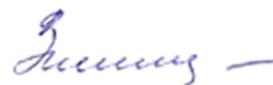


ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
КОСТРОМСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ (КГУ)

*На правах рукописи*



**ЗИМИНА МАРИНА ВАЛЕРЬЕВНА**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИК ОЦЕНКИ И ИССЛЕДОВАНИЕ  
СВОЙСТВ СИСТЕМ МАТЕРИАЛОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ КАЧЕСТВО  
АДАПТИВНОЙ ОДЕЖДЫ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ  
ДВИГАТЕЛЬНЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ**

Специальность 2.6.16 – Технология производства изделий  
текстильной и легкой промышленности

Научный руководитель:  
доктор технических наук, доцент  
Чагина Л.Л.

**Диссертация**  
на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Кострома  
2024

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА ПРОЕКТИРОВАНИЯ АДАПТИВНОЙ ОДЕЖДЫ.....	10
1.1 Аналитический обзор научных исследований в области проектирования адаптивной одежды.....	10
1.2 Анализ ассортимента и производителей адаптивной одежды...	14
1.3 Современные материалы, применяемые для изготовления адаптивной одежды.....	20
Выводы по первой главе.....	24
2. ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ИСЛЕДОВАНИЯ.....	27
2.1 Выявление особенностей конструкторско-технологических решений адаптивной одежды.....	27
2.2 Анализ возможностей изготовления адаптивной одежды с использованием экосырья.....	31
2.3 Характеристика объектов исследования.....	35
Выводы по второй главе.....	37
3. ВЫЯВЛЕНИЕ ЗНАЧИМЫХ СВОЙСТВ СИСТЕМ МАТЕРИАЛОВ АДАПТИВНОЙ ОДЕЖДЫ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ДВИГАТЕЛЬНЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ.....	38
3.1 Анализ требований к одежде для людей с ограниченными двигательными возможностями.....	38
3.2 Методы для разработки номенклатуры показателей качества продукции.....	43
3.3 Построение иерархической структуры свойств материалов, определяющих качество адаптивной одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями.....	44
Выводы по третьей главе.....	51

4. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИК ОЦЕНКИ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ СИСТЕМ МАТЕРИАЛОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ КАЧЕСТВО АДАПТИВНОЙ ОДЕЖДЫ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ДВИГАТЕЛЬНЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ.....	52
4.1 Разработка методики исследования стабильности структуры текстильных материалов при многоцикловом растяжении.....	52
4.2 Оценка показателей паропроницаемости систем материалов для адаптивной одежды.....	57
4.3 Экспериментальные исследования устойчивости к истиранию материалов для адаптивной одежды.....	65
4.4 Построение методики и исследование водозащитных свойств материалов, используемых для изготовления адаптивной одежды.....	68
4.5 Разработка методики автоматизированной оценки загрязняемости текстильных материалов.....	77
4.6 Совершенствование методики и исследование жесткости при изгибе материалов для верхней адаптивной одежды.....	82
4.7 Определение разрывных характеристик систем материалов для адаптивной одежды.....	90
4.8 Разработка методики и исследование устойчивости окраски текстильных материалов.....	96
Выводы по четвертой главе	104
5. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ АДАПТИВНОЙ ОДЕЖДЫ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ДВИГАТЕЛЬНЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ.....	106
5.1 Создание информационной модели процесса проектирования адаптивной одежды в системе «свойства материалов – адаптивное изделие» для людей с ограниченными	106

двигательными возможностями.....	
5.2 Разработка методики комплексной оценки качества систем материалов для адаптивной одежды.....	110
5.3 Разработка рекомендаций по проектированию адаптивной одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями с учетом свойств материалов.....	118
5.4 Расчет экономической эффективности использования предлагаемого пакета материалов для изготовления адаптивных изделий.....	123
Выводы по пятой главе.....	126
ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ.....	128
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	130
Приложение А.....	149
Приложение Б.....	150
Приложение В.....	151
Приложение Г.....	152
Приложение Д.....	153
Приложение Е.....	154
Приложение Ж.....	155

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Проблема интеграции людей с ограниченными возможностями здоровья во все сферы жизни является стратегической задачей государства. По данным Всемирной организации здравоохранения в Российской Федерации зафиксировано порядка 13 млн. людей с той или иной формой инвалидности, порядка 350 тыс. человек – маломобильные граждане, передвигающиеся при помощи технических средств.

На сегодняшний день Правительство утвердило план мероприятий по комплексной реабилитации людей с инвалидностью до 2025 года, для выполнения которых действует программа «Доступная среда», направленная на социализацию и повышение качества жизни людей с ограниченными возможностями здоровья. В соответствии с одним из пунктов данной программы, а также приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 13.02.2018 года № 086н и Распоряжением правительства № 2347-р каждый человек с инвалидностью должен быть обеспечен конкурентоспособной одеждой для реабилитации и абилитации.

Создание адаптивной одежды с высокими потребительскими свойствами обеспечивает расширение ассортимента отечественной продукции и соответствует приоритетным задачам государственной политики с направленностью на импортозамещение.

При разработке адаптивной одежды важное значение имеют специфические условия эксплуатации изделий и жизнедеятельности людей с ограниченными возможностями здоровья, а также материалы и их свойства. При этом для некоторых категорий, в частности, людей с ограниченными двигательными возможностями (ОДВ), качественные характеристики материалов являются определяющими.

Отсутствие системного подхода к проектированию адаптивных изделий с учетом свойств материалов и особенностей жизнедеятельности людей с ОДВ приводит к получению продукции, не отвечающей требованиям, предъявляемых к одежде исследуемого контингента. Поэтому проблема совершенствования

процесса проектирования адаптивной одежды, основанного на выявлении рациональных систем материалов, исследовании свойств с использованием методик, учитывающих условия эксплуатации адаптивной одежды, является актуальной.

**Степень разработанности темы исследования.** Научные исследования, направленные на проектирование адаптивной одежды для людей с ограниченными возможностями здоровья в нашей стране ведутся с 70-х годов прошлого столетия. Наиболее значимые результаты по данной тематике представлены в работах А.А. Бикбулатовой, Л.А. Сафиной, Э.А. Хамматовой, Е.Я. Сурженко, А.В. Абрамова, Н.А. Коробцевой., Е.Г. Андреевой, а также в исследованиях, выполненных под руководством И.А. Петросовой, А.В. Голубчиковой, Н.Ю. Савельевой и др.

**Целью диссертационной работы** является повышение качества адаптивной одежды для людей с ОДВ за счет совершенствования процесса проектирования в результате учета специфических условий эксплуатации и свойств материалов при создании адаптивных изделий.

Для достижения цели решены следующие **задачи**:

- проведен анализ научных исследований по тематике проектирования адаптивной одежды;
- изучены нормативные документы, существующий ассортимент, применяемые материалы, специфические особенности конструирования и технологии изготовления адаптивной одежды;
- разработана номенклатура наиболее значимых свойств материалов для верхней адаптивной одежды людей с ОДВ;
- усовершенствованы существующие методы исследования и выполнены экспериментальные исследования свойств систем материалов, определяющих качество верхней адаптивной одежды для людей с ОДВ;
- разработана структурно-информационная модель процесса проектирования одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями в системе «свойства материалов – адаптивное изделие»,

базирующаяся на целенаправленном регулировании качества готовых изделий в результате учета специфических условий эксплуатации и свойств систем материалов при создании адаптивных изделий;

– предложена методика комплексной оценки качества систем материалов для изготовления адаптивной одежды для людей с ОДВ;

– разработаны рекомендации по практическому использованию результатов исследований при проектировании адаптивной одежды и осуществлено внедрение результатов научных исследований на производственных предприятиях и в учебном процессе.

**Научная новизна работы включает** следующие основные положения:

– выявлены специфические особенности конфекционирования материалов, конструирования и технологии изготовления адаптивной одежды для людей с ОДВ;

– предложена номенклатура наиболее значимых свойств материалов, определяющих качество адаптивной одежды для людей с ОДВ;

– разработаны новые и усовершенствованы существующие методики исследования свойств материалов за счет приближения условий испытаний к процессу эксплуатации исследуемого ассортимента изделий;

– получены новые сведения о показателях наиболее значимых свойств и выявлены рациональные системы материалов для адаптивной одежды людей с ОДВ;

– получены уравнения для прогнозирования свойств систем материалов, позволяющие оценить кинетику изменения исследуемых показателей;

– разработана структурно-информационная модель процесса проектирования одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями в системе «свойства материалов – адаптивное изделие».

**Практическая значимость**

– предложены рекомендации практического использования результатов исследований по конфекционированию материалов для адаптивной одежды и выбору конструктивных характеристик с учетом свойств систем материалов;

– разработана и внедрена в практику научных исследований и учебный процесс программа для ПЭВМ «Экспресс-оценка цветостойкости»;

– внедрены в производство результаты экспериментальных исследований на предприятиях «Термопол» г. Москва и «Рустехимпорт» г. Кострома.

**Методы и средства исследований.** В работе использованы теоретические, аналитические и экспериментальные методы исследования, применены текстовые и графические средства OS MS Windows, MatLab и авторское программное обеспечение. Обработка изображений осуществлялась с помощью программ Photoshop, Paint.

**Апробация результатов работы.** Материалы диссертации доложены и отмечены дипломами на следующих научных конференциях: Международный научный форум обучающихся «Молодежь в науке и творчестве» (г. Гжель, 2021), диплом I степени; I Всероссийская конференция ученых, аспирантов и студентов с международным участием «Новации в процессах проектирования и производства изделий легкой промышленности» (г. Казань, 2023), диплом I степени; Международная науч. тех. конф. «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности» (г. Москва, РГУ им. А.Н. Косыгина, 2020, 2023), I степени; Всероссийская науч. практ. конф. «Научные исследования и разработки в области дизайна и технологий» (г. Кострома, 2021, 2022, 2023); XVII Всероссийская науч. практ. конф. с элементами научной школы для студентов и молодых ученых «Новые технологии и материалы легкой промышленности» (г. Казань, 2021, 2023); Международная науч. тех. конф. «Лёгкая промышленность: проблемы и перспективы» (г. Омск, 2021, 2022); Международная науч. практ. конф. «Фундаментальные и прикладные научные исследования в области инклюзивного дизайна и технологий: опыт, практика и перспективы» (г. Москва, РГУ им. А.Н. Косыгина, 2022); Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX-2022); Международная науч. конф., посвященная 75-летию со дня рождения проф. А.П. Жихарева (Москва, 2023); IX Международная науч. практ. конф. (Москва, РГУ им. А.Н. Косыгина 2023), Международная

науч. тех. конф. «Инновации в текстиле, одежде, обуви» (Республика Беларусь, ВГТУ, 2023).

**Публикации.** Результаты диссертационной работы опубликованы в 26 печатных работах, из них 9 статей в рецензируемых научных изданиях из «Перечня ВАК Министерства образования и науки РФ», включая 4 статьи в журналах, цитируемых в международных базах научного цитирования «Scopus», 16 статей в журналах и сборниках научных трудов, свидетельство на программное обеспечение "Экспресс-оценка цветостойкости".

**Личное участие автора** состоит в обосновании темы, постановке цели, задач и программы исследований, в самостоятельной разработке методов оценки свойств систем материалов, выполнении научных экспериментов, обработке полученных результатов, в получении выводов по работе. Соискателем лично подготовлены публикации по основным материалам исследований.

**Область исследования.** Работа выполнена в соответствии с Паспортом научной специальности 2.6.16 – Технология производства изделий текстильной и легкой промышленности п. 2 в части «прогнозирование показателей свойств и качества материалов и изделий текстильной и легкой промышленности (ИТЛП)», п.15 в части «разработка процессов оценки качества ИТЛП и оценки свойств материалов в цифровой и реальной среде», п. 29 в части «управление качеством материалов и ИТЛП».

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения и списка использованной литературы, включающего 164 наименования. Работа изложена на 155 страницах, из них 7 приложений на 7 страницах, содержит 38 рисунков, 35 таблицы, 22 формулы.

# ГЛАВА 1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА ПРОЕКТИРОВАНИЯ АДАПТИВНОЙ ОДЕЖДЫ

## 1.1 Аналитический обзор научных исследований в области проектирования адаптивной одежды

Проблема адаптации людей с ограниченными возможностями здоровья во все сферы жизни является стратегической задачей государства. Для решения этой задачи разработана и принята программа «Доступная среда» [1,2], которая направлена в первую очередь на социализацию и повышение качества жизни людей с ограниченными возможностями здоровья. Одним из пунктов выполнения данной программы является обеспечение людей с инвалидностью конкурентоспособной одеждой для реабилитации и абилитации, а также для повышения качества жизни [3–6].

Адаптивная одежда – это особый вид одежды, предназначенный для людей с ограниченными возможностями здоровья. Она должна отличаться специфическими особенностями конструкции, тщательно подобранными системами материалов, удобством в эксплуатации [7–9]. Одним из требований к адаптивной одежде также является обеспечение удобства людей с ограниченными возможностями здоровья во всех сферах жизнедеятельности, таких как быт, труд, отдых и др. [10,11]. Данный элемент адаптации является важным условием создания безбарьерной, психологически комфортной, безопасной среды для людей с ограниченными возможностями и необходимым условием построения эффективной системы реабилитации и успешного возвращения людей с инвалидностью к трудовой деятельности и в социум. Качество жизни людей с ограниченными возможностями здоровья во многом зависит от одежды, которая должна отвечать ряду требований и соответствовать системе «человек с инвалидностью – одежда – окружающая среда» [12].

В ФНЦРИ им. Г.А. Альбрехта г. Санкт-Петербург с 80-х годов XX века ведут разработки одежды для людей с инвалидностью, первоначально для

категории с отсутствием конечностей, позднее и для других категорий людей с ограничениями в самообслуживании [13].

В Российском государственном университете имени А.Н. Косыгина последние десять лет ведутся исследования в области инклюзивного дизайна. А.В. Голубчикова определила область дизайн-проектирования различных текстильных средств реабилитации для детей. На основе проведенной систематизации информации о нарушениях работы систем организма ребенка и их социальных последствиях, сформулированы объекты воздействия дизайна и целевые функции технических средств реабилитации для детей с ограниченными возможностями здоровья [14]. В научной работе приведена классификация текстильных средств реабилитации, представлена методология их дизайна.

В научном труде А.А. Бикбулатовой предложены методы проектирования специализированной одежды, в частности метод компенсации утраченных функций, метод коррекции, метод маскировки дефектов, метод антропологического соответствия, учитывающие особенности отклонений в состоянии здоровья потребителей. Разработаны технические решения реабилитационной одежды для людей с заболеваниями позвоночника [15].

В Санкт-Петербургском государственном университете промышленных технологий и дизайна под руководством Е.Я. Сурженко выполнены работы по проектированию одежды для людей с ограниченными возможностями здоровья с патологическими изменениями осанки. Исследователи сгруппировали параметры и средства формообразования для людей с инвалидностью по морфологическим признакам, разработали алгоритмы 3-Д проектирования одежды, предложили новые технологии изготовления систем материалов с заданными показателями формоустойчивости [16].

Большая работа по созданию методики проектирования адаптивной одежды для женщин с ограниченными двигательными возможностями проводится в Институте сферы обслуживания и предпринимательства ДГТУ (филиал) в городе Шахты под руководством Н.Ю. Савельевой. Ученые (В.В. Холостова, О.В. Приходченко и другие) разрабатывают методы проектирования адаптивной

одежды для женщин с ограниченными двигательными возможностями с применением цифровых технологий [17,18]. Л.Г. Бабенко усовершенствовала конструктивное устройство теплозащитного изделия с системой локального обогрева, впервые предложила использовать показатель экспозиционной дозы теплового облучения как количественный показатель критерия безопасности нахождения человека с инвалидностью в теплозащитном изделии с системой локального обогрева [19].

В Казанском национальном исследовательском технологическом университете на факультете дизайна и программной инженерии проводятся исследования по проектированию адаптивной одежды в соответствии с эргономическими и эксплуатационными требованиями [20–22].

Во Владивостокском государственном университете экономики и сервиса под руководством И.А. Слесарчук ведутся работы по проектированию одежды для женщин, находящихся в инвалидном кресле, а также исследования по разработке одежды для профилактики нарушений осанки [23–25].

Значительный вклад в развитие вопроса повышения качества адаптивной одежды внес А.В. Абрамов. Автором предложен комплексный подход к анализу тепломассообмена в системе «элемент тела человека с ограниченными двигательными возможностями – пакет материалов – среда» при субнормальных температурах. Данный метод изучения нестационарного тепломассообмена в системе материалов теплозащитной одежды для людей с инвалидностью при пониженных температурах позволяет оценить изменение потоков тепла и влаги в пакете материалов при различных режимах тепломассообмена. Автор определил влияние каждого слоя материала на скорость тепломассообмена в системе материалов при выводе влаги из под одежды в окружающую среду, установил оптимальные границы эксплуатационных температур пакетов материалов с улучшенными свойствами теплозащитной одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями [26].

В работе Н.А. Климовой по проектированию пакетов теплозащитных изделий предложена система материалов для теплозащитных изделий, проведены

экспериментальные исследования кинетики изменения влажности и температуры по обе стороны мембранных тканей [27].

В Российском государственном университете им. Косыгина выполнены научные работы в области материаловедения, которые перекликаются с тематикой адаптивной одежды и являются важными в исследуемом направлении. В работе А.В. Вершининой по исследованию комфортности пододежного пространства пакетов материалов детской одежды установлено, что в многослойных системах на пододежный микроклимат в наибольшей степени оказывают влияние количество слоев и конструкция изделия, в наименьшей степени – волокнистый состав, следовательно необходимо установление требований не только к волокнистому составу, но и к другим характеристикам материалов пакетов третьего слоя одежды [28]. Под руководством профессора Ю.С. Шустова разработана методика комплексной оценки по относительным показателям качества тканей медицинского назначения [29]. А.А. Демская разработала методику определения комплексного показателя эстетических свойств материалов и пакетов для изделий разных ценовых групп женских жакетов [30]. М.А. Павловым на основе комплексного утеплителя создана конструкция нового теплозащитного пакета, отличительной особенностью которого является сохранение теплозащитных свойств во время эксплуатации в экстремальных условиях [31].

В научном труде Е.В. Мезенцевой по исследованию структуры и свойств утепляющих нетканых материалов на основе инновационных волокон доказана эффективность действия полиакрилатных волокон в составе теплоизоляционных нетканых материалов [32]. В работе Д.А. Советникова исследованы характеристики систем материалов для спецодежды военнослужащих, определяющие сохранность свойств пакетов материалов при эксплуатации [33].

Проведенный анализ показал, что в настоящее время научным исследованиям в направлении совершенствования процесса проектирования, технологии изготовления и конфекционирования материалов для адаптивной одежды уделяется большое внимание.

