных полотен при фиксированной ширине образца. [195].

Для исследования деформационных свойств текстильных материалов разработано устройство ПР-2 и его модификация ПР-3, фиксирующее удлинение образца при заданной нагрузке, при этом проба сшивается в кольцо. Метод является стандартным для всех видов текстильных полотен, кроме трикотажных полотен с эффектом «плиссе» и «гофре», и с полиуретановыми нитями. На приборах-экстензометрах определяют релаксацию напряжения, при этом пробе сообщается постоянная деформация [114].

Стандартным методом исследования растяжимости нагрузкой меньше разрывной являются испытание на релаксметре «стойка» [193] по ГОСТ 29104.22-91 [197]. На релаксметрах оценивают релаксацию деформации, при этом на пробу действует постоянная нагрузка в течение заданного времени. Продолжительность таких экспериментов варьируется от 120 до 240 мин, что необоснованно увеличивает экономические затраты на исследование. Устранить этот недостаток позволит применение методов теплофизического воздействия на структуру полимерных волокнистых материалов.

Ассортимент многослойных композиционных текстильных материалов, слои которого соединены клеевым адгезивом, обладает уникальной, отличной от других материалов для одежды структурой. Уникальность обусловлена ограниченной подвижностью элементов структуры КТМ из-за прочной ее фиксации полимерным термопластичным клеевым составом, что искажает информацию о реальных возможностях и скрытой формовочной способности таких материалов.

Известны работы, направленные на использование активизирующего воздействия лазером, коронным разрядом и т.п. с целью увеличения интенсивности адгезионного взаимодействия между текстильным материалом и термопластичным адгезивом, обрабатывая поверхности либо полимерного клея, либо текстильных материалов или сразу обоих компонентов [48-52].

К методам воздействия на структуру и свойства КТМ можно отнести обработку сверхвысокочастотным электромагнитным полем. СВЧ технологии применяют в различных сферах производства. Расширение областей применения обусловлено: интенсификацией процесса термообработки за счет объемного нагрева объекта из-за глубокого проникновения электромагнитных волн в структуру; высоким качеством нагрева за счет большой равномерности тепловыделения; высокой стабильностью технологических процессов благодаря возможности точного дозирования СВЧ энергии [155, 156].

В связи с этим для получения объективной информации о деформационных свойствах и формовочной способности КТМ необходимо изменить условия экспериментирования. Например, повысить температуру, что увеличит подвижность структуры КТМ за счет размягчения термопластичного полимера и тем самым приблизит эксперимент к условиям формования деталей одежды, а также даст достоверную информацию о свойствах нового ассортимента многослойных текстильных материалов [198-204].

#### **4.2. Исследование деформационных свойств КТМ нагрузкой меньше разрывной в условиях повышенных температур**

Важным фактором производства конкурентоспособных швейных изделий является всесторонняя и достоверная информация о структуре и свойствах исходного сырья, прежде всего, текстильных материалов.

Формуемость определяет способность материала к образованию пространственной формы. Соотношение частей полной деформации материалов для одежды является важной характеристикой формуемости. Чем выше величина полной и доля необратимой пластической деформации, тем больше возможностей придания объемной формы изделию экономически выгодными технологическими способами формования. Кроме того, чем выше доля обратимых частей полной деформации, тем изделие лучше сохраняет форму, размеры и внешний вид в процессе эксплуатации.

Однако формуемость КТМ на сегодняшний день практически не изучена, и способы формования выбираются исходя из знаний о формовочной способности полотен, составляющих структуру КТМ. При этом не учитываются особенности структуры многослойных КТМ.

Испытание КТМ на одноцикловое одноосное растяжение традиционными способами, характеризует их как плохо формуемые. Однако при формовании деталей одежды, КТМ образуют и устойчиво сохраняют объемную форму изделий. В связи с этим возникла необходимость совершенствования методов определения формовочной способности применительно к композиционным текстильным материалам, в том числе метода определения полной деформации и ее составных частей [199].

Для этой цели изменяли условия проведения эксперимента, повышали температуру с целью обеспечения размягчения полимерного связующего и увеличения подвижности структурных элементов многослойного текстильного материала. Методика эксперимента представлена в приложении Й.

Исследования осуществляли на КТМ, реализуемых в розничной торговле. Характеристика структуры и прочностные свойства материалов представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Характеристика структуры и свойств многослойных КТМ

Обозначение текстильных полотен	Структура КТМ	Волокнистый состав, %	Поверхностная плотность КТМ, г/м <sup>2</sup>	Разрывная нагрузка КТМ, основа/уток даН	Разрывное удлинение, основа/уток КТМ, %
KM-15310	Ткань костюмная	80Ш+20Лс	310	168/152	11,6/11,3
	адгезив	сополиамид			
	Ткань	100Хл			
KM-15225	Ткань костюмная	70Ш+30Лс	350	183/174	13,7/12,6
	адгезив	сополиамид			
	Трикотаж	100Хл			
KM-15350	Ткань костюмная	100Лс	225	144/135	18,4/17,5
	адгезив	сополиамид			
	Ткань подкладочная	100ВВ			

Исследование деформационных свойств материалов при одноосном одноцикловом растяжении проводили, как при нормальных условиях, т.е. температуре  $20\pm 2^\circ\text{C}$ , на приборе «релаксометр типа стойка», так и при повышенной температуре с помощью специального релаксометра с меньшими габаритными размерами [201, 202]. Испытания при повышенной температуре проводили в термокамере с размерами камеры  $500\times 500\times 1000$  мм. В верхней части шкафа, имеется отверстие для термометра и кольцо для крепления релаксометра. Предварительно в верхние зажимы релаксометра по разметке фиксировали пробы, а к нижнему концу проб крепили зажим с крючком для фиксации постоянной нагрузки. Релаксометр с пробами устанавливали за кольцо в нагретой термокамере и подвешивали к нижним зажимам проб постоянную нагрузку. Шкаф нагревали до температуры  $100\pm 2$ ,  $115\pm 2$ ,  $130\pm 2$  °C. Температуру выбирали с учетом теплофизических свойств адгезивов.

Образцы подготавливали в соответствии с ГОСТ 29104.22-91 и ГОСТ 10681-75 [197, 205]. Размер проб  $20\times 250$  мм по 5 штук по основе, утку и под углом  $45^\circ$ , рабочая длина пробы составляет 200 мм. Для сопоставимости условий испытания выбрана постоянная нагрузка 1,5 кгс или 14,7Н, которая подвешивается на свешивающийся конец проб. Пробы выдерживали под воздействием температуры и нагрузки в течение 120 мин. Измерение деформации (удлинения) пробы в ходе эксперимента осуществляли по шкале измерительной линейки (ГОСТ 17435-72) с помощью стрелки, закрепленной на нижнем зажиме пробы, и отмечали начальную точку для отсчета полной деформации проб. По истечении заданного времени длину пробы измеряли под нагрузкой, для расчета полной деформации,  $\varepsilon_{\text{пол}}$ , %, проб по формуле (4.1):

$$\varepsilon_{\text{пол}} = 100 (\ell_k - \ell_0) / \ell_0, \quad (4.1)$$

где  $\ell_k$  – длина пробы перед разгрузкой, мм;

$\ell_0$  – первоначальная длина пробы, мм.

Затем пробу разгружали, измеряли ее длину и определяли величину условно упругой составляющей полной деформации  $\varepsilon_y$ , %, по формуле (4.2):

$$\varepsilon_y = 100 (\ell_k - \ell_1) / \ell_0, \quad (4.2)$$

где  $\ell_1$  – длина пробы через  $5\pm 2$  сек после разгрузки, мм.

Элементарную пробу текстильного материала продолжали выдерживать в ненагруженном состоянии в течение  $120 \pm 1$  мин, вновь измеряли длину пробы и рассчитывали величину условно эластической  $\varepsilon_3$ , %, и условно пластической деформации  $\varepsilon_{п}$ , %, по формулам (4.3) и (4.4):

$$\varepsilon_3 = 100 (\ell_1 - \ell_2) / \ell_0, \quad (4.3)$$

где  $\ell_2$  – длина пробы через 120 мин после разгрузки, мм.

$$\varepsilon_{п} = 100 (\ell_2 - \ell_0) / \ell_0 \quad (4.4)$$

Таким образом, испытания проводили по аналогии со стандартной методикой ГОСТ 29104.22-91, за исключением измененных условий деформирования.

Результаты исследований, представленные в таблице 4.2 показали, что деформация КТМ зависит от температуры среды деформирования и структуры материалов. Так при комнатной температуре полная деформация материалов КМ-15310 и КМ-15350, структура которых содержит тканевый нижний слой, по основе не превышает 4%, по утку 5%, под углом  $45^\circ$  – 9%. При этом пластическая деформация равна нулю, т. е. все деформации полностью обратимы.

Таблица 4.2. – Значения компонент полной деформации КТМ

Обозначение КТМ, условия испытания	Относительная деформация и её составные части, %(доли)			
	Условно упругая, $\varepsilon_y$	Условно эластическая, $\varepsilon_3$	Условно пластическая, $\varepsilon_{п}$	Полная деформация, $\varepsilon_{пол}$
1	2	3	4	5
<b>КМ-15350</b>	По основе			
При нормальных условиях	2,3 (0,7)	1,0 (0,3)	0,0(0)	3,3
T=100°C	1,7(0,4)	0,5(0,1)	2,0(0,5)	4,2
T=115°C	1,5(0,2)	0,5(0,1)	5,0(0,7)	7,0
T=130°C	0,8(0,1)	0,0(0)	8,0(0,9)	8,8
	По утку			
При нормальных условиях	2,7(0,6)	1,5(0,3)	0,5(0,1)	4,7
T=100°C	5,3(0,6)	0,5(0,1)	2,5(0,3)	8,3
T=115°C	2,5(0,2)	0,5(0,1)	7,5(0,7)	10,5
T=130°C	3,5(0,3)	0,5(0,05)	8,0(0,65)	12,0



Продолжение таблицы 4.2

1	2	3	4	5
	Под углом 45°			
При нормальных условиях	4,5(0,56)	2,0(0,25)	1,5(0,18)	8,0
T=100°C	4,5(0,3)	4,5(0,3)	6,0(0,4)	15,0
T=115°C	5,5(0,3)	0,0(0)	15,0(0,7)	20,5
T=130°C	6,4(0,3)	0,0(0)	18,1(0,7)	24,5
<b>KM-15310</b>	По основе			
При нормальных условиях	2,5(0,62)	1,5(0,37)	0,0(0)	4,0
T=100°C	2,0(0,44)	0,5(0,12)	2,0(0,44)	4,5
T=115°C	1,0(0,14)	0,5(0,1)	5,5(0,76)	7,0
T=130°C	0,5(0,05)	1,0(0,11)	8,0(0,84)	9,5
	По утку			
При нормальных условиях	2,5(0,5)	1,0(0,2)	1,5(0,3)	5,0
T=100°C	1,0(0,18)	0,5(0,09)	4,0(0,73)	5,5
T=115°C	1,5(0,14)	0,0(0)	9,0(0,86)	10,5
T=130°C	2,5(0,2)	0,0(0)	10,0(0,8)	12,5
	Под углом 45°			
При нормальных условиях	3,5(0,5)	1,0(0,22)	1,5(0,28)	6,0
T=100°C	2,5(0,27)	1,5(0,13)	6,0(0,6)	10,0
T=115°C	3,5(0,22)	0,0(0)	11,5(0,78)	15,0
T=130°C	5,0(0,19)	0,0(0)	17,0(0,81)	22,0
<b>KM-15225</b>	По основе			
При нормальных условиях	3,5(0,5)	1,5(0,2)	2,0(0,3)	7,0
T=100°C	4,0(0,38)	2,5(0,24)	4,0(0,38)	10,5
T=115°C	3,0(0,27)	0,5(0,05)	7,5(0,68)	11,0
T=130°C	2,5(0,2)	0,0(0)	10,0(0,8)	12,5
	По утку			
При нормальных условиях	5,5(0,5)	4,0(0,35)	2,0(0,15)	11,5
T=100°C	9,0(0,4)	1,5(0,07)	12,0(0,53)	22,5
T=115°C	9,6(0,4)	1,0(0,04)	13,7(0,56)	24,3

Окончание таблицы 4.2

1	2	3	4	6
T=130°C	9,5(0,38)	0(0)	15,5(0,62)	25,0
	Под углом 45°			
При нормальных условиях	8,0(0,5)	5,0(0,3)	2,5(0,2)	15,5
T=100°C	5,5(0,37)	3,5(0,22)	15,5(0,51)	24,5
T=115°C	12,5(0,44)	1,5(0,04)	16,5(0,52)	30,5
T=130°C	15,6(0,44)	1,0(0,03)	19,0(0,53)	35,6

Для композиционного материала КМ-15225 с нижним слоем – трикотажное полотно, полная деформация возрастает по основе до 7%, по утку до 11% и под углом 45° до 15,5%. При этом основная доля деформаций носит обратимый характер, а доля необратимых деформаций составляет лишь 2-2,5%, что свидетельствует о высокой упругости, эластичности и плохой формруемости КТМ.

Деформирование КТМ при температуре 100-130 °С показывает значительное, в 2-3 раза, возрастание значений полной деформации (рисунки 4.1 и 4.2). При этом большую часть, 40-60%, составляют необратимые деформации (таблица 4.2). Доля условно эластической деформации не превышает 3,5%, а доля быстрообратимой условно упругой деформации возрастает с повышением температуры. Эти данные свидетельствуют о том, что под воздействием температуры, во-первых, полимерный термопластичный клей размягчается и переходит в высокоэластическое состояние, ослабляя связь полотен КТМ, давая возможность структурным элементам, волокнам и нитям, перемещаться относительно друг друга.

Во-вторых, под действием температуры увеличивается подвижность макромолекул, ослабевают межмолекулярные связи, и возрастает способность волокон к деформированию. Все это и объясняет значительное возрастание полной деформации КТМ под воздействием температуры.

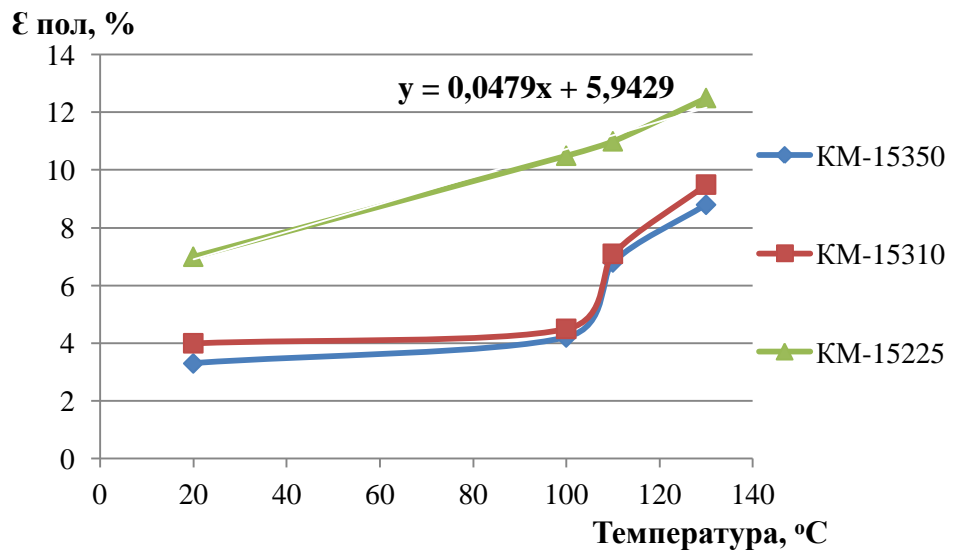


Рисунок 4.1. – Изменение полной деформации при одноосном растяжении КТМ по основе с увеличением температуры (аналогичная зависимость по утку)

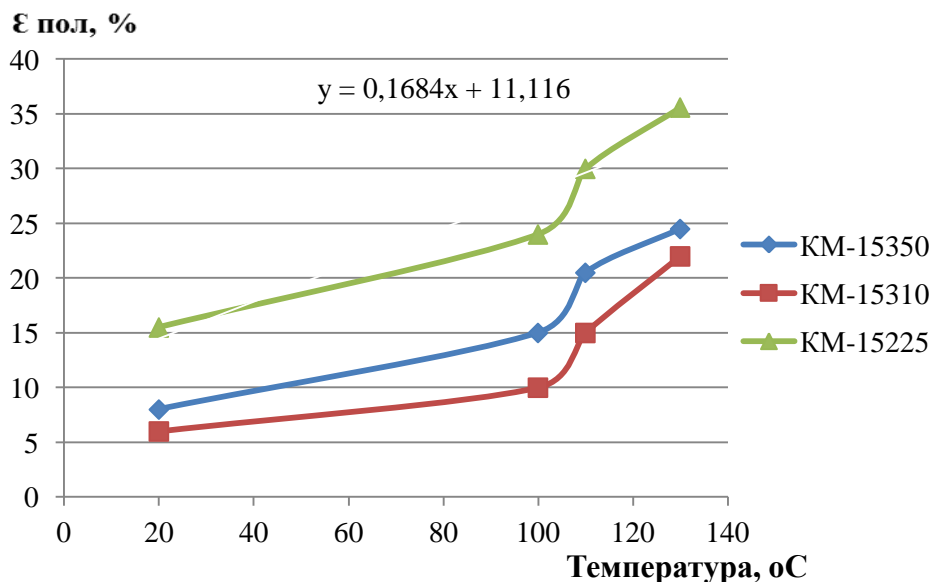


Рисунок 4.2 – Изменение полной деформации при одноосном растяжении КТМ под углом 45° с увеличением температуры

Высокое значение показателя упругой деформации обусловлено как тепловой усадкой, так и релаксацией внутренних напряжений, которая интенсивно проявляется до тех пор, пока полимерный клей при комнатной температуре, вновь не перейдет в твердое состояние, зафиксировав положение волокон и нитей в их новом положении. Что и обуславливает высокое значение остаточной пластической деформации.

Такой механизм деформирования КТМ позволяет управлять процессом

формообразования изделий из таких материалов и исключить стадию дополнительного дублирования деталей одежды с целью формозакрепления.

Как видно из результатов (таблица 4.2, рисунки 4.1 и 4.2) наибольшая деформация наблюдается при температуре размягчения полимера 115-130 °С. Зависимость полной деформации от температуры  $T_{пл}$ , °С, плавления клея носит линейный характер и описывается уравнением вида (4.5):

$$y = a T_{пл} + b, \quad (4.5)$$

где  $a$  и  $b$  – коэффициенты, зависящие от структуры КТМ.

Представляет интерес исследование влияния деформирования КТМ под воздействием температуры и усилия на прочность клеевого соединения [199]. Результаты исследования показали (рисунок 4.3), что прочность при расслаивании всех образцов до растяжения высокая и превышает нормативные требования – не менее 5 Н/см.

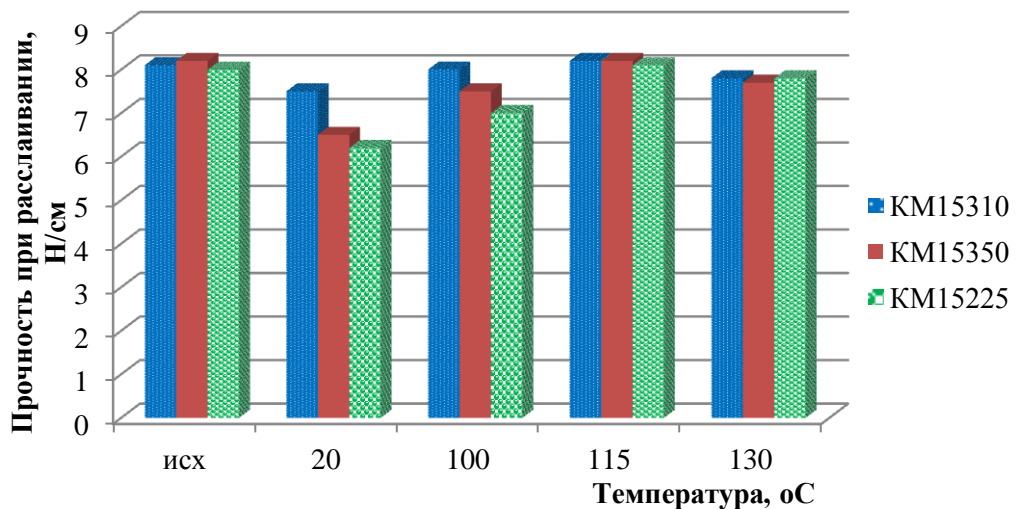


Рисунок 4.3 – Влияние деформирования при температуре и нагрузке на прочность при расслаивании структуры КТМ

Деформирование образцов при комнатной температуре приводит к снижению прочности клеевого соединения структуры КТМ на 7-12%, вероятно за счет частичного разрушения целостности клеевого соединения при растяжении КТМ. Деформирование при температуре близкой к температуре плавления клея 115-130 °С не оказывает значительного влияния на прочность клеевого соединения, и она остается на уровне исходных образцов.

Однако дальнейшее повышение температуры до 140 °С приводит к потере прочности клеевого соединения структуры КТМ.

Снижение прочности клеевого соединения может быть обусловлено тем, что при значительном превышении температуры деформирования над температурой плавления клея, клей переходит в вязкотекучее состояние и проникает в объем материала, о чем свидетельствуют данные микроскопических наблюдений, снижая адгезионное взаимодействие соединяемых клеем слоев текстильных полотен.

Таким образом, результаты исследования деформационных свойств КТМ нагрузкой меньше разрывной при условиях повышенных температур до уровня температуры размягчения полимера, позволили установить реальную формовочную способность КТМ.

Деформирование композиционных материалов при температуре 100-130 °С показывает значительное, в 2-3 раза, возрастание значения полной деформации полотен. При этом 40-60% составляют необратимые деформации. Это свидетельствует о хорошей формуемости и формоустойчивости исследуемых костюмных многослойных КТМ.

Деформирование в условиях эксплуатации изделия, т.е. при температуре  $20 \pm 2$  °С показало, что полная деформация не превышает 7% и она полностью обратима, что свидетельствует о высокой упругости и формоустойчивости КТМ и сохранении внешнего вида в процессе эксплуатации швейных изделий из таких материалов.

#### **4.3. Теоретическое обоснование применения энергии СВЧ ЭМП в исследовании свойств и процессах производства швейных изделий**

Особенностью модифицирующей обработки полимеров СВЧ ЭМП является то, что одна часть энергии электромагнитного излучения превращается в теплоту, другая её часть тратится на структурные превращения в материале, приводящие к равномерному изменению свойств по всему объему. Совокупность этих

процессов приводит к поглощению объектом энергии ЭМП, в результате чего снижается потенциальный барьер вращения  $E_{вр}$  молекулярных цепей полимера и деформационные процессы протекают с большей скоростью [156].

Все это обусловило перспективу применения СВЧ ЭМП для совершенствования метода оценки одноциклового деформации растяжения текстильных материалов нагрузкой меньше разрывной.

Известно, что электромагнитное взаимодействие – это такое взаимодействие, в котором участвуют частицы, имеющие заряд (или магнитный момент), переносчиком которого является электромагнитное поле. К электромагнитным взаимодействиям сводится большинство сил, проявляющихся в макроскопических явлениях: силы упругости, трения, химические связи и т.д. Излучение электромагнитных волн происходит в результате электромагнитного взаимодействия [154-156].

Взаимодействие электромагнитного поля и полимера непосредственно связано с явлениями поляризации и намагничивания, основанными на понятии диполя молекулярных и атомных размеров. В полимерах в электрическом поле дипольно-релаксационная поляризация может проявляться в виде двух основных разновидностей: дипольно-сегментальной и дипольно-групповой, причем продолжительность установления поляризации (время релаксации  $\tau_{\delta}$ , с) диэлектрика определяется из формулы (4.6) [155, 156]:

$$\tau_{\delta} = \tau_0 \exp\left(\frac{W_p}{kT}\right), \quad (4.6)$$

где  $\tau_0$  – период теплового колебания молекулы, с;

$W_p$  – энергия активации процесса релаксации, Дж;

$k$  – постоянная Больцмана, Дж/К;

$T$  – температура, К.

Дипольно – сегментальная поляризация возбуждается подвижностью сегментов – отрезков молекулярных цепей, и заключается в создании некоторой упорядоченности в положении сегментов, тогда как дипольно-групповая поляризация вызывается ориентацией полярных групп и боковых ответвлений молекулярных цепей [155].

Суммарная энергия молекулы  $E$ , Дж, равна сумме вращательной  $E_{вр}$ , колебательной  $E_{кол}$  и электронной  $E_{эл}$  энергий (4.7) [17]:

$$E = E_{вр} + E_{кол} + E_{эл}, \quad (4.7)$$

причем  $E_{эл} \gg E_{кол} \gg E_{вр}$ .

Энергии фотона СВЧ излучения недостаточно, чтобы вызвать  $E_{кол}$  и  $E_{эл}$ , поэтому возникают изменения только  $E_{вр}$ . Доказано, что увеличение потенциального барьера вращения приводит к замедлению поворота и конформационного превращения на определенном участке молекулярной цепи. Величина потенциального барьера  $E_{вр}$  характеризует и определяет кинетическую гибкость полимерной цепи [155]. Таким образом, механизм воздействия СВЧ ЭМП на структуру полимерного материала заключается в следующем:

- ослабление межмолекулярных сил, создающее дополнительные энергетические возможности для образования новых ранее невозможных межмолекулярных взаимодействий;
- увеличение кинетической гибкости цепи полимера, приводящее к конформационным превращениям в структуре полимера и изменению плотности молекулярной упаковки междоменных областей, что отразится на степени кристалличности полимера и его свойствах;
- снижение потенциального барьера вращения  $E_{вр}$  благодаря незначительности энергии фотона СВЧ ЭМП, и ослаблению межмолекулярных взаимодействий в междоменных областях в результате вращения полярных радикалов только в аморфных участках структуры полимера.

Основными условиями эффективной модификации полимерных текстильных материалов с использованием СВЧ энергии является правильный выбор характеристик СВЧ ЭМП и режимов обработки. При этом должны учитываться химические и энергетические особенности структуры обрабатываемого полимерного волокнистого материала.

Для подтверждения воздействия СВЧ ЭМП на структуру полиамидной ткани арт. 52316, которая является нижним слоем материала КМ-15170, применяли метод ИКС (рисунок 4.4). Из спектрограмм видно, что в исходном спектре полиамидной ткани арт. 52316 имеются отличительные

характеристические полосы амидных групп: Амид I в области  $1647\text{ см}^{-1}$ , Амид II в области  $1542\text{ см}^{-1}$ , Амид III в области  $1261\text{ см}^{-1}$ , Амид IV находится в интервале  $900\text{--}1030\text{ см}^{-1}$ , Амидом V обозначена полоса  $691\text{ см}^{-1}$  и Амидом VI полоса  $581\text{ см}^{-1}$ .

В ИК-спектрах полиамидной ткани после СВЧ обработки (рисунок 4.4, спектр 2) появилась новая полоса  $1574\text{ см}^{-1}$ , а также наблюдается смещение в сторону меньших волновых чисел полосы  $1542\text{ см}^{-1}$  характерной для Амида II и состоящей из деформационных колебаний N–H групп (50%), валентных колебаний C=O групп (10%) и валентных C–N колебаний (40%). Увеличилась интенсивность полос  $1163\text{ см}^{-1}$ , соответствующей деформационным колебаниям C–C, C–N групп.

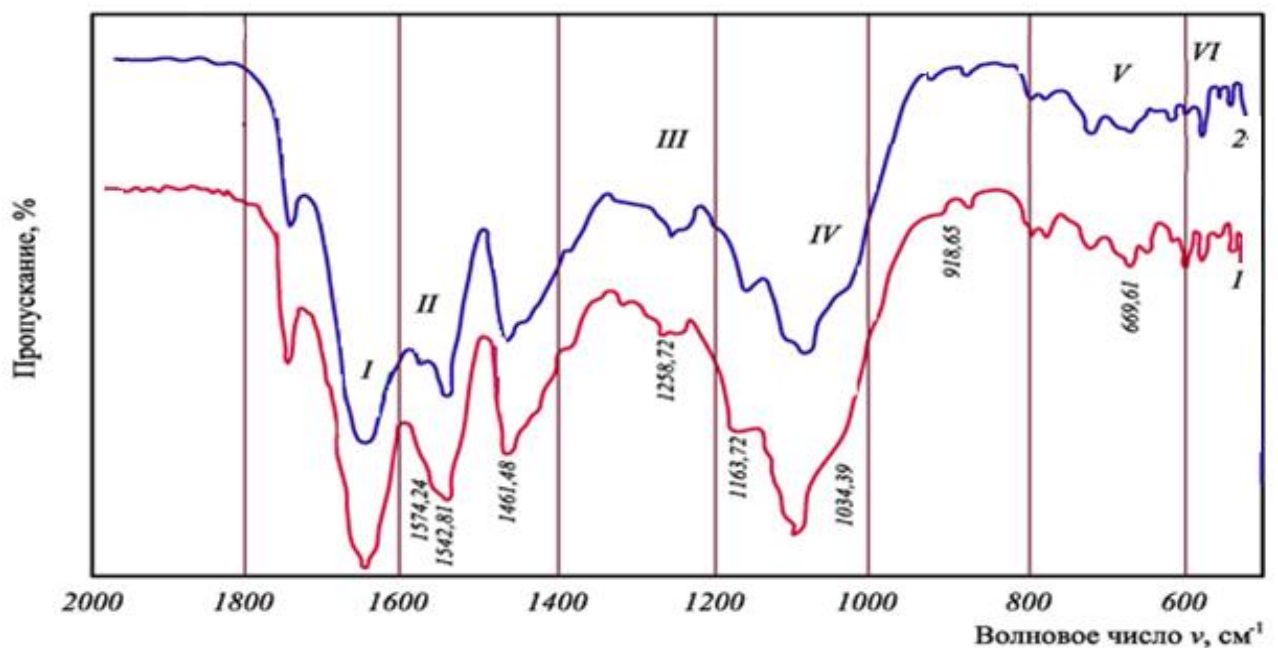


Рисунок 4.4 – ИК-спектры полиамидной ткани арт. 52316: 1 – исходный без СВЧ обработки; 2 – после СВЧ ЭМП обработки

Увеличивается интенсивность пика в области  $918\text{ см}^{-1}$ , характеризующего упорядоченность структуры полимера в результате СВЧ воздействия. Изменяется характер пиков в области Амида V и Амида VI. Уменьшается интенсивность полос в области  $691$  и  $669\text{ см}^{-1}$ . По-видимому, это связано с внутренними взаимодействиями реакционноспособных групп, составляющих полимер.

Все эти изменения свидетельствуют о влиянии СВЧ ЭМП на структуру полимера волокна ткани арт. 52316, вызывая валентные и деформационные колебания, способствующие дополнительному структурированию и образованию межмолекулярных связей, повышая упорядоченность структуры.



#### **4.4. Исследование влияния параметров воздействия СВЧ ЭМП на структуру и свойства текстильных материалов и полимерных адгезивов**

Высокие трудоемкость и затраты времени (до 6 часов и более на одно испытание) на исследование деформационных свойств текстильных материалов нагрузкой меньше разрывной требуют поиска решений, позволивших устранить эти недостатки. Привлекательным для решения данной проблемы является использование СВЧ ЭМП. Поэтому дальнейшие исследования направлены на совершенствование метода определения полной деформации и ее составных частей применительно к КТМ с использованием в качестве источника тепловой энергии – СВЧ ЭМП [203, 204].

Объектами исследований являлись: костюмная полушерстяная ткань арт. 16053; полиамидная ткань арт. 52316; акриловый порошок АКР 622; ПЭ паутинка арт. 1Т1Р; СПА паутинка арт. 1С8D производства Германии и КТМ на их основе КМ-15170. Характеристика объектов исследования представлена в пункте 2.2.

Формирование структуры КТМ осуществляли в лабораторных условиях на прессе ПГУ 12112 при условиях: увлажнение 10%, давление 0,03-0,04 МПа, время дублирования – 20-30 сек и при температуре: 100 °С с акриловым порошком АКР 622, при 125-130 °С с ПЭ паутинкой арт. 1Т1Р и при 140-145 °С с СПА паутинкой арт. 1С8D.

На первом этапе необходимо установить влияние СВЧ ЭМП на структуру и свойства текстильных материалов и полимерного связующего и определить оптимальные параметры обработки КТМ. Для этого СВЧ ЭМП обработку проводили на лабораторной модульной конвейерной СВЧ установке, с регулировкой уровня и продолжительности процесса обработки, разработанной Архангельским Ю.С. и Калгановой С.Г. [155, 156]. Установка и ее возможности описаны в пункте 2.2.

В работе варьировали следующие параметры: плотность тока проводимости от 0,4 до 0,8 мА; скорость транспортера ленты от 9,99 до 5,03 м/мин. В результате выходная мощность генератора изменялась в широких пределах 128-2412 Вт.

Образцы располагали параллельно линиям напряженности электрического поля электромагнитной волны, при этом изменяли время обработки образцов СВЧ ЭМП. Воздействие СВЧ ЭМП на объект осуществляли двумя способами: во-первых, обрабатывали только ткань верха арт. 16053, а затем соединяли ее с тканью нижнего слоя арт. 52316 клеевым адгезивом; и во-вторых, обрабатывали пакет материалов, то есть ткань арт. 16053/адгезив/ткань арт. 52316, а затем их дублировали на прессе. Комплексное исследование модифицирующего воздействия СВЧ электромагнитных колебаний дают возможность определить не только наличие специфического нетеплового влияния СВЧ излучения на конкретные объекты с целью совершенствования методов исследования деформаций растяжения, но и спрогнозировать его применение в технологических процессах промышленного производства КТМ [203, 204].

Результаты исследований показали, что прочность клеевых соединений зависит от природы полимера адгезива, способа и продолжительности обработки, а также генерируемой мощности СВЧ ЭМП (рисунки 4.5-4.7). Отмечено, что с увеличением генерируемой мощности СВЧ ЭМП прочность клеевого соединения возрастает и имеет экстремум при 1750 Вт для СПА и АКР-622 и 1050 Вт – для ПЭ адгезива.

Предварительная обработка СВЧ ЭМП ткани арт. 16053 в течение 5 с, а затем ее дублирование исследуемыми адгезивами, приводит к повышению прочности при расслаивании клеевого соединения на 88% для СПА паутинки, в 2,4 раза при дублировании адгезивом АКР-622 и на 9% при соединении текстильных материалов ПЭ паутинкой.

С увеличением времени обработки в 2 раза, то есть до 10 с, при одинаковой генерируемой мощности СВЧ ЭМП прочность клеевого соединения снижается с 6,5 до 5 Н/см для КТМ с ПЭ паутинкой, и возрастает для КТМ с АКР-622 на 77%, а с СПА паутинки на 36%.

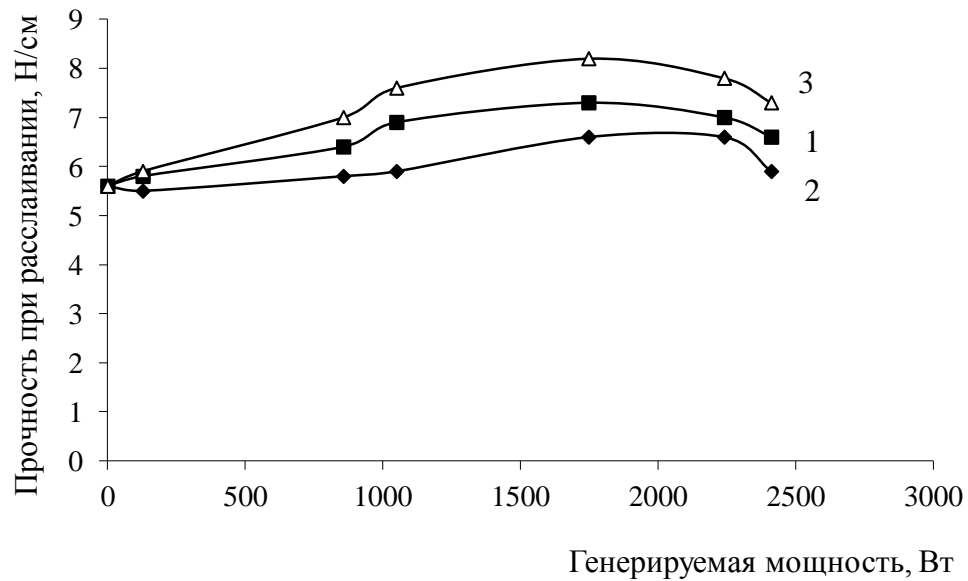


Рисунок 4.5 – Зависимость прочности соединения слоев КТМ СПА паутинкой арт. 1С8D от генерируемой мощности СВЧ ЭМП и способа обработки: 1 – ткань арт. 16053 + СВЧ ( $\tau = 5$  с); 2 – ткань арт. 16053 + СВЧ ( $\tau = 10$  с); 3 – пакет (ткань арт. 16053 / СПА / ткань арт. 52316) + СВЧ ( $\tau = 5$  с)

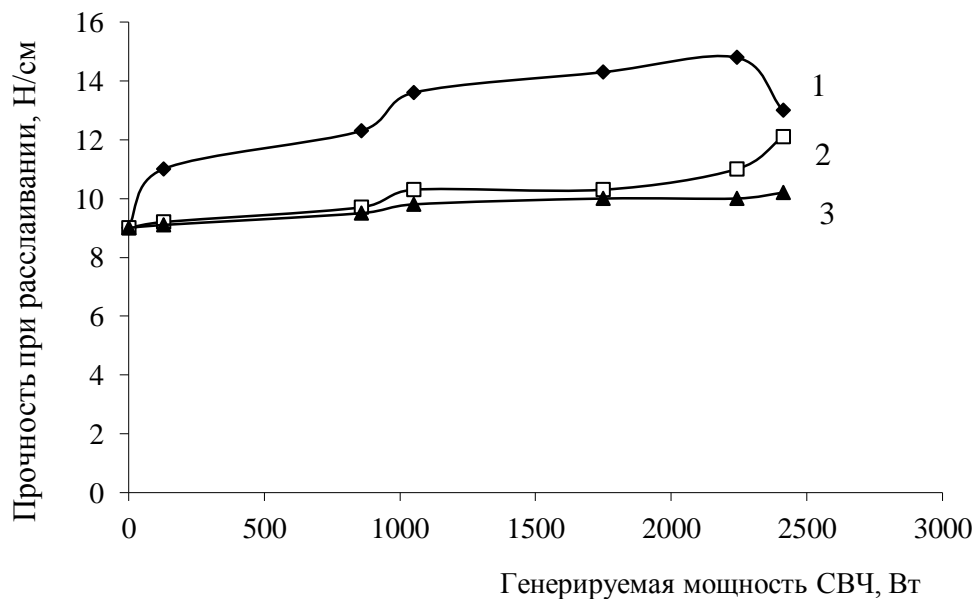


Рисунок 4.6 – Зависимость прочности соединения слоев КТМ порошком АКР-622 от генерируемой мощности СВЧ ЭМП и способа обработки: 1 – ткань арт. 16053 + СВЧ ( $\tau = 5$  с); 2 – ткань арт. 16053 + СВЧ ( $\tau = 10$  с); 3 – пакет (ткань арт. 16053 / АКР-622 / ткань арт. 52316) обработаны СВЧ ( $\tau = 5$  с).

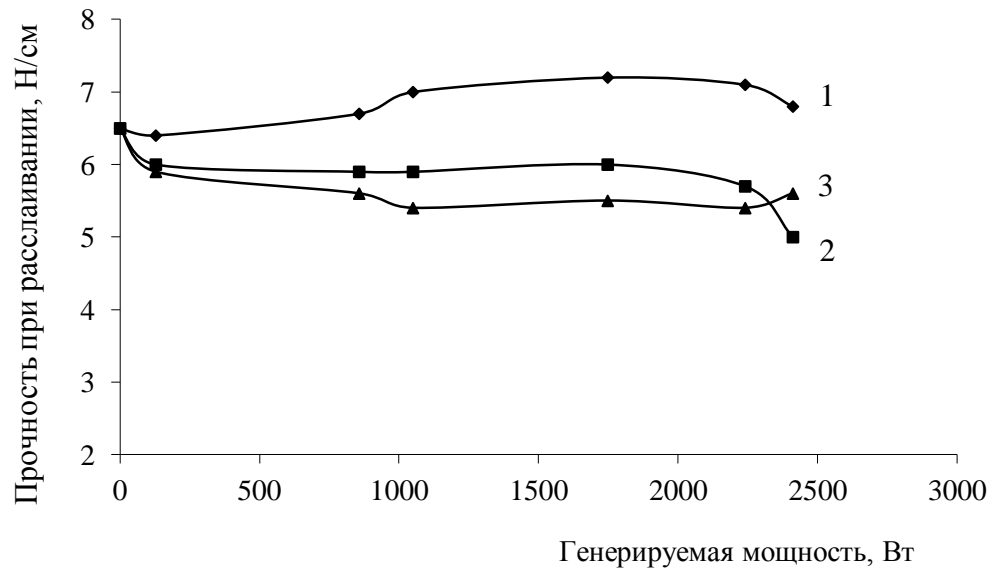


Рисунок 4.7 – Зависимость прочности соединения слоев КТМ ПЭ паутинкой арт. 1Т1Р от генерируемой мощности СВЧ ЭМП и способа обработки: 1 – ткань арт. 16053 + СВЧ ( $\tau = 5$  с); 2 – ткань арт. 16053 + СВЧ ( $\tau = 10$  с); 3 – пакет (ткань арт. 16053/ПЭ/ткань арт. 52316) обработаны СВЧ ( $\tau = 5$  с).

Выявленное влияние СВЧ ЭМП можно интерпретировать следующим образом. При воздействии СВЧ ЭМП в течение 5 с, значительное повышение прочности клеевого соединения может быть обусловлено удалением гидратационной влаги из структуры текстильного материала, за счет разрыва связей между молекулами воды и полярными группами текстильного материала, и появлением на его поверхности освободившихся реакционно-способных групп, которые взаимодействуют с химически активными группами адгезива. Удаление гидратационной влаги подтверждается уменьшением массы образцов после СВЧ воздействия на 7,8%. Предварительное удаление сорбционной влаги 9,2%, проводили сушкой в термокамере до постоянного веса.

Дальнейшее повышение времени СВЧ обработки до 10 с приводит к снижению достигнутого эффекта, по всей видимости в результате того, что освободившиеся активные центры приобретают энергию, которая способствует дополнительному структурированию волокнообразующего полимера за счет образования межмолекулярных связей. В результате прочность ткани после СВЧ воздействия возрастает на 15-17% (таблица 4.3), а число активных центров,

способных взаимодействовать с адгезивом снижается, в следствие чего прочность клеевого соединения уменьшается (по сравнению с обработанным в СВЧ ЭМП в течение 5 с).

Уменьшение прочности клеевого соединения ПЭ, при предварительной обработке СВЧ ЭМП в течение 10 с пакета материалов (ткань верха арт.16053/ ПЭ/ткани арт. 52316), может быть обусловлено ухудшением когезионных свойств полимера, за счет разрыва внутримолекулярных связей.

Таблица 4.3 – Влияние СВЧ ЭМП на свойства ткани арт. 16053

№ опыта	Время обработки СВЧ ЭМП мощностью 2241 Вт, сек	Физико-механические свойства	
		Разрывная нагрузка при разрыве, даН	Удлинение при разрыве, %
1	0,0	53,4	23,0
2	6,0	53,8	22,0
3	7,5	58,7	23,0
4	10,0	61,4	22,0
5	12,0	65,3	21,0

Примечание – Коэффициент вариации не превышал 3,95

Это подтверждает снижение на 18% прочности при разрыве и на 40% удлинения ПЭ паутинки после СВЧ ЭМП воздействия в течение 10 с (таблица 4.4) и снижением степени кристалличности ПЭ на 5% (таблица 4.5).

Таблица 4.4 – Влияние мощности СВЧ на свойства адгезивов, обработанных в течение 10 с

№ опыта	Генерируемая мощность, Вт	Физико-механические свойства адгезивов					
		Прочность при разрыве, даН			Удлинение при разрыве, %		
		ПЭ арт. 1Т1Р	СПА арт. 1С8D	Пленка АКР-622	ПЭ арт. 1Т1Р	СПА арт. 1С8D	Пленка АКР-622
1	0	0,9	0,5	1,3	15,0	49,0	2,7
2	857	1	0,75	1,84	13,0	46,0	2,2
3	2241	0,74	0,76	1,66	9,0	44,0	2,0

Примечание – Коэффициент вариации не превышал 4,32

Таблица 4.5 – Влияние мощности СВЧ ЭМП на структуру адгезивов

№ опыта	Генерируемая мощность, Вт	Степень кристалличности, %		
		ПЭ арт. 1Т1Р	СПА арт. 1С8D	Пленка АКР-622
1	0	67,3	52,6	48,8
2	857	71,7	53,8	49,9
3	2241	64,1	55,1	52,6

Примечание – Ошибка эксперимента на приборе «Дрон-3» (РСА) не превышает 1%.

Прочность при разрыве СПА паутинки увеличивается на 20%, что объясняется данными рентгеноструктурного анализа (таблица 4.5), свидетельствующими о увеличении степени кристалличности и соответственно, снижении подвижности цепей макромолекул СПА. Удлинение снижается на 6%, по-видимому, за счет тепловой усадки и уплотнения структуры КТМ.

Пленка АКР-622, обработанная СВЧ ЭМП при мощности генератора 2241 Вт характеризуется увеличением прочности до 43% с одновременным снижением эластичности и удлинения, а также повышением жесткости. Полимер приобретает более упорядоченную, но сшитую структуру, о чем свидетельствует повышение степени кристалличности и снижение показателя текучести расплава на 20-28%.

Выявленные закономерности согласуются с уже известными результатами исследований [154-156], что под воздействием СВЧ ЭМП происходит возбуждение или увеличение свободной поверхностной энергии волокнистых полимерных материалов за счет движения в переменном магнитном поле оболочки атома вокруг направления поля с определенной угловой скоростью, и переориентации магнитной оси атома. Все это повышает реакционную способность волокнообразующего полимера текстильного материала и полимерного связующего, а в результате и качество КТМ.

Таким образом, установлено влияние СВЧ ЭМП на структуру и свойства как КТМ в целом, так и на составляющие его компоненты, проявляющееся в повышении на 15-20% прочности КТМ. Определены оптимальные параметры СВЧ ЭМП – генерируемая мощность не более 857 Вт, время обработки 5 сек, при

этом обеспечивается наибольшая прочность клеевого соединения слоев КТМ и физико-механические свойства адгезивов и текстильных материалов [203, 204].

Поскольку в процессе СВЧ обработки КТМ приобретают небольшую усадку 0,5-0,7% (дополнительная декатировка), то это необходимо учитывать при проектировании изделий и раскрое.

#### **4.5. Совершенствование метода определения полной деформации и ее компонентов деформированием под СВЧ ЭМП**

В основе предлагаемого метода [161, 201-204] лежит деформирование проб текстильных материалов при одноосном одноцикловом растяжении нагрузкой меньше разрывной под воздействием СВЧ ЭМП и нагрузкой 1,5 кгс (14,7Н) с последующим отдыхом. Полную деформацию и ее компоненты рассчитывали по известным формулам (4.1-4.4) [193, 197].

Методика эксперимента представлена в приложении Й. Для реализации метода использовали СВЧ печь, магнетрон которой работает на частоте 24-50 МГц, мощность генератора 1000 Вт, размер камеры 500x500x1000 мм. Приспособление «Релаксометр типа стойка», груз массой 1,5 кг, крепежные устройства и измерительные линейки изготовили из фторопласта, устойчивого к воздействию СВЧ ЭМП. После кондиционирования образцы проб фиксировали в верхний неподвижный зажим приспособления и помещали в камеру установки СВЧ ЭМП. Рабочая длина проб 20x200 мм, общая длина 250 мм. На нижний конец пробы фиксируется зажим, к которому прикладывается растягивающее усилие – 1,5 кгс. Измерение деформации пробы осуществляли по шкале измерительной линейки, соединенной с пробой через передаточный механизм нижнего зажима. Полную деформацию и ее составные части оценивали как среднее арифметическое из 5 испытаний по основе, утку и под углом 45° к нитям основы [203, 204].

Определение оптимальных, наиболее эффективных параметров условий деформирования в СВЧ ЭМП проводили на однослойной камвольной полушерстяной (44% шерсти, 56% лавсана) ткани арт. 23336 поверхностной плотности 208 г/м<sup>2</sup>. Результаты исследований представлены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Данные полной деформации и ее составных частей ткани арт. 23336

Способ испытания, номер опыта	Условия растяжения пробы под нагрузкой			Относительная деформация и ее составные части, %			
	Мощность СВЧ, Вт	Время, мин	Температура, °С	Условно упругая, $\varepsilon_y$	Условно эластическая, $\varepsilon_3$	Условно пластическая, $\varepsilon_{II}$	Полная деформация, $\varepsilon_{пол}$
				основа/уток	основа/уток	основа/уток	основа/уток
1	2	3	4	5	6	7	8
По ГОСТ 29104.22-91	нет	60	20	<u>4,2</u> 4,5	<u>2,55</u> 2,95	<u>1,25</u> 1,55	<u>8,0</u> 9,0
По разработанному методу в СВЧ установке							
Пример 1	560	30 сек	50	<u>3,81</u> 4,32	<u>2,51</u> 2,92	<u>2,98</u> 2,88	<u>9,30</u> 10,12
Пример 2	560	1	53	<u>3,81</u> 4,39	<u>2,52</u> 2,91	<u>3,77</u> 3,43	<u>10,10</u> 10,73
Пример 3	560	1,5	59	<u>3,80</u> 4,23	<u>2,58</u> 2,95	<u>4,44</u> 4,36	<u>10,82</u> 11,54
Пример 4	560	2	62	<u>3,81</u> 4,31	<u>2,59</u> 2,97	<u>4,80</u> 4,75	<u>11,20</u> 12,03
Пример 5	580	30 сек	70	<u>3,90</u> 4,20	<u>2,61</u> 2,99	<u>5,32</u> 5,40	<u>11,83</u> 12,59
Пример 6	580	1	80	<u>4,00</u> 4,50	<u>2,71</u> 3,02	<u>8,03</u> 8,43	<u>14,74</u> 15,95
Пример 7	580	1,5	90	<u>4,10</u> 4,60	<u>2,70</u> 3,10	<u>8,23</u> 9,07	<u>15,03</u> 16,77
Пример 8	580	2	105	<u>4,11</u> 4,61	<u>2,71</u> 3,11	<u>8,22</u> 9,07	<u>15,07</u> 16,79
Пример 9	600	30 сек	73	<u>3,90</u> 4,20	<u>2,61</u> 2,99	<u>5,34</u> 5,42	<u>11,85</u> 12,61
Пример 10	600	1	85	<u>4,2</u> 4,6	<u>2,8</u> 3,0	<u>8,3</u> 8,6	<u>15,3</u> 16,2
Пример 11	600	1,5	95	<u>4,30</u> 4,70	<u>2,90</u> 3,20	<u>9,14</u> 9,36	<u>16,34</u> 17,26



Окончание таблицы 4.6

1	2	3	4	5	6	7	8
Пример 12	600	2	110	$\frac{4,31}{4,70}$	$\frac{2,91}{3,22}$	$\frac{9,17}{9,37}$	$\frac{16,39}{17,29}$
Пример 13	620	30 сек	75	$\frac{3,90}{4,20}$	$\frac{2,61}{2,99}$	$\frac{5,36}{5,44}$	$\frac{11,87}{12,63}$
Пример 14	620	1	90	$\frac{4,20}{4,60}$	$\frac{3,01}{3,22}$	$\frac{8,62}{8,87}$	$\frac{15,83}{16,69}$
Пример 15	620	1,5	101	$\frac{4,30}{4,80}$	$\frac{3,10}{3,40}$	$\frac{9,40}{9,71}$	$\frac{16,80}{17,91}$
Пример 16	620	2	115	$\frac{4,30}{4,81}$	$\frac{3,12}{3,41}$	$\frac{9,44}{9,73}$	$\frac{16,86}{17,95}$
Пример 17	640	30 сек	80	$\frac{3,90}{4,20}$	$\frac{2,62}{3,00}$	$\frac{5,37}{5,45}$	$\frac{11,89}{12,65}$
Пример 18	640	1	95	$\frac{4,20}{4,60}$	$\frac{3,03}{3,23}$	$\frac{8,64}{8,89}$	$\frac{15,86}{16,72}$
Пример 19	640	1,5	105	$\frac{4,31}{4,81}$	$\frac{3,11}{3,42}$	$\frac{9,43}{9,73}$	$\frac{16,85}{17,96}$
Пример 20	640	2	122	$\frac{4,30}{4,81}$	$\frac{3,12}{3,41}$	$\frac{9,46}{9,75}$	$\frac{16,88}{17,97}$
Примечание: Коэффициент вариации не превышал 4%.							

Как видно из таблицы 4.6 максимальная полная деформация ткани арт. 23336 наблюдается при мощности СВЧ ЭМП 580-620 Вт и продолжительности действия нагрузки 1-1,5 мин (примеры 6, 7, 10, 11, 14 и 15). При этом полная деформация возрастает в среднем в 2 раза по сравнению с результатами, полученными при испытании по стандартной методике. Это обусловлено тем, что в условиях эксперимента под воздействием СВЧ ЭМП ускоряется переход волокнообразующего полимера из стеклообразного состояния в высокоэластическое и облегчается деформирование структурных элементов текстильного материала. Значительное увеличение полной деформации свидетельствует о хорошей формовочной способности ткани, высокое значение условно упругой и условно эластической деформаций свидетельствует о высокой упругости и формоустойчивости ткани в процессе эксплуатации одежды.

Снижение мощности СВЧ ЭМП ниже 580 Вт или продолжительности воздействия нагрузки менее 1 мин не дает желаемого результата, так как состояние равновесия не достигнуто, деформация материала, и прирост длины образца продолжают (примеры 1-4, 5, 9, 13, 17). Увеличение мощности СВЧ ЭМП более 620 Вт (примеры 17-20) или продолжительности воздействия нагрузки более 2 мин (примеры 4, 8, 12, 20) экономически нецелесообразно, так как деформация образцов и прирост длины проб не наблюдаются, вследствие достижения равновесия в структуре материала при данных условиях.

Таким образом, преимущество предлагаемого способа заключается в снижении затрат времени на проведение испытания, а полученные значения полной деформации и ее компонент носят реальный характер, что позволит получать объективную оценку формуемости и формоустойчивости текстильных материалов с минимальными затратами [203, 204].

Дальнейшие исследования деформационных свойств по новому методу проводили на КТМ, характеристика структуры которых представлена в таблице 4.1.

Исследование физико-механических свойств КТМ показало (таблица 4.7), что материалы обладают необходимой для материалов верхней одежды жесткостью, высокой несминаемостью и прочностью при разрыве.

Таблица 4.7 – Характеристика физико-механических свойств КТМ

Обозначение полотна	Поверхностная плотность КТМ, г/м <sup>2</sup>	Разрывная нагрузка, даН		Разрывное удлинение КТМ, %		Жесткость при изгибе, сН		Несминаемость, %	
		основа	уток	основа	уток	основа	уток	основа	уток
КМ-15310	310	168	152	11,6	11,3	7,0	6,8	94	88
КМ-15225	350	183	174	13,7	12,6	6,5	6,0	96	85
КМ-15350	225	144	135	18,4	17,5	6,7	6,5	94	89

Формовочная способность текстильных полотен зависит от жесткости и упругости материалов, их способности деформироваться и образовывать пространственную форму. Однако стандартные методы, такие как «Мембранный», «Продавливание шариком» или «Релаксометр стойка» и другие, не позволяют получить реальную характеристику формовочной способности КТМ, что обусловлено особенностями структуры таких материалов, прежде всего, присутствием термопластичного полимера, достаточно прочно фиксирующего текстильную структуру полотен, уменьшая ее способность к деформированию в нормальных условиях исследования и эксплуатации материалов. Поэтому ориентируясь на данные, полученные стандартным методом исследования по ГОСТ 29104.22-91 и представленные в таблице 4.8 (образцы №1, 6, 11, 16, 21, 26, 31, 36 и 41) можно утверждать, что КТМ обладают плохой формовочной способностью. Полная деформация КТМ по основе и утку не превышает 6,5%, а под углом 45° составляет лишь 8,5-15,5%. Остаточная деформация не превышает 2,5%, все это свидетельствует о низкой эластичности и формовочной способности КТМ.

Исследование деформационных свойств КТМ по новому методу при оптимальных параметрах мощности СВЧ ЭМП – 580-620 Вт показало (таблица 4.8), что значение показателей полной деформации и ее составных частей, полученных на релаксометре по ГОСТ и по новому методу в течение 1,5 мин практически не отличаются (образцы №1-2, 6-7, 11-12, 16-17, 21-22, 26-27, 31-32, 36-37 и 41-42). Таким образом, можно утверждать, что разработан экспресс-метод определения одноцикловых характеристик при растяжении текстильных материалов, в том числе композиционных. Экономия времени составляет 360 и более минут.

Таблица 4.8 – Данные полной деформации и её составных частей КТМ

№ пробы	Условия испытания	Относительная деформация и её составные части, % (доли)			
		Условно упругая, $\epsilon_y$	Условно эластическая, $\epsilon_\epsilon$	Условно пластическая, $\epsilon_{\text{п}}$	Полная деформация, $\epsilon_{\text{пол, \%}}$
1	2	3	4	5	6
	<b>KM-15310</b>	По основе			
1	На релаксметре- 120 мин	2,5(0,63)	1,5(0,37)	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(0,24)	0,5(0,06)	6(0,7)	8,5
4	СВЧ – 5 мин	1(0,1)	0,5(0,05)	8,5(0,85)	10
5	СВЧ – 7 мин	0,5(0,05)	0(0)	9,9(0,95)	10,4
	<b>KM-15310</b>	По утку			
6	На релаксметре- 120 мин	2,5(0,5)	1(0,2)	1,5(0,3)	5
7	СВЧ -1,5 мин	2,5(0,4)	1,3(0,2)	2,5(0,4)	6,3
8	СВЧ- 3 мин	1,7(0,21)	0,6(0,07)	5,9(0,72)	8,2
9	СВЧ – 5 мин	1,5(0,12)	0(0)	11,3(0,88)	12,8
10	СВЧ – 7 мин	1,1(0,01)	0(0)	12,9(0,99)	13,0
	<b>KM-15310</b>	Под углом 45°			
11	На релаксметре- 120 мин	4,5(0,5)	2(0,5)	2,5(0,3)	9
12	СВЧ -1,5 мин	4,3(0,4)	2,3(0,21)	4,1(0,39)	10,7
13	СВЧ- 3 мин	3,5(0,16)	1,7(0,08)	16,4(0,76)	21,6
14	СВЧ – 5 мин	2,9(0,12)	0(0)	20,7(0,88)	23,6
15	СВЧ – 7 мин	2,5(0,11)	0(0)	21,3(0,89)	23,8
	<b>KM-15350</b>	По основе			
16	На релаксметре- 120 мин	2,3(7)	1(0,3)	0(0)	3,3
17	СВЧ -1,5 мин	2,3(0,7)	0(0)	1(0,3)	3,3
18	СВЧ- 3 мин	1,7(0,2)	1,4(0,16)	5,6(0,64)	8,7
19	СВЧ – 5 мин	1,2(0,13)	0,2(0,02)	7,8(0,85)	9,2
20	СВЧ – 7 мин	0,5(0,05)	0,1(0,01)	9,3(0,94)	9,9
	<b>KM-15350</b>	По утку			
21	На релаксметре- 120 мин	2,7(0,57)	1,5(0,32)	0,5(0,11)	4,7

Окончание таблицы 4.8

1	2	3	4	5	6
22	СВЧ -1,5 мин	1,7(0,36)	1,3(0,28)	1,7(0,36)	4,7
23	СВЧ- 3 мин	2,8(0,18)	0,8(0,05)	11,8(0,77)	15,4
24	СВЧ – 5 мин	1,3(0,07)	0,3(0,02)	16,6(0,91)	18,2
25	СВЧ – 7 мин	0,4(0,02)	0,1(0,01)	17,9(0,97)	18,4
	<b>КМ-15350</b>	Под углом 45°			
26	На релаксометре- 120 мин	4,5(0,56)	2(0,25)	1,5(0,19)	8,0
27	СВЧ -1,5 мин	3,9(0,45)	1(0,12)	3,7(0,43)	8,6
28	СВЧ- 3 мин	3(0,11)	0,5(0,02)	22,9(0,87)	26,4
29	СВЧ – 5 мин	2,2(0,08)	0,3(0,01)	26,8(0,91)	29,3
30	СВЧ – 7 мин	1,2(0,04)	0(0)	28,2(0,96)	29,5
	<b>КМ-15225</b>	По основе			
31	На релаксометре- 120 мин	2,5(0,42)	1,2(0,2)	2,3(0,38)	6,0
32	СВЧ -1,5 мин	2,9(0,41)	0,6(0,08)	3,6(0,51)	7,1
33	СВЧ- 3 мин	3(0,33)	0,4(0,04)	5,8(0,63)	9,2
34	СВЧ – 5 мин	2(0,16)	0(0)	10,3(0,84)	12,3
35	СВЧ – 7 мин	0,4(0,03)	0(0)	12,0(0,97)	12,4
	<b>КМ-15225</b>	По утку			
36	На релаксометре- 120 мин	2,4(0,37)	2,1(0,32)	2,0(0,31)	6,5
37	СВЧ -1,5 мин	3,5(0,29)	3,0 (0,25)	5,5(0,46)	12
38	СВЧ- 3 мин	3,8(0,18)	2,5(0,12)	14,4(0,7)	20,7
39	СВЧ – 5 мин	3,6(0,15)	1,6(0,07)	18,4(0,78)	23,6
40	СВЧ – 7 мин	3,3(0,14)	0,6(0,03)	20,0(0,83)	23,9
	<b>КМ-15225</b>	Под углом 45°			
41	На релаксометре- 120 мин	8(0,52)	5(0,32)	2,5(0,16)	15,5
42	СВЧ -1,5 мин	8,2(0,51)	5,1(0,32)	2,8(0,17)	16,1
43	СВЧ- 3 мин	7,5(0,26)	3,5(0,12)	17,5(0,62)	28,5
44	СВЧ – 5 мин	6,4(0,20)	1,5(0,05)	24,7(0,75)	32,6
45	СВЧ – 7 мин	2,7(0,08)	1(0,03)	29,0(0,89)	32,7
Примечание – Коэффициент вариации не превышал 4,3%.					