## 1.2 Анализ ассортимента и производителей адаптивной одежды

Создание инклюзивной среды, позволяющей людям с инвалидностью жить полной жизнью, должно включать все сферы жизнедеятельности людей с ограниченными возможностями здоровья. Одной из значимых сфер является обеспечение специальной одеждой. Людям с ограниченными возможностями здоровья сложно подобрать одежду, которая соответствует условиям их жизни. Неудовлетворенность одеждой влияет на качество жизни, образование и работу людей с ограниченными возможностями здоровья, в целом создавая различие их с людьми типичного развития. Отсутствие соответствующей одежды, придающее чувство неуверенности, может заставить людей с ограниченными возможностями здоровья чувствовать себя изолированными. Результаты исследований [34–44] показывают, что неудовлетворенность одеждой негативно влияет на социальную жизнь людей с ограниченными возможностями здоровья, подчеркивая необходимость всестороннего подхода к проектированию одежды для людей с инвалидностью.

Последнее время интерес к одежде для людей с инвалидностью увеличивается. В России с 2009 года проводится конкурс «Мода без границ» (Bezgraniz Couture), привлекающий внимание к проблеме создания одежды для людей с ограниченными возможностями здоровья. В настоящее время проблемой является то, что дизайнеры во всем мире недостаточно знакомы с accessible fashion (доступная мода) и боятся работать с людьми с особенностями [45–47]. Потребности людей с ограниченными возможностями здоровья различны, поэтому существует необходимость разработки одежды с учетом особенностей рассматриваемой аудитории.

В России одним из крупнейших предприятий по производству адаптивной одежды для людей с ограниченными возможностями здоровья всех возрастных групп является ЦПОСН «Ортомода», основанное в 2001 году известным российским дизайнером одежды и обуви Галиной Волковой [49]. Компания изготавливает адаптивные изделия серийно и на заказ.

В ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-практический центр медико-социальной экспертизы, протезирования и реабилитации инвалидов им. Г.А. Альбрехта» изначально вели разработки одежды для людей с отсутствием конечностей, позже ассортимент расширили. В 2005 году в ФГБУ разработали комплект функционально-эстетической одежды для людей с инвалидностью, с отсутствующими верхними конечностями. Комплект внесен в перечень технических средств реабилитации.

ООО «Тексполимер» (г. Киров) производит и продает посредством специализированного интернет-магазина одежду для маломобильных граждан. Основным направлением работы компании является производство одежды для инвалидов-колясочников, медицинских матрасов и других изделий медицинского назначения. Предприятие выпускает всепогодные поясные изделия (мешки для ног) для мужчин, женщин и детей. Одежда производится как на заказ так и серийно [50].

Широко известны разработки одежды для людей с ограниченными возможностями здоровья специалистов из Канады, США, Японии. Британская высшая школа дизайна, лаборатория Open Style Lab, основанная школой дизайна Парсонс, Tommy Hilfinger, фирмы «BUCK & BUCK», Professional fit Clothing, Silvert's и другие занимаются дизайном и выпуском одежды для данной целевой аудитории [51–63]. Весь ассортимент одежды представлен промышленными образцами и распространяется в основном через специализированные интернет-сайты, которые в настоящее время не доступны для наших соотечественников. Некоторые изделия продают на отечественных маркетплейсах, но их число ограничено.

На основе анализа основных отечественных и зарубежных производителей обобщена и систематизирована информация по современному ассортименту адаптивных изделий (табл. 1.1).

Таблица 1.1 – Ассортимент адаптивных изделий

Наименование изделия	Описание адаптивного изделия	Изображение
<b>Пальтово-костюмный ассортимент</b>		
Мешок для колясочников	<p>Поясное адаптивное изделие для людей с ограниченными двигательными возможностями. Передняя часть мешка полностью отстёгивается при помощи молнии, расположенной по периметру детали. Задняя часть мешка с завышенной спинкой, фиксирующейся при помощи ленты “велкро” на ручках коляски или других металлических креплениях. Конструкция мешка имеет анатомический крой.</p>	
Чехол-комбинезон	<p>Чехол-комбинезон свободной формы. Передняя часть расклешена, переходит в длинный чехол-накидку на ноги, фиксируемый кулиской со шнуром. Специальное кольцо в движке молнии для удобного расстегивания и застегивания. Чехол может быть накинут на спинку кресла-коляски и зафиксирован на ручках. Рукав рубашечный с сильно расширенной проймой для удобного надевания.</p>	
Брюки ортопедические	<p>Брюки ортопедические на регулируемом по объему поясе, с увеличенной длиной среднего шва. В боковых швах молнии, Пояс застегивается по талии над молниями, на пуговицу или брючный крючок. Конструкция изделия изменена в соответствии с антропометрическими параметрами сидящего человека. Спинка изделия удлинена до уровня поясницы. Передняя часть изделия укорочена.</p>	
Дождевик	<p>Дождевик с капюшоном свободного кроя предназначен для защиты человека в инвалидном кресле от ветра и дождя. Изготавливается из водонепроницаемой ткани.</p>	
Пончо	<p>Пончо с капюшоном свободного кроя изготавливается из флиса. На полочке расположена молния длиной 50 см, позволяющая надевать изделие, не вставая с коляски. По бокам полочки и спинки имеются застежки, при помощи их можно сымитировать отверстия для рук. На полочке расположен накладной карман.</p>	

Продолжение таблицы 1.1

Наименование изделия	Описание	Изображение
<b>Платьево-блузочный ассортимент</b>		
Блуза женская	Конструкция блузы изменена в соответствии с антропометрическими параметрами сидящего человека. Передняя часть и спинка изделия укорочена до уровня линии талии. Застежка на спинке «взапах», рукав $\frac{3}{4}$ для удобства управления инвалидным креслом	
Платье	Конструкция платья изменена в соответствии с антропометрическими параметрами сидящего человека. Спинка изделия с выемкой до уровня лопаток. Передняя часть изделия удлинена до уровня линии бедер. Застежка-молния на спинке изделия.	
<b>Верхние сорочки</b>		
Сорочка мужская	Сорочка мужская с распахнутой спинкой, застегивающейся на кнопки. На полочке имитация планки, накладной карман.	
<b>Нательное белье</b>		
Фуфайка (майка)	Фуфайка (майка) предназначена для я людей с ограниченной подвижностью рук, а так же утративших способность полностью или частично самостоятельного обслуживания. Позволяет быстро осуществить процессы одевания, переодевания, раздевания. Застежки и молнии не вызывают трения и повреждений кожных покровов. В боковом шве расположена разъемная молния. Плечевые швы фиксируются при помощи кнопок.	
Бюстгальтер после мастэктомии	Бюстгальтер после мастэктомии изготавливается из неэластичного трикотажного полотна; имеется карман для экзопротеза.	

### Окончание таблицы 1.1

Наименование изделия	Описание	Изображение
Шорты-боксеры	Конструкция шорт изменена в соответствии с антропометрическими параметрами сидящего человека: на задней половинке увеличена высота среднего шва, плотное прилегание к телу, отсутствие боковых швов.	
Распашонка адаптивная с коротким рукавом	Распашонка адаптивная с коротким рукавом служит для облегчения процессов одевания - раздевания маломобильных пациентов. Застежка в «запах» расположена на спинке изделия.	
Купальник после мастэктомии	Слитный купальник с круглым вырезом и формованными чашками, которые придают груди красивую форму. Подкладка в верхней части купальника оказывает корректирующий эффект.	
<b>Корсетные изделия</b>		
Бандаж груднопоясничный	Бандаж груднопоясничный предназначен для поддержки грудного и поясничного отделов позвоночника в физиологическом положении, что позволяет корректировать нарушение осанки за счет активизации глубоких мышц-стабилизаторов.	
Ортез на тазобедренный сустав	Ортез на тазобедренный сустав обеспечивает жесткую фиксацию и стабилизацию тазобедренного сустава. Изделие ограничивает или блокирует сгибание/разгибание, контролирует отведение и исключает ротационные движения.	

В работе на основе информации национального стандарта ГОСТ Р 54408–2011 «Одежда специальная для инвалидов. Общие технические условия» [48] составлена классификация специальной одежды для людей с инвалидностью. Классификационными критериями адаптивных изделий являются: вид одежды, конструктивное устройство и функциональное назначение (рис. 1.1).

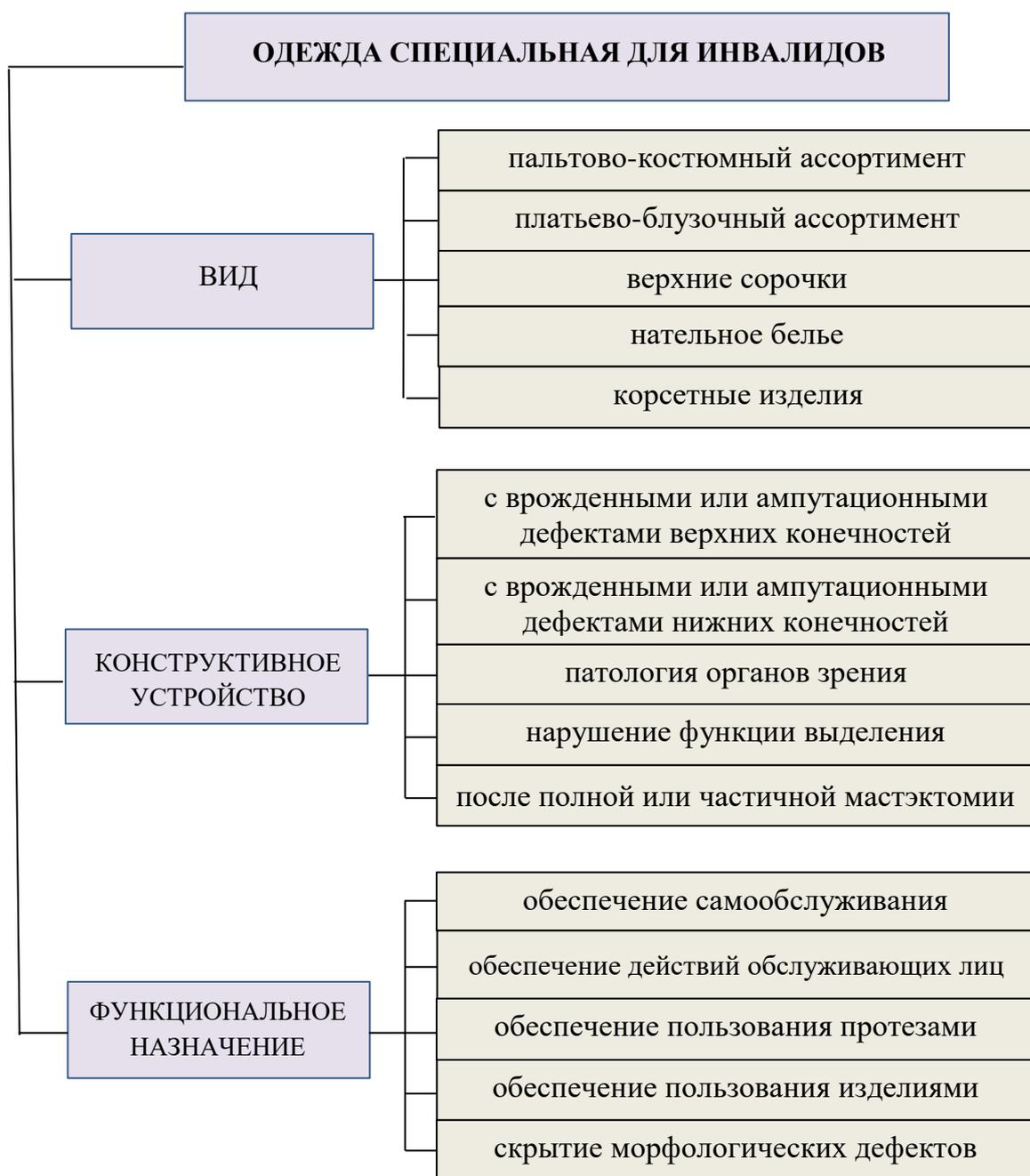


Рисунок 1.1 – Классификация специальной одежды для людей с инвалидностью

Согласно данной классификации одежду подразделяют по видам на пальтово-костюмный ассортимент, платьево-блузочный ассортимент, верхние сорочки, нательное белье и корсетные изделия. По конструктивной классификации выделена одежда для инвалидов с врожденными или ампутированными дефектами или заболеваниями верхних конечностей, с врожденными или ампутированными дефектами или заболеваниями нижних

конечностей, с патологией органа зрения, с нарушением функций выделения и после полной или частичной мастэктомии. По функциональному назначению выделяют изделия для обеспечения самообслуживания, облегчения действий обслуживающих лиц, облегчения пользования протезами, обеспечения пользования изделиями медицинского назначения и сокрытия морфологических дефектов.

### **1.3 Современные материалы, применяемые для изготовления адаптивной одежды**

Для производства адаптивной одежды верхнего ассортимента в основном используют плащевые и курточные материалы из полиэфирных волокон с водонепроницаемой или водоотталкивающей пропиткой с односторонним полиуретановым покрытием и ткани с мембранным покрытием.

Современный материал с тонкой полиуретановой пропиткой Дюспо 240Т, используют для изготовления мужских, женских, детских курток, ветровок, плащей, юбок, жилетов. Материал обладает водонепроницаемыми и ветрозащитными свойствами, не высокой поверхностной плотностью, устойчивостью к действию влаги.

Курточный материал Оксфорд применяют для изготовления верхней одежды (мешки для колясочников куртки). Данный материал отличается высокой водонепроницаемостью и ветрозащитностью, что связано с наличием полиуретанового покрытия.

Текстильный материал Блейзер с водоотталкивающей пропиткой применяют для изготовления курток, мешков для колясочников, комбинезонов, женских плащей, дождевиков. Материал обладает значительной водонепроницаемостью и водоотталкивающими свойствами, имеет малую жесткость, хорошо драпируется.

Материалы с мембранным покрытием применяют для изготовления мужских, женских, детских курток, ветровок, плащей, юбок, жилетов. Данный

материал обладает водоупорностью и паропроницаемостью за счет микропористой структуры. Ткани с мембранным покрытием состоят из верхнего износостойкого слоя и нижнего мягкого слоя, между которыми располагаются защитные слои и мембрана, введение которой позволяет выводить пары воды, не допуская при этом попадания влаги внутрь. Высокая паропроницаемость материала обусловлена капиллярно-пористой структурой, образованной в результате неплотного расположения макромолекул в структуре полимера.

Для производства адаптивной одежды применяют материалы с односторонним полиуретановым покрытием Оксфорд R/S PU, имеющие комбинированную структуру переплетения с вложением армированных нитей и обладающие повышенными водо- и огнезащитными свойствами, устойчивостью к действию непогоды.

В целях повышения эффективности и улучшения качества продукции производители адаптивной одежды внедряют новые инновационные подходы к проектированию и изготовлению одежды для людей с инвалидностью, используя различные материалы, обеспечивающие высокие потребительские свойства адаптивных изделий. ЦПОСН «Ортомода» выпускает модели современных платьев для людей с ограниченными возможностями здоровья, применяя ткани-компаньоны: трикотажные полотна различных видов, включая футерованные и плащевые материалы. В изделиях верхнего ассортимента в качестве подкладки используют мех на трикотажной основе и флис.

Наиболее популярным видом современных утепляющих материалов для производства верхней адаптивной одежды являются нетканые полотна (синтепон, термофин, холлофайбер, термофайбер, изософт и др.) из полиэфирных, полипропиленовых и других видов химических волокон, как полых, так и не полых, как регулярных, так и извитых, которые производятся по различным технологиям. Наиболее эффективными являются теплоизоляционные материалы, произведенные по технологии термоскрепления без применения клеевых связующих.

В изделиях верхнего ассортимента адаптивной одежды в качестве подкладочного материала применяют в основном вискозу, хлопчатобумажную фланель, реже флис. Вискозные ткани обладает хорошей воздухопроницаемостью, гигроскопичностью, устойчивостью к истиранию. Но вискоза сминаема, подвержена усадке и потере прочности после мокрых обработок. В детских изделиях фланель используется в качестве подкладки, так как это мягкий плотный текстильный материал, обладающий всеми свойствами волокон хлопка.

Нетканый ворсовой материал флис, состоящий из 100% полиэстера, применяется в качестве подкладки в верхней адаптивной одежде. Он обладает высокими теплозащитными свойствами, прочностью и износостойкостью, не изменяет линейных размеров после мокрых обработок и устойчив в окраске.

В зимних комбинезонах для наибольшего сохранения тепла используют ткань фольгированную Taffeta 190T, специальная технология изготовления которой способствует отражению тепла, идущего от тела человека и его сохранению в необходимом количестве. Для улучшения воздухообмена в изделиях курточного ассортимента верхней адаптивной одежды может быть применен материал сетка, обладающий высокой воздухопроницаемостью.

В качестве подкладочного материала в изделиях зимнего ассортимента верхней адаптивной одежды также используется шерстяной мех на трикотажной основе из натуральных, искусственных и смесовых волокон.

На основе анализа существующего рынка адаптивной одежды выявлены основные материалы для ее изготовления. При проектировании одежды для людей с инвалидностью производители в основном используют традиционные материалы, что не всегда обеспечивает выполнение повышенных гигиенических требований к пододежному микроклимату, где предъявляются достаточно жесткие требования.

Перечень материалов, применяемых для изготовления адаптивной одежды, составлен на основе отечественного рынка производителей и приведен в таблице 1.2).

Таблица 1.2 – Материалы, применяемые для изготовления адаптивной одежды

Наименование изделия	Ткань верха	Утепляющий материал	Подкладочный материал
Верхняя одежда			
ЦПОСН «Ортомода» г. Москва			
Брюки ортопедические	Плащевые и курточные ткани	Синтепон	Вискоза флис
Утепленная куртка	Плащевые и курточные ткани	Термофин	Вискоза
Мешок для колясочников	Плащевые и курточные ткани	Термофин	Мех
Пальто женское	Плащевые и курточные ткани	Термофин	Вискоза
Пончо-накидка	Флис	-	-
Накидка утепленная	Плащевые материалы	Термофин	Плащевые ткани
Жилет	Плащевые и курточные ткани	Термофин	Вискоза
Юбка утепленная	Плащевые и курточные ткани	Термофин	Вискоза
Брюки	Плащевые ткани	Термофин	Вискоза
Платье	Вязаный трикотаж, курточная ткань	-	Вискоза
Платье удлиненное	Футерованные полотна, плащевые ткани	-	-
Дождевик	Плащевые и курточные ткани	-	-
Худи, бомпер	Футерованные и другие трикотажные полотна	-	-
Спортивный костюм адаптивный	Футерованные и другие трикотажные полотна, флис	-	-
ООО «Компания открытых систем» г. Санкт Петербург			
Гетры	Плащевые ткани	Синтепон	Флис
ООО «Тексполимер» г. Киров			
Пуховик-мешок мужской	Оксфорд R/S PU, материалы с мембранным покрытием	Холлофайбер	Фольгированный Taffeta 190T
Пуховик-мешок женский	Ткань Блейзер	Холлофайбер	Фольгированный Taffeta 190T
Наименование изделия	Ткань верха	Утепляющий материал	Подкладка
Мешок-ветровка детский	Дюспо 240T	Синтепон	Сетка
Плащ-чехол	Oxford R/S PU	Холлофайбер	Фланель
Нательное белье (ООО «Компания открытых систем» г. Санкт Петербург)			
Адаптивное гигиеническое боди с молнией на спине	Трикотажное хлопчатобумажное полотно	-	-

## Окончание таблицы 1.2

Наименование изделия	Ткань верха	Утепляющий материал	Подкладочный материал
Адаптивное гигиеническое боди с молнией в шаговом шве	Трикотажное хлопчатобумажное полотно		
Противоскользящие носки	Трикотажное хлопчатобумажное полотно, силикон	-	-
Бюстгальтер после мастэктомии	Трикотажные полотна (81 % хлопок, 8% - ПА, 11% эластан)	-	Трикотажные полотна (81% хлопок, 8% - ПА, 11% эластан)
Брюки адаптивные	Трикотажные полотна (95% хлопок, 5% эластан)	-	-
<b>Карсет, бандажи, ортезы (ООО «Крейт», интернет-магазин «Неотлон»)</b>			
Корсет	45% ПА, 20% эластан, 15% ПЭ, 20% ПУ, ребра жесткости - металл	-	-
Бандаж	Хлопок, ПА, эластан	-	-
Ортез	100% ПЭ	-	-

### **Выводы по первой главе и постановка задач исследования**

Аналитические исследования научных работ по проектированию адаптивной одежды, обзор отечественных и зарубежных интернет-источников позволяют сделать вывод, что повышение конкурентоспособности отечественной адаптивной одежды в настоящее время является актуальным направлением.

Необходимо отметить, что при создании адаптивной одежды материалы и их свойства имеют очень важное значение. При этом для некоторых категорий, например, людей с ограниченными двигательными возможностями, качественные характеристики материалов играют ключевую роль. Проведенный обзор литературных источников по проектированию адаптивной одежды выявил неполноту разработки проблемы подбора материалов в пакет изделия с учетом условий эксплуатации и жизнедеятельности людей с ограниченными возможностями здоровья.

Анализ изделий, изготовленных современными отечественными и зарубежными производителями, показал, что конфекционирование материалов в

пакет изделия зачастую осуществляется без учета специфики исследуемого контингента. Верхняя адаптивная одежда производится из традиционных материалов, что не всегда обеспечивает повышенные эргономические, гигиенические и эксплуатационные требования к системам материалов адаптивной одежды.

На основе ГОСТ Р 54408–2011 «Одежда специальная для инвалидов. Общие технические условия» предложена классификация специальной одежды для людей с инвалидностью, позволяющая выявить направления расширения ассортимента исследуемой категории изделий. В качестве критериев использованы вид одежды, конструктивное устройство и функциональное назначение.

Обзор научных работ, показывает неполноту разработки проблемы проектирования адаптивной одежды для категории людей с ограниченными двигательными возможностями с учетом свойств материалов, необходимости развития этих исследований с целью повышения конкурентоспособности отечественной адаптивной одежды.

На сегодняшний день нормативные стандарты, содержащие требования к свойствам материалов, зачастую являются устаревшими и не всегда применимы к ассортименту адаптивной одежды из современных материалов. В целом пакеты материалов, используемые для проектирования и изготовления верхней адаптивной одежды, недостаточно изучены по отношению к жизнедеятельности людей с ограниченными двигательными возможностями. Проблема создания новых систем материалов одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями и комплексное исследование спектра наиболее значимых свойств является актуальной.

Существует необходимость совершенствования методик исследования свойств материалов с учетом условий эксплуатации изделий и создание комплексного подхода к формированию рациональных пакетных решений для верхней адаптивной одежды людей с ОДВ.

Таким образом, целью диссертационной работы является повышение качества адаптивной одежды для людей с ОДВ за счет совершенствования процесса проектирования в результате учета специфических условий эксплуатации и свойств материалов при создании адаптивных изделий.

Для достижения данной цели поставлены следующие задачи:

– провести анализ научных исследований по тематике проектирования адаптивной одежды;

– изучить нормативные документы, существующий ассортимент, применяемые материалы, специфические особенности конструирования и технологии изготовления адаптивной одежды;

– разработать номенклатуру наиболее значимых свойств материалов для верхней адаптивной одежды людей с ОДВ;

– усовершенствовать существующие методы исследования и осуществить испытания свойств систем материалов, определяющих качество верхней адаптивной одежды для людей с ОДВ;

– разработать структурно-информационную модель процесса проектирования одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями в системе «свойства материалов – адаптивное изделие», базирующуюся на целенаправленном регулировании качества готовых изделий в результате учета специфических условий эксплуатации и свойств систем материалов при создании адаптивных изделий;

– предложить методику комплексной оценки качества систем материалов для изготовления адаптивной одежды для людей с ОДВ;

– разработать рекомендации по практическому использованию результатов исследований при проектировании адаптивной одежды и осуществить внедрение результатов научных исследований на производственных предприятиях и в учебном процессе.

## ГЛАВА 2 ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1 Выявление особенностей конструкторско-технологических решений адаптивной одежды

Одежда является важным аспектом в человеческом обществе – от выполнения социальных и культурных функций до указания социального статуса, формы защиты и способа самовыражения. Основная функция адаптивной одежды заключается в удобстве самостоятельного использования либо при минимальной помощи личных помощников.

Адаптивная одежда должна не только создавать привлекательный имидж, но и быть максимально комфортной для пользователя, а также для лиц, осуществляющих уход за маломобильными гражданами. Ее конструктивное устройство должно быть ориентировано на пользователя с целью максимального удовлетворения потребностей людей с инвалидностью. Сама одежда должна обеспечивать защиту и комфорт, а также быть направленной на реализацию таких ценностей как самоуважение, статус, уверенность в себе. Поэтому конструкция функциональной одежды создается с учетом антропометрических признаков данной целевой аудитории [64, 65]. Любая адаптивная одежда для людей с инвалидностью или маломобильных граждан должна подходить по размеру, чтобы пользователи ощущали естественность и комфорт.

В специальной одежде для людей с инвалидностью каждая деталь должна быть продумана и приспособлена к определенным условиям эксплуатации с учетом вида заболевания [20,21]. При разработке конструктивного решения учитываются физиологические особенности данного контингента, что позволяет максимально скрыть морфологические дефекты, повысить психологический комфорт и уровень самообслуживания, облегчить действие лиц, занятых уходом за ними.

Рассматривая особенности одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями, можно выявить следующие особенности. Для людей, находящихся в инвалидном кресле максимально удобной в эксплуатации

должна быть поясная одежда. Для комфортного нахождения в сидячем положении важными особенностями, повышающими функциональность изделий являются увеличение высоты сидения на задней половинке брюк, смещение бокового шва в сторону передней части, проектирование боковой вытачки в области колена, повторяющей позу согнутых ног. Для удобства движения при разработке изделия должно быть тщательно продумано расположение стыков, застежек. Для повышения уровня самообслуживания и снижения зависимости от посторонней помощи в плечевых изделиях представляется рациональным конструктивные решения в виде «запаха», укороченной спинки, удлиненного переда.

Немаловажное значение имеет технология изготовления адаптивной одежды. Для удобства маломобильных граждан в изделиях в основном используются накладные карманы, которые расположены в доступных местах, что обеспечивает удобство эксплуатации. Например, в поясных изделиях они перенесены на боковую поверхность. В изделиях курточного ассортимента накладные карманы особенно необходимы для удобства эксплуатации людям со спастикой или контрактурой рук. В нижнем белье используются бесшовные технологии (боковые швы отсутствуют) для предупреждения повреждений кожи. Поясные изделия в основном изготавливают на поясе из эластичной тесьмы либо со вставками из нее. Также в этих изделиях предусмотрена накладная деталь по периметру молнии, которая предотвращает попадание влаги. В изделиях в местах с высокой нагрузкой прокладывают двойные швы для прочности соединения деталей. В качестве фурнитуры предпочтение отдается прочным и в то же время легким в обращении деталям, таким как застежка «велкро», крючки, молнии с дополнительным кольцом, что значительно увеличивает степень удобства эксплуатации адаптивной одежды [66,67].

На основе проведенного аналитического исследования работ специалистов научных организаций и производителей адаптивной одежды выявлены и систематизированы особенности проектирования рассматриваемого ассортимента изделий в категориях: конструкция, технология, фурнитура, аксессуары (табл. 2.1).

Таблица 2.1 – Особенности проектирования адаптивных изделий

Наименование изделия	Специфические особенности		
	Категория	Сущность	Функция
<p>Шорты-боксеры</p> 	конструкция	на задней половинке увеличена высота среднего шва	в соответствии с физиологией человека в сидячем положении
		горизонтальный доступ	удобство в эксплуатации
		меньшие прибавки, чем у обычного белья	плотное прилегание к телу
	технология	бесшовная	предупреждение повреждения кожи
<p>Мешок для ног</p> 	конструкция	анатомический крой	удобство в эксплуатации
		удлинённая передняя часть	защита от холода
		накладной карман сбоку	удобство использования
	технология	накладная деталь по периметру молнии	защищает от попадания влаги внутрь
		фурнитура	шнур
	П-образная молния по периметру изделия		расстегивание с любой стороны, верхняя часть полностью снимается
аксессуары	система локального обогрева	создание теплового комфорта	
<p>Плащ-накидка</p> 	конструкция	изделие расклевашное, полочка и спинка цельнокроенные с рукавом	удобство использования для людей с нарушением координации движения
		полностью закрывает ноги и кресло-коляску	защита от влаги, холода
	фурнитура	магнитная застежка	фиксация изделия на теле, имитация рукава
		шнур	регулировка ширины
<p>Куртка</p> 	конструкция	укороченная полочка	изделие не упирается в ноги, не образует складок
		спинка удлиненная по сравнению с полочкой	закрыт поясничный отдел спины
		вентиляционные отверстия в боковых швах и рукаве	отвод излишков тепла из пододежного слоя.
	технология	на подкладке обработан накладной карман	удобство в эксплуатации для человека со спастикой или контрактурой рук.
	фурнитура	застежка Velcro	удобство в эксплуатации
		в движок молнии вставлено кольцо	облегчение эксплуатации человека со спастикой или контрактурой рук
	аксессуары	дополнительные протекторы	создание теплового комфорта

Окончание таблицы 2.1

Наименование изделия	Специфические особенности		
	Категория	Сущность	Функция
<p>Чехол-комбинезон</p> 	конструкция	изделия расклешенное, спинка до линии бедер, с двумя молниями	удобство в эксплуатации, возможность фиксации изделия поверх спинки кресла-коляски
		петли-ручки по боковым сторонам	удобство перемещения инвалида в коляску
	технология	застежка-молния по центру полочки до накладного кармана	удобство в эксплуатации для человека со спастикой или контрактурой рук
		застежка-молния	удобство одевания/снятия
		шнур	регулировка ширины
светоотражающая лента	защита в темное время суток		
<p>Перчатки</p> 	конструкция	гелевые вставки с добавлением пены	защита ладони, поглощение вибрации, снижение усталости рук при управлении креслом-коляской
	технология	двойные швы	прочность соединения деталей
<p>Шарф</p> 	конструкция	внутренняя ветрозащитная мембранная вставка	защита от ветра шеи и одежды при употреблении пищи и слюноотделении
	фурнитура	застежка Velcro	обеспечивает удобство одевания/снятия
<p>Брюки</p> 	конструкция	увеличенная глубина сиденья	возможность использования памперса
		расстегивающиеся боковые швы	возможность свободного доступа к протезу
		на задней половинке увеличена высота среднего шва	соответствие физиологии человека в сидячем положении
		вытачка от бокового шва к колену	свободное сгибание колена
		смещение бокового шва к передней части	удобство в эксплуатации
	технология	пояс на «резинке»	удобство в эксплуатации
		накладная деталь на молнии	защита от попадания влаги в пододежное пространство
	фурнитура	разъемные молнии	удобство в эксплуатации
		застежка Velcro, пуговицы/брючный крючок над молнией	обеспечение дополнительной фиксации
	аксессуары	дополнительные протекторы	создание теплового комфорта

Аналитический обзор существующего ассортимента адаптивной одежды в нашей стране и за рубежом позволяют сделать вывод, что конструктивное устройство адаптивной одежды более сложное в сравнении с повседневной одеждой. Выявленные особенности создания инклюзивной одежды дают возможность при необходимости маскировать физические дефекты и частично компенсировать утраченные функции, повысить уровень самообслуживания и снизить зависимость от посторонней помощи.

## **2.2 Анализ возможностей изготовления адаптивной одежды с использованием экосырья**

В последние годы покупатели предпочитают одежду из экологически чистого сырья, идет переориентация на экологический стиль потребления, который подразумевает использование экологически безопасных продуктов, изготовленных с применением безвредных и безотходных технологий.

Как уже отмечалось, при создании адаптивной одежды материалы и их свойства имеют очень важное значение. При этом для людей с ограниченными двигательными возможностями качественные характеристики материалов играют ключевую роль.

На сегодняшний день в России при проектировании одежды для людей с инвалидностью в основном используют традиционные материалы, что не всегда обеспечивает выполнение повышенных гигиенических требований к пододежному микроклимату, где предъявляются достаточно жесткие требования. В целом пакеты материалов, используемые для проектирования и изготовления различного ассортимента одежды для людей с инвалидностью, недостаточно изучены по отношению к жизнедеятельности людей с ограниченными возможностями здоровья. Проблема создания новых систем материалов одежды для людей с ограниченными возможностями здоровья и комплексное исследование спектра наиболее значимых свойств является актуальной [68,69].

В данной работе для оценки возможности изготовления адаптивной одежды с использованием отечественного экосырья применен SWOT-анализ. Данный действенный инструмент стратегического менеджмента состоит в изучении внешней и внутренней среды с выявлением слабых и сильных сторон, перспектив развития и угроз. Применение SWOT-анализа позволяет систематизировать всю информацию для принятия взвешенного решения. К сильным сторонам метода относятся универсальность и гибкость, возможность адаптирования к объекту любого уровня, а так же простота и логичность взаимосвязей компонентов матрицы SWOT, в элементах которой можно отразить как качественную, так и количественную информацию, формального или неформального характера [70].

В диссертационной работе по заказу ООО «Термопол», выпускающего утепляющие нетканые материалы торговой марки Холлофайбер®, рассматривается возможность применения в качестве утепляющего слоя для верхней адаптивной одежды людей с ограниченными двигательными возможностями отечественных материалов холлофайбер. В качестве подкладочного слоя для исследуемой категории изделий предлагается использовать льняные трикотажные полотна. Применение экологического сырья соответствует новому перспективному направлению потребления и производства, ориентированного на сознательное, ответственное потребление.

Изделия из льняного волокна обладают рядом уникальных медико-биологических свойств – они оказывают благоприятное влияние на кожу человека, обладают антипролежневый эффект. Установлено, что лен предохраняет от депрессий, неврозов, психических расстройств и обеспечивает гемостатический эффект [71, 164]. Издревле лен использовался для лечения паралича, падагры, лихорадки, гипертонии, мочекаменной болезни, экземы. Особенности льняных волокон, придающих материалам терморегулирующие функции, являются гигроскопичность, низкая электризуемость, устойчивость к трению и многократным изгибам, высокая сорбирующая способность. Изделия из льна износостойчивы, что является ценным потребительским свойством для рассматриваемой аудитории в виду ее низкой платежеспособности.

Перечисленные особенности льняных полотен определяют перспективность использования льна как составляющей системы материалов в одежде людей с ограниченными двигательными возможностями.

В качестве утепляющего слоя системы материалов верхней адаптивной одежды людей с ограниченными двигательными возможностями используются утепляющие материалы отечественной торговой марки Холлофайбер®. Продукция данного предприятия используется для производства утепленной одежды для взрослых и детей, спецодежды, обуви, домашнего текстиля [72].

Проведенный SWOT-анализ (табл. 2.2) позволил выявить сильные и слабые стороны производства адаптивной одежды с использованием льняных трикотажных полотен и утепляющих нетканых материалов торговой марки Холлофайбер® [73]. Основными сильными сторонами являются: применение отечественного натурального качественного сырья, оптимальное соотношение цена – качество, увеличение срока службы изделия. Среди наиболее значимых возможностей исследования можно выделить расширение ассортимента, возможность влияния на цену за счет высокого качества продукции, решение задачи импортозамещения и государственную поддержку. Одновременно с наличием сильных сторон и возможностей у проведенного исследования есть ряд угроз и слабые стороны, в частности, повышенная стоимость адаптивной одежды в сравнении с обычной, одновременно низкая платежеспособность целевой аудитории, а так же усилие конкуренции и отсутствие ясной долгосрочной перспективы внедрения проекта в производство.

Применение научно обоснованного подхода к проектированию, использование качественного экологичного отечественного сырья, в том числе натурального, понимание запросов и нужд целевой аудитории создает предпосылки создания конкурентоспособной инклюзивной одежды. Преимуществом предлагаемого решения являются высокие качественные характеристики материалов и изделий, прогнозируемое увеличение срока службы и относительно низкая цена в сравнении с зарубежными аналогами. Основными препятствиями к реализации исследования можно считать низкую

платежеспособность целевой аудитории и отсутствие ясной долгосрочной перспективы внедрения исследования в производство.

Таблица 2.2 – SWOT-анализ возможности изготовления адаптивной одежды с использованием отечественного экосырья для людей с ОДВ

<b>Сильные стороны / Strong</b>	<b>Слабые стороны / Weak</b>
1. Научно обоснованный подход к проектированию 2. Применение отечественного сырья 3. Использование натурального сырья 4. Качественные материалы 5. Новая продукция 6. Прогнозируемое увеличение срока службы 7. Оптимальная соотношение цена-качество 8. Социальная направленность продукции 9. Востребованность продукции у целевой аудитории	1. Сложность реализации социальных инноваций 2. Повышенная стоимость специальной функциональной одежды в сравнении с обычной 3. Низкая платежеспособность целевой аудитории 4. Низкая инвестиционная привлекательность 5. Слабо сформированный имидж отечественной продукции 6. Отсутствие ясной долгосрочной перспективы внедрения проекта в производство 7. Наличие конкурентов 8. Проблемы выпуска синтетических волокон в РФ
<b>Возможности / Opportunity</b>	<b>Угрозы / Threat</b>
1. Расширение ассортимента 2. Импортзамещение 3. Возможность влияния на цену посредством высокого качества 4. Государственная поддержка 5. Участие в грантах 6. Внедрение новых технологий 7. Успешный бэграунд ведущих отечественных разработчиков и производителей нетканой продукции.	1. Проблемы с реализацией идеи нового продукта 2. Наличие дешевых неспециализированных изделий-заменителей невысокого качества 3. Непредсказуемость потребительского поведения 4. Усиление конкуренции 5. Проблемы наличия льняного сырья 6. Активное развитие направление зарубежными игроками с развитыми системами r&d, бюджетами на продвижение инноваций в т.ч. на российский рынок.

В заключение можно отметить, что использование льна для изготовления адаптивной одежды соответствует направлению приоритетных государственных задач в соответствии с комплексной программой поддержки производства изделий из льна на период до 2025 года [163]. Главная цель программы – развитие отечественной сырьевой базы и увеличение выпуска льняной продукции широкого ассортимента, соответствующей международным стандартам качества. Перспективность разработки и использования

отечественных утепляющих нетканых материалов соответствует приоритетным направлениям, сформулированным в Стратегии развития легкой промышленности, в которой отмечается, что разработка интегрированной производственной цепочки синтетических материалов, включая производство технического текстиля, является одним из приоритетных направлений.