Анализ данных таблицы 4.8 показал, что деформирование КТМ под одновременным воздействием нагрузки и СВЧ ЭМП значительно, в 2-4 раза, превышает деформацию этих же материалов при комнатной температуре на установке «релаксометр». Такое увеличение деформации материалов под воздействием СВЧ по сравнению с традиционным методом обусловлено тем, что в условиях теплового нагрева происходит размягчение полимера клея, он переходит в высокоэластическое состояние, при этом адгезионное соединение полотен ослабевает, и текстильная структура вновь приобретает подвижность. Кроме того, под тепловой энергией СВЧ ЭМП увеличивается скорость движения и ориентация молекул вдоль направления электромагнитного поля, при котором облегчается перемещение структурных элементов волокнообразующего полимера. Под действием СВЧ ЭМП вероятно происходят изменения в надмолекулярной структуре волокон, о чем свидетельствуют данные ИК-спектроскопии (рисунок 4.4).

Эти факторы способствуют значительному возрастанию полной деформации КТМ. При этом условно упругая и эластическая деформации не превышают 5%, в то время как условно пластическая – возрастает значительно до 15-30%, в зависимости от времени экспериментирования. Это обусловлено переходом на воздухе термопластичного клея в твердое состояние, и прочной фиксацией структуры КТМ в новом положении. Низкое значение величины эластической деформации, и высокие более 85% показатели несминаемости КТМ (таблица 4.7) свидетельствует о стабильности формы при эксплуатации изделий из таких материалов.

Сравнение показателей полной деформации образцов, полученных при выдерживании проб под нагрузкой в СВЧ ЭМП в течение 5 и 7 минут показывает, что после 5 минут деформация КТМ затухает, и основная доля приходится на условно пластическую составляющую полной деформации [203, 204].

Аналогичная зависимость наблюдается и при испытании КТМ, полученных по технологии, описанной в пункте 4.3, и состоящих: ткань верха – костюмная полшерстяная ткань арт. 16053; ткань нижнего слоя – полиамидная ткань арт. 52316; адгезивы – акриловый порошок АКР 622, СПА паутинка арт. 1С8D или ПЭ паутинка арт. 1Т1Р (рисунки 4.8-4.10).

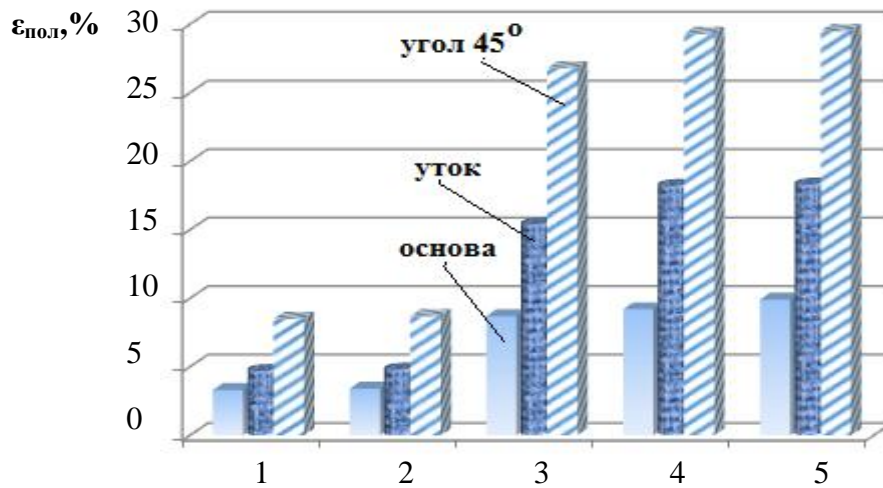


Рисунок 4.8 – Полная деформация КТМ с ПЭ паутилкой арт. 1Т1Р, испытанных при условиях: 1 – по ГОСТ; и с СВЧ ЭМП в течение: 2 – 1,5 мин; 3 – 3 мин; 4 – 5 мин; 5 – 7 мин.

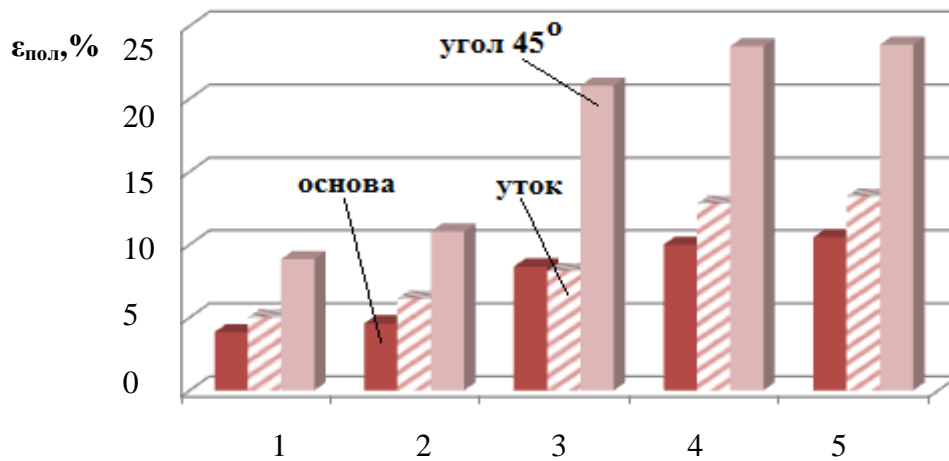


Рисунок 4.9 – Полная деформация КТМ с СПА паутилкой арт. 1С8D, испытанных при условиях: 1 – по ГОСТ; и с СВЧ ЭМП в течение: 2 – 1,5 мин; 3 – 3 мин; 4 – 5 мин; 5 – 7 мин.

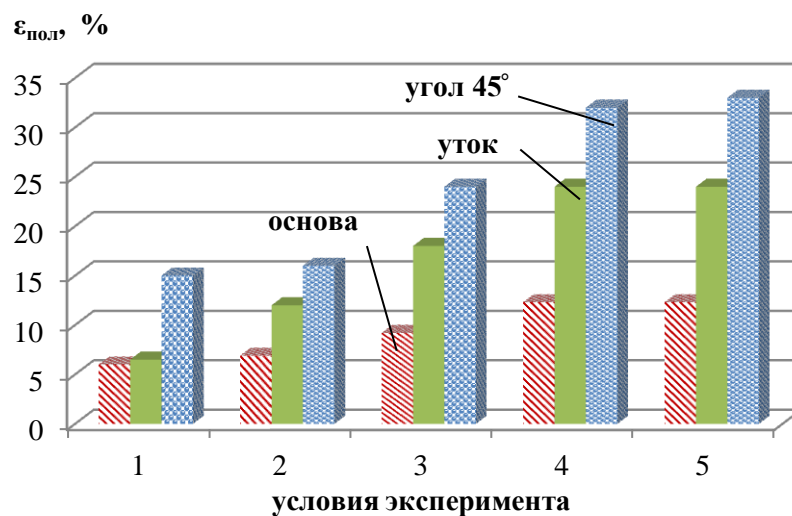


Рисунок 4.10 – Полная деформация КТМ с АКР-622 порошком, испытанных при условиях: 1 – по ГОСТ; и с СВЧ ЭМП в течение: 2 – 1,5 мин; 3 – 3 мин; 4 – 5 мин; 5 – 7 мин.

Таблица 4.9 – Данные индекса текучести расплава полимера

№ опыта	Мощность СВЧ ЭМП, Вт	Индекс текучести расплавов, г/10мин		
		ПЭ арт. 1Т1Р	СПА арт. 1С8D	Пленка АКР-622
1	0	9,9	7,9	10,8
2	580	10,8	9,7	12,9
3	640	15,3	10,5	9,3

Примечание – Коэффициент вариации не превышал 2,5.

Надежная фиксация слоев КТМ в новом деформированном состоянии, подтверждается данными испытания на прочность при расслаивании клеевого соединения после деформирования (рисунок 4.11).

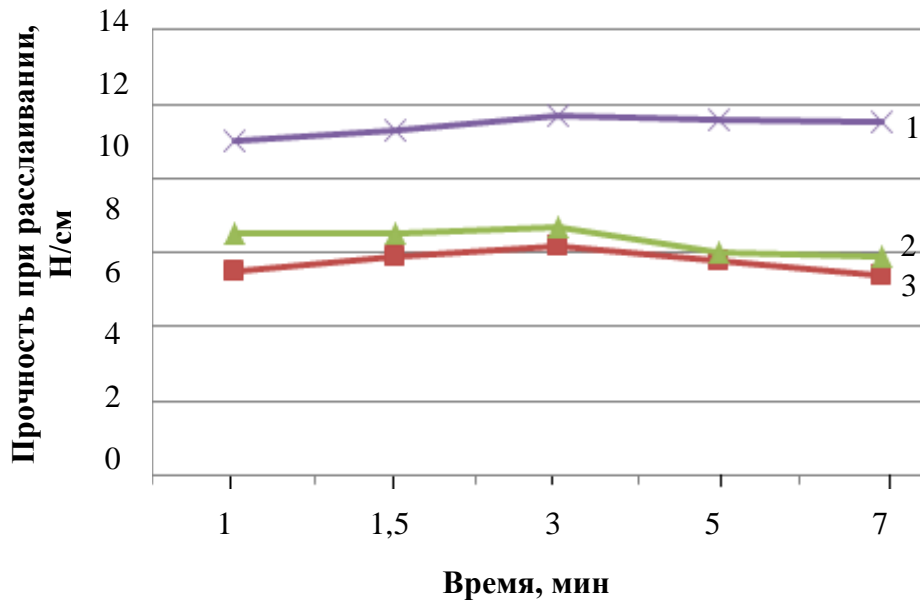


Рисунок 4.11 – Влияние продолжительности воздействия СВЧ ЭМП на прочность клеевого соединения слоев после деформации КТМ с адгезивом: 1 – АКР, 2 – ПЭ, 3 – СПА

Такое влияние вероятно обусловлено повышением когезионных свойств адгезивов, о чем свидетельствует возрастание степени кристалличности по данным рентгеноструктурного анализа (таблица 4.5).

Таким образом, использование СВЧ ЭМП в усовершенствованном методе позволяет не только значительно сократить время экспериментирования и дает реальную оценку формовочной способности КТМ, но и открывает перспективы применения СВЧ ЭМП в технологии формообразования деталей одежды.



## ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 4

1. Анализ существующих методов определения характеристик одноциклового растяжения текстильных материалов нагрузкой меньше разрывной показал, что все известные методы не позволяют дать объективную информацию о формовочной способности КТМ, т.к. не учитывают особенности структуры, в которой элементы имеют ограниченную подвижность из-за прочной фиксации термопластичным клеевым связующим. Для устранения этого недостатка предложено изменить условия экспериментирования, с целью обеспечения перевода адгезива в высокоэластическое состояние.

2. Установлена линейная зависимость величины деформации и ее компонентов от температуры среды деформирования и структуры материалов. При комнатной температуре полная деформация КТМ по основе не превышает 4-7%, по утку 5-11%, под углом 45° – 9-15,5%. При этом условно пластическая деформация составляет не более 2,5%, что свидетельствует о высокой упругости и плохой формуемости КТМ. При этом прочность клеевого соединения структуры КТМ снижается на 7-12%. Деформирование КТМ при температуре 100-130 °С показывает значительное в 2-3 раза возрастание полной деформации, из которых большую часть 60-70% составляет необратимая условно пластическая составляющая. Доля условно эластической не превышает 3,5%, а доля быстрообратимой условно упругой деформации возрастает с повышением температуры. Это свидетельствует о хорошей формуемости и формоустойчивости исследуемых костюмных КТМ. При этом прочность клеевого соединения остается на уровне исходных образцов.

3. Установлен механизм воздействия СВЧ ЭМП на структуру сополиамидного клеевого материала, который заключается в увеличении кинетической гибкости полимерной цепи в результате воздействия электромагнитных колебаний, обеспечивая тем самым конформационные превращения в структуре полимера и изменение его свойств.

4. Доказано влияние СВЧ ЭМП на структуру и свойства КТМ и составляющих его слоев. Обработка СВЧ ЭМП ткани арт. 16053 в течение 5 с, а

затем ее дублирование исследуемыми адгезивами, приводит к повышению прочности при расслаивании клеевого соединения на 88% для СПА паутинки, в 2,4 раза для порошка АКР-622, и на 9% при соединении текстильных материалов ПЭ паутинкой.

5. Разработан экспресс-метод испытания текстильных материалов при одноцикловом одноосном растяжении нагрузкой меньше разрывной, с использованием энергии СВЧ ЭМП при мощности 580-620 Вт, что значительно сокращает продолжительность эксперимента со 120 до 1,5 мин. Новизна технического решения подтверждена патентом РФ № 2472151.

6. Разработана методика определения полной деформации и ее составных частей при одноосном растяжении нагрузкой меньше разрывной и термическом воздействии (приложение Й).

7. Установлено влияние свойств адгезива, таких как температура плавления и индекс текучести расплава, на величину деформации КТМ. Отмечено, что КТМ с акриловым адгезивом ( $T_{пл}=80^{\circ}\text{C}$  индекс текучести расплава полимера (ИТРП) 12,9 г/10мин) деформирует в большей степени, чем КТМ с адгезивом ПЭ арт. 1Т1Р ( $T_{пл}=110^{\circ}\text{C}$  и ИТРП 10,8 г/10мин) и в меньшей степени деформирует КТМ с адгезивом СПА паутинка арт. 1С8D ( $T_{пл}=125^{\circ}\text{C}$  и ИТРП 9,7 г/10мин).

## **Глава 5. РАЗРАБОТКА МЕТОДА И ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМОВОЧНОЙ СПОСОБНОСТИ КОМПОЗИЦИОННЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ПРОСТРАНСТВЕННОМ РАСТЯЖЕНИИ**

Создание сложно-объемной формы деталей одежды из текстильных материалов при минимальном количестве швов – одно из самых перспективных направлений развития малооперационной технологии изготовления одежды. Эта технология основана на формовании объемной формы, прежде всего за счет сетчатой структуры текстильных материалов и изменения угла между нитями основы и утка и деформирования нитей. Методы формования с использованием цельновыкроенных деталей одежды позволяют сократить затраты труда и материалов, дают возможность получения изделий, обладающих высокой формоустойчивостью и качеством, создают предпосылки для комплексной механизации и автоматизации процессов швейного производства. Текстильная промышленность постоянно обновляет ассортимент полотен для швейных изделий. К новому перспективному ассортименту материалов относятся КТМ, получаемые клеевой технологией соединения двух и более слоев текстильных полотен разного волокнистого состава, структуры и свойств. Перспективность данной технологии обусловлена возможностью получать материалы с улучшенными потребительскими свойствами. Однако формовочная способность КТМ не изучена. Нет теоретического обоснования и рекомендаций по эффективным способам формообразования деталей одежды из КТМ. Поэтому изучение формовочной способности КТМ, а также определение параметров формования является актуальным.

### **5.1. Разработка метода исследования формовочной способности КТМ при пространственном растяжении [205, 206]**

Для исследования формовочной способности многослойных композиционных материалов, полученных по клеевой технологии, использовали промышленно выпускаемую ткань КМ-250, и полотна КМ-310 и КМ-205,

полученные в лабораторных условиях на прессе гладильном – ПГУ 12112, методом соединения двух полотен сополиамидным мелкодисперсным клеевым порошком марки платамид Н105РА, с температурой плавления 125 °С [208]. Количество клеевого связующего – 30 г/м<sup>2</sup> (как у КМ-250), температура прессования 140-145 °С, давление 0,03-0,04 МПа, время 20 с, увлажнение 10%, как наиболее оптимальные параметры формирования структуры многослойных КТМ [42]. Характеристика объектов представлена в пункте 2.1.

Исследование физико-механических свойств многослойных композиционных материалов показало, что жесткость при изгибе исследуемых материалов отличается значительно, как по всем направлениям изгиба (основе и утку), так и в сравнении друг с другом (рисунок 5.1). Повышенная жесткость ткани КМ-310 обусловлена тем, что нижний слой КТМ – футерованное трикотажное полотно «Флис» арт. 847412 с более высокими показателями жесткости 2675 мкН·см<sup>2</sup>, по сравнению с жесткостью при изгибе 1150 мкН·см<sup>2</sup> трикотажного полотна арт. DTY-140. Таким образом, показатель жесткости КТМ в значительной степени зависит от жесткости исходных составляющих полотен. Тем не менее, по показателю жесткости, анализируемые КТМ отвечают требованиям, предъявляемым к материалам для одежды [209], и могут быть рекомендованы: КМ-310 – для демисезонной одежды, КМ-250 – для костюмов и жакетов, КМ-205 – для летних костюмов, курток и т.п.

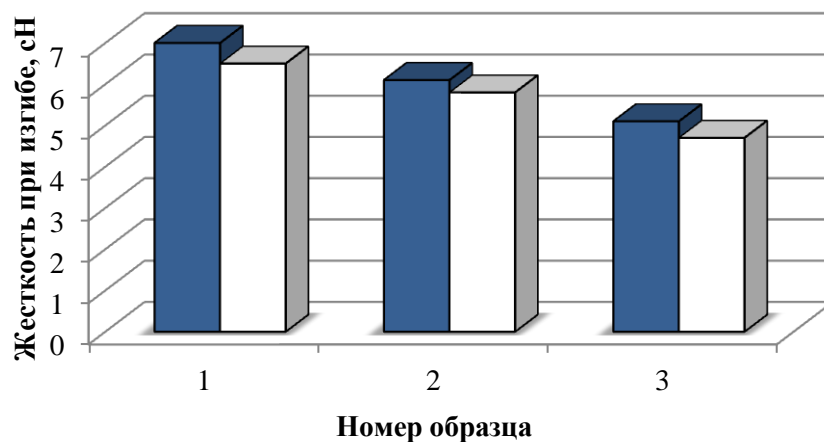




Рисунок 5.1 – Данные жесткости при изгибе КТМ: 1 –КМ-310; 2 –КМ-250; 3 –КМ-205

 - данные по основе;  - данные по утку

Композиционные материалы независимо от волокнистого состава и структурных характеристик полотен характеризуются высокой несминаемостью, что согласуется с высокой жесткостью КТМ при изгибе (рисунок 5.2) [208].

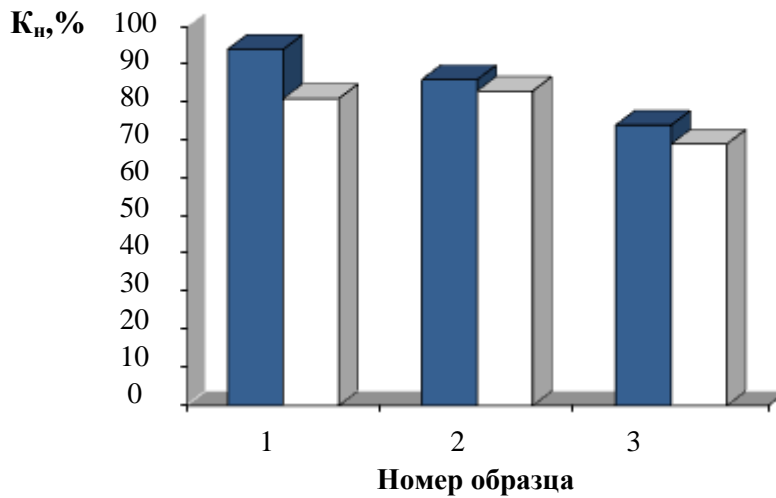


Рисунок 5.2 – Данные несминаемости композиционных текстильных материалов:  
 1 – арт. КМ-310; 2 – арт. КМ-250; 3 – арт. КМ-205  
 ■ - данные по основе; □ - данные по утку

Прочность при одноосном растяжении исследуемых КТМ очень высокая 164-195 даН, разрывное удлинение 11,6-19,2 % от первоначальной длины проб, и зависит от структуры слоев КТМ (таблица 5.1). Например, КМ-205 обладает меньшей жесткостью и лучшей растяжимостью благодаря высокой эластичности и растяжимости составляющих его полотен, выработанных из комплексных синтетических лавсановых и искусственных вискозных нитей. Исследование влияния волокнистого состава и структуры КТМ на показатели свойств при пространственном растяжении до разрыва методом продавливания шариком по ГОСТ 29104.8-91 показало, что все композиционные материалы характеризуются высокой прочностью 160-200 даН, что приблизительно в 2,5 раза превышает этот показатель для полушерстяной камвольной ткани арт. С64-ЗТ, которая является верхним слоем КМ-310 и КМ-250.

Растяжимость КТМ составляет 50-100 %, в зависимости от содержания синтетических волокон и вида текстильной нити полотен составляющих структуру КТМ, и, например, в 1,7 раза меньше, чем пространственное растяжение ткани арт. С64-ЗТ [206, 208].

Таблица 5.1 – Показатели структуры и свойств КТМ при одноосном растяжении

Обозначение композиционных материалов	Структура полотен КТМ	Волокнистый состав, %; адгезив-платамид Н105РА	Поверхностная плотность КТМ, г/м <sup>2</sup>	Разрывная нагрузка КТМ, даН	Разрывное удлинение КТМ, %
КМ - 310	Ткань костюмная арт. С64-3Т	50Лс+50Ш	310	177/161	11,6 /10,9
	Трикотаж «Флис» арт. 847412	100ПАН			
КМ - 250	Ткань костюмная арт. С64-3Т	50Лс+50Ш	250	164/159	15,8/15,1
	Трикотаж арт. DTY-140	100ВВ			
КМ - 205	Костюмная ткань арт. 22429	100Лс	205	195/187	19,2/18,4
	Трикотаж арт. DTY-140	100ВВ			

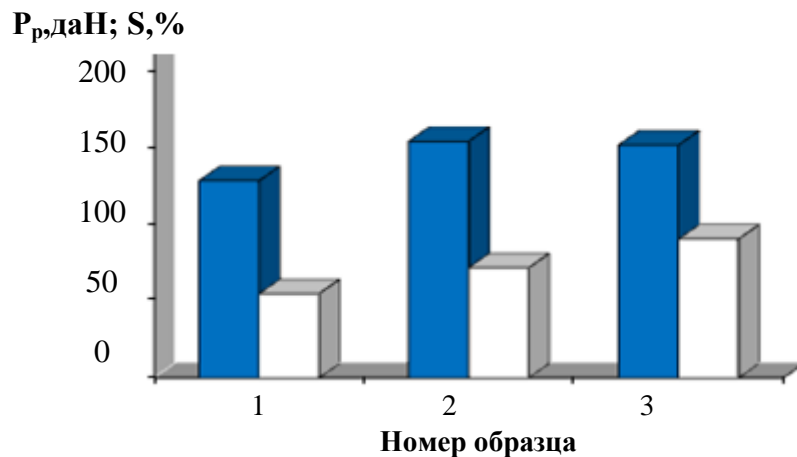


Рисунок 5.3 – Данные прочности - и растяжимости - при пространственном растяжении до разрыва композиционных текстильных материалов:  
1 – арт. КМ-310; 2 – арт. КМ-250; 3 – арт. КМ-205

Сравнение показателей свойств КТМ между собой показывает, что КМ-310 и КМ-250, содержащие в структуре пряжу, уступают по прочности и пространственной растяжимости КМ-205, в котором, составляющие структуру полотна, выработаны из комплексных и текстурированных нитей (рисунок 5.3, таблица 5.1).

Учитывая результаты исследования деформации композиционных материалов при одноцикловом одноосном растяжении под воздействием температуры, предположили, что стандартный метод также не учитывает

особенности сложной многослойной структуры КТМ, и поэтому не позволяет в полной мере оценить формуемость и формоустойчивость таких материалов и изделий из них.

Поэтому нами разработано усовершенствованное приспособление продавливания шариком, в котором в отличие от известного способа (ГОСТ 8847-85 и ГОСТ 29104.8-91) винт со съемным шариком заменен цилиндрическим полым пальцем с нагревательным элементом.

Конструкция пальца с нагревательным элементом представлена на рисунке 5.4. Внешний диаметр пальца – 20 мм, диаметр полого канала – 10 мм, глубина – 100 мм, длина рабочей части пальца – 105 мм. Закрытый конец пальца выполнен в форме полукруга радиусом 10 мм, имитируя поверхность шара диаметром 20 мм вставленного в винт, как в ГОСТ 29104.8-91. В канале пальца имеется резьба, с помощью которой фиксируется ввинчивающийся трубчатый электронагреватель с регулятором температуры (температурный режим изменяется от 80 до 200 °С), например, марки ТЭНБ, или другой подходящий нагревательный элемент [210].

Палец в сборе вставляется в гнездо колодки 3 верхней рамы 1 разрывной машины РТ-250М (рисунок 5.5), и прочно фиксируется с помощью винта 5. Допускается использовать другие специальные устройства, обеспечивающие пространственное растяжение полусферой (шариком) текстильных материалов под воздействием температуры.

Из текстильного материала подготавливали 5 проб диаметром 60 мм, на которые наклеивали бумажные кольца или дублировали кольцом из клеевого прокладочного материала внутренним диаметром 25 мм и внешним 60 мм, для устранения эффекта скольжения пробы в устройстве при испытании. Подготовленную пробу фиксировали в кольцевой зажим 7 (рисунок 5.5), который устанавливали в колодку 2 нижней рамы 4 приспособления для пространственной деформации материала, аналогично ГОСТ 8847-85 и ГОСТ 29104.8-91. Приспособление в сборе устанавливали в зажимы разрывной машины РТ-250М.

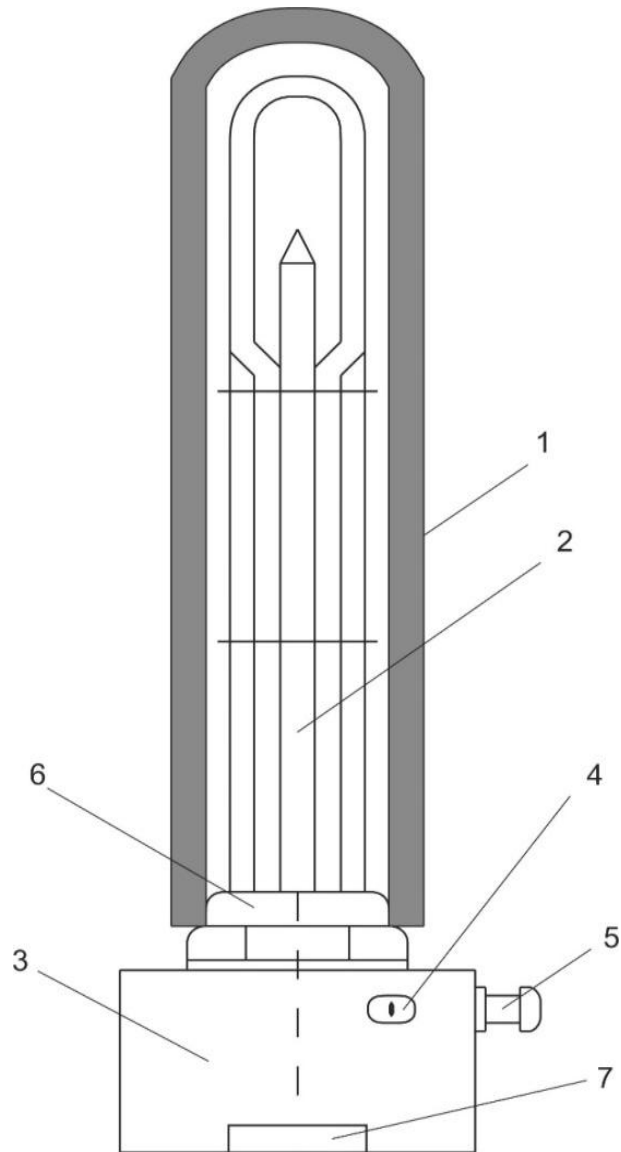


Рисунок 5.4 – Конструкция пальца с нагревательным элементом:  
 1 – цилиндрический палец, 2 – электронагреватель,  
 3 – головка, 4 – терморегулятор, 5 – гнездо кабеля, 6 – резьба для  
 пальца, 7 – резьба для фиксации

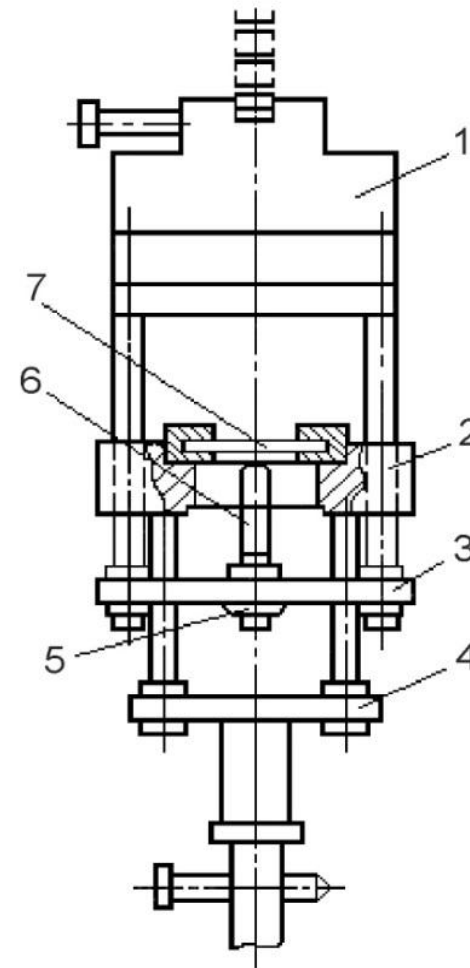


Рисунок 5.5 – Приспособление для пространственного растяжения  
 текстильных материалов: 1 – верхняя рама; 2, 3 – колодки;  
 4 – нижняя рама; 5 – винт фиксации; 6 – палец цилиндрический с  
 электронагревателем, 7 – кольцевой зажим с пробой



Скорость опускания нижней рамы  $50 \pm 5$  мм/мин, с целью обеспечения прогрева пробы материала и размягчения полимерного адгезива в процессе исследования. По шкале «усилие» регистрировали величину прикладываемой нагрузки, а по шкале «удлинение» оценивали величину прогиба пробы  $f$ , мм. Пробу перед испытанием увлажняли водой или любым другим пластифицирующим раствором из расчета 10% от массы пробы, как принято в типовом технологическом процессе [105, 109].

Цилиндрический палец нагревали до требуемой температуры. Палец перед испытанием устанавливали таким образом, чтобы его центр касался элементарной пробы только в одной точке. Приводили в движение нижнюю раму приспособления, установленного на разрывной машине. В момент достижения заданной нагрузки  $X$ , % от разрывной нагрузки, которую отмечали по шкале нагрузок, с относительной погрешностью измерения нагрузки  $\pm 1\%$ , разрывную машину останавливали и фиксировали стрелу прогиба  $f$  по шкале «удлинение» разрывной машины с точностью до 0,1 мм.

После снятия нагрузки изучали релаксационные процессы с помощью устройства, разработанного проф. Смирновой Н.А. [114] (рисунок 5.6), и измерительной металлической линейки ГОСТ 427-75, измеряли высоту прогиба пробы, оценивая зафиксированную деформацию пробы после отдыха в течение 1 часа –  $f_1$ , мм. Для объективной оценки формоустойчивости, пробу помещали в активную среду, например, подвергали увлажнению до 100% содержания влаги, с последующей сушкой до постоянной массы, имитируя условия эксплуатации швейных изделий. После воздействия активной среды и сушки, при которых протекают релаксационные процессы, с помощью приспособления, представленного на рисунке 5.6, фиксировали высоту прогиба пробы –  $f_2$ , мм. Допускается использовать другие специальные устройства.

Формуемость и формоустойчивость композиционных текстильных материалов оценивали по изменению площади пробы при объемно-пространственном растяжении [210].