### 2.3 Характеристика объектов исследования

Данная работа направлена на формирование рациональных систем материалов верхней адаптивной одежды для людей с ОДВ. В качестве материалов верха для исследуемого ассортимента изделий выбраны курточные материалы с водоотталкивающей пропиткой и материалы с мембранным покрытием (табл. 2.3).

Таблица 2.3 – Характеристики исследуемых материалов верха

Наименование материала	Фото пробы	Переплетение	Состав, покрытие	Поверхностная плотность, Ms, г/м <sup>2</sup>	Толщина материала b, мм
Оксфорд R/S PU (Китай)		Плотняное с армированной нитью	Полиэстер Одностороннее полиуретановое	249	0,4
Материал с мембранным покрытием (Россия)		Саржевое	Полиэстер Одностороннее полиуретановое	150	0,2
Оксфорд R/S (Китай)		Плотняное с армированной нитью	Полиэстер Без покрытия	232	0,3
Дюспо 240Т (Россия)		Плотняное	Полиэстер Одностороннее полиуретановое	71	0,1
Курточная ткань 2000 PU (Россия)		Плотняное	Полиэстер Одностороннее полиуретановое	93	0,2
Санбрелла (Китай)		Плотняное	Нитрон Без покрытия	314	0,5

### Окончание таблицы 2.3

Наименование материала	Фото пробы	Переплетение	Состав, покрытие	Поверхностная плотность, Ms, г/м <sup>2</sup>	Толщина материала b, мм
Оксфорд R/S PU honey (Китай)		Ромбовидная саржа с добавлением армированной нити	Полиэстер Одностороннее полиуретановое	205	0,3
Ткань плащевая Микрофибра (Латвия)		Саржевое	Полиэстер Одностороннее полиуретановое	170	0,2

В качестве утепляющего слоя для верхней адаптивной одежды людей с ОДВ выбраны утепляющие нетканые материалы производства ООО «Термопол»: Холлофайбер®ПрофиМикро, Холлофайбер®Термо, Холлофайбер®Валюметрик, Холлофайбер®Софт (табл. 2.4).

Таблица 2.4 – Характеристики теплозащитных материалов

Номер и наименование материала	Поверхностная плотность, Ms, г/м <sup>2</sup>	Суммарное тепловое сопротивление	Толщина материала b, мм	Отделка
		м <sup>2</sup> ·К/Вт		
Холлофайбер® Софт	150	0.495	15	двухстороннее каландрирование
Холлофайбер® ПрофиМикро	150	0.870	23	двухстороннее каландрирование
Холлофайбер® Валюметрик	150	0.540	25	-
Холлофайбер® Термо	150	0.550	10	двухстороннее каландрирование

Отличительной особенностью Холлофайбер®ПрофиМикро является использование микроволокон, обеспечивающих высокие теплозащитные свойства при минимальном объеме полотна. Холлофайбер®Термо содержит в своем составе полиакрилатные волокна, которые не только позволяют сохранять тепло, но воспроизводить его. Высокообъемный нетканый материал Холлофайбер®Валюметрик применяют для утепленной одежды и домашнего текстиля с целью придания дополнительного объема текстильным изделиям. В данном материале отсутствует отделка каландрированием. Утепляющий материал

Холлофайбер®Софт является наиболее универсальным и используется для изготовления верхней мужской, женской, детской одежды, специальной одежды, продукции для детей и т.д. [72].

Характеристика льняных трикотажных полотен, предлагаемых в качестве подкладочного слоя, приведена в таблице 2.5. Материалы выработаны на вязальной машине 7 класса Silver Reed из льняной пряжи мокрого прядения 38 Текс.

Таблица 2.5 – Характеристики исследуемых материалов

Наименование материала	Состав	Переплетение	Поверхностная плотность, Ms, г/м <sup>2</sup>	Толщина материала b, мм
Льняной трикотаж	100% лен	гладь	285	0.7
Льняной трикотаж	100% лен	репс	278	1.0
Льняной трикотаж	100% лен	гладь	216	0.5

### **Выводы по второй главе**

1. Выявлены, систематизированы и обоснованы особенности конструкторско-технологических решений адаптивной одежды, позволяющих расширить практические рекомендации по конструированию и технологии изготовления адаптивной одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями.

2. Проведенный SWOT-анализ позволил выявить сильные и слабые стороны производства адаптивной одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями с использованием льняных трикотажных полотен и утепляющих нетканых материалов торговой марки Холлофайбер®.

3. Приведена характеристика объектов диссертационного исследования: курточных материалов, нетканых утепляющих материалов холлофайбер, льняных трикотажных полотен, предлагаемых для изготовления верхней адаптивной одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями.

## **ГЛАВА 3 ВЫЯВЛЕНИЕ ЗНАЧИМЫХ СВОЙСТВ СИСТЕМ МАТЕРИАЛОВ АДАПТИВНОЙ ОДЕЖДЫ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ДВИГАТЕЛЬНЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ**

### **3.1 Анализ требований к одежде для людей с ограниченными двигательными возможностями**

Вопросы, связанные с изучением и разработкой требований к материалам для адаптивной одежды и к самим изделиям затронуты в научных работах И.А. Слесарчук, Л.Г. Бабенко, Л.А. Сафиной, А.А. Хамматовой, О.В. Приходченко, В.В. Холостовой и других.

Л.Г. Бабенко проведено ранжирование показателей качества материалов для адаптивной одежды повседневного назначения людей с ограниченными двигательными возможностями в различных температурных режимах [19]. В работе В.В. Холостовой выявлен комплекс групп показателей качества адаптивной одежды для женщин с ограниченными двигательными возможностями в аспекте их реабилитационного эффекта [17].

О.В. Приходченко предложена номенклатура показателей качества материалов для поясной адаптивной одежды и высказана гипотеза о возможности использования в качестве подкладки брюк гипоаллергенной атравматичной натуральной фланелевой ткани [18].

В работах И.А. Слесарчук по проектированию адаптивной одежды кроме базовых требований к изделиям, выделена особая группа медико-технических требований устанавливающие полный или частичный отказ от услуг помощников при контакте с одеждой, обеспечивающих облегчение действий лиц, занятых уходом за людьми с инвалидностью, и предупреждение развития морфологических дефектов. В эту группу также включены требования по обеспечению безопасности конструкции изделия в местах контактов с индивидуальными техническими средствами [23–25].

В научных исследованиях ученых Казанского НИТУ выделены базовые требования к адаптивной одежде, а также обосновано влияние свойств текстильных материалов на соответствие одежды функциональным требованиям с учетом условий внешней среды [20–22].

В работе А.А. Бикбулатовой, ориентированной на проектирование лечебно-профилактической и реабилитационной одежды, систематизированы требования к адаптивным изделиям разных нозологических групп, выявлены критерии оценки функциональных и эргономических требований [15].

Н.А. Климовой установлены значимые показатели качества материалов с мембранным покрытием, которые рекомендуется учитывать при конфекционировании материалов для адаптивной одежды [27].

Из существующих нормативных документов стандартом, устанавливающим общую номенклатуру показателей качества швейных изделий бытового назначения, используемых для научно-исследовательских работ, оценки уровня качества изделий при разработке и постановке продукции на производство, при разработке и пересмотре технической и нормативно-технической документации, является ГОСТ 4.45–86 «Система показателей качества продукции. Изделия швейные бытового назначения. Номенклатура показателей» [74]. Показатели качества разделены на 4 группы: показатели назначения, показатели стойкости к внешним воздействиям, эргономические и эстетические показатели. К первой группе относятся: соответствие изделия размеру и полностью-возрастной группе, соответствие сезону. Во вторую группу входят возможность химчистки и прочность соединения деталей. Гигиенические и антропометрические показатели, удобство использования, статическое и динамическое соответствие являются эргономическими показателями. В группу эстетических показателей включены: соответствие изделия современному направлению моды, четкость и выразительность товарных знаков и ярлыков, а также уровень обработки и отделки изделия (рис.3.1).



Рисунок 3.1 – Нормативные документы для разработки требований к адаптивной одежде

Применительно к адаптивной одежде на сегодняшний день существуют два отечественных стандарта: ГОСТ Р 54408—2021 «Одежда специальная для инвалидов. Общие технические условия», ГОСТ Р 70098—2022 «Одежда специальная для инвалидов. Номенклатура показателей качества».

ГОСТ Р 54408—2021 включает общие технические условия на одежду для людей с инвалидностью и распространяется на адаптивную одежду, предназначенную для реабилитации людей с ограничениями жизнедеятельности. Нормативный документ содержит классификацию одежды по видам, конструктивному устройству, медицинскому (функциональному) назначению и способу изготовления [48].

Согласно данному стандарту, размер одежды должен соответствовать основным размерно-ростовочным показателям пользователя, снятым в

соответствии с требованиями, которые распространяются на людей с типичным развитием, что является не достаточно корректным по отношению к людям с ограниченными двигательными возможностями, морфологические признаки которых отличаются от размерных признаков здоровых людей.

Пункт «Технические требования» ГОСТа Р 54408–2021 содержит характеристики одежды, требования к материалам, требования к изготовлению. В соответствии с пунктом «Требования безопасности» п.п. 7.1 и 7.4 этого же стандарта одежду необходимо изготавливать из безопасных для здоровья пользователя материалов. Материалы с вложением химических волокон и нитей, применяемых для изготовления одежды для детей до года и подростков, должны соответствовать требованиям биологической и химической безопасности и требованиям СанПиН «Материалы с вложением химических волокон для детской одежды».

Требования к материалам, указанные в стандарте, являются общими требованиями к материалам для людей с типичным развитием и не учитывают специфику требований к адаптивной одежде для людей с инвалидностью.

ГОСТ Р 70098–2022 «Одежда специальная для инвалидов. Номенклатура показателей качества», разработанный ФГБУ «Российский институт стандартизации» совместно с ФГБУ «Федеральный научный центр реабилитации инвалидов им. Г.А. Альбрехта» Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации, содержит требования к адаптивной одежде [75]. Стандарт устанавливает номенклатуру показателей, применяемых при оценке качества адаптивной одежды в рамках деятельности по обеспечению соответствия изделий заданным требованиям на стадиях разработки, производства, эксплуатации и методов определения значений показателей.

В стандарте представлена номенклатура специальных показателей качества адаптивных изделий для людей с инвалидностью и характеризуемых ими свойств одежды. В данном нормативном документе выделены группы специальных показателей качества, включающие показатели назначения, экономические и

эстетические показатели, а так же показатели надежности, и характеризуемых ими свойства одежды.

К показателям назначения относятся медицинские (функциональные) и эксплуатационные. Медицинские показатели характеризуют способность конструкции одежды обеспечивать самообслуживание, удобство пользования протезом и техническими средствами передвижения, облегчение действий индивидуальных помощников. Эксплуатационные показатели адаптивной одежды должны обеспечивать беспрепятственное надевание и снятие одежды, в том числе с использованием изделий медицинского назначения, облегчать действия по самообслуживанию за счет беспрепятственного перемещения функциональных узлов и специальных деталей, способным выдерживать нагрузку в области ниточных креплений при эксплуатации.

В группу эргономических показателей входят антропометрические и показатели обеспечения комфортных условий для нормальной жизнедеятельности организма. Адаптивная одежда должна соответствовать росту, размеру и полноте пользователя с учетом анатомического дефекта или сидячего положения (по медицинским показаниям), а специальные детали создавать пользователю комфортные условия для тела.

Эстетические показатели содержат: сокрытие морфологических дефектов и соответствие внешнего вида направлению моды. Они обеспечивают способность сокрытия дефектов фигуры и соответствие внешнего вида адаптивных изделий одежде для физически здоровых людей.

Показатель надежности изделий включают: ремонтпригодность, срок службы и сохраняемость. Данные показатели отвечают за такие свойства, как календарная продолжительность носки одежды от начала пользования до момента достижения предельного состояния, способность к поддержанию и восстановлению эксплуатационных свойств одежды, а также способность сохранять эксплуатационные (потребительские) свойства одежды после хранения и транспортирования.

Стандартом, содержащим требования к материалам верхней одежды курточного ассортимента, является ГОСТ 28486–90 «Ткани плащевые и курточные из синтетических нитей. Общие технические условия» [76]. Перечень единичных показателей включает поверхностную плотность, ширину, разрывную нагрузку, раздирающую нагрузку, стойкость к раздвигаемости нитей, водоотталкивание, водонепроницаемость, адгезию, изменение размеров после мокрой обработки. Следует отметить, что содержащиеся в стандарте единичные показатели качества плащевых и курточных материалов и приведенные нормы являются общими для любых видов одежды и не учитывают специфику особенностей жизнедеятельности людей с ограниченными двигательными способностями.

### **3.2 Методы для разработки номенклатуры показателей качества продукции**

В научной практике, в том числе, в работах по текстильному материаловедению при оценке качества продукции и установлении приоритетности показателей качества широкое использование имеют экспертные методы [77–79], которые целесообразно применять при отсутствии возможности более объективных методов. В качестве наиболее распространенных можно выделить следующие.

1. Метод структурно-следственных схем Исикава служит для поиска и визуализации причин, которые приводят к проблеме. Метод заключается в выборе наиболее значимых показателей качества с использованием нескольких туров обсуждения, в результате которых сужается круг показателей для дальнейших расчетов и выявляются наиболее значимые критерии методом мозгового штурма.

2. Метод ранга (предпочтений) представляет собой ранжирование факторов по принципу: первое место – самому значимому, последнее – наименее значимому. Расчет коэффициентов весомости осуществляется для всех выбранных свойств.

3. Метод неограниченного выбора показателей качества, отличающийся отсутствием выбора предварительного перечня факторов. Каждый эксперт представляет свой неограниченный комплекс факторов, ранжированных в порядке убывания значимости, при этом число показателей качества может быть различным. Метод применяют при высокой квалификации экспертов и когда можно не ограничивать число исследуемых показателей.

4. Метод разности меридиан, включающий анализ значимости свойств различных видов продукции, основанный на ранжированной экспертной оценке нескольких вариантов продукции одного назначения, но отличающейся своим качеством.

5. Метод анализа иерархий (МАИ) – математический инструмент системного подхода к сложным проблемам принятия решений на основе попарного сравнения показателей качества, определения приоритетов данного уровня иерархии, согласованности суждений и вычисления суммарных приоритетов. Метод отличается повышенной объективностью за счет сравнения показателей качества на различных уровнях иерархий.

6. Метод теории нечетких множеств, применяемый на этапе обработки экспертной информации с целью повышения объективности экспертного заключения по ранжированию показателей качества и позволяющий сделать переход от бальной оценки к числовой более гибким и адекватным.

7. Метод QFD (функция развертывания качества), преобразующий требования потребителя в технические характеристики продукции.

### **3.3 Построение иерархической структуры свойств материалов, определяющих качество адаптивной одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями**

Отсутствие в стандартах единых требований к материалам для адаптивной одежды приводит к целесообразности выявления наиболее значимых свойств

систем материалов, формирующих качество готовых изделий с учетом специфических особенностей исследуемого контингента.

В данной работе построение иерархической структуры наиболее значимых свойств систем материалов осуществлено для одежды верхнего ассортимента людей с ограниченными двигательными возможностями. Основой для формирования перечня явились требования стандартов ГОСТ 4.45–86 «Система показателей качества продукции. Изделия швейные бытового назначения. Номенклатура показателей», ГОСТ Р 54408–2021 «Одежда специальная для инвалидов. Общие технические условия», ГОСТ Р 70098–2022 «Одежда специальная для инвалидов. Номенклатура показателей качества», в области одежды для людей с инвалидностью, ГОСТ 28486–90 «Ткани плащевые и курточные из синтетических нитей. Общие технические условия».

При делении показателей на группы за основу был принят принцип, представленный в [139]. Все показатели качества разбиты на группы: социальные, функциональные, эксплуатационные, эстетические, эргономические и экономические показатели, каждая из которых включает единичные показатели качества, представленные в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Предварительный перечень показателей качества систем материалов для изготовления адаптивной одежды для людей с ОДВ

1. Социальные показатели			
1.1.	Соответствие материала оптимальному ассортименту	1.4	Общественная целесообразность разработки и выпуска материалов
1.2.	Социальный адрес потребителя	1.5	Сезонность спроса
1.3.	Материальный износ	1.6	Сопутствующие социальные эффекты
2. Функциональные показатели			
2.1	Суммарное тепловое сопротивление	2.6	Воздухопроницаемость
2.2	Проницаемость излучения	2.7	Паропроницаемость
2.3	Поверхностная плотность	2.8	Пылепроницаемость
2.4	Жесткость при изгибе	2.9	Водонепроницаемость
2.5	Растяжимость	2.10	Полная деформация и ее компоненты
3. Эксплуатационные показатели			
3.1	Устойчивость к разрыву	3.11	Устойчивость к многократным растяжениям
3.2	Усилие при раздирании	3.12	Устойчивость к многократным изгибам

### Окончание таблицы 3.1

3.3	Усилие при продавливании	3.13	Устойчивость к действию светопогоды
3.4	Устойчивость к истиранию	3.14	Устойчивость к химической чистке
3.5	Несминаемость	3.15	Полная деформация и ее компоненты
3.6	Пиллингуемость	3.16	Размеростабильность
3.7	Изменение линейных размеров	3.17	Устойчивость окраски
3.8	Устойчивость к поту	3.18	Устойчивость к повышенным/пониженным температурам
3. Эксплуатационные показатели			
3.9	Устойчивость к раздвигаемости нитей	3.19	Водоотталкивание
3.10	Адгезия	3.20	Прочность ворса
4. Эстетические показатели			
4.1	Художественно-калористическое оформление	4.6	Цвет
4.2	Блеск	4.7	Прозрачность
4.3	Белизна	4.8	Рисунок
4.4	Переплетение	4.9	Фактура поверхности
4.5	Эффект отделки	4.10	Современность
5. Эргономические показатели			
5.1	Гигроскопичность	5.6	Пылеемкость
5.2	Водопоглощаемость	5.7	Электризуемость
5.3	Пароемкость	5.8	Теплоемкость
5.4	Воздухопроницаемость	5.9	Поверхностная плотность
5.5	Жесткость при изгибе	5.10	Растяжимость
6. Экономические показатели			
6.1	Материалоемкость	6.3	Рациональность использования
6.2	Трудоемкость переработки	6.4	Сорт

Предварительный перечень показателей включает 60 наименований свойств текстильных материалов. Для сокращения перечня и уточнения степени влияния показателей на качество продукции использована диаграмма Исикава [80]. С помощью схем Исикава методом мозгового штурма систематизированы свойства материалов для адаптивной одежды, выделены наиболее важные в результате выявления значимых свойств по уровням (рис. 3.2).

Для обсуждения значимости факторов были привлечены 10 специалистов в области текстильного материаловедения и специалисты швейных предприятий. Обсуждение по существу вопроса проводилось в 3 тура. Свойства материалов для изготовления адаптивной одежды рассматривались экспертами как по отдельности, так и с учетом их взаимного влияния. В первом туре выделено 30

значимых факторов, во втором туре – 20 и в третьем туре сформирован окончательный перечень из 11 свойств: устойчивость к истиранию, устойчивость к многократным растяжениям, водонепроницаемость, разрывная нагрузка, устойчивость окраски, жесткость при изгибе, загрязняемость, изменение линейных размеров, раздвижка нитей в швах, удельное тепловое сопротивление, паропроницаемость.

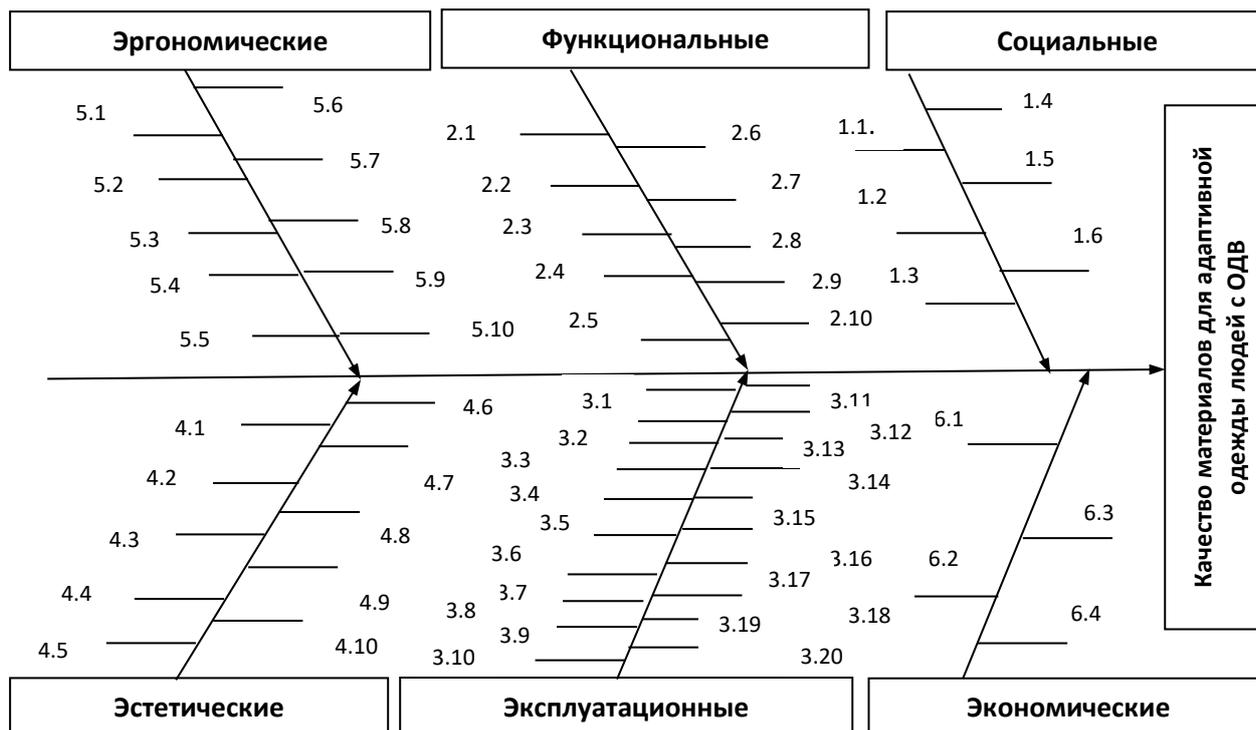


Рисунок 3.2 – Диаграмма Исикава

Определение весомости выявленных свойств выполнено с помощью экспертного метода теории нечетких множеств [81–84] с использованием бальной системы оценок, при которой наиболее важному показателю присваивалось значение 10, наименее важному – 0. Результаты экспертной оценки приведены в таблице 3.2. Согласованность мнений экспертов оценивалась коэффициентом конкордации, расчетное значение которого составляет 0,71. Значимость  $W$  определялась по критерию Пирсона

$$\chi^2 = Wm(n-1) \quad (3.1),$$

где  $W$  – коэффициент конкордации,

$m$  – число экспертов,

$n$  – число показателей качества

$\chi^2 = 0,71 \cdot 10 (11-1) = 71 > \chi^2_{\text{табл.0,01}} = 23,2$ , т.е  $W$  значим с вероятностью не менее 0.99.

Таблица 3.2 – Матрица рангов показателей качества адаптивной одежды

ПК материалов	Шифр ПК	Шифр эксперта									
		Э1	Э2	Э3	Э4	Э5	Э6	Э7	Э8	Э9	Э10
Водонепроницаемость	X <sub>1</sub>	7	8	8	6	6	4	8	5	7	7
Удельное тепловое сопротивление	X <sub>2</sub>	7	9	6	9	8	8	5	7	7	6
Устойчивость к истиранию	X <sub>3</sub>	7	9	5	5	4	7	7	9	5	7
Жесткость при изгибе	X <sub>4</sub>	5	6	4	4	2	4	4	3	1	1
Устойчивость окраски	X <sub>5</sub>	3	3	0	3	1	3	0	4	3	2
Разрывная нагрузка	X <sub>6</sub>	1	3	3	2	5	0	0	1	4	1
Устойчивость к многоцикловым растяжениям	X <sub>7</sub>	9	5	10	10	9	9	8	7	10	6
Изменение линейных размеров	X <sub>8</sub>	2	2	2	0	1	1	2	0	2	1
Раздвижка нитей швах	X <sub>9</sub>	0	0	4	0	1	0	1	0	1	0
Загрязняемость	X <sub>10</sub>	6	2	5	1	2	4	4	1	6	5
Паропроницаемость	X <sub>11</sub>	5	5	6	8	6	6	5	7	4	9

Формализация мнений экспертов в результате выявления количества оценок с определенным баллом (табл. 3.3) и дальнейший анализ показали, что разброс оценок по единичным показателям составляет 3–6 баллов.

Таблица 3.3 – Формализация мнений экспертов

Шифр ПК	$\sum$ балл	$S_i - S$	$(S_i - S)^2$	Частота встречаемости баллов										
				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X <sub>1</sub>	66	6	36					1	1	2	3	3		
X <sub>2</sub>	72	12	144						1	2	3	2	2	
X <sub>3</sub>	65	5	25					1	3		4		2	
X <sub>4</sub>	34	-26	676		2	1	1	4	1	1				
X <sub>5</sub>	22	-38	1444	2	1	1	5	1						
X <sub>6</sub>	20	-40	1600	2	3	1	2	1	1					
X <sub>7</sub>	83	23	529						1	1	1	1	3	3
X <sub>8</sub>	13	-47	2209	2	3	5								
X <sub>9</sub>	7	-53	2809	6	3			1						
X <sub>10</sub>	36	-24	576		2	2		2	2	2				
X <sub>11</sub>	61	1	1					1	3	3	1	1	1	

При построении нечетких множеств принимается, что для пространства рассуждения  $U$  и данной функции принадлежности  $\mu_A : U \rightarrow [0,1]$  нечеткое множество определяется [311]:

$$A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in U\} \quad (3.2)$$

Функция принадлежности  $\mu_A(x)$  количественно измеряет принадлежность элементов фундаментального множества пространства рассуждения  $x \in U$  нечеткому множеству  $A$ , показывая в какой степени элемент принадлежит нечеткому множеству. Значение 0 означает, что элемент не включен в нечеткое множество, 1 описывает полностью включенный элемент. Значения между 0 и 1 характеризуют нечетко выделенные элементы [84].

В данном случае значение функции принадлежности (табл. 3.4) рассчитывается:

$$\mu_{ji}(x_i) = \frac{\omega_{ji}}{\sum_{i=1}^{10} \omega_{ji}} \quad (3.3)$$

где  $\omega_{ji}$  – число появлений  $j$  балла для каждого показателя  $x_i$ .

Таблица 3.4 – Результаты ранжирования единичных показателей качества

Шифр ПК	Значение функции принадлежности											$M_i$	$\beta_i$	$\alpha_i$
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
X <sub>1</sub>					0.1	0.1	0.2	0.3	0.3			6.6	0.24	0.07
X <sub>2</sub>						0.1	0.2	0.3	0.2	0.2		7.2	0.42	0.17
X <sub>3</sub>					0.1	0.3		0.4		0.2		6.5	0.27	0.1
X <sub>4</sub>		0.2	0.1	0.1	0.4	0.1	0.1					3.4	0.1	0.06
X <sub>5</sub>	0.2	0.1	0.1	0.5	0.1							2.2	0.02	0.01
X <sub>6</sub>	0.2	0.3	0.1	0.2	0.1	0.1						2.4	0.05	0.02
X <sub>7</sub>						0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	8.3	1.00	0.4
X <sub>8</sub>	0.2	0.3	0.5									1.3	0	0
X <sub>9</sub>	0.6	0.3			0.1							0.7	0	0
X <sub>10</sub>		0.2	0.2		0.2	0.2	0.2					3.6	0.11	0.07
X <sub>11</sub>					0.1	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1		6.1	0.31	0.11

Суммарное количество оценок в рассматриваемом примере постоянно и равно 10.

Если носителем нечеткого множества является конечная совокупность действительных чисел, то за среднее значение нечеткого множества можно принять число. В этом случае среднее значение нечеткого множества определяется по формуле:

$$M(A) = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \mu_A(x_i)}{\sum_{i=1}^n \mu_A(x_i)} \quad (3.4)$$

Если знаменатель равен 1, то эта формула определяет математическое ожидание случайной величины, для которой вероятность попасть в точку  $x_i$  равна  $\mu_A(x_i)$ . Величины математического ожидания рассматриваемых нечетких множеств приведены в таблице 3.4. Приняв весомость показателя качества с максимальным математическим ожиданием за единицу ( $\beta_{\max}=1$ ), можно определить  $\beta_i$  других показателей качества в результате сравнения каждого нечеткого множества с  $A_{\max}$ :

$$\beta_i = S_i = S(A_i A_{\max}) = \frac{A_i \cap A_{\max}}{A_i \cup A_{\max}} = \frac{\{\min(\mu_i(x), \mu_{\max}(x)|x)\}}{\{\max(\mu_i(x), \mu_{\max}(x)|x)\}} \quad (3.5)$$

где  $S_i$  – индекс сходства нечетких множеств;

$A_i \cap A_{\max}$  – пересечение нечетких множеств,

$A_i \cup A_{\max}$  – объединение нечетких множеств.

Далее значение коэффициента весомости рассматриваемых свойств рассчитывают по формуле:

$$\alpha_i = \beta_i / \sum_1^n \beta_i \quad (3.6)$$

Таким образом, в перечень наиболее значимых свойств включены свойства с весомостью отличные от 0 (табл. 3.4).

В порядке уменьшения значимости свойства образуют ранжированный ряд: устойчивость к многоцикловым деформациям растяжениям, удельное тепловое сопротивление, паропроницаемость, устойчивость к истиранию, водонепроницаемость, загрязняемость, жесткость при изгибе, разрывная нагрузка, устойчивость окраски. Выбранные свойства являются важнейшими при оценке качества материалов адаптивной одежды для людей с ОДВ и приняты за основу при проведении экспериментальных исследований.

### **Выводы по третьей главе**

1. Проведенный анализ показал, что существующие в настоящее время нормативные документы, применимые к исследуемому контингенту потребителей, содержат требования к адаптивным изделиям. Выявлено, что требования к специальной одежде для людей с ОДВ более высокие по сравнению с одеждой для людей с типичным развитием.

2. Отсутствие в стандартах единых требований к материалам для адаптивной одежды определило целесообразность выявления наиболее значимых свойств систем материалов, формирующих качество готовых изделий с учетом специфических особенностей исследуемого контингента: людей с ОДВ.

3. Выполнен анализ существующих методов разработки номенклатуры показателей качества продукции, позволивший определить рациональные методы для выбора наиболее значимых свойств материалов для адаптивной одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями.

4. Разработана иерархическая структура наиболее значимых свойств материалов адаптивной одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями с использованием причинно-следственной диаграммы Исикава и метода нечетких множеств.

Данные свойства приняты за основу при проведении экспериментальных исследований.

## **ГЛАВА 4 СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИК ОЦЕНКИ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ СИСТЕМ МАТЕРИАЛОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ КАЧЕСТВО АДАПТИВНОЙ ОДЕЖДЫ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ДВИГАТЕЛЬНЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ**

### **4.1 Разработка методики исследования стабильности структуры текстильных материалов при многоцикловом растяжении**

При эксплуатации одежды текстильный материал испытывает небольшие нагрузки, вызывающие деформации растяжения. Многократно повторяющееся растяжение вызывает изменение структуры материала и приводит к ухудшению его свойств. В одежде этот процесс сопровождается изменением размеров и формы одежды, образованием на отдельных участках одежды вздутий (в области локтя, колена и др.), а также снижается срок эксплуатации изделий. В связи с этим изучение поведения текстильных материалов при воздействии на него многоцикловых нагрузок, является актуальным.

Исследование изменения материала при воздействии на него многоциклового растяжения позволяет полнее оценивать эксплуатационные и технологические свойства материалов. Воздействие многоциклового растяжения материала оценивают следующими показателями: выносливостью, долговечностью, остаточной деформацией и ее компонентами, пределом выносливости [89].

Для проведения испытаний по исследованию стабильности структуры текстильных материалов при многоцикловом растяжении задействовано экспериментальное оборудование, состоящее из разрывной машины, подключенной к персональному компьютеру. Конструктивное устройство состоит из станины, модулей линейного перемещения, металлических планок-зажимов и сервопривода, включающего инкрементный преобразователь угловых перемещений (инкрементный энкодер), электромотор с редуктором, блок питания

и управления, (рис. 4.1). Для управления и считывания результатов использована специализированная программа STRAIN v1.0 (рис. 4.2).



а



б

а – конструктивное устройство разрывной машины, б – персональный компьютер  
Рисунок 4.1 – Разрывная машина с персональным компьютером

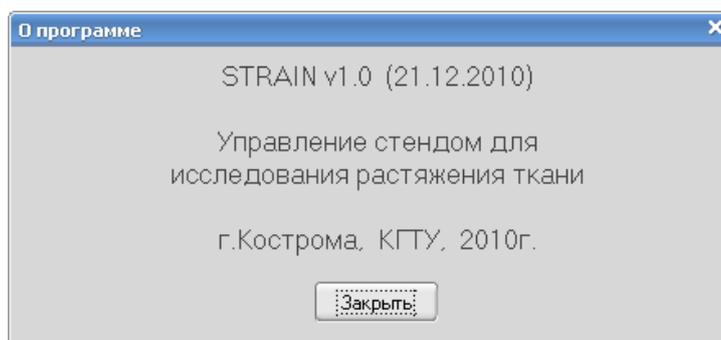


Рисунок 4.2 – Программа для ПК

Для определения стабильности структуры текстильных материалов при многоцикловом растяжении предложена методика исследования (рис. 4.3). В качестве критерия стабильности структуры исследуемых материалов используется показатель остаточной деформации, учитывающий анизотропию свойств по различным направлениям.

Для проведения исследований используются пробы в форме квадратов со сторонами 300x300 мм, равными длинам зажимных планок разрывной машины и имеющие дополнительный припуск 50 мм с каждой стороны, равный ширине зажимных планок. На дополнительном припуске размечены отверстия для заправки образцов.

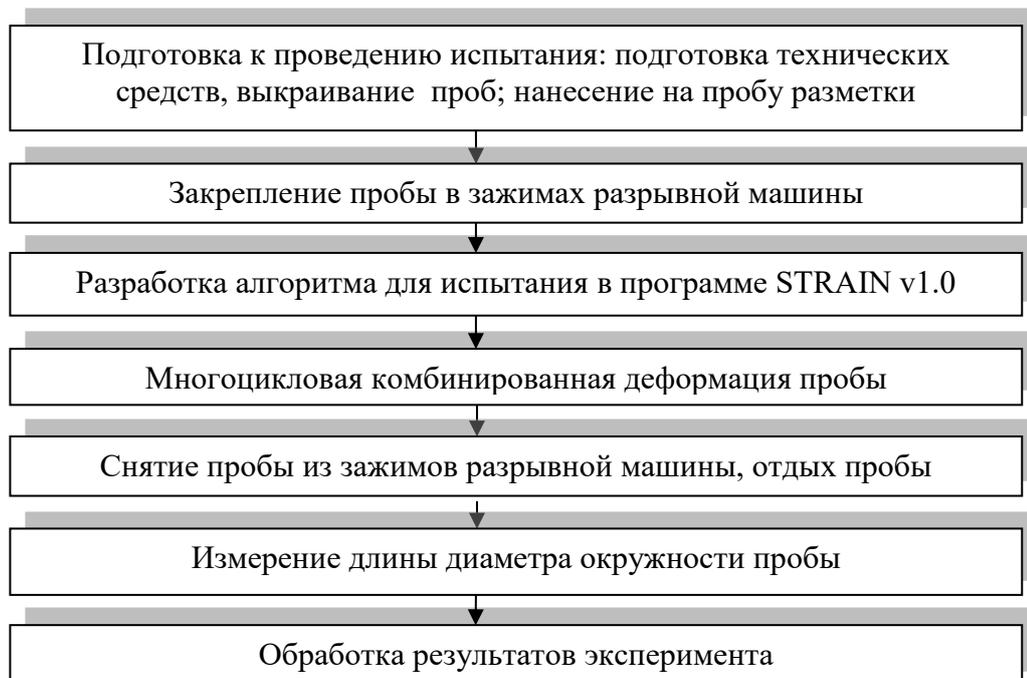


Рисунок 4.3 – Схема исследования стабильности структуры текстильных материалов при многоцикловом растяжении

Суть определения стабильности структуры текстильных материалов при многоцикловом растяжении по данной методике заключается в следующем. Подготовленная проба исследуемого материала подвергается многоцикловой деформации растяжения с заданным количеством циклов по предварительно разработанному алгоритму в программе STRAIN v1.0, задающему параметры деформирования. Один полный цикл программы, длительностью 30 минут со скоростью 10000 мм/мин, характеризует комплекс попеременного комбинированного (одноосного и двухосного) перемещения вдоль осей X и Y с заданными параметрами деформирования, число периодов 8 (табл. 4.1). Алгоритм программы испытаний представлен на рисунке 4.4, протокол испытаний – на рисунке 4.5.