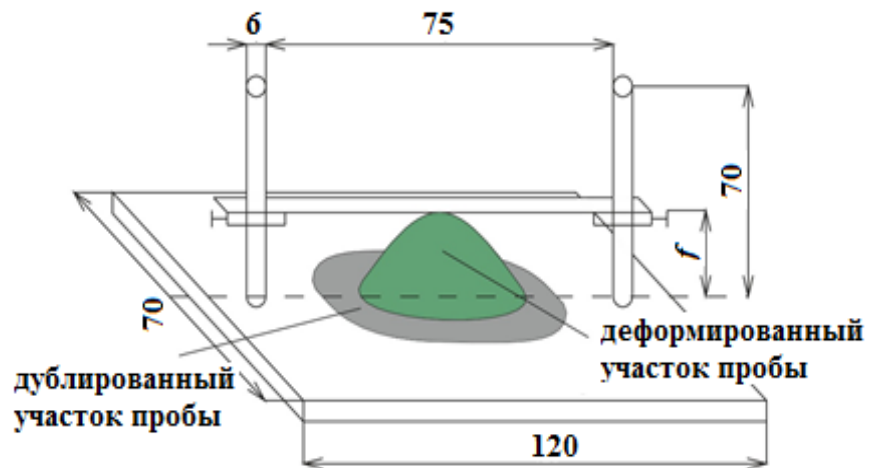


Рисунок 5.6 – Приспособление для наблюдения за процессом релаксации объемной формы материалов

Формовочную способность характеризуют растяжимостью, %, и различают: Технологическую  $F_{\text{техн}}$ , %, т. е. растяжимость, зафиксированную под нагрузкой. Рассчитывают по формулам (5.1) и (5.2):

$$F_{\text{техн}} = 13,7f - 87,5, \%, \text{ при высоте прогиба до } 30 \text{ мм}; \quad (5.1)$$

$$F_{\text{техн}} = 14,2f - 106,7, \%, \text{ при высоте прогиба более } 30 \text{ мм}. \quad (5.2)$$

Фиксированную  $F_{\text{фиксир}}$ , %, т. е. растяжимость, зафиксированную после снятия нагрузки и отдыха. Рассчитывают по формулам (5.3) и (5.4):

$$F_{\text{фиксир}} = 13,7f_1 - 87,5, \%, \text{ при высоте прогиба до } 30 \text{ мм}; \quad (5.3)$$

$$F_{\text{фиксир}} = 14,2f_1 - 106,7, \%, \text{ при высоте прогиба более } 30 \text{ мм}. \quad (5.4)$$

Эксплуатационную  $F_{\text{экспл}}$ , %, т. е. растяжимость, зафиксированную после 100% увлажнения, сушки и отдыха. Рассчитывают по формулам (5.5) и (5.6):

$$F_{\text{экспл}} = 13,7f_2 - 87,5, \%, \text{ при высоте прогиба до } 30 \text{ мм}; \quad (5.5)$$

$$F_{\text{экспл}} = 14,2f_2 - 106,7, \%, \text{ при высоте прогиба более } 30 \text{ мм}. \quad (5.6)$$

Коэффициент формоустойчивости  $K_f$ , %, рассчитывают по формуле (5.7):

$$K_f = (100 \cdot F_{\text{экспл}}) / F_{\text{фиксир}}, \quad (5.7)$$

Для оценки растяжимости тканей по величине прогиба также можно использовать данные ГОСТ 29104.8-91, которые представлены в таблице К.1.

По показателям растяжимости текстильные материалы имеют следующую градацию формовочной способности:

Формуемость	Растяжимость технологическая, %	Формоустойчивость, %
хорошая	Более 200	Более 70
средняя	от 100 до 200	30-70
плохая	до 100	до 30

Разработана методика проведения эксперимента определения формуемости и формоустойчивости текстильных материалов при пространственном растяжении и термическом воздействии (приложение Л).

## **5.2. Исследование влияния температуры и усилия на показатель формовочной способности композиционных текстильных материалов**

В процессе создания объемной формы на ткань воздействуют нагрузкой намного меньше разрывной. Величина прикладываемого усилия зависит от характеристик структуры материала, прежде всего волокнистого состава, толщины, поверхностной плотности и величины объемной кривизны поверхности, которую предстоит сформовать, поэтому усилие определяется экспериментально, и чаще всего, оно варьируется в широких пределах и составляет 40-75% от разрывной нагрузки, что не позволяет сопоставить характеристики материалов разной структуры.

С целью обоснованного выбора параметров пространственного деформирования КТМ, провели серию испытаний при разном усилии меньше разрывного.

При этом усилие изменяли от 20 до 80% от разрывной нагрузки тканей при пространственном растяжении, определенной по стандартной методике [210,211]. Увлажнение выбрано постоянное – 10% от массы материала, с учетом опыта технологии формования полшерстяных тканей [109], температуру изменяли от 20±2 °С до 100, 130 и 140°С. Температура нагрева пальца выбиралась с учетом температуры плавления клея – СПА порошка марки платамид Н105РА – 125 °С.

Результаты исследования, представленные на рисунках 5.7-5.9 показали, что для всех исследуемых композиционных материалов отмечается общая закономерность. Пространственная растяжимость КТМ возрастает практически прямолинейно при температуре экспериментирования  $20\pm 2$  °С (кривая 1), при этом под усилием 80% от разрывного, пространственная растяжимость низкая и составляет всего 50-80%, что согласуется с ранее полученными данными.

Формовочная способность КТМ, испытанных по разработанному способу под действием нагрузки, температуры и увлажнения, при температуре пальца продавливания –  $130-140\pm 2$  °С проявляется максимально и в 2-2,3 раза превышает данные пространственного растяжения, полученные при температуре 20 °С, и на 30-40% показатели деформации, полученные при температуре  $100\pm 2$  °С.

Кроме того, на кривых деформирования (рис. 5.7-5.9), всех исследуемых композиционных материалов при температуре  $130\pm 2$  °С и  $140\pm 2$  °С отмечен перегиб при усилении 40% от разрывного, после которого рост пространственной растяжимости замедляется, и в дальнейшем прирост не превышает 3-5% от общей растяжимости тканей.

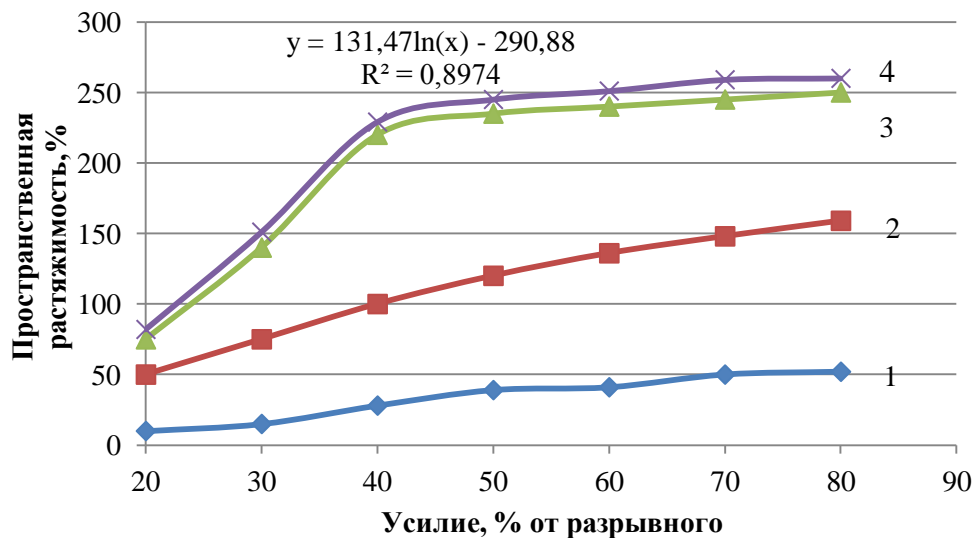


Рисунок 5.7 – Зависимость пространственной растяжимости композиционного текстильного материала КМ-310 от прикладываемого усилия и температуры:  
1 –  $20\pm 2$  °С; 2 –  $100\pm 2$  °С; 3 –  $130\pm 2$  °С; 4 –  $140\pm 2$  °С

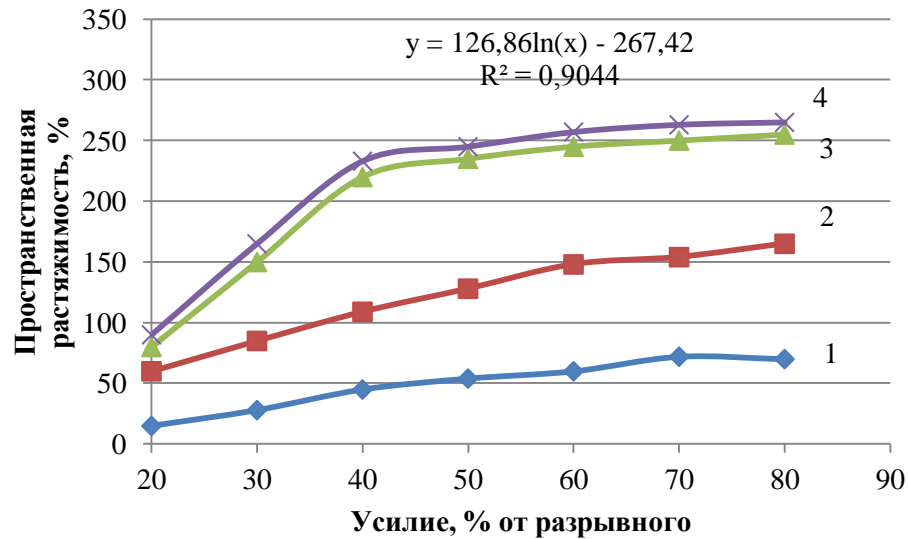


Рисунок 5.8 – Зависимость пространственной растяжимости композиционного текстильного материала КМ-250 от прикладываемого усилия и температуры:  
1 – 20±2 °C; 2 – 100±2 °C; 3 – 130±2 °C; 4 – 140±2 °C

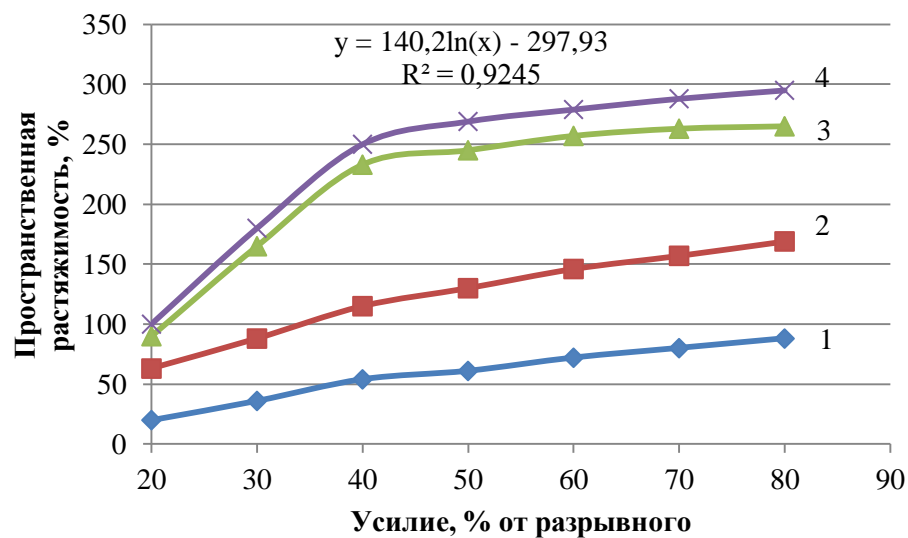


Рисунок 5.9 – Зависимость пространственной растяжимости композиционного текстильного материала КМ-205 от прикладываемого усилия и температуры:  
1 – 20±2 °C; 2 – 100±2 °C; 3 – 130±2 °C; 4 – 140±2 °C

Это обусловлено тем, что в условиях эксперимента по новому способу под действием температуры адгезив переходит в расплавленное состояние, освобождая структурные элементы полотен, которые затем начинают деформировать и перемещаться. Кроме того, под действием температуры и влаги ускоряется переход волокнообразующего полимера из стеклообразного состояния в высокоэластическое, облегчается деформирование структурных элементов

волокон и нитей текстильного материала. Поэтому полученные таким способом экспериментальные данные формовочной способности текстильных материалов носят реальный характер.

Деформирование материала от величины прикладываемого усилия имеет логарифмическую зависимость и описывается уравнением вида (5.8):

$$y = a \ln x - b, \quad (5.8)$$

где  $a$  и  $b$  - коэффициенты, зависящие от структуры материала;

$x$  – усилие, даН.

Расчетные значения коэффициентов  $a$  и  $b$  представлены таблице 5.2.

Выявленная закономерность позволит управлять процессом формования, и выбирать давление пресса с учетом пространственного растяжения материала при создании объемной формы изделия.

Таблица 5.2 – Значение коэффициентов  $a$  и  $b$  уравнения зависимости пространственного растяжения от усилия и структуры материала

№ образца	Обозначение композиционного текстильного материала	Значение коэффициентов	
		$a$	$b$
1	КМ-310	131,5	290,9
2	КМ-250	126,9	267,4
3	КМ-205	140,2	297,9

Таким образом, в результате проведенных исследований установлена зависимость пространственной деформации от прикладываемого усилия и структуры материала. Определены оптимальные параметры исследования КТМ при деформировании по разработанному методу: усилие – 40% от разрывного при пространственном растяжении до разрыва; температура на «плюс-минус» 5 °С выше температуры плавления полимерного адгезива; увлажнение – 10% от массы пробы. В таких условиях испытания КТМ характеризуются как обладающие хорошей формовочной способностью.

### 5.3. Исследование релаксационных процессов пространственного деформирования композиционных текстильных материалов

Исследование релаксационных процессов композиционных материалов после деформирования по новому методу при температуре 130 °С, нагрузкой 40% от разрывной (при пространственном растяжении) показало (рисунок 5.10), что после 100% увлажнения (намокания) и последующей сушки, высота проб изменилась незначительно – не более 5%.

Коэффициент формоустойчивости объемной формы исследуемых образцов после 100% увлажнения и сушки высокий и составляет 87-93% (рисунок 5.11).

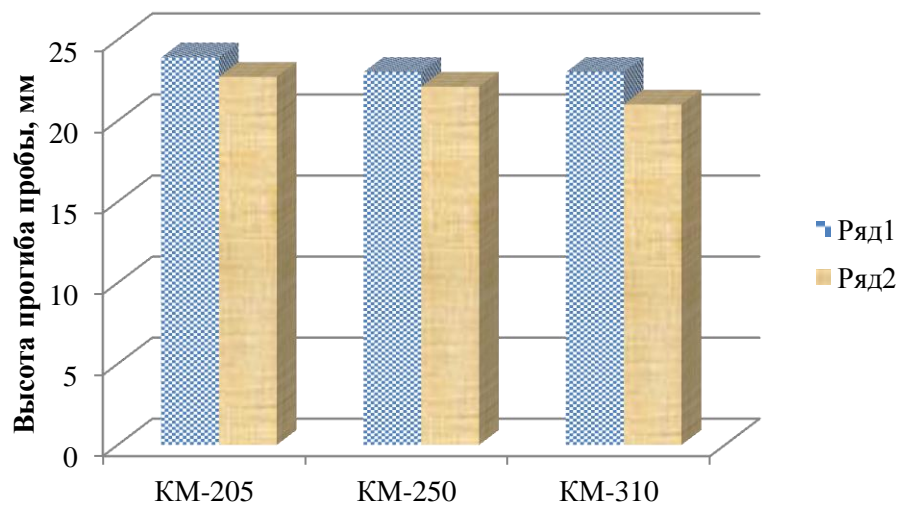


Рисунок 5.10 – Изменение высоты прогиба пробы, объемной формы КТМ: 1 – до увлажнения; 2 – после 100% увлажнения и сушки

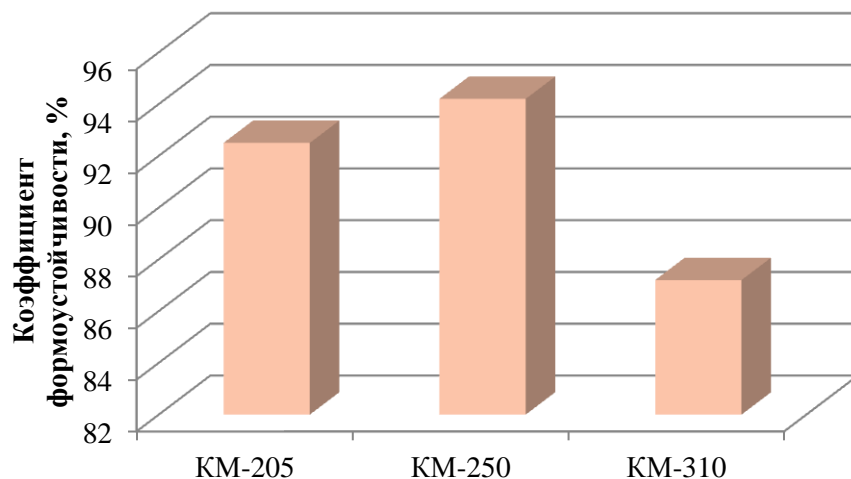


Рисунок 5.11 – Коэффициент формоустойчивости КТМ

Высокая формоустойчивость КТМ обусловлена тем, что после формообразования и охлаждения полотна КТМ вновь прочно соединяются полимерным адгезивом, как уже было доказано в главе 4.

Кроме того, между макромолекулами волокнообразующего полимера, в их новом деформированном положении, вновь образуются межмолекулярные связи, о чем свидетельствуют данные ИКС образцов вискозного трикотажного полотна арт. DTY-140 до и после пространственного растяжения (рисунок 5.12).

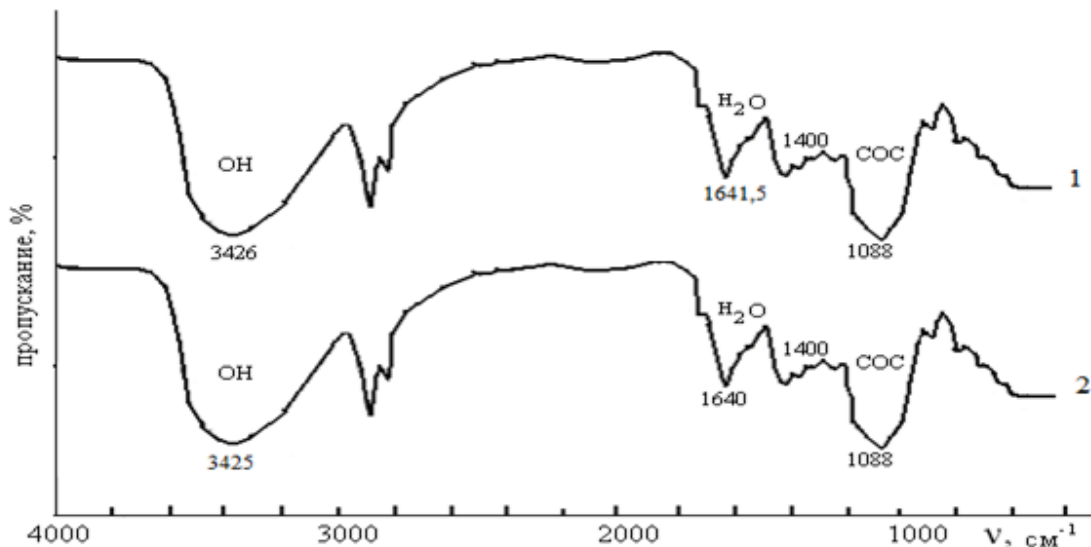


Рисунок 5.12 – Данные ИК-спектроскопии вискозного трикотажного полотна арт. DTY-140: 1 – до формования; 2 – после формования

В ИК-спектрах образцов вискозного материала (рисунок 5.12) не изменилась интенсивность полос  $3426$  и  $2900\text{см}^{-1}$ , характерных колебаниям ОН группы и полосы  $1400\text{ см}^{-1}$ , характерной колебаниям С=О групп, которые в свою очередь, ответственны за образование межмолекулярных водородных связей.

Исследование влияния на формоустойчивость структурных характеристик КТМ, таких как: природа и структура нитей, пряжи и волокон; структура соединяемых полотен (плотность, заполнение и т.д); волокнистый состав соединяемых полотен; природа адгезива; поверхностная плотность соединяемых полотен; другие свойства полотен, позволило выявить ряд закономерностей (таблица 5.3, рисунки 5.13 и 5.14). КТМ образованные только тканой структурой (образцы 1, 3, 5) характеризуются меньшей пространственной растяжимостью, однако большей формоустойчивостью, по сравнению с КТМ образованными сочетанием ткань/трикотаж (образцы 2, 4, 6) [208].



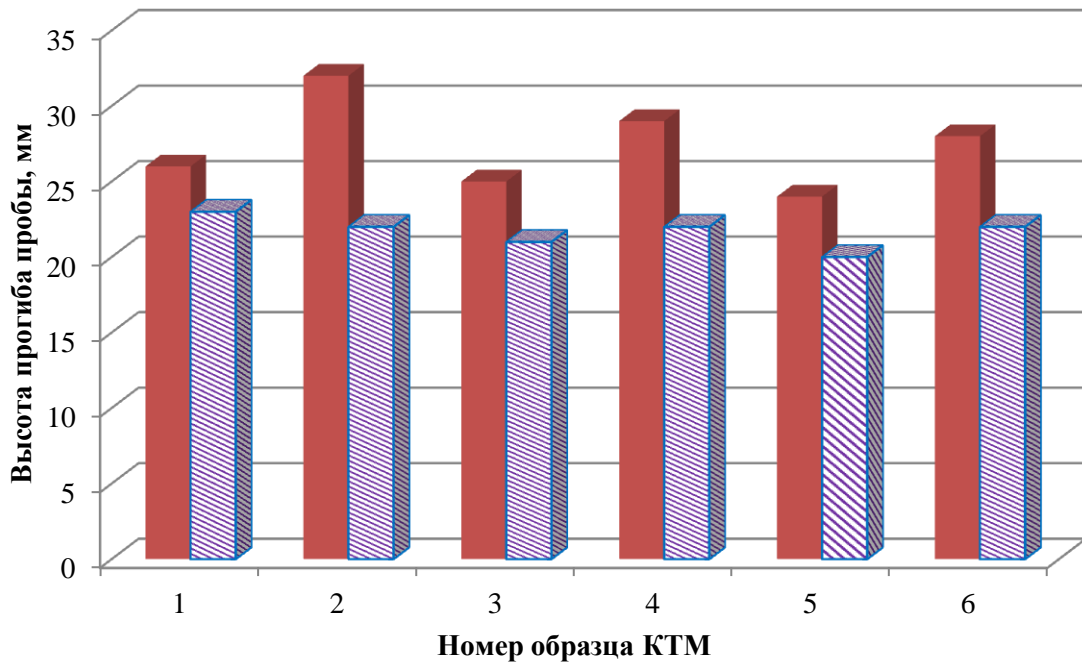




Рисунок 5.13 – Изменение высоты прогиба  - до и  - после 100% увлажнения и релаксации проб КТМ: 1 – МТТ-3220; 2 – МТТр-3130; 3 – МТТ-3225; 4 – МТТр-3126; 5 – МТТ-3228; 6 – МТТр-3127.

КТМ с верхним слоем из полушерстяной ткани и нижним слоем – трикотажное полотно из искусственных волокон (образец 2) обладает большей растяжимостью и формоустойчивостью по сравнению с КТМ, сочетающим такую же ткань верхнего слоя и нижний слой – трикотажное полотно из хлопчатобумажной пряжи (образец 4).

КТМ, состоящие из полотен одинаковой структуры, но соединенные различными адгезивами (образцы 1, 3 и 5), обладают разной формоустойчивостью, что свидетельствует о влиянии типа адгезива на свойства КТМ.

Таким образом, разработанный метод оценки формовочной способности позволяет с уверенностью сказать, что исследуемые КТМ обладают хорошей формоустойчивостью и высокой формоустойчивостью, не требующей дополнительных технологических операций для обеспечения сохранности формы деталей в процессе эксплуатации одежды.

Таблица 5.3 – Характеристика структуры и свойств многослойных КТМ

№ образца	Структура КТМ (масса адгезива 30 г/м <sup>2</sup> )	Обозначение КТМ	Разрывная нагрузка при пространственном растяжении, даН	Растяжимость, %
1	Ткань верха – костюмная арт. 22120 (50Ш,50Лс) 2 слой – ткань арт. 257 (100Хл) Клей – платамид Н105РА	МТТ-3220	117,5	304
2	Ткань верха – костюмная арт. 22120 (50Ш,50Лс) 2 слой – трикотаж арт. 130413 (100ВВ) Клей – платамид Н105РА	МТТр-3130	102,4	383
3	Ткань верха – костюмная арт. 22120 (50Ш,50Лс) 2 слой – ткань арт. 257 (100Хл) Клей – ПЭ паутинка арт. 1Т1Р	МТТ-3225	123,0	265
4	Ткань верха – костюмная арт. 22120 (50Ш,50Лс) 2 слой – трикотаж арт. 130573(100Хл) Клей – ПЭ паутинка арт. 1Т1Р	МТТр-3126	101,2	352
5	Ткань верха – костюмная арт. 22120 (50Ш,50Лс) 2 слой – ткань арт. 257(100Хл) Клей – акриловый порошок АКР-622	МТТ-3228	125,3	257
6	Ткань верха – костюмная арт. 22120 (50Ш,50Лс) 2 слой – трикотаж арт. 130413(100Хл) Клей – акриловый порошок АКР-622	МТТр-3127	106,5	338

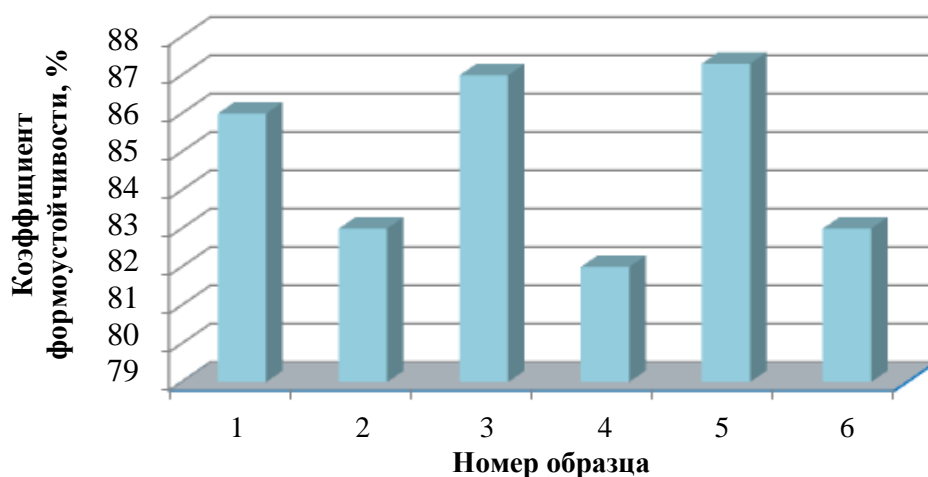


Рисунок 5.14 – Коэффициент формоустойчивости проб КТМ: 1 – МТТ-3220; 2 – МТТр-3130; 3 – МТТ-3225; 4 – МТТр-3126; 5 – МТТ-3228; 6 – МТТр-3127.

С помощью статистической функции ЛИНЕЙН и пакета анализа инструмента «регрессия» в программе Excel получены уравнения регрессии, описывающие зависимость формоустойчивости КТМ от этих параметров. Уравнение регрессии имеет вид (5.9):

$$y = 47,4 + 0,23 X_1 + 0,69 X_2, \quad (5.9)$$

где  $y$  – формоустойчивость, %;

$X_1$  – прогиб пробы при пространственном растяжении, мм;

$X_2$  – прикладываемое усилие, даН, которое составляет 40% от разрывной нагрузки при пространственном растяжении.

Значимость коэффициентов уравнения регрессии проверяли по критерию Стьюдента. Адекватность уравнения регрессии – по критерию Фишера.

Прогнозирование характеристик формовочной способности КТМ с учетом их параметров по ранее выведенной формуле (3.17) показало (таблица 5.4), что расчетные и экспериментальные значения показателя прогиба проб на всех образцах, испытанных по новому способу продавливания нагретым пальцем, отличаются не значительно, не более 5%. Это позволяет утверждать достоверность формулы (3.17) для расчета величины прогиба пробы и оценки формовочной способности КТМ.

Таблица 5.4 – Результаты теоретического прогнозирования и экспериментальных исследований свойств КТМ по разработанному способу

Обозначение КТМ	Структура КТМ 1 слой/ 2 слой	Волокнистый состав, %, клей платamid (30г/м <sup>2</sup> )	Линейная плотность, текст основа/уток	Плотность нитей, количество на 10 см, основа/уток	Разрывная нагрузка полотен, Н, основа/уток	Прогиб проб полотен, расчетный/фактический, мм	Прогиб проб КТМ		Отклонение, %	Коэффициент адгезива, $K_{ад}$
							Фактический, мм	Расчетный, мм		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
МТТ-3220	Костюмная арт. 22120	50Ш+50Лс	25x3/ 25x2	345/305	720/750	36,97/ 37,5	25,9	25,2	2,7	0,53
	Ткань арт. 257	100Хл	14x2/ 14x3	265/245	460/440	10,62/ 10,9				
КМ-22604	Костюмная арт. 22604	40Ш+60Лс	25x2/ 25x3	305/194	980/620	25,25/ 25,6	20,9	20,1	3,8	0,53
	Ткань арт. 8014S9	100ВВ	11,1/ 13,3	480/480	361/366	12,6/ 13,2				

Окончание таблицы 5.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
КМ-22307	Костюмная арт. 22307	70Ш+30Лс	22x2/25x2	367/317	710/520	33,7/34,0	22,7	22,2	2,2	0,53
	Ткань «Мембрана» арт. 4856М	100Лс	4x3/3,2x3	449/440	524/512	8,1/8,3				
КМ-35484	Пальтовая арт. 35484	100Ш	125/125	188/165	523/484	60,5/61,0	35,0	35,6	1,7	0,53
	Ткань «Поликоттон» арт. 42510	50Лс+50Хл	13,3/18,5	522/335	338/305	6,63/7,0				

Таким образом, в результате проведенных исследований разработанный способ исследования характеристик свойств КТМ при пространственном растяжении, позволил оценить формовочную способность КТМ – как «хорошая», а формоустойчивость – как «высокая».

Полученные математические модели и уравнения регрессии позволяют прогнозировать формоустойчивость объемной формы изделий из КТМ на основании показателей испытания образцов по разработанному методу. Это в свою очередь сократит затраты времени и средств на изучение релаксационных процессов и расчет коэффициента формоустойчивости традиционным способом.

#### **5.4. Разработка рекомендаций по использованию результатов исследования.**

##### **Справочные данные на новые материалы**

В диссертационной работе получены справочные данные показателей качества на новые разработанные КТМ (таблица 5.5), которые позволят осуществлять рациональный выбор материалов и методов проектирования и изготовления швейных изделий.

С целью определения рациональных параметров процесса формообразования деталей одежды, в лабораторных условиях на прессе ПГУ 12112 и подушке в виде полусферы, с высотой кривизны поверхности 50 мм, исследовали влияние температуры, давления и увлажнения на формообразование и формоустойчивость деталей одежды из КТМ. Для испытания были выбраны два КТМ разного волокнистого состава: КМ-22405 (1слой – 55Ш+45Лс; 2 слой – 55Ш+45Лс) и КМ-250 (1 слой – 50Лс+50Ш; 2 слой – 100ВВ). Структура КТМ соединена посредством клея – платамида Н105РА в виде порошка, с температурой плавления 125°С.

Установлено (рисунок 5.15), что при формовании с увлажнением 10%, с момента закрытия пресса, устанавливается монотонное повышение температуры КТМ. Температуру измеряли термопарой, расположенной между предварительно расслоенными слоями КТМ.