Таблица 4.1 – Характеристика полного цикла испытаний

Шаг цикла	Перемещение, мм
1	ось X на 15 мм
2	ось X на 0 мм
3	ось Y на 15 мм
4	ось Y на 0 мм

## Окончание таблицы 4.1

Шаг цикла	Перемещение, мм
5	заикливание
6	ось У и Х на 15 мм
7	ось Х на 0 мм ось У на -15 мм
8	ось У и Х на 15 мм
9	ось У и Х на 0 мм
10	заикливание

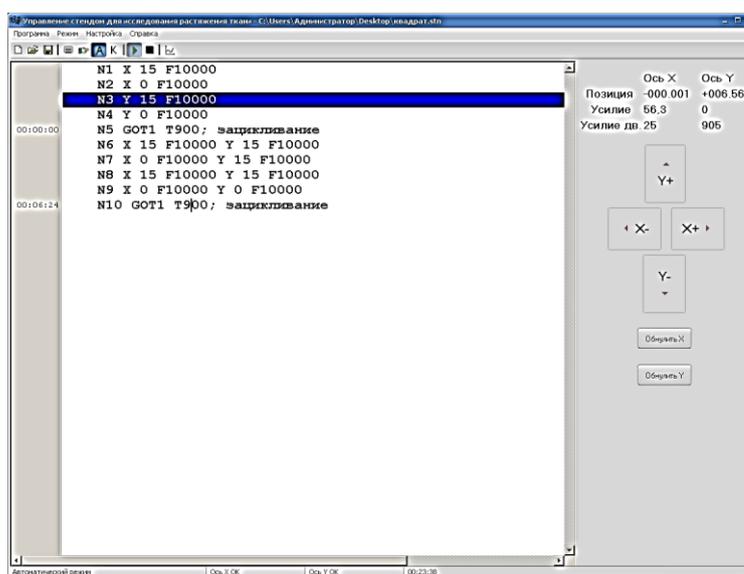


Рисунок 4.4 – Алгоритм программы испытаний

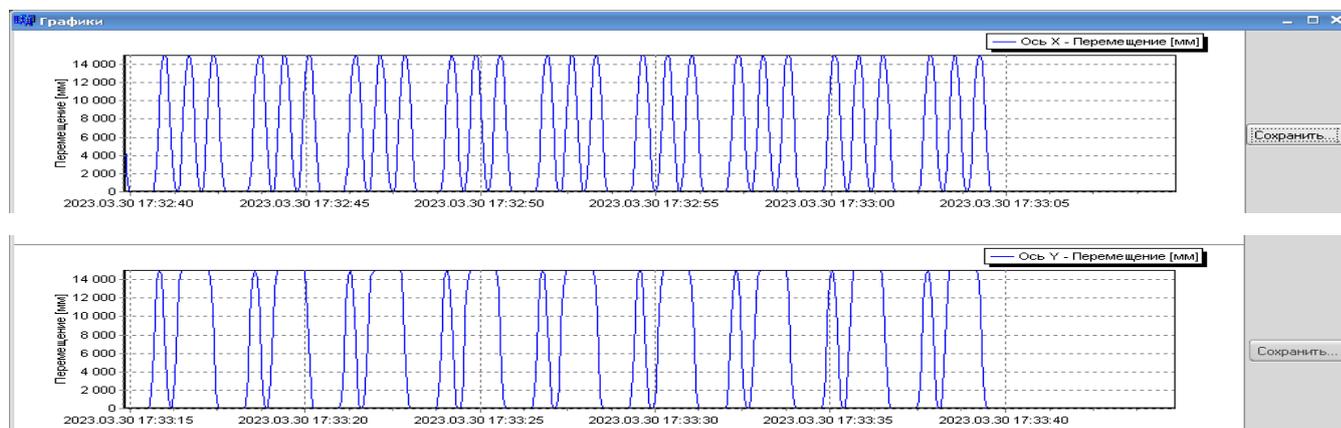


Рисунок 4.5 – Протокол испытаний

По завершении всех циклов программы пробу снимают с зажимов разрывной машины, оставляют для отдыха и по истечении 30 минут производят замеры с помощью измерительных инструментов. Далее вычисляют остаточную деформацию. Результаты исследований представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Результаты исследования материалов при многоцикловом растяжении

Наименование материала	Остаточная деформация, %											
	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°
Материал с мембранным покрытием	0	0	3	2	1	2	1	1	0	1	1	0
Оксфорд R/S PU	0	0	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Дюспо-240	1	0	3	3	2	2	3	2	2	5	1	1
Курточная ткань	1	1	1	4	2	2	1	1	2	5	3	2
Оксфорд R/S	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0
Оксфорд R/S PU honey	0	0	2	1	1	2	1	1	1	1	1	0
Микрофибра	0	0	3	3	1	2	1	1	0	2	1	0

Используемая методика исследования стабильности структуры материалов в условиях циклического комбинированного растяжения включает измерение длин диаметров под различными углами (рис. 4.6). Предусмотренное методикой варьирование режимов испытаний позволяет моделировать различные виды циклических растяжений, а также предусматривает создание объективных условий для создания реальных условий эксплуатационных воздействий.

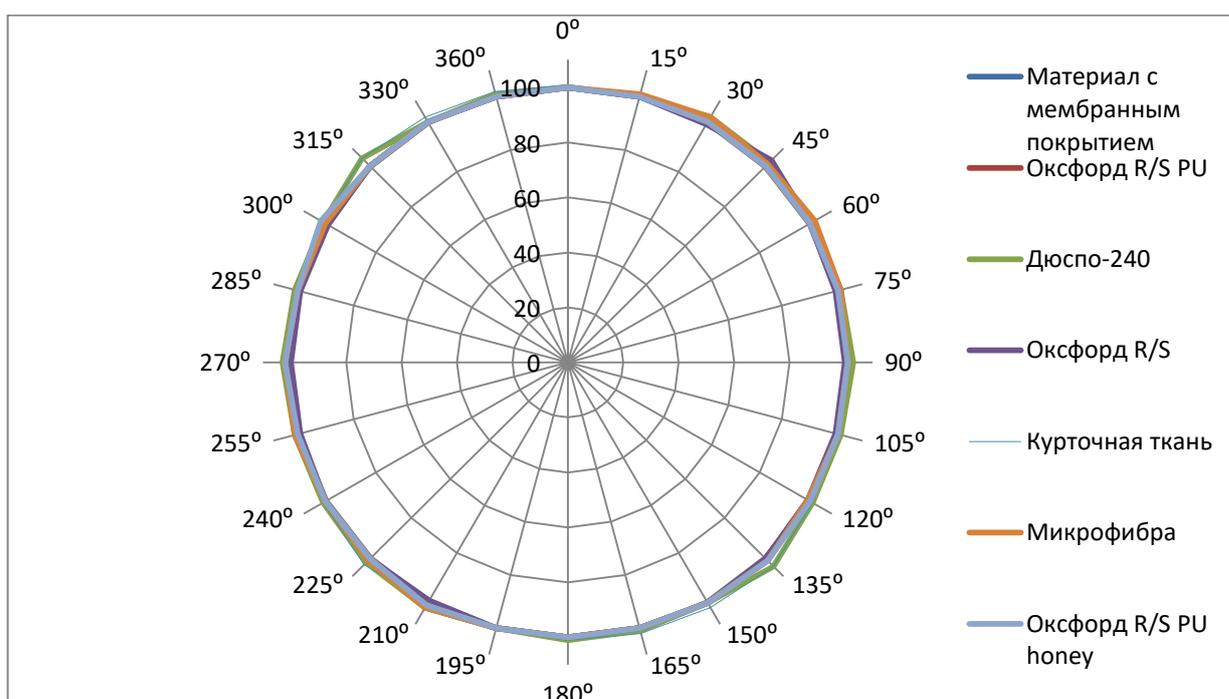


Рисунок 4.6 – Остаточная деформация при многоцикловом растяжении

Проведенные экспериментальные исследования позволили оценить остаточную деформацию проб при многоцикловом растяжении. Материалы Оксфорд R/S PU, Оксфорд R/S, Оксфорд R/S PUhoney, а также материал с мембранным покрытием стабильны по нити основы: остаточная деформация отсутствует. Небольшой процент (1%) остаточной деформации по нити основы у курточного материала, материала Дюспо 240 и курточной ткани микрофибра. У всех материалов прослеживается, что остаточная деформация меньше по нити основы, чем по нити утка. Из представленных текстильных материалов, подверженных комбинированному многоцикловому растяжению, имитирующей эксплуатационную нагрузку наибольшая остаточная деформация до 5% характерна в направлении  $45^{\circ}$  к нитям основы для курточной ткани и Дюспо 240. У материала с мембранным покрытием остаточной деформации 1–3% в данном направлении.

Сравнительный анализ экспериментальных данных характеризует материалы Оксфорд R/S и Оксфорд R/S PU как более устойчивые к комбинированному двухосному нагружению, показатели остаточной деформации по всем направлениям до 2%. Остальные исследуемые материалы подвержены остаточной деформации в диапазоне от 1% до 5%. У всех испытуемых образцов наибольшая остаточная деформация наблюдается под углом  $45^{\circ}$ .

#### **4.2 Оценка показателей паропроницаемости систем материалов для адаптивной одежды**

Вследствие структурно-функциональных изменений центральной и периферической нервной системы, а также нарушения деятельности внутренних органов и систем люди в инвалидном кресле постоянно чувствуют недостаток тепла в нижних конечностях [99–102]. Для этой категории людей особенно важно решить проблему конфекционирования материалов, заключающуюся в создании теплового комфорта и поддержании его за счет использования эффекта

терморегуляции. Одним из свойств, обеспечивающих нормальные условия жизнедеятельности организма человека в пододежном пространстве, является удаление испарений через системы материалов. Недостаточный уровень паропроницаемости материалов одежды ведет к задержанию паров, выделяемых телом человека в пододежном пространстве, увлажнению одежды и снижению ее теплозащитных свойств, что в итоге приводит к переохлаждению организма в целом. Пары воды проникают через поры аналогично воздуху, а также в результате сорбции паров одной стороной материала из среды с повышенной влажностью воздуха и десорбции с другой стороны изделия в среду с пониженной влажностью. Соотношение количества пара, проходящее через систему материалов, напрямую зависит от структуры тканей, волокнистого состава и их сорбционных способностей.

В результате анализа методов и средств определения паропроницаемости текстильных материалов выявлено, что во многих литературных источниках показана сложность измерения показателя, зависимость его фактических значений от условий эксперимента и неоднозначность интерпретации результатов [99–104].

Все методы измерения паропроницаемости предусматривают создание разности парциальных давлений водяного пара по обеим сторонам образца. Их можно разделить на:

- методы, в которых применяются перепады температур по сторонам образца;
- методы, не создающие температурного ингредиента;
- методы, в которых исследования производятся при неподвижном наружном воздухе;
- методы, в которых создается заданная скорость движения наружного воздуха.

Методы различаются условиями испытания, способами измерения, а также применяемыми методиками расчета [103–106].

Одним из условий нормального теплообмена организма является сорбция/десорбция водяных паров системой материалов адаптивной одежды.

Для проведения экспериментальных исследований сконструированы системы материалов, включающие ткань верха (курточный материал), утепляющий материал (нетканые материалы торговой марки Холлофайбер®: Термо, Профи Микро, Валуометрик) и подкладочный материал (льняное трикотажное полотно), данные представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Характеристики систем материалов

Номер системы материалов	Компоненты системы материалов
1	Оксфорд R/S + Холлофайбер®Термо+льняной трикотаж
2	Оксфорд R/S PU + Холлофайбер®Термо +льняной трикотаж
3	Дюспо 240Т + Холлофайбер®Термо +льняной трикотаж
4	Материал с мембранным покрытием + Холлофайбер®Термо + льняной трикотаж
5	ОксфордR/S + Холлофайбер®ПрофиМикро +льняной трикотаж
6	ОксфордR/S PU +ХоллофайберПрофиМикро+льняной трикотаж
7	Дюспо240Т+ Холлофайбер®ПрофиМикро +льняной трикотаж
8	Материал с мембранным покрытием + Холлофайбер®ПрофиМикро + льняной трикотаж
9	Оксфорд R/S + Холлофайбер®Софт + льняной трикотаж
10	Оксфорд R/S PU+ Холлофайбер®Софт + льняной трикотаж
11	Дюспо 240Т+ Холлофайбер®Софт + льняной трикотаж
12	Материал с мембранным покрытием + Холлофайбер®Софт + льняной трикотаж

Используемая методика исследования паропроницаемости основана на создании по обе стороны испытуемого образца сред с различной влажностью и измерении количества водяных паров, проходящих через материал. Определение паропроницаемости производилось исходя из уменьшения веса стакана с водой, плотно закрытого образцом и помещенного в климатическую камеру с нормируемой влажностью воздуха и температурой. Для приближения условий эксперимента к эксплуатационным условиям испытания проведены при температуре 35–36°С. Испытания проводились в течение 24 часов с измерением паропроницаемости через каждый час. Промежуточные значения исследуемых показателей с интервалом в 4 часа приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Показатели паропроницаемости систем материалов

Номер системы	Коэффициент паропроницаемости $B_h$ , г/ м <sup>2</sup> ·ч							$\Delta$ , г.	А, г/м <sup>2</sup> /24ч	В <sub>о</sub> , %
	1	5	9	13	17	21	24			
1	677,7	437,2	389	367,2	359,7	352,6	349,9	16,48	8397,5	32,6
2	570,70	273,1	255,9	244,2	238,3	237,8	236,5	11,14	5676,4	22,0
3	580,9	179,3	144,3	130,5	123,2	117,9	116,8	5,5	2802,5	10,9
4	682,8	371	329,5	311,2	300	294,3	293,8	13,84	7052,2	27,4
5	280,3	224,2	221,4	217,9	213,4	216,4	216,6	10,2	5197,5	20,2
6	676,4	281,5	84,4	84,6	85	85,7	86,2	4,06	2068,8	8,1
7	606,4	175,2	129,7	111,3	104,3	98,2	95,5	4,5	2293,0	8,9
8	759,2	291,5	245,2	229,2	217,9	213,5	209,6	9,87	5029,3	19,5
9	713,4	296,6	248,5	228,1	217,9	211,1	209,8	9,88	5034,4	19,5
10	631,8	258,9	192,5	174,8	166	160,1	159	7,49	3816,6	14,8
11	631,8	194,6	148,9	130,9	123,2	116,5	114,4	5,39	2746,5	10,7
12	759,2	417,8	315,4	275,9	251,5	239,2	230,8	10,87	5538,9	21,5

Для оценки паропроницаемости систем материалов использовались показатели, представленные ниже:

*Коэффициент паропроницаемости* ( $B_h$ ), позволяющий оценить количество водяных паров прошедших через единицу площади материала в единицу времени:

$$B_h = \frac{m}{St} \quad (4.1)$$

где  $m$  – масса испарившейся влаги, г;

$S$  – площадь пробы; м<sup>2</sup>;

$t$  – время испытания, ч;

$h$  – расстояние от поверхности воды до материала, мм.

*Относительная паропроницаемость* ( $B_o$ , %), определяющая процентное отношение количества паров воды, прошедших через материал, к количеству воды, испарившейся из открытого сосуда.

*Показатель А*, (в некоторых работах называемый абсолютной паропроницаемостью), наиболее распространенный в зарубежных методиках и определяющий количество пара (г), прошедшего через 1м<sup>2</sup> за 24 часа.

Показатель  $\Delta$ ,  $g$ , отражающий количество испаренной воды за время проведения испытания (рис. 4.7). Угол отклонения кривой от горизонтальной оси, проведенной к начальной точке испытания является косвенной характеристикой паропроницаемости: чем больше угол, тем больше паропроницаемость системы материалов.

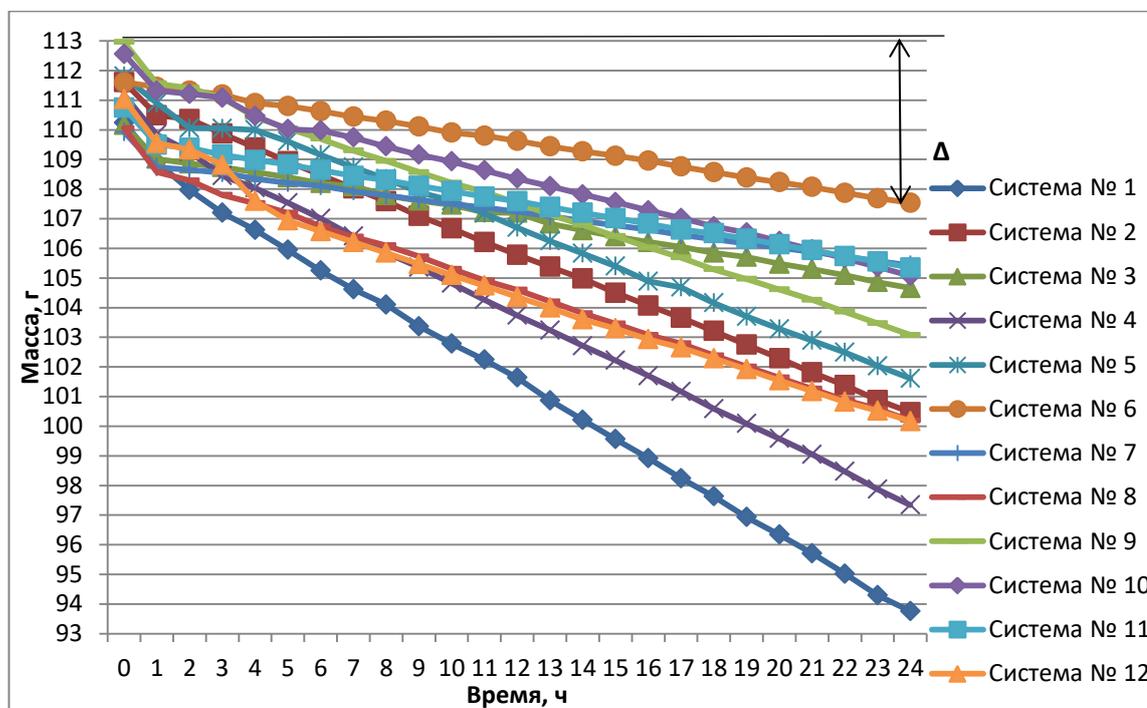


Рисунок 4.7 – Кривые изменения массы паров воды

Анализ полученных результатов подтверждает наличие трех этапов процесса изменения проницаемости материалов в течение времени испытания [106,107]. Наиболее высокое значение коэффициента паропроницаемости систем материалов (рис. 4.8) характерно для начального периода испытаний, в течение которого происходит интенсивное заполнение льняного подкладочного материала парами влаги. Это связано с особенностями строения трикотажного полотна и его волокнистым составом. На следующем этапе наблюдается уменьшение величины коэффициента паропроницаемости. Снижение коэффициента паропроницаемости исследуемых систем материалов определяется с установлением сорбционного динамического равновесия в полотнах разной структуры, при этом изменение скорости передачи влаги менее выражено. Последний этап характеризуется установившимся режимом процесса влагопереноса через системы материалов и

постоянной величиной коэффициента паропроницаемости. Характер изменения анализируемого показателя паропроницаемости аналогичен для всех исследуемых систем материалов.