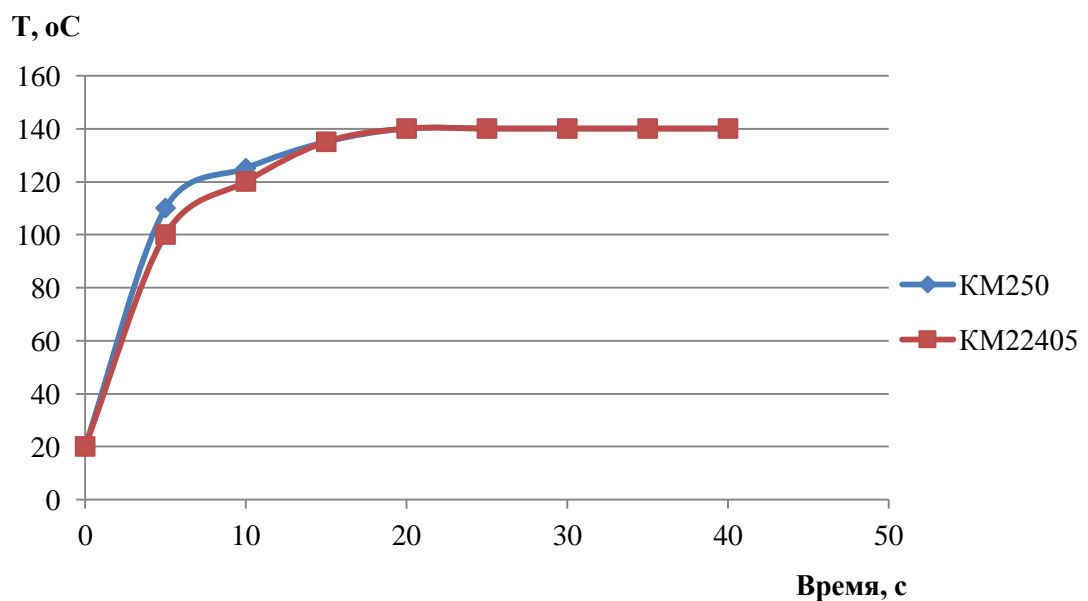


Рисунок 5.15 – Зависимость температуры пробы от времени формования

Таблица 5.5 – Справочные данные на разработанные многослойные композиционные текстильные материалы, полученные по стандартным и разработанным методам исследования

Обозначение КТМ	Состав структуры полотен КТМ 1 слой /2 слой /клей (m=30 г/м <sup>2</sup> )	Волокнистый состав слоев, %	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Прочность связи между слоями, Н/см	Жесткость при изгибе, сН, основа/уток	Разрывная нагрузка, даН, / удлинение, %, основа/уток	Прочность, даН / растяжимость, %	Коэффициент формоустойчивости, %	Гигроскопичность, %	Суммарное тепловое сопротивление, м <sup>2</sup> °С/Вт	Область применения
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
МТТ-3220	1 – костюмная арт. 22120 2 – ткань арт. 257 Клей – платамид Н105РА	1–50Ш+50Лс; 2–100Хл	318	6,5	5,3/ 5,0	96/84 14,4/12,8	117,5/ 304	85,8	6,6	0,211	Платье, костюмы облегченные
МТТр-3130	1 – костюмная арт. 22120 2– трикотаж арт. 130413 Клей - платамид Н105РА	1–50Ш+50Лс; 2–100ВВ	305	6,3	5,0/ 4,7	84/81 18,4/19,2	102/ 383	82,8	6,5	0,195	Платье, костюмы облегченны
МТТ-3225	1 – костюмная арт. 22120 2 слой – ткань арт. 257 Клей – ПЭ арт. 1Т1Р	1–50Ш+50Лс; 2–100Хл	322	7,1	5,5/ 5,1	98/92 14,9/13,8	123/ 265	86,9	6,5	0,204	Платье, костюмы

Продолжение таблицы 5.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
МТТр-3126	1 – костюмная арт. 22120 2 – трикотаж арт. 130573 Клей – ПЭ арт. 1Т1Р	1–50Ш+50Лс; 2–100Хл	320	7,0	5,1/ 4,8	89/91 19,3/19,8	101,2/ 352	81,8	6,7	0,198	Платье, костюмы
МТТ-3228	1 – костюмная арт. 22120 2 – ткань арт. 257 Клей – акриловый АКР622	1–50Ш+50Лс; 2–100Хл	325	9,3	6,0/ 5,3	105/100 15,2/14	125,3/ 257	87,2	6,5	0,208	Платье, костюмы
МТТр-3127	1 – костюмная арт. 22120 2 – трикотаж арт. 130413 Клей – акриловый АКР622	1–50Ш+50Лс; 2–100Хл	326	9,5	5,2/ 4,0	81/79 18,7/18,2	106,5/ 338	82,8	6,4	0,211	Платье, костюмы
КМ-310	1 – костюмная арт. С64-3Т; 2 – «Флис» арт. 847412 Клей – платамид Н105РА	1–50Лс+50Ш; 2 – 100ПАН	310	6,2	7,0/ 6,5	177/161 11,6 /10,9	130/ 225	87,2	8,1	0,259	Куртки
КМ-250	1 –костюмная арт. С64-3Т; 2– трикотаж арт. ДТУ-140 Клей – платамид Н105РА	1–50Лс+50Ш; 2–100ВВ	250	6,6	6,1/ 5,8	164/159 15,8/15,1	150/ 228	94,2	8,5	0,281	Костюмы, жакеты

Продолжение таблицы 5.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
КМ-205	1 – костюмная арт. 22429; 2 – трикотаж арт. ДТУ-140 Клей – платамид Н105РА	1–100Лс; 2–100ВВ	205	6,2	7,0/ 6,5	195/187 19,2/18,4	145/ 249	92,5	6,5	0,264	Платье, костюмы облегченные
КМ-12100	1 – костюмная арт. 12100; 2 – ткань арт. 2110/2810v Клей – платамид Н105РА	1–100Ш; 2–50Ац+ 50Лс	350	6,3	5,8/ 5,4	145/139 11,9/12,1	150/ 320	89	8,9	0,293	Платье, костюмы
КМ-22208	1 – костюмная арт. 22208; 2 – жаккардовая арт. ДСК008 Клей – платамид Н105РА	1–80Ш+ 20Лс; 2–55Лс+ 45ВВ	335	6,6	5,7/ 5,6	169/156 12,6/10,8	145/ 295	85	8,2	0,237	Платье, костюмы
КМ-22604	1– костюмная арт. 22604; 2 – Ткань арт. 8014S9 Клей – платамид Н105РА	1–40Ш+ 60Лс; 2–100ВВ	375	6,4	8,2/ 7,5	195/188 10,5/10,8	176/ 270	91	7,3	0,289	Платье, костюмы
КМ-22307	1–костюмная арт. 22307; 2 –ткань «Мембрана» арт. 4856М Клей – платамид Н105РА	1 – 70Ш+ 30Лс; 2–100ПЭ	363	5,9	6,8/ 6,5	199/189 10,9/10,8	156/ 204	90	7,6	0,277	Плащи, куртки



Продолжение таблицы 5.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
КМ-22405	1 – костюмная арт. 22405; 2 – костюмная арт. 2211F7 Клей – платамид Н105РА	1–55Ш+45Лс; 2–55Ш+45Лс	450	6,6	9,8/ 9,1	174,4/169 9,8/10,0	168/ 225	94	9,1	0,305	Костюмы, жакеты
КМ-36490	1 – драп арт. 36490; 2 – ткань «Мембрана» арт. 4856М Клей – платамид Н105РА	1–100Ш; 2–100Лс	626	5,7	18,3/ 17,5	135/129 7,9/8,1	138/ 150	97	6,5	0,338	Пальто зимнее, деми-сезон
КМ-46518	1 – драп арт. 46518; 2 – ткань арт.32451 Клей – платамид Н105РА	1–50Ш+20Лс+30ПАН; 2–100ВВ	650	6,2	22,0/ 21,9	117/109 8,4/7,9	154/ 202	96	6,9	0,351	Пальто зимнее, деми-сезон
КМ-45443	1 – пальтовая арт. 45443; 2 –Ткань «Мембрана» арт. 4856М Клей – платамид Н105РА	1–30ПАН+50Ш+20Лс; 2–100Лс	620	5,7	21,7/ 21,0	157/151 7,9/8,1	124/ 155	93	6,4	0,301	Пальто зимнее, деми-сезон
КМ-35484	1 – пальтовая арт. 35484; 2 – ткань «Поликотон» арт.82510 Клей – платамид Н105РА	1–100Ш; 2–50Лс+50Хл	630	6,5	22,0/ 20,9	159/153 8,0/8,2	187/ 269	95	7,1	0,325	Пальто зимнее, деми-сезон

Окончание таблицы 5.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
КМ-15310	1 – ткань костюмная; 2 – хлопчато-бумажная Клей – сополиамид;	1–80Ш+ 20Лс; 2–100Хл	310	7,0	7,0/ 6,8	168/152 11,6/11,3	128/ 224	89	9,2	0,237	Платье, костюмы
КМ-15225	1 – ткань костюмная; 2 – трикотаж Клей – сополиамид	1–70Ш+ 30Лс; 2–100Хл	350	6,5	6,5/ 6,0	183/174 13,7/12,6	119/ 302	84	9,6	0,291	Платье, костюмы
КМ-15350	1 – ткань костюмная; 2 – ткань подкладочная Клей – сополиамид	1–100Лс; 2–100ВВ	225	6,7	6,7/ 6,5	144/135 18,4/17,5	198/ 198	87	6,2	0,243	Платье, костюмы
КМ-15170	1 – костюмная арт. 16053; 2 – ткань плательная арт. 52316 Клей – СПА арт. 1С8D	1–50Ш+ 50Лс; 2–100ПА	280	5,9	6,9/6,1	149/142 8,0/7,6	195/ 215	89	6,9	0,245	Платье, костюмы

Примечания:

1. Коэффициент вариации не превышал 4,7.

2. Осыпаемость КТМ по основе и утку равна: по методу гребенки – от 8,2 до 10,5 даН; на приборе ПООТ – бахрома равна 0 мм.

В течение 20 с температура достигает максимума, то есть температуры нагрева пресса. Отмечено, что КМ-250 с поверхностной плотностью  $250 \text{ г/м}^2$  быстрее прогревается, чем КМ-22405 с поверхностной плотностью  $450 \text{ г/м}^2$ . Максимальной температуры оба КТМ достигают за 20 секунд. Однако формовочная способность КТМ за это время проявилась не полностью (рисунок 5.16). Материал продолжает деформировать, и равновесие наступает через 30 с от начала процесса формования. Определение оптимального давления формования (рисунок 5.17) показало, что для КТМ, полотна которого имеют поверхностную плотность до  $300 \text{ г/м}^2$ , формование можно проводить при более низком давлении –  $3 \cdot 10^{-2} \text{ МПа}$ . Для более толстых материалов с поверхностной плотностью более  $300 \text{ г/м}^2$ , целесообразнее использовать давление пресса равное  $4 \cdot 10^{-2} \text{ МПа}$ .

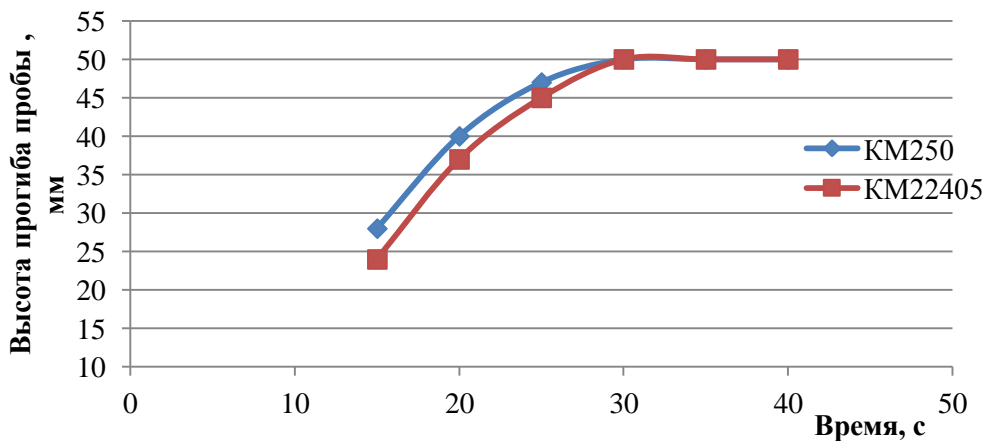


Рисунок 5.16 – Зависимость высоты прогиба КТМ от времени формования

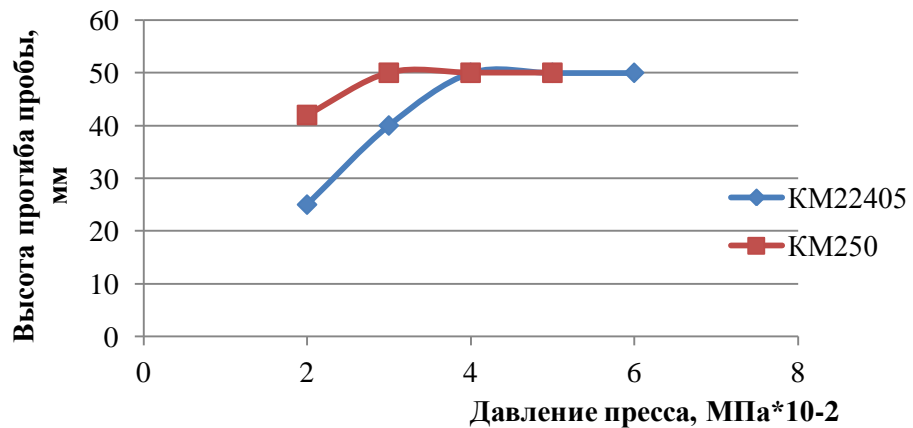


Рисунок 5.17 – Зависимость высоты прогиба поверхности КТМ от давления пресса при формовании объемной формы

При таком давлении не образуются производственных лас на поверхности материала и формируется устойчивая объемная форма.

Таким образом, определены 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 поверхностной плотности более 300 г/м<sup>2</sup>.

Исследование осыпаемости показало, что адгезив прочно удерживает нити в структуре КТМ. Осыпаемость КТМ и по основе и по утку равна: по методу гребенки – от 8,2 до 10,5 даН [193], что позволяет отнести КТМ к неосыпаемым материалам, и на приборе ПООТ-1 (ГОСТ 3814-81) – бахрома равна 0 мм. Это позволяет рекомендовать изготовление изделий без обметывания срезов.

Установленные оптимальные параметры процесса формования деталей одежды из КТМ прошли апробацию, дали положительный результат и внедрены в производственный процесс ООО «КВН СЕРВИС», г. Энгельс, Саратовской области, о чем свидетельствует акт внедрения (приложение В).

## **ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 5**

1. Выявлено, что нет ни одного метода, рекомендованного для исследования формовочной способности многослойных композиционных текстильных материалов, которые обладают особой многослойной структурой, прочно скрепленной полимерным адгезивом.

2. Предложен усовершенствованный метод пространственного деформирования композиционных текстильных материалов. Определены оптимальные параметры испытания, учитывающие особенности структуры КТМ: усилие – 40% от разрывного при пространственном растяжении до разрыва; температура – на 10±5 градусов выше температуры плавления полимерного адгезива; увлажнение – 10% от массы пробы. Такие условия испытания обеспечивают объективность информации о формовочной способности КТМ.

Новизна технического решения подтверждена положительным решением от 31.10.2016 о выдачи патента по заявке № 2015119152/20.

Разработана методика определения формуемости и формоустойчивости текстильных материалов, в том числе композиционных текстильных материалов. Описание методики представлено в приложении Л.

3. Установлено, что композиционные материалы под воздействием температуры и давления способны к значительным деформациям, при этом основную долю полной деформации составляет пластическая необратимая деформация, что позволяет получать устойчивую объемную форму деталей швейных изделий с коэффициентом формоустойчивости более 85%.

4. Установлена логарифмическая зависимость деформации пространственного растяжения композиционных материалов под воздействием температуры от величины прикладываемого усилия.

5. Доказано, что исследуемые КТМ обладают хорошей формуемостью и высокой формоустойчивостью, не требующей дополнительных технологических операций для обеспечения сохранности формы деталей в процессе эксплуатации швейных изделий.

6. Установлена зависимость формоустойчивости КТМ от величины прогиба пробы и прикладываемого усилия. Полученные математические модели и уравнения регрессии позволяют прогнозировать формоустойчивость объемной формы изделий из КТМ на основании показателей испытания образцов по разработанному методу. Это в свою очередь сократит затраты времени и средств на изучение релаксационных процессов и расчет коэффициента формоустойчивости традиционным способом.

7. 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 поверхностной плотности более 300 г/м<sup>2</sup>. Результаты внедрены в производственный процесс ООО «КВН СЕРВИС» г. Энгельса.

8. Получены справочные данные на разработанные КТМ, которые позволят осуществлять рациональный выбор материалов и методов проектирования и изготовления швейных изделий.

9. Разработанный способ оценки формуемости и формоустойчивости КТМ является универсальным, так как позволяет оценивать эти характеристики как тканых, так и трикотажных, нетканых и композиционных и других полотен. Данные о формовочной способности текстильных материалов позволят сделать оптимальный выбор способа получения объемно-пространственной формы швейных изделий, а также обеспечат обоснованный выбор материалов, технологические и конструктивные особенности изделия.

## 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, нет 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 позволит 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 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 одноцикловом одноосном растяжении нагрузкой меньше разрывной, с использованием энергии СВЧ ЭМП при мощности 580-620 Вт, что значительно сокращает продолжительность эксперимента со 120 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 по результатам 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 позволят осуществлять рациональный выбор материалов и методов проектирования и изготовления швейных изделий, что обеспечит их конкурентоспособность.

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, что обеспечит ее конкурентоспособность.



**СОКРАЩЕНИЯ, ПРИНЯТЫЕ В РАБОТЕ**

КТМ – композиционный текстильный материал

МТМ – многослойный текстильный материал

ТМ – текстильный материал

ИПП – иглопробивное полотно

ВТО – влажно-тепловая обработка

ТКПМ – термоклеевой прокладочный материал

ОКП – Общероссийский классификатор продукции

СВЧ ЭМП – сверхвысокочастотное электромагнитное поле

ВЧЕ разряд – высокочастотный емкостный разряд

РСА – рентгеноструктурный анализ

ИКС – инфракрасная спектроскопия

Ш – шерсть

Хл – хлопок

ВВ – вискозное волокно

Ац – ацетатное волокно

Лс – лавсан

ПЭ – полиэтилен

ПА – полиамидное волокно, полиамид

ПУ – полиуретан

СПА – сополиамид

ПАН – полиакрилнитрильное волокно, нитрон

АКР – акриловый порошок

Тк. – ткань

Тр. – трикотажное полотно

ИТРП – индекс текучести расплава полимера

ИЛР – изменение линейных размеров

## СПИСОК ТЕРМИНОВ

1. композиционные текстильные материалы: Материалы, состоящие из двух и более однородных и/или разнородных слоев, соединенных в единую структуру полимерным связующим жидким или твердым, и/или полимерные композиции на текстильной основе образуют пленочные или мембранные покрытия.
2. многослойная ткань и многослойный трикотаж: Многослойный текстильный материал, полученный по технологии ткачества и вязания.
3. комплексные текстильные материалы: Материалы, состоящие из двух и более однородных и/или разнородных слоев полотен, скрепленных между собой прошивным, огневым, сварным способами, образуя единую структуру.
4. формовочная способность: Способность текстильных материалов образовывать сложную пространственную форму, устойчиво закреплять и сохранять ее в процессе эксплуатации изделия. В понятие формовочной способности входят понятия формуемости и формоустойчивости.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Приказ Министерства промышленности и торговли РФ от 24 сентября 2009 г. № 583 «Об утверждении Стратегии развития легкой промышленности России на период до 2020 года и Плана мероприятия по ее реализации» [Электронный ресурс] / Режим доступа: [http://strategy2030.midural.ru/sites/default/files/files/strategiya\\_razvitiya\\_legkoj\\_promyshlennosti\\_rossii\\_na\\_period\\_do\\_2020\\_goda](http://strategy2030.midural.ru/sites/default/files/files/strategiya_razvitiya_legkoj_promyshlennosti_rossii_na_period_do_2020_goda).
2. Доничев, О.А. Инновационные преобразования как основные направления повышения эффективности текстильной и легкой промышленности региона в целях повышения их эффективности и социальной направленности / О.А. Доничев, С.А. Никонорова, А.В. Новикова // Известия Вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015. – № 4. – С. 31 – 35.
3. Новиков, Н.Г. О строении ткани и о проектировании ее с помощью геометрического метода / Н.Г. Новиков // Текстильная промышленность. – 1946. – № 2. – С. 9-17. – № 4-5. – С. 18-24. – № 6. – С. 24-28. – № 11-12. – С. 17-25.
4. Peirce, F.T. The Geometry of Cloth Structure / F.T. Peirce // Journal of Textile Industry. – 1937. – T45 – T963. – P.28.
5. Grosberg, P. The Mechanical Properties of Woven Fabrics. P. II. The Bending of Woven Fabrics / P. Grosberg // Textile Research Journal. – 1966. – № 3. – P. 205-211.
6. Розанов, Ф.М. Строение и проектирование тканей: учебное пособие / Ф.М. Розанов, О.С. Кутепов, Д.М. Жупикова, С.В. Молчанов. – М.: Минпромтовширпотреб, 1953. – 471 с.
7. Дамянов, Г.Б. Строение ткани и современные методы её проектирования: монография / Г.Б. Дамянов, И.З. Бачев, Н.Ф. Сурнина. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 240 с.
8. Смирнов, В.И. Теоретические исследования строения тканей полотняного переплетения / В.И. Смирнов. – М.: Ростехиздат, 1960. – 100 с.
9. Корицкий, К.И. Инженерное проектирование текстильных материалов / К.И. Корицкий. – М.: Легкая индустрия, 1971. – 352 с.
10. Сурнина, Н.Ф. Проектирование ткани по заданным параметрам: монография / Н.Ф. Сурнина. – М.: Легкая индустрия, 1973. – 142 с.

11. Уразов, Н.Х. Строение и проектирование тканей / Н.Х. Уразов. – Ташкент: Уки-тувчи, 1971. – 264 с.
12. Алексеев, К.Г. Основы расчета параметров строения и формирования тканей: монография / К.Г. Алексеев. – М.: Легкая индустрия, 1973. – 168 с.
13. Скляников, В.П. Строение и качество тканей: монография / В.П. Скляников. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 175 с.
14. Милашюс, В.М. Исследование релаксационных свойств тканей: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.19.01 / Витаутас-Миколас Мамерто Милашюс. – Каунас, 1974. – 17 с.
15. Кукин, Т.Н. Текстильное материаловедение (текстильные полотна и изделия) / Т.Н. Кукин, А.Н. Соловьев, А.И. Кобляков. – М.: Легпромбытиздат, 1992. – 272 с.
16. Бузов, Б.А. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности (швейное производство) / Б.А. Бузов, Н.Д. Алыменкова; под ред. Б.А. Бузова – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 448 с.
17. Ерохин, Ю.Ф. К вопросу определения некоторых параметров строения ткани / В.А. Сеницын, Т.Ю. Карева, Лезо Хюг // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. – 1992. – №6. – С. 57-59.
18. Сеницын, В.А. Модель построения элемента ткани при расчете геометрической плотности / В.А. Сеницын, Т.Ю. Карева // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. – 1993. – № 5. – С. 45-48.
19. Карева, Т.Ю. Определение величины изгиба нитей основы в тканях новых структур на основе линейной теории изгиба / Т.Ю. Карева // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. – 2002. – №3. – С. 48-51.
20. Николаев, С.Д. Прогнозирование изготовления тканей заданного строения: учебное пособие / С. Д. Николаев – М.: Московский текстильный институт, 1990. – 62 с.
21. Назарова, М.В. Разработка автоматизированных методов проектирования технологических процессов изготовления тканей заданного строения: дис. ... докт. техн. наук: 05.19.02 / Назарова Маргарита Владимировна. – М., 2011. – 289 с.

22. Юхин, С.С. Разработка метода прогнозирования технологии изготовления тканей нетрадиционных структур: дис. ... докт. техн. наук: 05.19.03 / Юхин Сергей Семенович. – М., 1996. – 400 с.
23. Степанов, Г.В. Теория строения ткани / Г.В. Степанов, С.Г. Степанов. – Иваново: ИГТА, 2004. – 492 с.
24. Николаев, С.Д. Исследование строения и свойств суровых и готовых тканей / С.Д. Николаев, Л.Г. Руденко // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. – 2005. – № 1. – С. 45-48.
25. Степанов, С.Г. Математическая модель равновесия основной нити в зоне формирования однослойной ткани полотняного переплетения / С.Г. Степанов // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. – 2006. – № 1. – С. 47-51.
26. Knoll, A.L. The Geometry and Mechanics of the Plain Weave Structure / A. L Knoll // Comparison of the General Energy Method of Analysis and Previous Models of the Textile Institute. – 1979. – №5. – P.206-210.
27. Чугин, В.В. Энергетический анализ структуры однослойной ткани / В.В. Чугин // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. – 1990. – № 5. – С. 48-51.
28. Юхин, С.С. Теоретический расчет параметров строения высокоплотных тканей с использованием нелинейной теории изгиба / С.С. Юхин, С.А. Цыцилина // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. – 1997. – № 1. – С. 40-41.
29. Степанов, С.Г. Обобщенная математическая модель строения ткани / С.Г. Степанов // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. – 1992. – № 1. – С. 46-48.
30. Степанов, С.Г. Взаимосвязь между свойствами и строением тканей на основе бинарной причинно-следственной теории информации / С.Г. Степанов // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. – 2006. – №3. – С.54-57.
31. Степанов, С.Г. Математическая модель взаимодействия основных и уточных нитей в зоне формирования однослойной ткани полотняного

переплетения / С.Г. Степанов // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. – 2006. – № 4С. – С. 73-76.

32. Карева, Т.Ю. Исследование параметров строения тканей различных способов формирования: монография / Т.Ю. Карева, С.Д. Николаев. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2004. – 86 с.

33. Примаченко, Б.М. Разработка методов прогнозирования структуры и эксплуатационных свойств тканей бытового и технического назначения на основе технологических параметров их производства: автореф. дис. ... док. техн. наук: 05.19.02. / Примаченко Борис Макарович. – СПб., 2009. – 34 с.

34. Кузьмичева, Е.Н. Методика расчета объема сквозных пор в раппорте переплетения нитей в ткани / Е.Н. Кузьмичева, С.С. Юхин // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. – 2008. – № 1(305). – С. 35-39.

35. Щербаков, В.П. Проектирование ткани методами структурной механики / В.П. Щербаков, А.П. Болотный, Б.М. Фомин // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. – 2011. – № 2(331). – С. 107-113.

36. Иноземцева, Н.А. Расчет параметров строения тканей на ЭВМ / Н.А. Иноземцева // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. – 2010. – № 2С(324). – С. 24-28.

37. Колтышева, Н.Г. Разработка структур и технологии выработки льносодержащих многослойных тканей: дис. ... канд. техн. наук: 05.19.02 / Колтышева Наталья Георгиевна. – СПб., 2001. – 218 с.

38. Бенецкая, В.В. Моделирование структуры ткани / В.В. Бенецкая, Б.Ю. Селиверстов, А.М. Киселев, П.Н. Рудовский, М.В. Киселев // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. – 2013. – № 3(345). – С. 23-28.

39. Ломов, С.В. Автоматизированный расчет строения многослойных тканых структур / С.В. Ломов // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. – 1993. – № 1. – С. 40-45.

40. Ломов, С.В. Математическое моделирование процесса растяжения двухслойной ткани с учетом нелинейности деформирования нити / С.В. Ломов, Б.М. Примаченко // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. – 1992. – № 1. – С. 49-53.

41. Кузьмичев, В.Е. Теоретическое обоснование и разработка процессов склеивания текстильных материалов: дис. ... док. техн. наук: 05.19.03 и 05.19.04 / Кузьмичев Виктор Евгеньевич. – Иваново, 1995. – 329 с.
42. Бесшапошникова, В.И. Развитие научных основ и разработка методов придания огнезащитных свойств материалам и изделиям легкой промышленности: дис. ... док. техн. наук: 05.19.01 / Бесшапошникова Валентина Иосифовна – М., 2006. – 342 с.
43. Ковалева, Н.Е. Совершенствование клеевой технологии изготовления швейных изделий: дис. ... канд. техн. наук: 05.19.04 / Ковалева Надежда Евгеньевна – М., 2009. – 173 с.
44. Метелева, О.В. Соединение материалов с разнородными свойствами / О.В. Метелева, М.В. Сурикова // Швейная промышленность. – 2008. – №6. – С. 7-10.
45. Жилина, Е.В. Научные основы технологии композиционных текстильных материалов и швейных изделий на основе акриловых сополимеров: дис. ... канд. техн. наук: 15.17.06. и 15.19.04 / Жилина Елена Владимировна – Саратов, 2005. – 167 с.
46. Малышева, Г.В. Клеевые материалы в новых технологиях / Г.В. Малышева, И.И. Кравченко // Материаловедение. – 1998. – № 8. – С. 51-56.
47. Веселов, В.В. Химизация технологических процессов швейных предприятий / В.В. Веселов, Г.В. Колотилова. – Иваново: ИГТА, 1999. – 424с.
48. Soltfon, M. New surfase treatment and new fibres. The challenge to safisly new reguirements for technical textiles / M. Soltfon, G. Nemoz // Textile Technology. Digital. – 1995. – №5. – P. 52 - 53.
49. Каган, Д.Ф. Влияние комплексного воздействия коронного разряда и праймера на формирование адгезионного соединения в композиционном материале на основе ориентированной полипропиленовой пленки / Д.Ф. Каган, В.В. Прокопенко // Пластические массы. – 1991. – №12. – С. 39-41.
50. Кузьмичев, В.Е. Применение паровых активных сред для повышения адгезионной прочности клеевых соединений швейных изделий / В. Е. Кузьмичев // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности.– 1984. – №4. – С. 78-82.

51. Пат. 2287971 РФ, МПК<sup>7</sup> А 41 Н 43/04. Способ клеевого соединения деталей швейных изделий / Бесшапошникова В.И., Гускина Н.Е.; заявка № 2005104775/12(006102); заявл. 21.02.2005; опубл. 27.11.2006. Бюл. № 33. – 8 с.: ил.
52. Куликова, Т.В. Повышение прочности клеевых соединений текстильных материалов для производства швейных изделий / Куликова Т.В., Ковалева Н.Е., Бесшапошникова В.И., Штейнле В.А., Смирнова Н.А. // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. – 2008. – № 5. – С.76-78.
53. Ульвачева, Л.А. Ассортимент многослойных текстильных материалов и разработка их классификации / Л.А. Ульвачева, В.И. Бесшапошникова, И.Н. Жагрина, Е.А. Кирсанова, Е.Д. Змеева, Н.В. Некрасова // Дизайн и технологии. – 2015. – № 44 (86). – С. 71 – 78.
54. Ульвачева, Л.А. Ассортимент многослойных текстильных материалов / Л.А. Ульвачева, В.И. Бесшапошникова // Сб. науч. трудов аспирантов МГУДТ. – М., 2014. – С. 38-44.
55. Общероссийский классификатор продукции: [утв. Постановлением Госстандарта России 30 дек. 1993 г.: по состоянию на 22 окт. 2014 г.]. – М.: Изд-во стандартов, 2014. – 1137 с.
56. Бесшапошникова, В.И. Текстильные материалы в производстве одежды: учебное пособие / В.И. Бесшапошникова. – Саратов: Изд-во СГТУ, 2011. – 208 с.
57. Федосеева, О.Ю. Разработка нового типа комплексного текстильного материала и экспрессного метода оценки его износостойкости: На примере обивочного материала автомобильного назначения: дис. ... канд. техн. наук: 05.19.01 / Федосеева Ольга Юрьевна. – М., 2000. – 183 с.
58. Стельмашенко, В.И. Материалы для одежды и конфекционирование / В. И. Стельмашенко, Т. В. Розаренова. – Москва: Академия, 2010. – 320 с.
59. Ульвачева, Л.А. Разработка композиционных текстильных материалов пониженной горючести для спецодежды / Л.А. Ульвачева, О.Н. Микрюкова, Н.В. Некрасова, В.И. Бесшапошникова / Сб. материалов XII международной науч.-технической конф. «Материалы 21 века». – Пенза, 2014. – С. 45-47.



60. Микрюкова, О.Н. Скрепляющие материалы для спецодежды / О.Н. Микрюкова, Л.А. Ульвачева, Н.А. Макарова, В.И. Бесшапошникова // Сб. материалов международного науч.-практического семинара «Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы» (SMARTEX - 2014). – Иваново, 2014. – С. 113-117.

61. НПО «Кита». Дублированные и триплированные материалы [Электронный ресурс] / Режим доступа: [http://npokita.ru/dublirovannye\\_i\\_triplirovannye\\_mate.html](http://npokita.ru/dublirovannye_i_triplirovannye_mate.html)

62. ООО «Катод – текстиль». Виды работ: дублирование, триплирование, четыре и более слоев [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.mnogosloy.ru/page/dublirovanie-triplirovanie.html>.

63. АО «Термопласт». Описание продукции [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.termoplast.infotecstt.ru/production.php>.

64. Компания «Юнсен». Каталог продукции [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.unsen.ru/catalogue/fabrics/>.

65. Бесшапошникова, В.И. Огнезащитный композиционный материал для накладных деталей спецодежды / В.И. Бесшапошникова, Е.В. Жилина, М.В. Загоруйко, Н.Е. Ковалева // Дизайн и технологии. – 2010. – №15 (57). – С. 81-85.

66. Пат. 2294413 РФ, МПК<sup>7</sup> D 06 M 15/248, C 09 K 21/14, B 32 B 3/10, B 32 B 5/08, B 32 B 27/02. Огнестойкий текстильный материал / Журко А.В., Хелевин Р.Н., Никитин Ю.А., Филиппов В.И., Никитаев С.П., Шаталов Э.В.; заявка № 2005108882/04, заявл. 28.03.2005; опубл. 27.02.2007. Бюл. № 6 – 5 с.: ил.

67. Пат. 2388511 РФ, МПК<sup>7</sup> А 62 D 5/00. Химзащитный термоклеевой композиционный материал для изготовления химзащитной одежды / Фатхутдинов Р.Х., Гайдай В.В., Байрамова В.Р. и др.; заявка № 2008140235/15, заявл. 09.10.2008; опубл. 10.05.2010. Бюл. № 13 – 8 с.: ил.

68. Пат. 2404896 РФ, МПК<sup>7</sup> В 32 В 27/12, В 32 В 27/40. Полимерно-текстильный многослойный материал и изделие, выполненное из него / Козлов С.Н., Сорокина Т.Б., Бондарева Н.А., Хохлова Т.А. и др.; заявка № 2009137558/12, заявл. 12.10.2009; опубл. 27.11.2010. Бюл. № 33 – 9 с.: ил.

69. Разработка клеевых композитных материалов для швейных производств и ресурсосберегающей технологии их применения. Часть 2: разработка технологии рулонного изготовления композитных материалов: отчет о НИР / Парыгина М.М., Горбунова Н.В. – М.: Центральный научно – исследовательский институт швейной промышленности, 2003. – 23 с.

70. Кузьмичев, В.Е. Теория и практика процессов склеивания деталей одежды / В.Е. Кузьмичев, Н.А. Герасимова. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 256 с.

71. Пат. 2501900 РФ, МПК<sup>7</sup> D 06 N 7/00, B 32 B 27/12, D 06 P 5/12. Текстильное композитное изделие / Шварц Ш., Штюбигер В., Петцольдт С; заявка № 2012123745/05; заявл. 09.11.2010; опубл. 20.12.2013. Бюл. № 35. – 10 с.: ил.

72. Пат. 2225904 РФ, МПК<sup>7</sup> D 06 N 3/04, D 04 H 1/58. Декоративный многослойный материал и его варианты / Козлов С.Н., Смирнова Л.А., Бондарева Н.А., Плахута Т.Н., Люзенкова Е.В.; заявка № 2001135507/042001135507/04; заявл. 10.07.2003; опубл. 20.03.2004. Бюл. № 8 – 9 с.: ил.

73. Пат. 2443820 РФ, МПК D 06 N 3/14, B 64 D 25/08, D 03 D 1/02. Герметичный эластичный материал / Бейдер Э.Я., Фоменкова Г.Н., Нестерова Т.А. и др.; заявка № 2010134501/12; заявл. 18.08.2010; опубл. 27.02.2012. Бюл. № 6 – 3 с.

74. Пат. 2176598 РФ, МПК<sup>7</sup> B 32 B 23/08, D 06 M 15/693, A 41 D 13/00. Многослойный защитный материал / Смирнова Е.Л., Лукашевский А.В., Шемаков А.В.; заявка № 2000131940/04; заявл. 21.12.2000; опубл. 10.12.2001. Бюл. № 34. – 3 с.

75. Матвеева, В. Ю. Полимерно-текстильный материал с повышенными защитными свойствами: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.19.01 / Матвеева Вера Юрьевна. – Казань, 2007. – 19 с.

76. Пат. 2206459 РФ, МПК<sup>7</sup> B 32 B 25/10, C 08 L 23/16, C 09 K 3/10. Многослойный герметизирующий укрывной материал с низкой паропроницаемостью / Алтунина А.Е., Колесников А.А., Пигута И.К.; заявка № 2001109581/04; заявл. 09.04.2001; опубл. 20.06.2003. Бюл. № 17. – 5 с.

77. Пат. 2375192 РФ, МПК В 32 В 25/00, А 62 В 17/00. Универсальный защитный материал / Фатхутдинов Р.Х., Шергина И.И., Никитаев С.П. и др.; заявка № 2007149422/04; заявл. 27.12.2007; опубл. 10.12.2009. Бюл. № 34.– 7 с.: ил.

78. Пат. 2294414 РФ, МПК D 06 М 15/693, С 09 К 21/14, С 09 D 183/04. Огнестойкий текстильный материал / Журко А.В., Хелевин Р.Н., Уткин Г.В. и др.; заявка № 2005117306/04; заявл. 06.06.2005; опубл. 27.02.2007. Бюл. № 6. – 2 с.: ил.

79. Пат. 2203993 РФ, МПК<sup>7</sup> D 06 М 15/643, С 09 К 21/14. Огнестойкий текстильный материал / Журко А.В., Хелевин Р.Н., Никитин Ю.А.; заявка № 2001126903/04; заявл. 03.10.2001; опубл. 10.05.2003. Бюл. № 13. – 2 с.: ил.

80. Пат. 2192512 РФ, МПК<sup>7</sup> D 04 Н 13/00, В 32 В 27/12, А 61 F 13/15. Дышащий пленочный слоистый материал с наполнителем / Хафнер Вильям Бэла, МакКормэк Энн Луиза; заявка № 2000109584/12; заявл. 15.09.1998; опубл. 10.11.2002. Бюл. № 31. – 10 с.: ил.

81. Компания «Балтийский текстиль». Курточные ткани [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.balttex.ru/baltcatalog/kurtochnye-tkani>.

82. Пат. 2482967 РФ, МПК<sup>7</sup> В 32 В 27/12, В 32 В 27/40, С 09 D 175/04. Многослойный комбинированный материал / Лабок Д.В., Козлов С.Н.; заявка № 2011141931/05; заявл. 18.10.11; опубл. 27.05.13. Бюл. № 15 (I ч.). – 11 с.: ил.

83. Пат. 2495751 РФ, МПК В 32 В 5/24, В 32 В 27/12, А 41 D 31/00. Легкая долговечная одежда и слоистые материалы для ее изготовления / Джонсон Мэтью А., Гунцель Эдвард К.; заявка № 2011150500/05; заявл. 16.04.2010; опубл. 20.10.2013. Бюл. № 29. – 13 с.: ил.

84. Пат. 2429319 РФ, МПК D 04 Н 13/00, D 03 D 15/12, А 62 В 17/00, В 32 В 33/00. Многослойный сорбционный волокнистый защитный материал с огнезащитным мембранотканевым слоем / Гореленков В.К., Бадьянова Н.В., Резниченко С.В. и др.; заявка № 2010133765/12; заявл. 13.08.2010; опубл. 20.09.2011. Бюл. № 26. – 7 с.: ил.

85. Компания «Ультрастеп». Стеганные полотна [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.ultrastep.ru/catalog/731>.

86. Пат. 2210646 РФ, МПК<sup>7</sup> В 32 В 7/00, D 06 М 17/00. Многослойный материал для одежды / Соболева Л.П., Денисова Н.И. и др.; заявка № 2002118571/12; заявл. 12.07.02; опубл. 20.08.03. Бюл. № 23 (I ч.). – с. 5: ил.
87. Орленко, Л.В. Конфекционирование материалов для одежды / Л.В. Орленко, Н.И. Гаврилова. – М.: Форум, 2006. – 288 с.
88. ООО «Велига». Триплирование тканей [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://veliga.com/triple>.
89. Керимов, С.Г. Классификация многослойных переплетений тканых изделий технического назначения [Электронный ресурс] / С.Г. Керимов // Технический текстиль. – 2003. – № 8. – Режим доступа: <http://rustm.net/catalog/article/568.html>.
90. Пат. 1831530 СССР, МПК<sup>5</sup> D 03 D 11/00. Многослойная техническая ткань / С.Н. Коваленко, В.Л. Петухов, М.Г. Бейтуганов и др.; заявка № 4881602/12; заявл. 15.10.90; опубл. 30.07.93. Бюл. № 28. – 2 с.: ил.
91. Пат. 2164568 РФ, МПК<sup>7</sup> D 03 D 11/02. Ткань многослойная и способ ее изготовления / В.И. Еровенкова, М.Ю. Аитова, И.Ю. Павлихина; заявка № 2000113759/12; заявл. 31.05.2000; опубл. 27.03.2001. Бюл. № 9. – 4 с.
92. Пат. 2017871 РФ, МПК<sup>5</sup> D 03 D 15/12. Двуслойная ткань для средств индивидуальной защиты кожного покрова человека от огня / А.А. Мартынова, Н.А. Власова, Н.М. Лопухова; заявка № 4940824/12; заявл. 31.05.1991; опубл. 15.08.1994.
93. Пат. 1680824 СССР, МПК<sup>5</sup> D 03 D 11/00. Многослойный текстильный материал / И.П. Блинов, С.М. Успасских, В.К. Поляков, С.Н. Скобарев; заявка № 4645035/12; заявл. 01.02.1989; опубл. 30.09.91. Бюл. № 36.– 3с.
94. Цитович, И.Г. Трикотажно-пленочный материал для экранирования теплиц / И.Г. Цитович, В.Н. Викторов, Е.А. Матвеева, Л.Г. Акиньшина, Л.В. Куликова // Текстильная промышленность. – 1995. – № 11. – С. 40 – 41.
95. ЗАО «Три - Д». Многослойные ткани и ленты [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.3dfabrics.ru/fabrics/>.

96. Пат. 1799930 СССР, МПК<sup>5</sup> D 03 D 11/00. Двухслойная ткань / А. Ф. Федотов, И. П. Мазяр и др.; заявка № 4920692/12; заявл. 19.03.91; опубл. 07.03.93. Бюл. № 9. – 4 с.: ил.
97. Пат. 2428528 РФ, МПК D 04 B 21/14. Двухслойный футерованный трикотаж / В.А. Зиновьева, Ю.Н. Циркина; заявка № 2010127685/12; заявл. 06.07.2010; опубл. 10.09.2011. Бюл. № 25. – 2 с.: ил.
98. ООО «Велига». Трикотажная сетка [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://veliga.com/catalog/trikotazhnaya-setka>.
99. Белгородский, В.С. Инновации в материалах индустрии моды: учебное пособие / В.С. Белгородский, А.П. Жихарев, Е.А. Кирсанова. – М.: ИИЦ МГУДТ, 2010. – 113 с.
100. Павлов, М.А. Разработка фасетной классификации материалов / М.А. Павлов, Е.А. Кирсанова // Материалы докладов 48 международной науч.-технической конф. преподавателей и студентов, посвященной 50-летию университета. – Витебск: УО «ВГТУ», 2015. – Т.2. – С. 341-342 с.
101. Шершнева, Л.П. Конструирование одежды: Теория и практика: учебное пособие / Л.П. Шершнева, Л.В. Ларькина. – М.: Форум, 2010. – 288 с.
102. Медведева, Т.В. Художественное конструирование одежды: учебное пособие / Т.В. Медведева. – М.: Форум, 2009. – 480 с.
103. Тамаркина, М.А. Формообразование одежды / М.А. Тамаркина. – М.: Легкая индустрия, 1974. – 75 с.
104. Бырдина, М.В. Исследование и моделирование пространственной формы однослойных швейных изделий / автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.19.04 / Бырдина Марина Владимировна. – Шахты, 2015. – 16 с.
105. Рогова, А.П. Технологические методы и способы формообразования швейных изделий / А.П. Рогова, А.И. Табакова. – М.: ВЗИТЛП, 1977. – 75 с.
106. Корнилова, Н.Л. Выбор способа формообразования и формозакрепления корсетных изделий / Н.Л. Корнилова, Г.В. Баландина // Рынок легкой промышленности. – 2007. – № 51. – Режим доступа: <http://rustm.net/catalog/article/1049.html>.

107. Якимова, Е.А. Разработка метода проектирования и способа изготовления трехмерных многоплоскостных оболочек из ткани / автореф. дис.

... канд. техн: 05.19.04 / Якимова Елена Александровна – М., 2010. – 25 с.

108. Коблякова, Е.Б. Конструирование одежды с элементами САПР: учебное пособие / Е.Б. Коблякова, Г.С. Ивлева, В.Е. Романов и др. – М.: КДУ, 2008. – 464 с.

109. Конопальцева, Н.М. Конструирование и технология изготовления одежды из различных материалов / Н.М. Конопальцева, Н.А. Крюкова, П.И. Рогов. – М.: Академия, 2007. – 288 с.

110. Ермилова, В.В. Моделирование и художественное оформление одежды: учебное пособие / В.В. Ермилова, Д.Ю. Ермилова. – М.: Академия, 2001. – 184 с.

111. Рогова, А.П. Изготовление одежды повышенной формоустойчивости / А.П. Рогова, А.И. Табакова. – М.: Легкая индустрия, 1979. – 184 с.

112. Мальцева, Е.А. Разработка методов оценки и исследование формовочной способности льняных тканей: дис. ... канд. техн. наук: 05.19.01 / Мальцева Елена Александровна. – Кострома, 2001. – 230 с.

113. Гордиенко, А.Я. Исследование деформации ткани при растяжении / А.Я. Гордиенко, А.Н. Герасимов // Известия ВУЗов. Технология легкой промышленности. – 1971. – № 1. – С. 91-94.

114. Смирнова, Н.А. Материаловедение в производстве швейных изделий из льна: монография / Н.А. Смирнова. – Кострома: Изд-во КГТУ, 2005. – 152 с.

115. Патент №2171987 РФ, МПК<sup>7</sup> G 01 N 33/36 Способ испытания текстильного материала на формовочную способность / Н.А. Смирнова, О.И. Денисова, Ж.Ю. Койтова, К.Е. Перепелкин, Е.Н. Борисова, Е.Е. Смирнова; заявка № 2000108067/12; заявл. 03.04.2000; опубл.10.08.2001. Бюл. № 22. – 3 с.: ил.

116. Алыменкова, Н.Д. Анизотропия ткани при растяжении и изгибе / Н.Д. Алыменкова. – М.: ИИЦ МГУДТ, 2009. – 140 с.

117. Шеромова, И.А. Исследование и учет деформационных свойств высокоэластичных материалов при проектировании одежды / И.А. Шеромова,

Г.П. Старкова, А.В. Новикова // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности – 2008. – № 2С(307). – С. 28-32.

118. Юферова, Л.В. Разработка методов оценки и исследование формуемости и формоустойчивости эластичных камвольных тканей: дис. ... канд. техн. наук: 05.19.01 / Юферова Лилия Васильевна. – Кострома, 2005. – 170 с.

119. Лисиенкова, Л.Н. Исследование деформационных свойств материалов для одежды методом циклического сжатия / Л.Н. Лисиенкова, Е.А. Кирсанова // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. –2010. – № 3– С. 25–28.

120. Хамматова, В.В. Влияние потока высокочастотной плазмы пониженного давления на формовочную способность текстильных материалов из шерстяных и синтетических волокон: монография / В.В. Хамматова, И.Ш. Абдуллин, Е.В. Кумпан, К.Э. Разумеев – Казань: Изд – во КГТУ, 2008. – 135 с.

121. Меликов, Е.Х. Определение режимов формообразования и влажно – тепловой обработки деталей одежды / Е.Х.Меликов // Швейная промышленность. – 1989. – № 1. – С. 46.

122. Савостицкий, Н.А. Материаловедение швейного производства: учебное пособие / Н.А. Савостицкий, Э.К. Амирова – М.: Академия, 2002. – 240 с.

123. Бойко, С.В. Моделирование процесса восстановления ткани после изгиба / С.В. Бойко, Н.А. Смирнова, В.В. Замышляева, В.В. Лапшин // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. – 2010 – №2. – С. 25-27.

124. Kawabata, S. The development of the objective measurement of fabric handle / S. Kawabata // Journal Industrial Fabrics. – 1984. – № 4. – P. 31 – 34.

125. Воронова, Л.В. Разработка метода оценки и исследование показателей деформации изгиба льняных тканей: дис. ... канд. техн. наук: 05.19.01 / Воронова Лариса Викторовна. – Кострома, 2002. – 139 с.

126. Смирнов, А.В. Разработка методов оценки и исследование драпируемости льняных тканей: дис. ... канд. техн. наук: 05.19.01 / Смирнов Алексей Владимирович. – Кострома, 2001. – 221 с.

127. Смирнова, Н.А. Влияние вида переплетения льносодержащих тканей на их способность к формообразованию / Н. А. Смирнова // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. – 1997. – №3. – С. 12-14.
128. Гущина, К.Г. Эксплуатационные свойства материалов для одежды и методы оценки их качества / К.Г. Гущина. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 312 с.
129. Костюкова, Ю.А. Разработка методов оценки и прогнозирования сминаемости льняных тканей в условиях смятия, близких к эксплуатационным: дис. ... канд. техн. наук: 05.19.01 / Костюкова Юлия Алексеевна. – Кострома, 2002. – 187 с.
130. Соловьев, А.Н. Моделирование и ускорение оценки сминаемости ткани в носке / А.Н. Соловьев, А.Г. Бастанджян // Известия ВУЗов. Технология легкой промышленности. – 1981. – № 5. – С. 23-27.
131. Чагина, Л.Л. Развитие научных основ и разработка методов оценки качества льняных трикотажных полотен и изделий / автореф. дис. ... док. техн. наук: 05.19.01 / Чагина Любовь Леонидовна. – Кострома, 2014. – 46 с.
132. Laind, W. The measurement of creasing on paffereol fabrics / W. Laind, P. S. Weedali // Textile Technology Digital. – 1994. – № 1. – P. 29 – 34.
133. Xu, B. Instrumental evaluation of fabric wrinkle recovery / B. Xu, J. A. Reed // Textile Technology Digital. – 1995. – №1. – P. 21 – 22.
134. Чагина, Л.Л. Использование нового критерия для оценки сминаемости текстильных полотен / Л.Л. Чагина, Н.А. Смирнова, С.Н. Титов / Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. – 2012. – № 2 (338). – С. 24-28.
135. Лисиенкова, Л.Н. Влияние технологических и эксплуатационных факторов на показатели надежности материалов и систем в одежде: монография / Л.Н. Лисиенкова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 223 с.
136. Лисиенкова, Л.Н. Микроскопические исследования структурных изменений волокон ткани в процессе эксплуатации одежды / Л.Н. Лисиенкова, Е.В. Баранова, В.И. Стельмашенко // Вестник Ассоциации вузов туризма и сервиса. Выпуск «Техника и технология». – 2008. – № 4. – С. 3-6.



137. Горелова, А.Е. Совершенствование способов формообразования и формозакрепления деталей стана плечевых швейных изделий: автореф. ... дис. канд. техн. наук: 05.19.04 / Горелова Анна Евгеньевна. – Иваново, 2006. – 20 с.

138. Ефимова, О.Г. Влияние структуры и свойств компонентов пакетов одежды на ее качество: дис. ... канд. техн. наук: 05.19.01 / Ефимова Ольга Геннадьевна. – М., 1985. – 175 с.

139. Бузов, Б.А. Современный ассортимент термоклеевых материалов для одежды и разработка их классификации / Б.А. Бузов, Н.А. Смирнова // Известия Вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012. – № 2 – С. 105-108.

140. Бесшапошникова, В.И. Особенности технологии применения акриловых термопластичных пленок в производстве швейных изделий / В.И. Бесшапошникова, Е.В. Жилина // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. – 2005. – № 5 . – С. 102-106.

141. Замышляева, В.В. Разработка методов оценки и исследование формоустойчивости клеевых соединений одежды: дис ... канд. техн. наук: 05.19.01 / Замышляева Вероника Владимировна. – Кострома, 2013. – 207 с.

142. Арбузова, А.А. Повышение формоустойчивости полочки мужского пиджака с применением композиционных материалов: дис. ... канд. техн. наук: 05.19.01 / Арбузова Анна Андреевна. – Иваново, 2010. – 223 с.

143. Комарова, А.А. Химикаты для придания формы в швейном производстве [Электронный ресурс] / Режим доступа: [http://www.newchemistry.ru/printletter.php?n\\_id=3282](http://www.newchemistry.ru/printletter.php?n_id=3282).

144. Комарова, А.А. Использование современных химических препаратов для формоустойчивой обработки швейных изделий / В.В. Веселов, А.А. Комарова // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. –2009. – №1.–С.89-91.

145. Камаева, Р.Е. Регулирование способности целлюлозосодержащих материалов из льняных и хлопковых волокон к формообразованию с помощью высокочастотной плазмы пониженного давления: дис. ... канд. техн. наук: 05.19.01 / Камаева Регина Евгеньевна. – Казань, 2007. – 154 с.

146. Алыменкова, Н.Д. Исследование методов стабилизации шерстяных костюмных тканей: автореф. ... канд. техн. наук: 05.19.01 / Алыменкова Надежда Дмитриевна – М., 1973. – 19 с.

147. Кузьмичев, В.Е. Разработка теоретических и практических принципов совмещенного процесса формования и формозакрепления швейных изделий с использованием паровых химически активных сред: автореф. ... дис канд. техн. наук / Кузьмичев Виктор Евгеньевич. – М., 1982. – 19 с.

148. Захарова, Т.Д. Придание текстильным материалам формоустойчивости / Т.Д. Захарова // Журнал Всесоюзного химического общества им. Д. И. Менделеева. – 1981. – №4. – С. 37.

149. Бесшапошникова, В.И. Технология применения сополимеров акриловых соединений в процессе швейного производства и отделки текстильных материалов / В.И. Бесшапошникова, Е.В. Жилина, Т.В. Куликова, Н.Е. Гускина // Сб. материалов международной науч.-технической конф. «Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности» (Прогресс-2005). – 2005. – С.153.

150. Желтобрюхов, В.Ф. Влияние влаги на деформационные свойства трикотажных полотен различного волокнистого состава / В.Ф. Желтобрюхов, Ж.С. Шиганова, Т.Ф. Морозенко, Р.В. Лупык // Известия ВУЗов. Технология легкой промышленности. – 1983. – №3. – С.32.

151. Ростовцева, Н.Г. Прогнозирование деформационных процессов полимерных материалов в условиях меняющейся температуры / Н.Г. Ростовцева, А.М. Литвинов, С.В. Федорова, А.Г. Макаров // Дизайн. Материалы. Технология. – 2009. – № 3 (10). – С. 69-71.

152. Романов, В.В. Влияние температуры на деформационное поведение гидратцеллюлозных волокон, пластифицированных водными растворами метилморфолиноксида / В.В. Романов, О.Б. Лукина // Химические волокна. – 1989. – №2. – С. 19-22.

153. Борисова, Е.Н. Разработка методов оценки и исследование деформационных свойств льняных тканей для одежды: дис. ... канд. техн. наук: 05.19.01 / Борисова Елена Николаевна. – Кострома, 1999. – 183 с.

154. Диденко, А.Н. СВЧ энергетика: Теория и практика / А.Н. Диденко. – М.: Наука, 2003. – 446 с.
155. Калганова, С.Г. Электротехнология нетепловой модификации полимерных материалов в СВЧ электромагнитном поле: дис. ... док. техн. наук: 05.09.10 / Калганова Светлана Геннадьевна. – Саратов, 2009. – 356 с.
156. Архангельский, Ю.С. СВЧ электротермия / Ю.С. Архангельский – Саратов: СГТУ, 1998. – 408 с.
157. Пат. 2472151 РФ, МПК G 01 N 33/36. Способ испытания текстильных материалов при одноцикловом растяжении / Е.В. Жилина, В.И. Бесшапошникова, И.А. Казакова и др.; заявка № 2010154794/15; заявл. 30.12.10; опубл. 10.01.2013. Бюл. № 1. – 5 с.: ил.
158. Кустанович, И.М. Спектральный анализ / И. М. Кустанович – М.: Высшая школа, 1972. – 48 с.
159. Гоулдстейн, Дж. Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ / Дж. Гоулдстейн, Д. Ньюберн, П. Эчлин и др.– М.: Мир, 1984. – Ч.1. – 303 с., Ч.2. – 348 с.
160. Декант, И. Инфракрасная спектроскопия полимеров / И. Декант, Р. Данц, В. Киммер и др. – М.: Химия, 1976. – 471 с.
161. Тарутина, Л.И. Спектральный анализ полимеров / Л.И Тарутина, Ф.О. Позднякова. – Л.: Химия, 1986. – 248 с.
162. ГОСТ Р 56285-2014 Материал текстильный многослойный. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2015. – 11 с.
163. ГОСТ 28000-2004 Ткани одежные чистшерстяные, шерстяные и полшерстяные. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2008. – 20 с.
164. ГОСТ 28486-90 Ткани плащевые и курточные из синтетических нитей. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1998. – 8 с.
165. ГОСТ 15968-87 Ткани чистольняные, льняные и полульняные одежные. Общие технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 11 с.
166. ГОСТ 17073-71 Кожа искусственная. Методы определения толщины и массы 1м<sup>2</sup>. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1999. – 4 с.

167. ГОСТ 17317-88 Кожа искусственная. Метод определения прочности связи между слоями. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1988. – 8 с.
168. ГОСТ 20489-75 Материалы для одежды. Метод определения суммарного теплового сопротивления. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1986. – 11 с.
169. ГОСТ 22900-78 Кожа искусственная и пленочные материалы. Методы определения паропроницаемости и влагопоглощения. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1979. – 8 с.
170. ГОСТ 8972-78 Кожа искусственная. Метод определения намокаемости и усадки. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1979. – 6 с.
171. ГОСТ 9733.27-83 Материалы текстильные. Метод испытания устойчивости окраски к трению. – М.: Изд-во стандартов, 1991 – 6 с.
172. ГОСТ 3816-81 Полотна текстильные Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств. – М.: Изд-во стандартов, 1982.– 14 с.
173. ГОСТ 22944-78 Кожа искусственная и пленочные материалы. Методы определения водопроницаемости. – М.: Изд-во стандартов, 1978. – 7 с.
174. ГОСТ Р 55826-2013. Кожа искусственная и пленочные материалы. Методы определения гибкости, жесткости и упругости. М.: Стандартинформ, 2013. – 8 с.
175. ГОСТ 24957-81 Кожа искусственная и синтетическая. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение. – М.: Изд-во стандартов, 1994. – 8 с.
176. Технический регламент Таможенного союза 017/2011 О безопасности продукции легкой промышленности. – М.: Стандартинформ, 2011. – 44 с.
177. СанПиН 2.4.7/1.1.1286-03 Гигиенические требования к одежде для детей, подростков и взрослых. – М.: Минздрав России, 2003. – 17 с.
178. Исикава, К. Японские методы управления качеством / К. Исикава. - М.: Экономика, 1988. – 215 с.
179. Чайковская, А.Е. Комплексная оценка качества текстильных материалов / А.Е. Чайковская, Л.В. Полищук – Киев: Техника, 1989. – 254 с.
180. Бузов, Б.А. Номенклатура показателей качества тканей для одежды и основные предпосылки разработки автоматизированной системы выбора тканей: учебное пособие / Б.А. Бузов. – М.: ИИЦ МГУДТ, 2003. – 104с.

181. Бузов, Б.А. Теоретические основы метода подготовки и выбора материалов для швейных изделий: учебное пособие / Б.А. Бузов. – М.: Изд-во МТИЛП, 2006. – 48 с.

182. Бешапошникова, В.И. Управление качеством продукции, оценка качества материалов и швейных изделий: учебное пособие / В.И. Бешапошникова, Е.В. Жилина, М.Ю. Морозова, М.В. Загоруйко. – Саратов: ИИЦ СГТУ, 2014. – 152 с.

183. Кирюхин, С.М. Контроль и управление качеством текстильных материалов / С.М. Кирюхин, А.Н. Соловьев. – М.: Легкая индустрия, 1977 – 312 с.

184. Бешелев, С.Д. Математико-статистические методы экспертных оценок / С.Д. Бешелев, Ф.Г. Гурвич. – М.: Статистика, 1980. – 264 с.

185. ГОСТ 23554.1-79 Система управления качеством продукции. Экспертные методы оценки качества промышленной продукции. Организация и проведение экспертной оценки качества продукции. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1979. – 31 с.

186. Блауберг, И.В. Проблема целостности и системный подход / И.В. Блауберг. – М.: Эдиториал УРСС, 1997. – 450 с.

187. Камилова, Х.Х. Системное проектирование изделий легкой промышленности / Х.Х. Камилова, Е.Б. Коблякова, А.В. Савостицкий, А.Е. Никольский // Известия АН УзССР. – 1976. – № 6. – С. 45-47.

188. Романов, В.Е. Системный подход к проектированию специальной одежды / В.Е. Романов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 128 с.

189. Разработка концептуальной модели объекта моделирования [Электронный ресурс] / Режим доступа: [http://studopedia.ru/15\\_63046\\_razrabotka-kontseptualnoy-modeli-ob-ekta-modelirovaniya.html](http://studopedia.ru/15_63046_razrabotka-kontseptualnoy-modeli-ob-ekta-modelirovaniya.html)

190. Чагина, Л.Л. Разработка информационной системы для проектирования изделий из льняного трикотажа / Л.Л. Чагина, Н.О. Прядкина, Н.А. Смирнова // Известия вузов. Технология легкой промышленности. – 2010. – № 2. – С. 38-41.

191. Саморский, А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры / А.П. Саморский, А.П. Михайлов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 320 с.