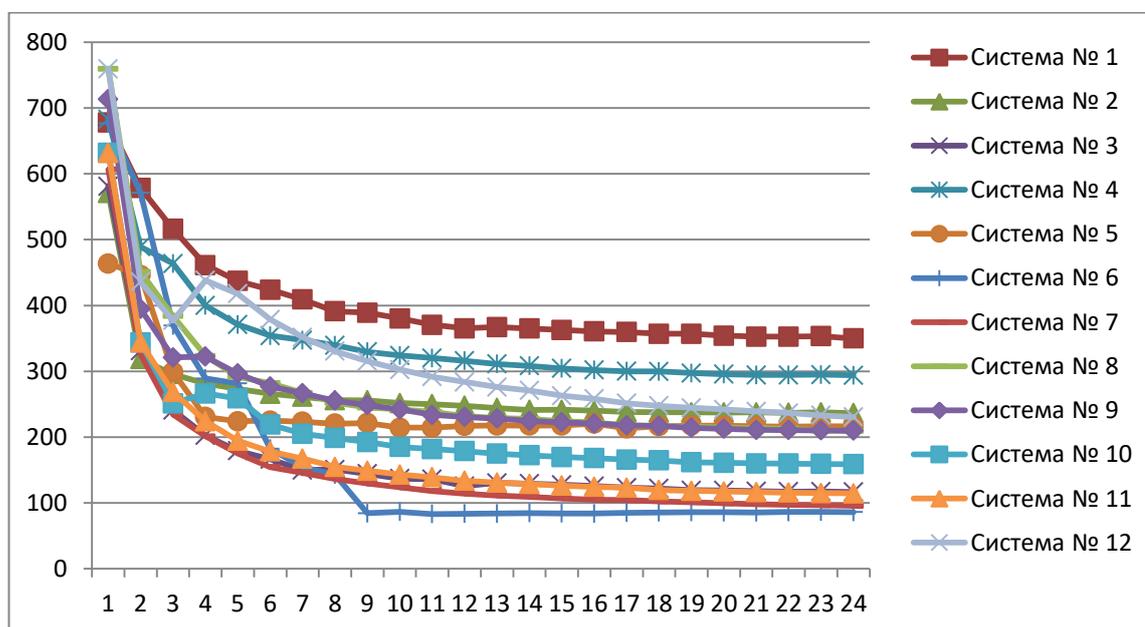


Рисунок 4.8 – Динамика коэффициента паропроницаемости

Следует отметить, что в настоящее время норм коэффициентов паропроницаемости систем материалов для одежды, включая адаптивную, не существует. Установленной нормой показателя паропроницаемости ткани верха специальной одежды для защиты от пониженных температур является значение не менее  $40 \text{ мг/см}^2 \cdot \text{ч}$  ( $400 \text{ г/м}^2 \cdot \text{ч}$ ). Скорость передачи влаги в исследуемых системах за первый час составляет  $76,4\text{--}677,7 \text{ г/м}^2 \cdot \text{ч}$  и превышает указанное значение (исключением образца №6). Средние значения коэффициентов паропроницаемости за сутки находятся в диапазоне  $86,2\text{--}349,9 \text{ г/м}^2 \cdot \text{ч}$ . Различия в показателях коэффициента паропроницаемости обусловлены характеристиками строения и волокнистым составом каждой системы материалов.

Относительная паропроницаемость исследуемых объектов составляет  $8,1\text{--}32,6\%$  (рис. 4.9), в половине случаев попадая в интервал  $20\text{--}50\%$ , указанный Н.А. Архангельским для тканей. Минимальная проницаемость отмечается у систем материалов № 3,7,11 с тканью верха Дюспо 240Т со значениями  $V_0=10,9$ ;

8,9; 10,7% соответственно для пакетных решений с утепляющими материалами: Холлофайбер®Термо, Холлофайбер®ПрофиМикро, Холлофайбер®Софт.

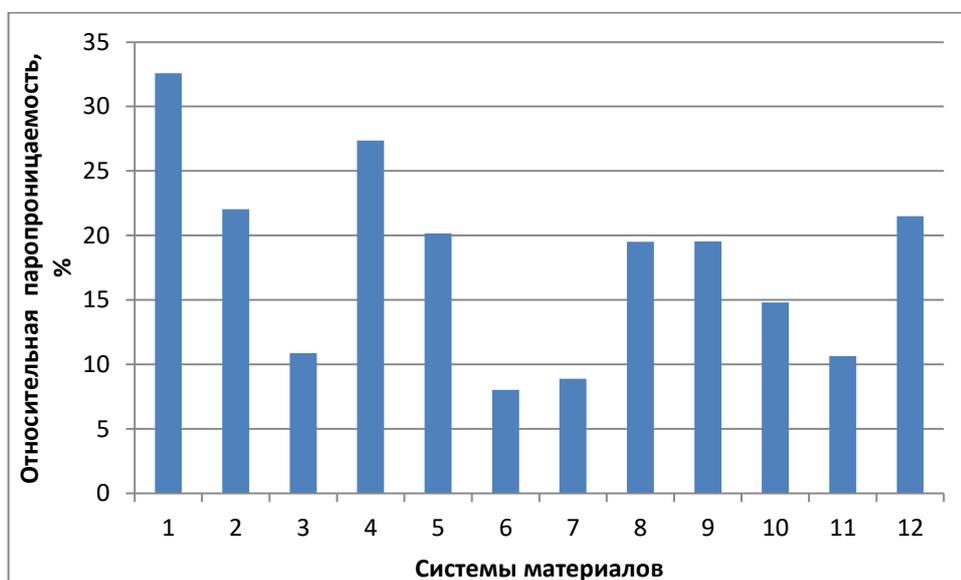


Рисунок 4.9 – Относительная паропроницаемость систем материалов

Максимальной паропроницаемостью обладают системы материалов № 1,5,9 с тканью верха Оксфорд R/S без полиуретанового покрытия, (соответственно  $V_0=32,6; 27,4; 19,5\%$ ) и системы, включающие материал с мембранным покрытием № 4,8,12(соответственно  $V_0=27,4; 19,5; 21,5\%$ ).

Отличительной особенностью материалов с мембранным покрытием, определяющих их потребительскую ценность для создания одежды людей с ограниченными двигательными возможностями, является наличие полимерного мембранного слоя, который обеспечивает селективную проницаемость слоистого материала по отношению к влаге. Учитывая в комплексе паропроницаемость и водонепроницаемость систем материалов с тканью верха Оксфорд R/S и материала с мембранным покрытием, предпочтение для конфекционирования материалов в пакет одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями следует отдать материалу с мембранным покрытием.

Анализируя влияние вида утепляющего материала можно сделать вывод о наличии следующей закономерности: пакетные решения с неткаными материалами Холлофайбер® в зависимости от вида нетканого материала в

порядке увеличения значения исследуемого свойства образуют ряд: ПрофиМикро, Софт, Термо. Для обеспечения более комфортного состояния в пододежном слое рекомендуется использовать утепляющий материал Холлофайбер®Термо.

Количество пара, прошедшего через  $1\text{ м}^2$  за сутки находится в пределах 2068,8–8397,5 г/м<sup>2</sup>/24ч. Этот показатель паропроницаемости достаточно высок и для большинства исследуемых систем достигает рекомендуемого, например, для материала с мембранным покрытием значения 5000 г/м<sup>2</sup>/24ч при проведении испытаний методом вертикально стоящей чаши.

На основе обработки данных экспериментальных исследований получены уравнения (в виде степенной функции, полинома второй и третьей степени), определяющие зависимость изменения коэффициентов паропроницаемости (табл. 4.5). Достоверность аппроксимации ( $R^2$ ) находится в пределах 0,83–0,99. Полученные уравнения позволяют вычислить коэффициент паропроницаемости систем материалов в любой момент времени.

Таблица 4.5 – Уравнения для прогнозирования коэффициента паропроницаемости

Система материалов №1	Система материалов №2
$V_h = -0,1t^3 + 5,03t^2 - 77,5t + 740,1$ ( $R^2=0,98$ )	$V_h = -0,14t^3 + 6,4t^2 - 92,5t + 639$ ( $R^2=0,94$ )
$V_h = 1,15t^2 - 39,9t + 672,61$ ( $R^2=0,90$ )	$V_h = 1,3t^2 - 42,5t + 550,1$ ( $R^2=0,81$ )
$V_h = 647,2 t^{-0,21}$ ( $R^2=0,97$ )	$V_h = 506,88 t^{-0,271}$ ( $R^2=0,88$ )
Система материалов №3	Система материалов №4
$V_h = -0,19t^3 + 8,7t^2 - 126,44t + 676,8$ ( $R^2=0,96$ )	$V_h = -0,14t^3 + 6,57t^2 - 98,3t + 758,8$ ( $R^2=0,97$ )
$V_h = 1,76t^2 - 58,7t + 555,21$ ( $R^2=0,82$ )	$V_h = 1,42t^2 - 48,24t + 669,02$ ( $R^2=0,86$ )
$V_h = 498,65 t^{-0,502}$ ( $R^2=0,94$ )	$V_h = 632,48 t^{-0,265}$ ( $R^2=0,94$ )
Система материалов №5	Система материалов №6
$V_h = -0,02t^3 + 1,16t^2 - 16,7t + 292,5$ ( $R^2=0,94$ )	$V_h = -0,19t^3 + 9,33t^2 - 147,9t + 812,2$ ( $R^2=0,99$ )
$V_h = 0,25t^2 - 8,3t + 277,4$ ( $R^2=0,83$ )	$V_h = 2,4t^2 - 80,65t + 691,67$ ( $R^2=0,91$ )
$V_h = 270,28t^{-0,081}$ ( $R^2=0,94$ )	$V_h = 652,55 t^{-0,712}$ ( $R^2=0,89$ )
Система материалов №7	Система материалов №8
$V_h = -0,2t^3 + 9,38t^2 - 136,7t + 711,35$ ( $R^2=0,96$ )	$V_h = -0,22t^3 + 10,2t^2 - 147,9t + 872,1$ ( $R^2=0,96$ )
$V_h = 1,92t^2 - 64,32t + 581,51$ ( $R^2=0,84$ )	$V_h = 2,06t^2 - 69,1t + 730,72$ ( $R^2=0,83$ )
$V_h = 530,95 t^{-0,582}$ ( $R^2=0,96$ )	$V_h = 666,8 t^{-0,401}$ ( $R^2=0,93$ )
Система материалов №9	Система материалов №10
$V_h = -0,2t^3 + 8,94t^2 - 131,71t + 814,67$ ( $R^2=0,96$ )	$V_h = -0,17t^3 + 8,07t^2 - 121t + 728,1$ ( $R^2=0,97$ )
$V_h = 1,9t^2 - 63,04t + 691,54$ ( $R^2=0,85$ )	$V_h = 1,3t^2 - 42,5t + 550,1$ ( $R^2=0,81$ )
$V_h = 639,74 t^{-0,385}$ ( $R^2=0,95$ )	$V_h = 506,88 t^{-0,271}$ ( $R^2=0,88$ )
Система материалов №11	Система материалов №12
$V_h = -0,2t^3 + 9,5t^2 - 138,46t + 737,9$ ( $R^2=0,96$ )	$V_h = -0,14t^3 + 6,87t^2 - 111,9t + 853$ ( $R^2=0,99$ )
$V_h = 1,94t^2 - 65,1t + 606,4$ ( $R^2=0,83$ )	$V_h = 1,7t^2 - 61,9t + 763,4$ ( $R^2=0,93$ )
$V_h = 552,42 t^{-0,537}$ ( $R^2=0,96$ )	$V_h = 755, t^{-0,383}$ ( $R^2=0,99$ )

Таким образом, в результате проведенных испытаний выявлены системы материалов, которые по показателям паропроницаемости могут применяться для изготовления адаптивной одежды. Наиболее рациональной из исследуемых систем материалов является пакетное решение, в состав которого входят материал с мембранным покрытием, утепляющий материал Холлофайбер®Термо и льняное трикотажное полотно. Преимуществом, определяющим их потребительскую ценность, является обеспечение комфортных условий микроклимата пространства под одеждой в процессе эксплуатации [108].

#### **4.3 Экспериментальные исследования устойчивости к истиранию материалов для адаптивной одежды**

Стойкость к истиранию определяет скорость изнашивания вещей в местах, подверженных повышенному трению. Значимой причиной износа изделий является истирание вследствие внешнего трения участков изделия. Стойкость ткани к механическому износу зависит от волокнистого состава материала, геометрических характеристик волокон, переплетения, структуры нитей и ткани. На скорость износа материала влияют высота рельефа и радиус кривизны волн нитей, образующих опорную поверхность. Ткани с рельефным переплетением более подвержены износу, чем гладкие ткани. Отделочные операции также влияют на износостойкость материалов. Для увеличения устойчивости к истиранию текстильных материалов проводят гидрофобные отделки, тиснения [96].

Существует несколько способов определения стойкости к истиранию. Выделяют две основные группы: лабораторный метод и опытный. В условиях лаборатории изнашивание текстильных материалов определяют в процессе истирания на приборах ИТ-3, ТИ-1, ИТС и другие. Опытный метод заключается в эксплуатации изделия определенный период.

В зависимости от вида истирания приборы подразделяются на приборы, осуществляющие чистое истирание, истирание с одновременным растяжением и изгибом, а также истирание с одновременным смятием.

Направление истирающего усилия может быть ориентированным и неориентированным, абразив может совершать круговые (вращательные) или реверсные движения по всей поверхности, по участкам или по сгибам. Контакт поверхности абразива с текстильным материалом может проходить по всей поверхности, по участкам или по сгибам [97].

В качестве показателей стойкости к истиранию использованы критерии: изменение цвета, количество циклов до истирания и коэффициент износостойкости, учитывающий массу исследуемой пробы (табл. 4.6, рис. 4.10).

Для получения объективных данных об устойчивости к истиранию материалов курточного ассортимента для верхней адаптивной одежды выбрана стандартная методика исследования с использованием прибора ИТ-3М. По окончании проведения испытаний, определяют коэффициент износостойкости:

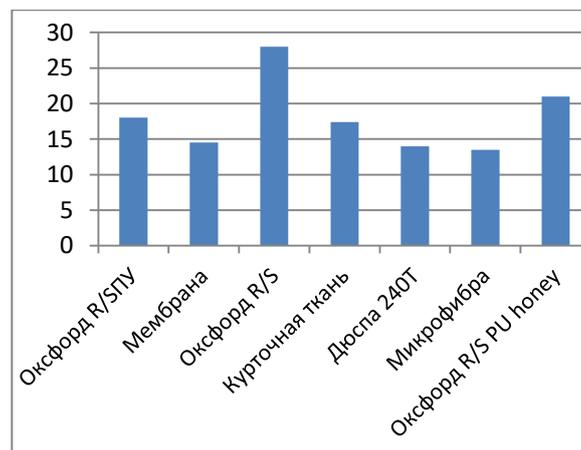
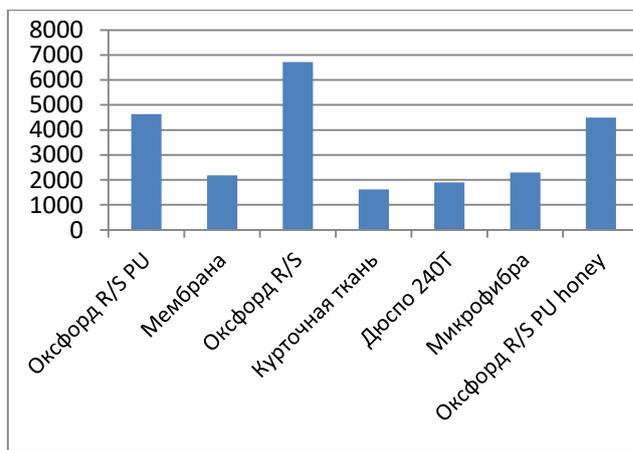
$$K = \frac{n}{g_э}, \quad (4.2)$$

где  $n$  – число оборотов, которое выдержал образец до разрушения;

$g_э$  – вес  $1 \text{ м}^2$  в граммах, испытуемого материала.

Таблица 4.6 – Результаты исследований устойчивости к истиранию и коэффициент износостойкости

Наименование материала	Количество циклов до изменения цвета	Количество циклов до разрушения материала	Коэффициент износостойкости, $K$
Оксфорд R/S PU	160	4632	18
Материал с мембранным покрытием	262	2184	14.5
Оксфорд R/S	450	6711	28
Курточная ткань	140	1621	17.4
Дюспо 240Т	189	1903	14
Микрофибра	201	2300	13.5
Оксфорд R/S PU honey	180	4500	21



а

б

а – количество циклов до разрушения материала, б – коэффициент износостойкости

Рисунок 4.10 – Результаты исследований устойчивости к истиранию

В ходе проведения испытаний выявлено, что потеря цвета в процессе истирания происходит быстрее у курточной ткани, дольше всего цвет держится у материала с мембранным покрытием. Наиболее стойким к истиранию по всем критериям является Оксфорд R/S за счет армированных нитей, добавленных в структуру данной ткани. Наименьшая стойкость к истиранию у курточной ткани. Остальные материалы имеют промежуточные результаты [98].

С целью повышения сроков эксплуатации адаптивной одежды полученные результаты необходимо использовать для обоснованного конфекционирования материалов. Целесообразно использовать конструктивные приемы для повышения сроков эксплуатации адаптивной одежды, например, уменьшение конструктивных членений деталей и перемещение швов в места наименьшего трения для материалов Оксфорд R/S PU, Оксфорд R/S и Оксфорд R/S PU honey. При длительной носке механический износ оказывает отрицательное воздействие на курточный материал: идет разрушение полиуретанового покрытия и нарушение структуры материала.

Рекомендуется ввести съемные элементы одежды из материалов с высоким коэффициентом износостойкости в местах, подверженных наибольшему износу, таких как нижняя часть поясного адаптивного изделия (мешка для ног).

#### **4.4 Построение методики и исследование водозащитных свойств материалов, используемых для изготовления адаптивной одежды**

Защита от воздействия факторов окружающей среды, таких как атмосферные осадки в виде дождя и снега, холода, является одной из важнейших функций одежды курточного ассортимента. Для оценки устойчивости текстильных материалов к проникновению воды применяют различные показатели: водонепроницаемость, водоупорность, водоотталкивание. Обратными характеристиками являются водопроницаемость и намокаемость.

Рассмотрение отечественных и зарубежных нормативных документов, анализ научных исследований по оценке водозащитных свойств текстильных материалов и изделий [109–118] показывает, что существуют два различных подхода к определению устойчивости текстильных полотен к действию воды, а именно: испытания по принципу дождевания и по способности сопротивляться проникновению воды при наличии гидростатического или гидродинамического давления, при этом на сегодняшний день не существует четкой градации между понятиями водонепроницаемость, водоупорность и водоотталкивание. Как правило, под водонепроницаемостью и водоупорностью понимают устойчивость к проникновению воды при наличии гидростатического или гидродинамического давления; водоотталкивание – способность сопротивляться смачиванию от дождевых капель. Водонепроницаемость (водоупорность) характеризуются минимальным давлением или максимальной высотой слоя воды, при которых начинается ее проникновение через материал, а также временем, по истечении которого третья капля или определенный объем воды проходит через материал при постоянном давлении воды или при падении капель с определенной высоты. Водоотталкивание определяется по состоянию поверхности материала после дождевания. Испытание по методу дождевания [119] предусматривает использование кроме показателей водоупорности, водопроницаемости и водоотталкивания, показателя намокаемости.