192. Гухман, А.А. Введение в теорию подобия / А.А. Гухман. – М.: Высшая школа, 1973. – 296 с.

193. Бузов, Б.А. Практикум по материаловедению швейного производства: учебное пособие / Б.А. Бузов, Н.Д. Алыменкова, Д.Г. Петропавловский. – М.: Академия, 2004. – 416 с.

194. Пат. 2251094 РФ, МПК<sup>7</sup> G 01 N 3/08. Устройство для испытания волокнистых материалов на растяжение / Н.А. Макарова, В.Ю. Мишаков, Б.А. Бузов и др.; заявка № 2004106021/28; заявл. 02.03.2004; опубл. 27.04.2005. Бюл. № 12. – 3 с.: ил.

195. Жихарев, А.П. Практикум по материаловедению в производстве изделий легкой промышленности: учебное пособие / А.П. Жихарев, Б.Я. Краснов, Д.Г. Петропавловский. – М.: Академия, 2008. – 464 с.

196. Заявка на патент 1796980 РФ, МПК<sup>5</sup> G 01 N 3/30. Способ испытания текстильного материала на растяжение методом исследования релаксационных характеристик / Н.А. Смирнова, К.Е. Перепелкин, Ж.Ю. Койтова, И.Г. Леонтьева; заявка № 4904269; заявл. 22.01.1991; опубл. 23.02.1993.

197. ГОСТ 29104.22-91 Ткани технические. Метод определения компонентов полного удлинения при растяжении нагрузкой, меньше разрывной. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1991. – 7 с.

198. Мельников, Б.Н. Механизм активизирующего воздействия электромагнитных колебаний на систему волокнообразующий полимер-технологическая композиция / Б.Н. Мельников, А.Л. Никифоров, О.Г. Циркина // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. – 2005. – №6. – С.47-51.

199. Ульвачева, Л. А. Исследование свойств многослойных текстильных материалов / Л. А. Ульвачева, Н. В. Некрасова, Е. Д. Змеева, Н. М. Кудряшова, В. И. Бесшапошникова // Сб. материалов межвузовской науч.-технической конф. с международным участием «Молодые ученые – развитию отечественной промышленности» («ПОИСК-2015») – 2015. – С. 87-88.

200. Полезная модель 48070 РФ, МПК<sup>7</sup> G 01 N 33/36. Устройство для термических исследований материалов и систем материалов / В.В. Лапшин, Н.А.

Смирнова, И. Б. Пугачева; заявка № 2004126342/22; заявл. 31.08.2004; опубл. 10.09.2005. Бюл. № 25. – 2 с.: ил.

201. Бесшапошникова, В.И. Совершенствование метода исследования тканых полотен при одноцикловом растяжении / В.И. Бесшапошникова, Е.В. Жилина, И.Н. Жагрина, Л.А. Ульвачева // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. – 2016. – №1 (361). – С. 30-33.

202. 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 // Сб. материалов международной науч.-практической конф. «Взаимодействие высшей школы с предприятиями легкой промышленности: наука и практика». – Кострома, 2013. – С.6-8.

203. Бесшапошникова, В.И. Исследование влияния СВЧ ЭМП на адгезионное соединение слоев многослойных материалов / Бесшапошникова В.И., Липатова Л.А., Климова Н.А., Шульц Ю.М. // Сб. материалов международной науч.-технической конф. «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности» (ИННОВАЦИИ-2016). – 2016 – С. 47-52.

204. Бесшапошникова, В.И. Исследование воздействия СВЧ ЭМП на свойства многослойных текстильных материалов / В.И. Бесшапошникова, И.Н. Жагрина // Сб. материалов всероссийской науч. конф. «Научно-практическое сотрудничество системы профессионального образования с предприятиями легкой промышленности региона». – 2013. – С. 52-56.

205. ГОСТ 10681-75 Материалы текстильные. Климатические условия для кондиционирования и испытания проб и методы их определения. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1997. – 30 с.

206. Ульвачева, Л.А. Исследование влияния структуры на свойства многослойных текстильных материалов / Л.А. Ульвачева, Е.Д. Змеева, Н.В. Некрасова, В.И. Бесшапошникова // Сб. материалов XIV всероссийской науч.-практической конф. с международным участием «Современные аспекты

гуманитарных, экономических и технических наук. Теория и практика». – Новосибирск, 2015. – С. 202-205.

207. 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.

208. 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 // Сб. материалов II всероссийской науч.-практической конф. с международным участием «Наука и технологии в современном мире: традиции и инновации». – Новосибирск, 2015. – С.157-161.

209. ГОСТ 10550-93 Материалы текстильные. Полотна. Методы определения жесткости при изгибе. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1995. – 12 с.

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

211. ГОСТ 29104.8-91 Ткани технические. Метод определения прочности и растяжимости при продавливании шариком. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2004. – 7 с.

212. Пат. 2343477 РФ, МПК G 01 N 33/36. Способ определения формовочной способности текстильного материала / А.Е. Горелова, А.А. Комарова, Н.Л. Корнилова; заявка № 2006146376/12; заявл. 25.12.2006; опубл. 10.01.2009. Бюл. № 1. – 5 с.: ил.

213. Полезная модель 45189 РФ, МПК<sup>7</sup> G 01 N 3/36. Устройство для определения формовочных свойств ткани / Н.А. Янушкевич, Ю.В. Лапшин, Л.В. Морилова, Н.А. Смирнова; заявка № 2004127359/22; заявл. 13. 09.2004; опубл. 27.04.2005. Бюл. № 12. – 1 с.: ил.

214. Бузов, Б.А. Определение формовочной способности тканей / Б.А. Бузов, Т.А. Модестова // Научные труды МТИЛП. – 1962. – №22. – С.107-114.



215. Пат. 2281499 РФ, МПК G 01 N 33/36. Способ определения формовочных свойств / В.В. Лапшин, Н.А. Смирнова, Лапшин Ю.В. и др.; заявка № 2004122309/12; заявл. 19.07.2004; опубл. 10.08.2006. Бюл. № 22. – 3 с.

216. Пат. 2232986 РФ, МПК<sup>7</sup> G 01 N 33/36. Способ определения формовочной способности текстильных материалов и устройство для его осуществления / В.Я. Волков, Т.М. Иванцова, М.А. Чижик и др.; заявка № 2001119820; заявл. 16.07.2001; опубл. 20.07.2004. Бюл. № 20. – 2 с.: ил.

217. Румянцева, Г.П. Новый метод оценки формовочной способности / Г.П. Румянцева // Сб. материалов международной науч.-практической конф. «Актуальные проблемы науки, техники и экономики промышленности». – 2000. – С. 253.

## Приложение А

(обязательное)

УТВЕРЖДАЮ

Директор

Энгельсского технологического  
института, филиала ФГБОУ ВО  
«Саратовский государственный  
университет им. Гагарина Ю.А.»  
профессор Яковлев А.В.



«26» сентября 2016 г

## АКТ

внедрения метода исследования одноцикловых характеристик растяжения текстильных материалов нагрузкой меньше разрывной в учебный процесс Энгельсского технологического института, филиала, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет им. Гагарина Ю.А.»

26 сентября 2016 г

Комиссия в составе: председателя - зам. зав. кафедрой дизайна и экологии доцента Ковалевой Н.Е. и членов комиссии: доцента Морозовой М.Ю и доцента Полушенко И.Г. составили настоящий акт о том, что метод исследования одноцикловых характеристик растяжения текстильных материалов нагрузкой меньше разрывной, разработанный в диссертационной работе Липатовой Л.А. на тему «Разработка методов оценки и исследование формовочной способности многослойных композиционных текстильных материалов», внедрен в учебный процесс, и с 1 сентября 2014 года используется в лабораторных занятиях дисциплины «Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности» студентов специальности «Конструирование швейных изделий» и «Технология швейных изделий».

Экспресс-метод исследования одноцикловых характеристик растяжения текстильных материалов нагрузкой меньше разрывной позволил значительно сократить время на проведение лабораторных экспериментов студентов, а результаты показывают высокую степень сходимости с результатами по традиционной методике на установке «релаксометр типа стойка». Это позволило углубить и расширить знания студентов в области новых методов исследования текстильных материалов.

Председатель комиссии:  
зам. зав. кафедрой дизайна  
и экологии, доцент  
членов комиссии:

доцент  
доцент

Ковалева Н.Е.

Морозова М.Ю  
Полушенко И.Г.

Приложение Б  
(обязательное)

УТВЕРЖДАЮ

Директор

Энгельского технологического  
института, филиала ФГБОУ ВО  
«Саратовский государственный  
университет им. Гагарина Ю.А.»  
профессор Яковлев А.В.

«05» сентября 2016 г

АКТ

внедрения метода исследования формовочной способности текстильных материалов при повышенной температуре в учебный процесс Энгельского технологического института, филиала, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет им. Гагарина Ю.А.»

05 сентября 2016 г

Комиссия в составе: председателя - зам. зав. кафедрой дизайна и экологии доцента Ковалевой Н.Е. и членов комиссии: доцента Морозовой М.Ю и доцента Полушенко И.Г. составили настоящий акт о том, что метод исследования формовочной способности текстильных материалов при повышенной температуре, разработанный в диссертационной работе Липатовой Л.А. на тему «Разработка методов оценки и исследование формовочной способности многослойных композиционных текстильных материалов», внедрен в учебный процесс, и с 1 сентября 2015 года используется в лабораторных занятиях дисциплины «Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности» студентов специальности «Конструирование швейных изделий» и «Технология швейных изделий».

Метод дает объективную оценку формовочной способности многослойных композиционных текстильных материалов. Внедрение метода в учебный процесс позволило углубить и расширить знания студентов в области новых методов исследования текстильных материалов.

Председатель комиссии:  
зам. зав. кафедрой дизайна  
и экологии, доцент  
членов комиссии:  
доцент  
доцент

Ковалева Н.Е.

Морозова М.Ю  
Полушенко И.Г.

Приложение В  
(обязательное)

Утверждаю  
Генеральный директор  
ООО «КВН СЕРВИС»

Королев Виталий Николаевич



АКТ

внедрения технологии формования деталей одежды на ООО «КВН СЕРВИС», полученной по результатам исследований Липатовой Л.А. на тему «Разработка методов оценки и исследование формовочной способности многослойных композиционных текстильных материалов».

12 сентября 2016 г.

Комиссия в составе: председателя Матвиенко О.В. и членов комиссии: Сидоровой Л.В. и Исаевой О.А. составили настоящий акт о том, что в швейном цеху предприятия ООО «КВН СЕРВИС» внедрена технология формования деталей одежды из композиционных текстильных материалов. Параметры формования определены в научных исследованиях диссертационной работы Липатовой Людмилы Алексеевны на тему «Разработка методов оценки и исследование формовочной способности многослойных композиционных текстильных материалов». Технология внедрена в марте 2016 года и используется до сегодняшнего дня.

Комиссия отмечает, что технология и параметры формообразования обеспечили высокое качество одежды, позволили исключить операцию дублирования прокладочными материалами, изделия из полушерстяных композиционных текстильных материалов в процессе эксплуатации устойчиво сохраняют форму и внешний вид.

Председатель комиссии  
зам. директора

A handwritten signature in blue ink, corresponding to the name O.V. Matvienko.

Матвиенко О.В.

Члены комиссии:  
Главный инженер

A handwritten signature in blue ink, corresponding to the name L.V. Sidорова.

Сидорова Л.В.

Инженер ОТК

A handwritten signature in blue ink, corresponding to the name O.A. Isaeva.

Исаева О.А.

## Приложение Г

(обязательное)




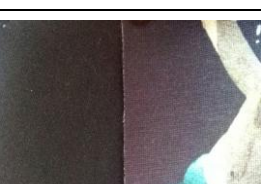
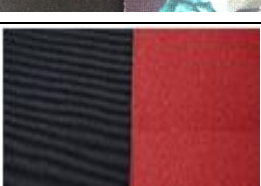
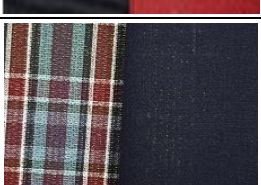


Таблица Г.1 – Ассортимент композиционных текстильных материалов, реализуемых в торговой сети

Артикул КТМ	Изображение КТМ	Структура слоев	Волокнистый состав, %	Производитель
1	2	3	4	5
Курточная ткань арт. 181/1916		Гофрированная ткань	100 Лс	Россия: Балтекс
		Трикотажное полотно	100 ПА	
Костюмная ткань арт. 124/1516		Ткань	50 Люрекс+ 50 ПА	Италия: Balenciaga
		Ткань	100 ВВ	
Двухсторонняя костюмная ткань арт. 065/1116		Ткань	100 ПА	Италия: Agnona
		Ткань	100ПА	
Жаккардовая ткань арт. 074/1116		Ткань	20 Шелк+60 ПА+ 20 Люрекс	Италия: Balenciaga
		Трикотажное полотно	100 ВВ	
Костюмная ткань арт. КМ-15310		Ткань	80 Ш+20 Лс	Турция: Simsek Tekstil
		Ткань	100 Хл	
Костюмная ткань арт. 047/1516		Ткань	85 Ш+15 ПА	Италия: Balenciaga
		Трикотаж	100 Ш	
Пальтовая ткань арт. 154/1916		Ткань	80 Ш+20 Лс	Италия: Agnona
		Ткань	80 Ш+20 Лс	
Пальтовая ткань арт. 062/1916		Ткань	100 Ш	Италия: Agnona
		Ткань	100 Ш	

Продолжение таблицы Г.1

1	2	3	4	5
Пальтовая ткань арт. 080/1516		Ткань	100 Ш	Италия: Agnona
		Ткань	100 Ш	
Пальтовая ткань арт. 126/0116		Ткань	80 Ш+20 ПА	Италия: Balenciaga
		Ткань	80 Ш+20 ПА	
Пальтовая ткань арт. 166/0116		Ткань	70 Ш+30 ПА	Италия: Balenciaga
		Трикотажное полотно «Флис»	100 Лс	
Костюмная ткань арт. КМ- 15350		Ткань	100 Лс	Италия: Balenciaga
		Ткань	100 ВВ	
Пальтовая ткань арт. 165/0815		Ткань	100 Ш	Италия: Agnona
		Ткань	100 Ш	
Костюмная ткань арт. КМ- 15225		Ткань	70 Ш+30 Лс	Италия: Balenciaga
		Трикотажное полотно	100 Хл	
Костюмный твид арт. 100/1516		Ткань	100 Ш, пайетки	Италия: Chanel
		Ткань	100 Ш, пайетки	
Костюмная ткань арт. 142/1514		Ткань	100 Ш	Италия: Zegna
		Ткань	100 Ш	
Двухсторон- ний трикотаж арт. 138/0916		Трикотаж	80 Хл+20 ВВ	Италия: Zegna
		Трикотаж	80 Хл+20 ВВ	
Пальтовая ткань арт. 078/1215		Ткань	100 Лс	Италия
		Трикотаж	100 Хл	

Окончание таблицы Г.1

1	2	3	4	5
Плательное джерси арт. 045/0115		Трикотаж	60 Ш+17 Хл+ 17 ПА+ 6 люрекс	Италия
		Трикотаж	100 ПА	
Плащевая ткань арт. 754/12J		Ткань	95 Лс+5 ПУ	Италия
		Трикотаж	100 ПА	
Плащевая ткань арт. 184/102С		Трикотаж	100 Лс	Корея: Narint Trading
		Пенополиуретан 2 мм	100 ПУ	
		Трикотаж	100 Лс	
Плащевая ткань арт. 104/52С		Трикотаж	100 Хл	Корея: Narint Trading
		Ткань	100 ПА	
Плащевая ткань арт. D485/53P		Ткань	100 Лс	Германия
		Трикотажное полотно «Флис»	100 Лс	
Двухсторонний джинс арт. Ч652 49ДЖ		Ткань	100 Хл	Италия
		Ткань	100 Хл	
Плательная ткань Р 087 8АТ		Ткань «Атлас»	100 Лс	Корея: Narint Trading
		Кружево	100 Лс	
Ткань двусторонняя арт. Ф931/14ВВ		Вельвет	100 Лс	Корея: Narint Trading
		Ткань	100 Лс	

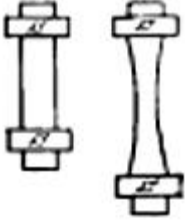
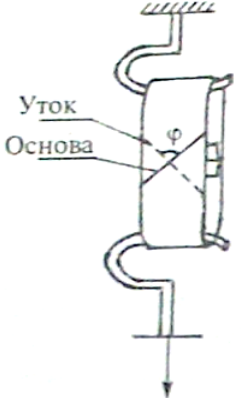
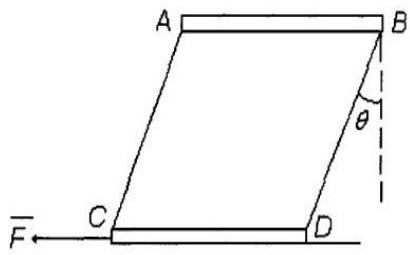
Приложение Д  
(обязательное)

Таблица Д.1 – Систематизация методов определения формовочной способности текстильных материалов

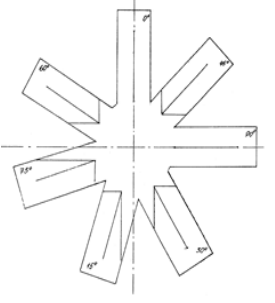
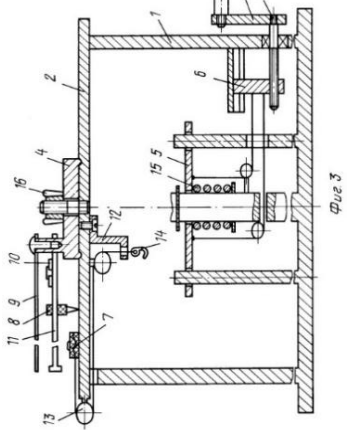
Название метода, источник информации	Объект исследования	Форма, размер проб и направление измерения образца	Критерий оценки	Прибор и приспособления, условия испытания	Схема испытания
1	2	3	4	5	6
<b>Методы, позволяющие определить формовочную способность путем измерения перекоса сетевого угла</b>					
Способ определения формовочной способности текстильного материала [212]	Ткани	Проба круглой формы	<p>Рассчитывают центральный угол сектора окружности шара – <math>\alpha</math> (см.рис.), показатель формовочной способности</p> $K_{\Phi} = \frac{l_{AB}}{l'_{AB}}$	Шар (R=10-15 см), закрепленный на штативе, на поверхности пробы в плоскости фиксируют складку, получают фронтальную проекцию образца, по ней определяют координаты верхней и нижней точек шара и граничных точек	
Одноосное растяжение тканей [193]	Ткани	60*220 мм 45°к нити основы	Величина перекоса сетевого угла	Разрывная машина РТ-250М Р = 1 даН	
Устройство для определения формовочных свойств ткани [213]	Ткани	100*200 мм 45°к нити основы	Величина перекоса сетевого угла	<p>1-платформа 2-образец ткани 3,4-зажимы 5-передача 6-вал электродвигателя 7-тензопреобразователь 8-металлический кожух 9-блок питания 10-кнопка вкл/откл</p>	



Продолжение таблицы Д.1

1	2	3	4	5	6
Способ определения формовочной способности тканей [214]	Ткани	200*50 мм, 45°к нити основы	Экспериментальные зависимости: $\alpha = f(P)$ ; $\varepsilon_{удл} = f(P)$ ; $\varepsilon_{суж} = f(P)$ , где $\alpha$ —угол между нитями основы и утка, град; $\varepsilon_{удл}$ —удлинение пробы ткани, %; $\varepsilon_{суж}$ —сужение пробы ткани, %; P – нагрузка, прикладываемая к пробе.	Разрывная машина РТ-250М P= 0,98-9,8 Н	
Одноосное растяжение тканей [195,196]	Ткани	250*90 мм, 45°к нити основы сшита в кольцо	Величина перекоса сетевого угла, коэффициент формуемости $\varphi'$ $\varphi' = 90 - \varphi$	Груз весом 2 кг t (время) = 1 мин.	
Способ определения формовочных свойств тканей [215]	Ткани	Проба квадратной формы	Величина изменения сетевого угла $\theta$ (град) (до появления диагональной складки), зависимость изменения сетевого угла от усилия сдвига F(Н), работой A(Дж), затрачиваемой на изменение сетевого угла $\theta$ .		

Продолжение таблицы Д.1

1	2	3	4	5	6
Метод оценки формовочной способности тканей [216]	Ткани	Круг с диаметром 170 мм, размеченный через каждые 15°	Величина изменения сетевого угла и изменение линейных размеров образца	Деревянная болванка в виде шарового сегмента; P=0,05Н по всем направлениям, кроме направлений нитей основы и утка; Металлическая линейка или курвиметр, транспорир	
Способ определения формовочной способности текстильных материалов [112]	Ткани	Проба в виде «ромашки»  0°-90°	Величина перекоса сетевого угла и удлинение лепестков пробы	1- стойка; 2-крышка, на которую укладывается проба; 3-вал 4-прижимной диск 5-столик 6-ползун 7-зажимы 8-бегуны 12-направляющие 13-ролики 14-крючки 15-пружина 16-гайка-барашек	
<b>Методы, основанные на измерении геометрических размеров образцов после растяжения или сжатия</b>					
Способ оценки формообразующей способности текстильных материалов [118]	Ткани	пробы 30×140 мм, выкроенные под углами 0, 15, 30, 45, 60, 75 и 90° к продольному направлению материала - проба в форме "ромашки" На пробах нанесена начальная линия длиной 100 мм	Коэффициент формуемости $K_{\phi}$ : $K_{\phi} = (S_{от} + S_{сут})/S_0$ , где $S_{от}$ - площадь фигуры, образованной кривой оттягивания ТМ, кривой первоначальных размеров и осями координат на полярной диаграмме, см <sup>2</sup> ; $S_{сут}$ - площадь фигуры, образованной кривой суживания, кривой первоначальных размеров и осями координат на полярной диаграмме, см <sup>2</sup> ; $S_0$ - площадь фигуры, образованной кривой первоначальных размеров и осями координат на полярной диаграмме, см <sup>2</sup>		

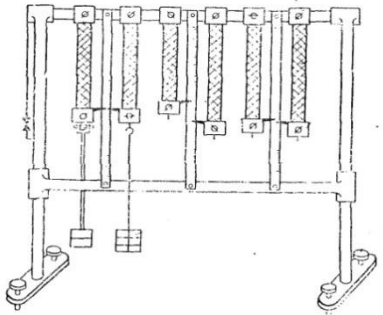
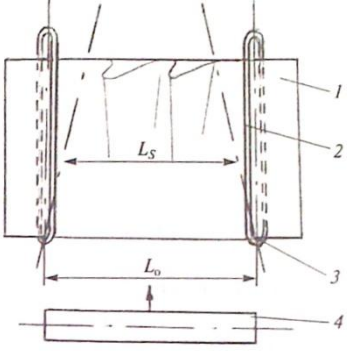
Продолжение таблицы Д.1

1	2	3	4	5	6
<b>Методы, реализующие пространственное деформирование проб</b>					
Способ оценки формовочной способности текстильных материалов [114]	Ткани, трикотажные и нетканые полотна	Проба круглой формы, внешний край которой укрепляется бумажным кольцом или дублируется ТКПМ	Показатель формоустойчивости: $\Delta S_{\text{общ}} = (S - S_0) / S_0 * 100\%$ , где $S_0$ – первоначальная рабочая площадь пробы, $\text{мм}^2$ ; $S$ – рабочая площадь пробы после пространственного деформирования, $\text{мм}^2$ .	Разрывная машина РТ-250М с приспособлением для испытания материалов на продавливание шариком ( $R=25 \text{ мм}$ )	
Метод определения прочности и растяжимости при продавливании шариком [210]	Ткани, трикотажные и нетканые полотна	Проба круглой формы диаметр 60 мм	Показатель разрывной нагрузки по шкале усилий, показатель прогиба пробы по шкале удлинения, растяжимость по таблице ГОСТа по показанию стрелы прогиба.	Разрывная машина РТ-250М с приспособлением для испытания материалов на продавливание шариком ( $R=20 \text{ мм}$ ) 1-верхняя рама, 2-кольцевой зажим, 3-съемный шарик, 4-замочное гнездо, 5-винт, 6-нижняя рама, 7-переходник	
Метод определения прочности и растяжимости при продавливании мембраной [193]	Ткани, трикотажные и нетканые полотна	Проба круглой формы, рабочий диаметр 50 мм	Показатель разрывной нагрузки – величина давления на мембрану, прогиб пробы измеряется индикатором	Продавливание мембраной	

Продолжение таблицы Д.1

1	2	3	4	5	6
<b>Методы, реализующие одноцикловое деформирование проб нагрузкой меньше разрывной</b>					
Способ испытания текстильных материалов при одноцикловом растяжении [201]	Ткани, трикотажные и нетканые полотна	Пробы 25*200 мм, вырезанные по 5 штук по основе, утку и под 45° к нитям основы	<p>Полная деформация пробы материала:  <math>\varepsilon_{\text{пол}} = 100 * (\ell_k - \ell_0) / \ell_0</math>;  Условно упругая деформация:  <math>\varepsilon_y = 100 * (\ell_k - \ell_1) / \ell_0</math>;  Условно-эластическая деформация:  <math>\varepsilon_3 = 100 * (\ell_1 - \ell_2) / \ell_0</math>;  Условно-пластическая деформация:  <math>\varepsilon_n = 100 * (\ell_2 - \ell_0) / \ell_0</math>,  где <math>\ell_k</math> – длина пробы перед разгрузкой, <math>\ell_0</math> – первоначальная длина пробы, <math>\ell_1</math> – длин пробы через 2-5 сек после разгрузки, <math>\ell_2</math> – длин пробы через 20 мин после разгрузки.</p>	<p>Релаксометр типа «стойка», СВЧ ЭМП печь (500*500*1000 мм), измерительная линейка (ГОСТ 17435-72), термopара TP-01  P=15 Н  P = 580-620 Вт  t = 1-1,5 мин  Условия процесса релаксации пробы:  <math>t_{\text{воды начальная}} = 80 \pm 1 \text{ } ^\circ\text{C}</math>  <math>t_{\text{воды конечная}} = 25 \pm 5 \text{ } ^\circ\text{C}</math>  t = 20 мин</p>	
Термомеханический способ [200]	Ткани, трикотажные и нетканые полотна, кожа, пряжа, швейные нити	Круг с d=250 мм	<p>Коэффициент изогнутости нитей:  <math>K = 100 * (L_0 - L_1) / L_1</math>, где K – коэффициент изогнутости нити, %; <math>L_0</math> – длина нити, извлеченной из ткани, мм; <math>L_1</math> – длина нити в структуре ткани, мм.  <math>t_{\text{испытания}} = 20-140 \text{ } ^\circ\text{C}</math></p>	<p>Термокамера представляет собой керамическую трубку (d=68 мм, l=300 мм), нагревательный элемент (<math>t_{\text{max}}=300 \text{ } ^\circ\text{C}</math>), покрытый теплоизоляционным слоем, сверху камеры теплоизоляционная крышка. К верхней крышке крепится термоэлектрический преобразователь. Испытуемый образец закрепляется в верхнем неподвижном зажиме. Индуктивный датчик, подключенный к ЭВМ измеряет деформацию образца. Съемный груз, создает постоянную нагрузку, крепится к нижнему зажиму с помощью съемной штанги.</p>	

Окончание таблицы Д.1

1	2	3	4	5	6
Одноосное растяжение [193]	Ткани и трикотажные полотна	Шерстяные ткани: 25*150 мм Остальные ткани: 25*250 мм Трикотажные полотна: 50*150 мм.	Величина относительной пластической деформации $\varepsilon_{п}$ . $\varepsilon_{п} = 100 * (\ell_1 - \ell_0) / \ell_0$ , где $\ell_0$ – первоначальная длина пробы, $\ell_1$ – длина пробы через 2 ч после разгрузки.	Релаксометр «стойка»	
<b>Методы, реализующие деформацию сжатия проб</b>					
Метод оценки формовочной способности [217]	Ткани	300*300 мм, выкроенная под определенным углом	Процент сутюживания $S$ , %. $S = 100 * (L_0 - L_s) / L_0$ , где $L_0$ – ширина пробы до испытания, мм; $L_s$ – ширина пробы на уровне образования первого замина, мм.	Прибор для определения способности к сутюживанию: 1-проба 2-зажимы 3-оси 4-валик	

## Приложение Е

(обязательное)

**АНКЕТА*****Уважаемый респондент!***

*Наша организация Московский государственный университет дизайна и технологии проводит маркетинговое исследование с целью выявления спроса покупателей на многослойные композиционные текстильные материалы. Просим Вас принять участие в опросе и поставить галочку напротив вашего варианта ответа. Анкета анонимная, фамилию и имя указывать не следует. Благодарим Вас за помощь!*

1. Реализует ли ваша торговая организация многослойные материалы для одежды? а – Да <input type="checkbox"/> ; б – Нет <input type="checkbox"/>
2. Какие многослойные материалы вы реализуете? а – тканые <input type="checkbox"/> ; б – трикотажные <input type="checkbox"/> ; в – композиционные <input type="checkbox"/> ; г – нетканые <input type="checkbox"/> ; д – искусственный мех <input type="checkbox"/> ; е – многослойная искусственная кожа <input type="checkbox"/> ; ж – другое <input type="checkbox"/> .
3. Кто поставщик продукции многослойных материалов? а – отечественные производители <input type="checkbox"/> ; б – импортные из Европы <input type="checkbox"/> ; в – импортные из Азии <input type="checkbox"/> ; г – другой ответ <input type="checkbox"/> .
4. Какой объем поставок? а – малыми партиями <input type="checkbox"/> ; б – средний объем <input type="checkbox"/> ; в – крупными партиями <input type="checkbox"/> ; г – другой вариант <input type="checkbox"/> .
5. Какой спрос на многослойные композиционные текстильные материалы? а – высокий <input type="checkbox"/> ; б – средний <input type="checkbox"/> ; в – низкий <input type="checkbox"/> ; г – другой ответ <input type="checkbox"/> .
6. Какие по волокнистому составу композиционные текстильные материалы предпочитают покупатель? а – шерстяные <input type="checkbox"/> ; б – хлопчатобумажные <input type="checkbox"/> ; в – шелковые <input type="checkbox"/> ; г – льняные <input type="checkbox"/> ; д – смесовые <input type="checkbox"/> .
7. Какая ценовая политика в отношении композиционных текстильных материалов? а – доступные цены <input type="checkbox"/> ; б – дорогие <input type="checkbox"/> ; в – очень дорогие <input type="checkbox"/> ; г – другой ответ <input type="checkbox"/> .
8. Какой ассортимент композиционных текстильных материалов пользуется повышенным спросом у потребителя? а – для одежды <input type="checkbox"/> ; б – декоративно-отделочные портьерные ткани <input type="checkbox"/> ; в – обивочные ткани для мебели <input type="checkbox"/> ; г – другой ответ <input type="checkbox"/> .
9. Какую фактуру и художественно-колористическое оформление композиционных текстильных материалов предпочитают потребители? а – однотонные <input type="checkbox"/> ; б – цветные <input type="checkbox"/> ; в – сочетающие одинаковое цветовое оформление сторон <input type="checkbox"/> ; г – ворсовые <input type="checkbox"/> ; д – набивные <input type="checkbox"/> ; е – пестротканые <input type="checkbox"/> ; ж – с разным цветовым оформлением сторон материала <input type="checkbox"/> ; з – сочетающие разную фактуру сторон КТМ <input type="checkbox"/> ; и – другой ответ <input type="checkbox"/> .
10. Для какого ассортимента одежды потребители покупают композиционные текстильные материалы? а – зимней <input type="checkbox"/> ; б – демисезонной <input type="checkbox"/> ; в – летней <input type="checkbox"/> ; г – вечерней <input type="checkbox"/> ; д – другой ответ <input type="checkbox"/> .
11. Кто вы? Вы оптовая организация <input type="checkbox"/> ; Вы розничная торговая сеть <input type="checkbox"/>

## Приложение Ж

(обязательное)

Таблица Ж.1 – Данные опроса мнения экспертов о значимости показателей качества КТМ

№ п/п	Шифр свойства	Показатели качества	Место требования, присвоенное экспертом									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	X <sub>1</sub>	Формуемость	3	1	1	7	5	1	5	9	5	4
2	X <sub>2</sub>	Формоустойчивость	2	2	3	8	4	4	4	4	4	5
3	X <sub>3</sub>	Разрывная нагрузка при одноосном растяжении	1	3	2	1	1	2	1	1	1	1
4	X <sub>4</sub>	Поверхностная плотность	9	10	7	12	15	10	9	17	8	11
5	X <sub>5</sub>	Растяжимость при пространственном растяжении	5	4	9	2	2	3	3	2	2	3
6	X <sub>6</sub>	Жесткость при изгибе	8	7	8	5	11	6	12	11	11	9
7	X <sub>7</sub>	Составные части полной деформации	6	5	4	6	7	5	6	3	6	6
8	X <sub>8</sub>	Гигроскопичность	11	13	5	14	19	9	10	12	10	10
9	X <sub>9</sub>	Воздухопроницаемость	16	17	10	16	12	17	17	16	16	19
10	X <sub>10</sub>	Стойкость к истиранию	15	15	17	13	16	15	16	15	23	20
11	X <sub>11</sub>	Изменение линейных размеров после мокрой обработки	7	8	11	10	6	7	13	5	7	8
12	X <sub>12</sub>	Художественно-колористическое оформление	14	19	20	18	17	18	21	14	14	16
13	X <sub>13</sub>	Драпируемость	19	14	15	4	10	14	14	13	15	15
14	X <sub>14</sub>	Несминаемость	18	12	6	3	18	12	7	7	12	13
15	X <sub>15</sub>	Разрывная нагрузка при пространственном растяжении	10	9	13	15	9	11	8	6	13	12
16	X <sub>16</sub>	Паропроницаемость	17	24	19	22	23	22	22	25	22	24
17	X <sub>17</sub>	Фактура	25	16	21	17	21	19	25	22	17	18
18	X <sub>18</sub>	Уровень напряженности электрического поля	22	20	24	21	25	20	20	21	24	21
19	X <sub>19</sub>	Тангенциальное сопротивление	23	22	23	23	14	23	23	18	18	17
20	X <sub>20</sub>	Прочность связи между слоями	4	6	12	9	3	8	2	10	3	2
21	X <sub>21</sub>	Устойчивость окраски покрытия к трению	21	18	16	20	13	16	18	24	25	23
22	X <sub>22</sub>	Суммарное тепловое сопротивление	12	11	14	11	8	13	11	8	9	7
23	X <sub>23</sub>	Водопроницаемость	20	23	18	19	24	24	19	20	20	22
24	X <sub>24</sub>	Содержание свободного формальдегида	24	25	22	24	22	21	24	19	19	14
25	X <sub>25</sub>	Осыпаемость нитей	13	21	25	25	20	25	15	23	21	25





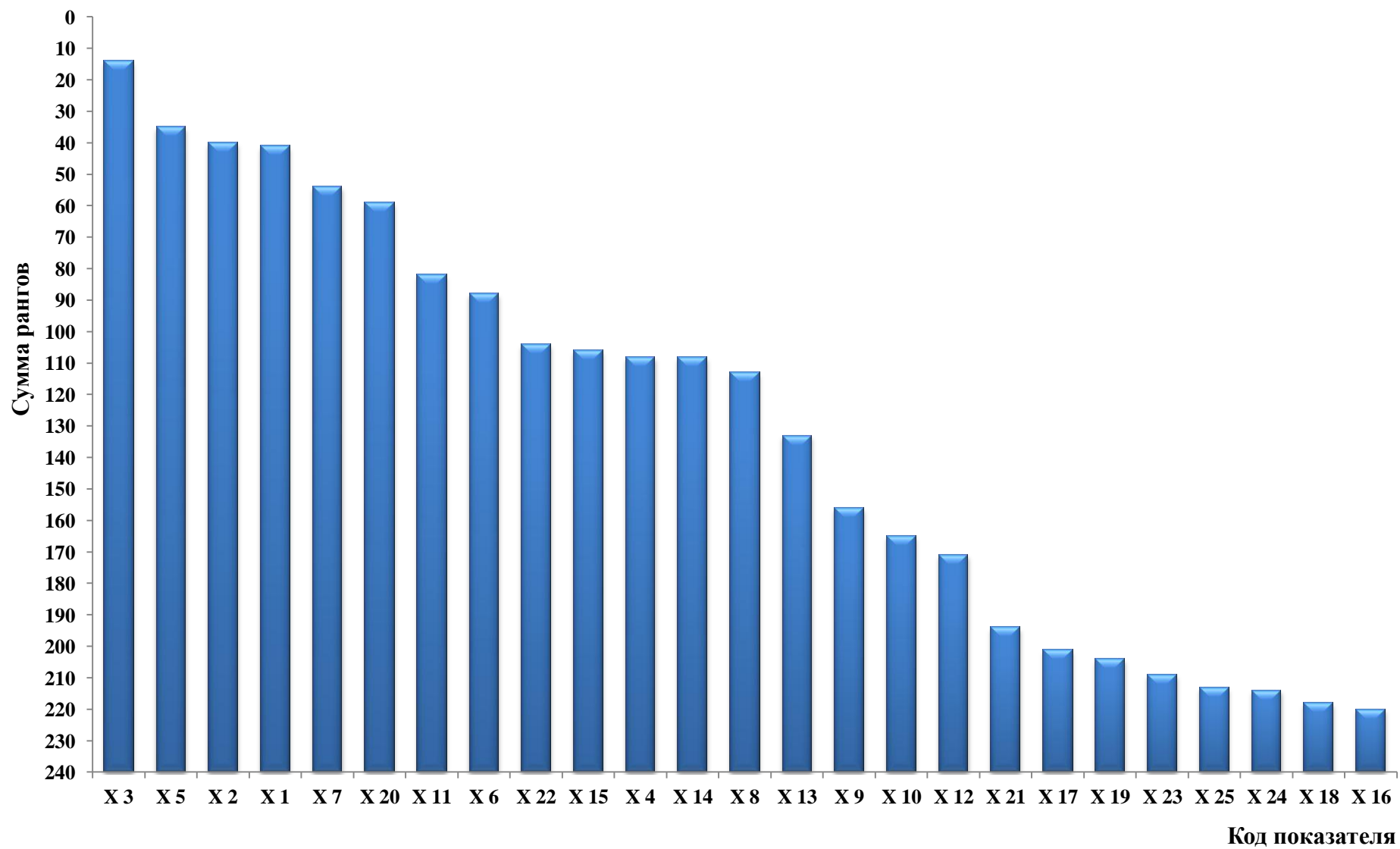


Рисунок Ж.1 – Диаграмма рангов показателей качества КТМ для одежды

Приложение Й  
(рекомендуемое)

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)»

**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛНОЙ ДЕФОРМАЦИИ И ЕЕ  
СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ ПРИ ОДНООСНОМ РАСТЯЖЕНИИ НАГРУЗКОЙ  
МЕНЬШЕ РАЗРЫВНОЙ И ТЕРМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ**

Зав. кафедрой  
Материаловедения  
и товарной экспертизы,  
д.т.н., профессор

Шустов Ю.С.

Аспирантка РГУ им. А.Н. Косыгина

Липатова Л.А.

Москва-2017

## МЕТОДИКА

### **определения полной деформации и ее составных частей при одноосном растяжении нагрузкой меньше разрывной и термическом воздействии**

Настоящая методика устанавливает способ исследования деформационных свойств материалов при одноосном одноцикловом растяжении нагрузкой меньше разрывной, который косвенно позволяет характеризовать формовочную способность текстильных материалов.

#### **1. Основные понятия**

Под *общей деформацией* понимают величину максимального изменения линейных размеров текстильных материалов под действием растягивающей нагрузки.

*Релаксационными* называют процессы, протекающие во времени и приводящие к установлению равновесного состояния материала. Изучая релаксационные процессы, определяют полное удлинение и составные части полной деформации материала.

*Условно упругая часть ( $\ell_y$ ) деформации* – это быстрообратимая часть полной деформации текстильных материалов, которая возникает вследствие появления энергии, вызванной упругим обратимым изменением связей.

*Условно высокоэластическая часть ( $\ell_s$ ) деформации* – это медленно-обратимая, изменяющаяся во времени части полной деформации – обусловлена накоплением энергии в структуре материала по мере действия внешних сил. Этот процесс, протекающий во времени, и приводит к появлению внутренних напряжений, способствующих обратимости высокоэластической части деформации.

*Условно пластическая часть ( $\ell_n$ ) деформации* – это необратимая часть полной деформации, которая появляется в материале вследствие необратимого изменения (нарушения) внешних и внутренних связей.

## **2. Назначение и область применения**

Методика предназначена для определения полной деформации и ее составных частей при одноцикловом одноосном растяжении текстильных материалов нагрузкой меньше разрывной, позволяющей оценить способность текстильных полотен к растяжению, формообразованию и формоустойчивости. Исследование релаксационных процессов, позволяет оценить упругость, за счет проявления условно упругой и условно эластической частей полной деформации, и формоустойчивость – за счет проявления условно пластической необратимой деформации.

Методика предназначена для исследования текстильных материалов, в том числе многослойных композиционных текстильных материалов, с целью последующего учета полученных данных на этапах проектирования, изготовления и эксплуатации швейных изделий.

## **3. Сущность метода**

Сущность метода заключается в определении величины полной деформации и ее составных частей в условиях теплового воздействия, при котором полимерный термопластичный клей размягчается и переходит в высокоэластическое состояние, ослабляя связь полотен многослойных композиционных текстильных материалов, давая возможность структурным элементам, волокнам и нитям, перемещаться относительно друг друга. Кроме того, под действием температуры увеличивается подвижность макромолекул, ослабевают межмолекулярные связи в структуре самого материала, и возрастает способность волокон к деформированию. Результаты исследований достаточно полно и объективно характеризуют формовочную способность и формоустойчивость материалов и изделий в процессе эксплуатации.

## **4. Оборудование и материалы**

1. Прибор для определения составных частей деформации «релаксометр типа стойка» из фторопласта.
2. Прибор для определения составных частей деформации «релаксометр типа стойка» из металла.

3. Грузы-усилия растяжения из фторопласта.
4. Грузы-усилия растяжения из металла.
5. Ножницы.
6. Металлическая линейка с погрешностью не более 0,1 мм.
7. Вспомогательные средства для подготовки проб.
8. Часы.
9. Пульверизатор с водой.
10. Образцы текстильных материалов для испытания.

## **5. Подготовка к проведению испытаний**

5.1. Выкраивают из текстильного материала пробы размером 20x250 мм по 5 штук по основе, утку и под углом 45°.

5.2. Проводят разметку проб с нанесением направлений расположения нитей основы и утка и центра проб, рабочая длина пробы составляет 200 мм.

5.3. Пробы выдерживают в климатических условиях в соответствии с ГОСТ 29104.22-91 в свободном состоянии в течение 24 ч.

## **6. Проведение испытаний**

При проведении испытаний необходимо соблюдать правила техники безопасности работы термонагревательными приборами. Работать только в термозащитных рукавицах.

**6.1. При температурном воздействии.** Исследование деформационных свойств материалов при одноосном одноцикловом растяжении проводят на приборе «релаксометр типа стойка» (рисунок 1) изготовленного из металла 1, с габаритными размерами: высота 500мм, и длина 400 мм.

Испытания при повышенной температуре проводят в термокамере с размерами камеры 500x500x1000 мм. В верхней части термокамеры, имеется отверстие для термометра и кольцо-фиксатор для зажима релаксометра стойки.

Предварительно в верхние зажимы 2 релаксометра стойки 1 по разметке фиксируют пробы 3, а к нижнему концу проб крепят зажим с крючком 4 для фиксации постоянной нагрузки 5.

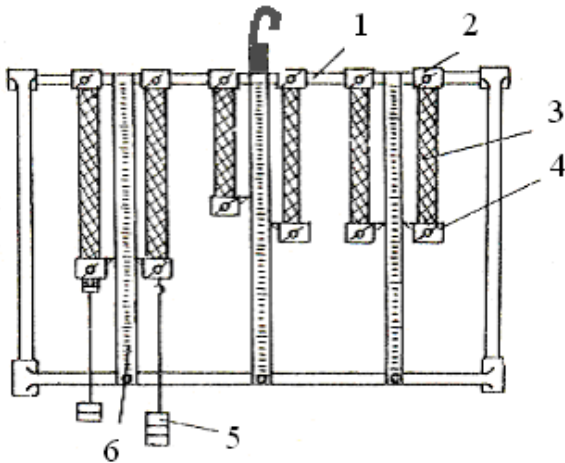


Рисунок 1 – Схема релаксометра типа «стойка» для испытания материалов в режиме постоянного нагружения нагрузкой меньше разрывной

Релаксометр с пробами подвешивают крючком за кольцо-фиксатор в нагретой термокамере. К нижним зажимам 4 проб 3 подвешивают постоянную нагрузку. Шкаф нагревают до температуры  $100\pm 2$ ,  $115\pm 2$ ,  $130\pm 2$  °С. Температуру выбирают с учетом теплофизических свойств адгезивов.

Грузы-усилия постоянной массы 1 кг, 1,5 кг и 2 кг. Нагрузку выбирают с учетом разрывной нагрузки материала при одноосном растяжении, и она должна

составлять  $\sim 1\%$  от разрывной нагрузки. Нагрузку 5 подвешивают за нижний зажим 4 на свешивающийся конец проб 3. Пробы выдерживают под воздействием температуры и нагрузки в течение 120 мин. Измерение деформации (удлинения) пробы в ходе эксперимента осуществляют по шкале измерительной линейки 6 (ГОСТ 17435-72) с помощью стрелки, закрепленной на нижнем зажиме пробы, и отмечают начальную точку для отсчета полной деформации проб. По истечении заданного времени длину пробы под нагрузкой, для расчета полной деформации проб по формуле (1):

$$\varepsilon_{\text{пол}} = 100 (\ell_k - \ell_0) / \ell_0, \quad (1)$$

где  $\ell_k$  – длина пробы перед разгрузкой, мм;

$\ell_0$  – первоначальная длина пробы, мм.

Затем пробу разгружают, измеряют ее длину и определяют величину условно упругой составляющей полной деформации по формуле (2):

$$\varepsilon_y = 100 (\ell_k - \ell_1) / \ell_0, \quad (2)$$

где  $\ell_1$  – длина пробы через  $5\pm 2$  сек после разгрузки, мм.

Элементарную пробу текстильного материала продолжают выдерживать в ненагруженном состоянии в течение  $120\pm 1$  мин, вновь измеряют длину пробы и определяют величину условно эластической и условно пластической деформаций по формулам (3) и (4):

$$\varepsilon_s = 100 (\ell_1 - \ell_2) / \ell_0, \quad (3)$$

$$\varepsilon_n = 100 (\ell_2 - \ell_0) / \ell_0, \quad (4)$$

где  $\ell_2$  – длина пробы через 120 мин после разгрузки, мм.

Полную деформацию и ее составные части оценивают как среднее арифметическое из 5 испытаний по основе, утку и под углом  $45^\circ$  к нитям основы.

Таким образом, испытания проводят по аналогии со стандартной методикой ГОСТ 29104.22-91, за исключением измененных условий деформирования.

**6.2. Экспресс-метод определения величины полной деформации и ее составных частей в условиях СВЧ ЭМП воздействия.** Для реализации метода используют СВЧ печь, магнетрон которой работает на частоте 24-50 МГц, мощность генератора 1000 Вт, размер камеры 500x500x1000 мм. Приспособление «Релаксометр типа стойка», грузы массой 1 кг, 1,5 кг и 2 кг, крепежные устройства и измерительные линейки изготовлены из фторопласта, устойчивого к воздействию СВЧ ЭМП.

После кондиционирования (ГОСТ 10681-75) образцы проб 3 фиксируют в верхний неподвижный зажим 2 релаксометра стойки 1 (рисунок 1) и помещают в камеру установки СВЧ ЭМП. На нижний конец проб 3 фиксируют зажим 4, к которому подвешивают растягивающий груз-усилие  $\sim 1\%$  от разрывной нагрузки. После закрытия двери СВЧ камеры, задают параметры испытания: мощность СВЧ ЭМП – 580-620 Вт, время 1,5-2 мин. Измерение деформации проб осуществляют по шкале измерительной линейки 6, соединенной с пробой через передаточный механизм, закрепленный на нижнем зажиме проб.

По истечении заданного времени измеряют длину проб под нагрузкой –  $\ell_k$ . Затем пробу разгружают, и вновь измеряют ее длину пробы в течение  $5 \pm 2$  сек –  $\ell_1$ . Элементарную пробу текстильного материала продолжают выдерживать в ненагруженном состоянии в течение  $120 \pm 1$  мин, и вновь измеряют длину пробы  $\ell_2$ .

Полную деформацию и ее составные части оценивают как среднее арифметическое из 5 испытаний по основе, утку и под углом  $45^\circ$  к нитям основы.

## 7. Обработка результатов.

Полную деформацию и ее компоненты рассчитывали по формулам (1-4).

Приложение К  
(справочное)

Таблица К.1 – Растяжимость тканей при продавливании пальцем  $d=20$  мм

Целая часть "стрелы прогиба" высоты пробы, мм	Растяжимость, %									
	Дробная часть "стрелы прогиба" высоты пробы, мм									
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	0,0	0,013	0,013	0,026	0,051	0,08	0,12	0,16	0,21	0,28
1	0,33	0,41	0,5	0,58	0,69	0,80	0,91	1,0	1,2	1,3
2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,1	2,3	2,5	2,8	3,0	3,1
3	3,5	3,7	4,0	4,3	4,6	4,8	5,2	5,5	5,8	6,1
4	6,5	6,9	7,2	7,6	8,0	8,4	8,8	9,3	9,7	10,2
5	10,7	11,2	11,6	12,1	12,7	13,2	13,8	14,3	14,9	15,5
6	16,0	16,7	17,3	17,9	18,6	19,2	19,9	20,6	21,3	22,0
7	22,7	23,4	24,3	25,1	25,9	26,6	27,4	28,2	29,0	29,8
8	30,6	31,5	32,4	33,3	34,2	35,1	36,0	36,9	37,8	38,7
9	39,6	40,5	41,5	42,5	43,5	44,5	45,5	46,5	47,5	48,6
10	49,6	50,7	51,8	52,9	54,0	55,0	56,1	57,2	58,3	59,4
11	60,5	61,7	62,8	64,0	65,2	66,4	67,5	68,7	69,9	71,0
12	72,1	73,3	74,5	75,7	76,9	78,2	79,4	80,6	81,9	83,1
13	84,3	85,6	86,9	88,2	89,5	90,8	92,0	93,3	94,6	95,8
14	97,0	98,3	99,6	100,8	102,1	103,4	104,7	106,0	107,4	108,7
15	110,0	111,3	112,6	113,9	115,3	116,6	117,9	119,2	120,6	121,9
16	123,2	124,6	125,9	127,3	128,7	130,0	131,4	132,9	134,2	135,5
17	136,7	138,1	139,4	140,8	142,2	143,5	144,9	146,2	147,6	149,0
18	150,4	151,7	153,1	154,5	155,8	157,2	158,6	160,0	161,4	162,7
19	164,1	165,4	166,9	168,3	169,6	171,0	172,4	173,8	175,2	176,6
20	178,0	179,3	180,7	182,1	183,5	184,9	186,3	187,7	189,1	190,5
21	191,9	193,9	194,7	196,1	197,5	198,9	200,3	201,7	203,1	204,5
22	205,9	207,3	208,7	210,1	211,5	212,9	214,3	215,7	217,1	218,5
23	219,9	221,3	222,7	224,2	225,6	227,0	228,4	229,8	231,3	232,7
24	234,0	235,5	236,9	238,3	239,7	241,2	242,6	244,0	245,4	246,8
25	248,2	249,6	251,0	252,5	253,9	255,3	256,7	258,1	259,6	261,0
26	262,3	263,8	265,2	266,7	268,1	269,5	270,9	272,3	273,8	275,2
27	276,5	278,0	279,4	280,9	282,3	283,7	285,1	286,5	288,0	289,4
28	290,7	292,2	293,6	295,0	296,4	297,8	299,3	300,7	302,1	303,5
29	304,9	306,4	307,8	309,2	310,7	312,2	313,6	315,0	316,5	318,0
30	319,2	320,8	322,2	323,6	325,0	326,4	327,9	329,3	330,7	332,1
31	333,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Примечание – Показатель растяжимости тканей следует находить на пересечении целого и дробного значения стрелы прогиба под нагрузкой или высоты пробы после снятия нагрузки и после отдыха. Если при испытании тканей "стрела прогиба" более 31 мм, увеличение поверхности элементарной пробы в процентах вычисляют по формуле:  $F = 14,2f - 106,7$ .



Приложение Л  
(рекомендуемое)

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)»

**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФОРМУЕМОСТИ И  
ФОРМОУСТОЙЧИВОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ  
ПРОСТРАНСТВЕННОМ РАСТЯЖЕНИИ И ТЕРМИЧЕСКОМ  
ВОЗДЕЙСТВИИ**

Зав. кафедрой  
Материаловедения  
и товарной экспертизы,  
д.т.н., профессор

Шустов Ю.С.

Аспирантка РГУ им. А.Н. Косыгина

Липатова Л.А.

Москва-2017

## **МЕТОДИКА**

### **определения формуемости и формоустойчивости текстильных материалов при пространственном растяжении и термическом воздействии**

Настоящая методика устанавливает способ определения формуемости и формоустойчивости текстильных материалов при пространственном деформировании в условиях температурного воздействия и увлажнения. Полученные результаты достаточно объективны, так как условия проведения испытаний максимально приближены к условиям формования деталей одежды на практике.

#### **1. Основные понятия**

Под формуемостью понимают способность текстильного материала образовывать пространственную форму.

Под формоустойчивостью понимают способность сохранять заданную форму в условиях формования и эксплуатации изделия.

Под общей деформацией понимают величину максимального изменения линейных размеров текстильных материалов под действием растягивающей нагрузки.

Под остаточной деформацией понимают составляющую часть полной деформации, которая является необратимой и возникает в результате смещения макромолекул волокнообразующих полимеров на большие расстояния.

#### **2. Назначение и область применения**

Методика предназначена для определения формуемости и формоустойчивости текстильных материалов, в том числе многослойных композиционных текстильных материалов, при пространственном деформировании с целью последующего учета полученных данных на этапах проектирования, изготовления и эксплуатации швейных изделий.

### 3. Сущность метода

Сущность метода заключается в определении величины общей и остаточной величины прогиба объемной формы (выпуклости), полученной при пространственном деформировании в условиях температурного воздействия и увлажнения. Общая стрела прогиба характеризует формуемость текстильного материала, остаточная – формоустойчивость.

### 4. Оборудование и материалы

1. Палец с нагревательным элементом. Конструкция пальца с нагревательным элементом (рисунок 1), имеет диаметр полого канала – 10 мм, глубина – 100 мм, длина рабочей части пальца – 105 мм. Закрытый конец пальца выполнен в форме полукруга радиусом – 10 мм, имитируя поверхность шара диаметром – 20 мм вставленного в винт как в ГОСТ 29104.8-91. В канале пальца имеется резьба, с помощью которой фиксируется ввинчивающийся трубчатый электронагреватель с регулятором температуры (температурный режим изменяется от 80 до 200 °С), например, марки ТЭНБ или другой подходящий нагревательный элемент.

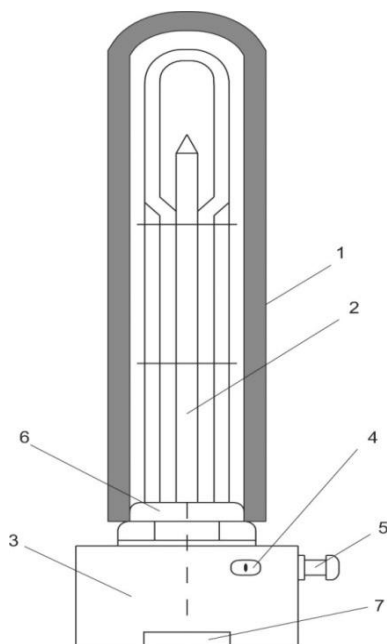


Рисунок 1. Конструкция пальца с нагревательным элементом:  
1 – цилиндрический палец, 2 – электронагреватель, 3 – головка, 4 – терморегулятор, 5 – гнездо кабеля, 6 – резьба для пальца, 7 – резьба для фиксации

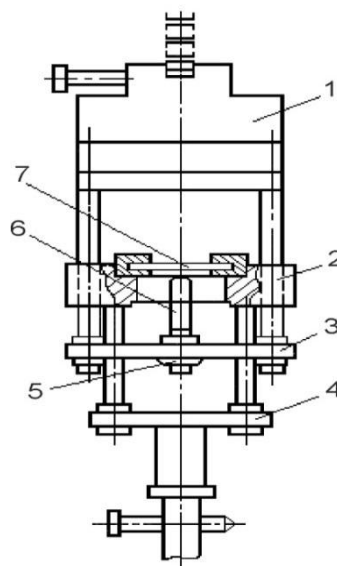


Рисунок 2. Приспособление для пространственного растяжения текстильных материалов: 1 – верхняя рама; 2, 3 – колодки; 4 – нижняя рама; 5 – винт фиксации; 6 – палец цилиндрический с электронагревателем, 7 – кольцевой зажим с пробой

2. Приспособление для пространственного растяжения текстильных материалов. Палец в сборе вставляется в гнездо колодки 3 верхней рамы 1 приспособления (рисунок 2), и прочно фиксируется с помощью винта 5.

Допускается использовать другие специальные устройства, обеспечивающие пространственное растяжение полусферой (шариком) текстильных материалов под воздействием температуры.

3. Разрывная машина РТ-250М.

4. Измерительное приспособление с металлической линейкой, соответствующей ГОСТ 427-755.

5. Вспомогательные средства для подготовки проб к испытанию (мел, ножницы, шаблон в виде круга диаметром внешним 60 мм и внутренним кругом диаметром 25 мм).

6. Пульверизатор с водой.

7. Образцы текстильных материалов для испытания.

## **5. Подготовка к проведению испытаний**

5.1. Отбор проб проводят в соответствии с ГОСТ 20566-75.

5.2. Из текстильного материала подготавливают 5 проб диаметром 60 мм, на которые наклеивают бумажные кольца или дублируют кольцом из клеевого прокладочного материала внутренним диаметром 25 мм и внешним 60 мм, для устранения эффекта скольжения пробы в устройстве при испытании.

5.3. Пробы выдерживают в климатических условиях в соответствии с ГОСТ 10681-75 в свободном состоянии в течение 24 ч.

## **6. Проведение испытаний**

6.1. Подготовленную пробу фиксируют в кольцевой зажим 7 (рисунок 2), который устанавливают в колодку 2 нижней рамы приспособления для пространственной деформации материала, аналогично ГОСТ 8847-85 и ГОСТ 29104.8-91. Приспособление в сборе устанавливается в зажимы разрывной машины РТ-250М. Скорость опускания нижней рамы  $50 \pm 5$  мм/мин.

По шкале «усилие» регистрируют величину прикладываемой нагрузки, а по шкале «удлинение» оценивают величину прогиба пробы  $f$ , мм.

Пробу перед испытанием увлажняют водой или любым другим пластифицирующим раствором из расчета 10% от массы пробы.

Цилиндрический палец нагревают до требуемой температуры, на  $10 \pm 5^\circ\text{C}$  выше температуры плавления адгезива.

Палец перед испытанием устанавливается таким образом, чтобы его центр касался элементарной пробы только в одной точке. Приводится в движение нижняя рама приспособления, установленного на разрывной машине. В момент достижения заданной нагрузки  $X, \%$  от разрывной нагрузки, которую отмечают по шкале нагрузок, с относительной погрешностью измерения нагрузки  $\pm 1\%$ , разрывную машину останавливают и фиксируют стрелу прогиба  $f$  по шкале «удлинение» разрывной машины с точностью до 0,1 мм.

После снятия нагрузки изучают релаксационные процессы с помощью устройства и измерительной металлической линейки ГОСТ 427-75. Измеряют высоту прогиба пробы, оценивая зафиксированную деформацию пробы после отдыха в течение 1 часа –  $f_1$ , мм.

Для объективной оценки формоустойчивости, пробу помещают в активную среду, например, подвергают увлажнению до 100% содержания влаги, с последующей сушкой до постоянной массы, имитируя условия эксплуатации швейных изделий. После воздействия активной среды и сушки, при которых протекают релаксационные процессы, с помощью измерительного приспособления фиксируют высоту прогиба пробы –  $f_2$ , мм.

## 7. Обработка результатов

7.1. Формуемость и формоустойчивость композиционных текстильных материалов оценивают по изменению площади пробы при объемно-пространственном растяжении.

Формуемость характеризуют растяжимостью, %, и различают:

Технологическую  $F_{\text{техн}}$ , %, т. е. растяжимость, зафиксированную под нагрузкой. Рассчитывают по формулам (1) и (2):

$$F_{\text{техн}} = 13,7 f - 87,5, \%, \text{ при высоте прогиба до } 30 \text{ мм}; \quad (1)$$

$$F_{\text{техн}} = 14,2 f - 106,7, \%, \text{ при высоте прогиба более } 30 \text{ мм}. \quad (2)$$

Фиксированную  $F_{\text{фиксир}}$ , %, т. е. растяжимость, зафиксированную после снятия нагрузки и отдыха. Рассчитывают по формулам (3) и (4):

$$F_{\text{фиксир}} = 13,7 f_1 - 87,5, \%, \text{ при высоте прогиба до } 30 \text{ мм}; \quad (3)$$

$$F_{\text{фиксир}} = 14,2 f_1 - 106,7, \%, \text{ при высоте прогиба более } 30 \text{ мм}. \quad (4)$$

Эксплуатационную  $F_{\text{экспл}}$ , %, т. е. растяжимость, зафиксированную после 100% увлажнения, сушки и отдыха. Рассчитывают по формулам (5) и (6):

$$F_{\text{экспл}} = 13,7 f_2 - 87,5, \%, \text{ при высоте прогиба до } 30 \text{ мм}; \quad (5)$$

$$F_{\text{экспл}} = 14,2 f_2 - 106,7, \%, \text{ при высоте прогиба более } 30 \text{ мм}. \quad (6)$$

Коэффициент формоустойчивости  $K_{\phi}$ , %, рассчитывают по формуле (7):

$$K_{\phi} = 100 \cdot F_{\text{экспл}} / F_{\text{фиксир}}, \quad (7)$$

Для оценки растяжимости текстильных материалов по величине прогиба также можно использовать данные ГОСТ 29104.8-91, которые представлены в таблице К.1 приложения К.

По показателям растяжимости текстильные материалы имеют следующую градацию формовочной способности:

Формовочная способность	Растяжимость технологическая, %	Формоустойчивость, %
хорошая	Более 200	Более 70
средняя	от 100 до 200	30-70
плохая	до 100	до 30