Учитывая специфику эксплуатации адаптивной одежды людьми с ограниченными двигательными возможностями, оценка способности материалов к скатыванию воды, попавшей на поверхность по принципу дождевания, в большей степени соответствует реальным условиям носки. Вместе с тем, в процессе эксплуатации адаптивной одежды, например, чехлов для ног при действии атмосферных осадков на поверхности изделия может образоваться определенное скопление воды. Данная особенность будет использована в методике экспериментального исследования с целью приближения условий эксперимента к условиям эксплуатации изделий (рис. 4.11).



Рисунок 4.11 – Схема методики исследования водозащитных свойств материалов

При проведении испытаний используется проба в форме круга диаметром  $170 \pm 1$  мм, которую плотно зажимают между двумя кольцами, формируя заданный

прогиб для заполнения водой, и укрепляют лицевой стороной вверх на опорный элемент. С помощью аэрозольного распылителя на поверхность образца равномерно в течение 25–30 секунд распыляется 250 мл воды. После распыления элементарная проба оставляется на 2 часа, после чего осуществляется стряхивание оставшейся воды с образца и оценка состояния поверхности в условных единицах в соответствии с эталонами [119]. При этом для более объективной количественной оценки в интервале от 0 до 50 условных единиц введена дополнительная оценка состояния поверхности образца: намокает вся лицевая сторона пробы, а на изнаночной стороне намокание пробы превышает 1/2 части поверхности (30 условных единиц).

При анализе пригодности материалов для изготовления водозащитной одежды наибольшую значимость приобретает надежность как свойство сохранять первоначальное значение водонепроницаемости, иначе назначение такой одежды не может быть обеспечено. В предлагаемой методике для оценки и прогнозирования водозащитной функции адаптивной одежды с целью дальнейшего учета при конфекционировании и проектировании изделий предусмотрены экспериментальные исследования устойчивости материалов к проникновению воды с учетом действия эксплуатационных и технологических факторов. Исследование и оценка водозащитных свойств материалов с применением разработанной методики осуществляется в несколько этапов с учетом влияния наиболее значимых факторов производства и эксплуатации.

В частности, при эксплуатации адаптивной одежды курточного ассортимента наиболее интенсивно происходит механический износ текстильного материала в местах подверженных трению, что приводит к снижению водозащитных свойств за счет разрушения покрытия и повреждения структуры основы. Значимой причиной изменения водонепроницаемости швейного изделия являются многократно повторяющиеся циклические деформации различного характера, так как для одежды несвойственно статическое состояние [120]. Кроме того, исследуемый ассортимент изделий подвержен многократным стиркам [121]. Исходя из этого, в качестве воздействий, характерных для условий носки верхней

адаптивной одежды, выбраны многократные мокрые обработки, истирание и многоцикловые двухосные деформации растяжения и при всем этом также необходимо учитывать особенность положения человека в инвалидном кресле – определенное скопление воды на поверхности адаптивных изделий при действии атмосферных осадков.

Исследование и оценка влияния истирающих воздействий на водозащитные свойства материалов осуществлялись в два этапа: механический износ до момента изменения цвета материалом и истирание заданным количеством циклов (1000 циклов). Количество циклов определено экспериментально. В адаптивной одежде человека в инвалидном кресле, совершающего однотипные характерные движения при управлении средством передвижения, подобные результаты износа можно наблюдать после 2–5 лет эксплуатации в зависимости от вида материала.

Согласно разработанной методике, вторым эксплуатационным воздействием является стирка, проходящая в 2 этапа. Первый этап соответствует 5 циклам стирки в течение 30 минут при  $t=30^{\circ}\text{C}$ , второй этап – 10 стирок при тех же условиях. Стирки выполнялись в соответствии с рекомендациями по уходу.

В качестве третьего эксплуатационного воздействия выбрана двухосная циклическая деформация растяжения. Испытания осуществлялись на разрывной машине, подключенной к персональному компьютеру. Для управления и считывания результатов использована специализированная программа STRAIN v1.0. Конструктивно устройство состоит из станины, модулей линейного перемещения, металлических планок-зажимов и сервопривода, включающего инкрементный преобразователь угловых перемещений (инкрементный энкодер), электромотор с редуктором, блок питания и управления [122].

Наряду с эксплуатационными воздействиями на защитные свойства материалов для адаптивной одежды влияют технологические факторы производства. Один из значимых параметров снижения водозащитных свойств – наличие швов в изделии: нарушение герметичности в первую очередь наблюдается в местах соединения деталей [118]. Поэтому в качестве технологического фактора выбраны ниточные соединения различных

конструкций, выполненные с применением универсального швейного оборудования. Испытания проб со швами осуществлялось по аналогичной методике до появления на изнаночной стороне материала влажного пятна или первой капли воды. Осмотры производились с промежутком в 30 минут. В качестве критерия водозащитных свойств принято время, за которое произошло промокание элементарной пробы.

В ходе исследования выявлено, что у материалов Оксфорд R/S PU, Дюспо 240Т, Оксфорд R/S PU honey и материала с мембранным покрытием после проведения испытания на лицевой стороне после стряхивания не остаются капли воды. Такая степень устойчивости материала к проникновению воды оценивается показателем 100 условных единиц в соответствии со стандартными эталонами. У материала Оксфорд R/S намокание пробы превышает 1/3 часть лицевой поверхности, при этом изнаночная сторона остается сухой. Курточная ткань имеет самые низкие водоотталкивающие характеристики: намокает вся лицевая сторона пробы, но при этом на изнаночной стороне пятна намокания отсутствуют.

Анализируя результаты испытаний проб, подвергнутых механическому износу, можно сделать вывод о целесообразности оценки водоотталкивающих свойств с учетом истирающих воздействий. Из четырех материалов с полной герметичностью исходных проб после первого этапа истирания лишь два образца: Оксфорд R/S PU и Оксфорд R/S PU honey с полиуретановым покрытием не изменили первоначального значения. У остальных материалов обнаружено снижение устойчивости материала к проникновению воды: не более 10 условных единиц после первого цикла истирания и до 40 – после второго по сравнению с исходной пробой. Ухудшение показателя водозащитных свойств произошло за счет частичной потери водоотталкивающего слоя или нарушения структуры текстильного материала.

После первого этапа стирки устойчивость материалов к проникновению воды не изменилась по сравнению с исходной. В результате второго этапа многократных стирок исследуемый показатель снизился на 10–20 условных единиц.

По результатам испытаний проб, подвергнутых многоцикловым двухосным деформациям растяжения, можно сделать вывод, что данный фактор находится на втором месте после истирающих воздействий по уровню снижения водозащитных свойств исследуемых материалов (табл. 4.7).

На рисунке 4.12 показаны значения показателей водозащитных свойств исходных проб и после трех видов эксплуатационных воздействий.

Таблица 4.7 – Результаты исследования водозащитных свойств

Номер пробы	Показатель водозащитных свойств исходной пробы, условные ед.	Показатель водозащитных свойств после воздействия							КПК	
		Эксплуатационное					Технологическое		$G_j$	$K_{G_j}$
		истирание, условные ед.		стирка, условные ед.		двухосные деформации растяжения, условные ед.	стачной шов, час	настрочной шов, час		
		1 этап	2 этап	1 этап	2 этап					
1	100	100	80	100	90	90	5.0	4.5	0,97	0,93
2	100	90	60	100	90	90	5.5	5.0	0,92	0,84
3	70	60	50	70	60	50	3.5	3.0	0,6	0,58
4	100	90	60	100	80	80	2.5	2.0	0,65	0,51
5	60	50	30	60	50	50	2.5	2.0	0,52	0,46
6	100	100	80	100	90	80	5.0	4.5	0,97	0,93
7	70	40	60	50	50	50	2.5	2.0	0,51	0,42

Примечание. 1. Оксфорд R/S PU, 2. Материал с мембранным покрытием, 3. Оксфорд R/S, 4. Дюспо-240, 5. Курточная ткань, 6. Оксфорд R/SPU honey, 7. Микрофибра

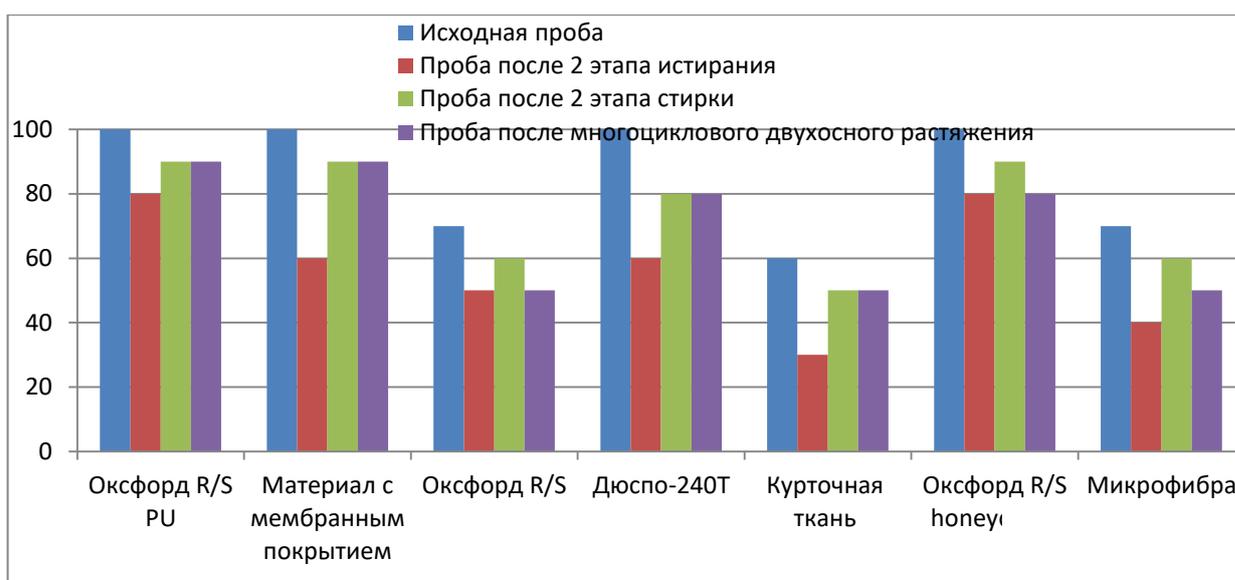


Рисунок 4.12 – Значение показателей водозащитных свойств

Анализ результатов испытаний проб со швом, позволяет констатировать максимально негативное влияние швов на водозащитные свойства в сравнении с исследуемыми эксплуатационными воздействиями. При наличии конструктивного членения у всех материалов в интервале экспериментального исследования 2,0–5,5 часа на изнаночной стороне материала наблюдалось появление влажного пятна или первой капли воды. Лучший результат у материала с мембранным покрытием, нарушение герметичности которого произошло через 5,5 часов воздействия. Сравнение влияния швов различной конструкции не выявило принципиальной разницы в изменении показателя водозащитных свойств в зависимости от вида шва. Вместе с тем, настрочной шов в сравнении со стачным, в несколько большей степени снижает устойчивость к проникновению воды. Полученные результаты подтверждают необходимость повышения герметичности изделий в местах соединения деталей. Одним из способов повышения устойчивости швов к проникновению воды является проклеивание швов пленкой.

Проведено дополнительное исследование проб со швами, проклеенными пленкой, которое показало, что исходные непромокаемые швы за счет наличия пленки после истирания в среднем 1800–2000 циклов начинают пропускать воду на изнаночную сторону материала. Таким образом, проклеивание швов пленкой можно рекомендовать как средство повышения герметичности участков изделия с членениями, открытыми для воздействия воды.

Конструктивным способом повышения водозащитных свойств изделий при наличии швов является рациональное уменьшение их количества в изделии или смещение членений в области менее подверженные попаданию осадков, например, смещение плечевого шва на полочку, уменьшение (исключение) количества членений в поясных изделиях и мешках для ног.

Заключительным этапом исследования изменения уровня водозащитных свойств материалов после воздействий, имитирующих реальные условия, явилась количественная комплексная оценка, которая позволила выявить наилучшие образцы материалов для адаптивной одежды по совокупности показателей

свойств с учетом влияния исследуемых эксплуатационных и технологических факторов.

В качестве единичных показателей, входящих в состав комплексного на основе проведенных экспериментальных исследований для комплексной оценки водозащитных свойств материалов с учетом действия эксплуатационных и технологических факторов, выделены показатели водозащитных свойств: после завершающего этапа истирания ( $n_1$ ), после воздействия двух этапов многократных стирок ( $n_2$ ), после многоциклового двухосного растяжения ( $n_3$ ), после выполнения настрочного соединительного шва ( $n_4$ ).

Для вычисления комплексного показателя качества определены коэффициенты значимости единичных свойств экспертным методом по опросу 12 экспертов – специалистов в данной области по 10-балльной оценке важности выбранных свойств. Коэффициент значимости  $i$ -го показателя определен по формуле (4.3):

$$a_i = \frac{B_i}{\sum B_i} \quad (4.3)$$

где  $B_i$  - средний балл для значимости  $i$ -го показателя водозащитных свойств;

$\sum B_i$  - сумма средних баллов всех экспертов.

Рассчитанные коэффициенты значимости для выбранных единичных показателей качества принимают, соответственно, значения  $a_1=0,28$ ;  $a_2=0,16$ ;  $a_3=0,23$ ,  $a_4=0,33$ .

Расчет обобщенного показателя качества осуществлен по формулам (4.4–4.6) с использованием средней геометрической и комбинированной комплексных оценок.

*Средняя геометрическая комплексная оценка, рассчитывается по формуле*

$$G_j = Q_{j1}^{j1} Q_{j2}^{j2} \dots Q_{jn}^{jn} = \prod_{i=1}^n Q_{ji}^{ji} \quad (4.4)$$

где  $Q_{ji}$  – безразмерная (относительная) величина  $i$ -ого показателя качества;  
 $J_i$  – коэффициент весомости  $i$ -го показателя;  
 $n$  – число показателей качества.

При расчете относительных показателей качества за базовое значение принималось максимальное значение исследуемого показателя по каждому виду воздействия.

*Комбинированная комплексная оценка*, определяется как средняя геометрическая из средней арифметической комплексной оценки  $K_j$  и наихудшего показателя качества  $Q_x$  по формуле:

$$K_{G_j} = \sqrt{K_j Q_x} \quad (4.5)$$

С учетом действия эксплуатационных и технологических факторов (многоцикловые истирающие нагрузки, многократные стирки, многоцикловые двухосные деформации растяжения, наличие соединительного шва) выявлены материалы с максимальным уровнем водозащитных свойств: Оксфорд R/S PUc (№1 и №6) и материал с мембранным покрытием (№2). Минимальной герметичностью обладает образец курточной ткани № 5. Для изготовления поясных изделий, особенно мешков для ног, можно рекомендовать материалы Оксфорд R/S PU с максимальной устойчивостью к проникновению воды после многократного износа и технологического воздействия. Более рациональным из исследуемых для изготовления плечевой верхней адаптивной одежды является материал с мембранным покрытием, обладающий не только одним из наиболее длительных ресурсов водозащитных свойств, но и дополнительно обеспечивающим комфортные условия микроклимата в пространстве под одеждой в процессе эксплуатации за счет высокой паропроницаемости [108].

#### **4.5 Разработка методики автоматизированной оценки загрязняемости текстильных материалов**

Одним из значимых потребительских свойств материала является загрязняемость, то есть способность волокон и нитей текстильного материала поглощать и удерживать различные по своей природе вещества.

Исследование загрязняемости необходимо для создания эффективных способов чистки и стирки изделий, способов защиты от различного рода загрязнений, а также для разработки составов моющих средств для снятия загрязнений.

На сегодняшний день из существующих методов определения загрязняемости текстильных материалов самым распространенным методом изучения загрязняемости является проведение опытных носок, за ходом которых проводят систематические наблюдения. В таком случае оценку загрязняемости проводят визуально. Однако этот способ дорог и длителен, поэтому ведется поиск лабораторных способов, имитирующих естественное загрязнение изделий. С этой целью разрабатывают составы загрязнителей, моделирующих естественные загрязнения, способы их нанесения на ткани и оценки. В качестве составляющих искусственных загрязнений применяют уличную и комнатную пыль, почвенные пигменты, газовую и ламповую сажу, графит, растительное и минеральное масло, оксид железа, ланолин т.д. Нанесение загрязнений проводят при помощи напыления, совместной стиркой со спецодеждой, используют их дисперсии и эмульсии в водной и органической среде. Степень загрязнения в лабораторных условиях оценивается весовым методом, измерением коэффициента отражения света чистых и загрязненных образцов на фотометрах, лейкометре, измерением малых цветовых различий на компараторах цвета [124].

По мнению исследователей методики оценки загрязняемости нуждаются в совершенствовании [143–145]. В работе [143] выявлены наиболее значимые показатели качества материалов для корпоративной одежды сотрудников предприятий общественного питания, одним из которых является загрязняемость.

Исследователями сделан вывод о возможности применения полученных результатов для разработки методики определения загрязняемости трикотажа на основе использования наиболее значимых загрязнителей данного ассортимента одежды. Авторами [144] для оценки загрязняемости ковровых напольных покрытий использован метод натурального испытания в результате наблюдения за эксплуатацией ковровых материалов в течение шести месяцев. В качестве основного критерия оценки загрязняемости использовалось изменение массы коврового материала, дополнительно визуально оценивался внешний вид ворсовой поверхности и определялось изменение толщины исследуемых объектов в процессе испытаний. Для нетканых полотен и тканей, применяемых для изготовления одежды специального назначения, разработана методика оценки образцов, загрязненных пылью тонкоизмельченных порошкообразных материалов, имитирующих промышленную пыль. В качестве характеристики загрязнения материала применены удельная масса пыли, содержащейся в образце и удерживающая способность [145].

Один из основных результатов загрязнения материала – снижение яркости и чистоты окраски [146]. На этом основана предлагаемая методика оценки загрязняемости текстильных полотен.

В предлагаемой методике оценке загрязняемости текстильных полотен с использованием цифровых изображений величины яркости цифровых изображений ( $Y$ ) контрольного и опытного образцов рассчитываются по формуле (4.6) [138]:

$$Y = 0,213 \cdot S_R + 0,715 \cdot S_G + 0,072 \cdot S_B, \quad (4.6)$$

где  $S_R$ ,  $S_G$ ,  $S_B$  – усредненные значения RGB-характеристик точек (пикселей) цифровых изображений.

Разница значений величин яркости цифровых изображений ( $Y_R$ , %) рассчитывается по формуле (4.7):

$$YR = 100 - Y_o / Y_k \cdot 100, \quad (4.7)$$

где  $Y_o$ ,  $Y_k$  – величины яркостей изображений опытного и контрольного образцов.

Методика автоматизированного определения загрязняемости реализуется по этапам:

- подготовка к проведению испытания (выкраивание проб, выдержка в климатических условиях, подготовка технических средств);
- цифровая фотосъемка чистой пробы (эталона);
- лабораторное нанесение загрязнения;
- частичное удаление загрязнения стряхиванием;
- цифровая фотосъемка загрязненной пробы;
- обработка результатов и оценка загрязняемости текстильного полотна с использованием разработанного программного обеспечения.

За основу оценки загрязняемости взяты образцы, подвергшиеся загрязнению в процессе напыления уличной пылью и почвенными пигментами. Предварительно результаты экспертной оценки и RGB характеристики получали в «ручном» режиме с использованием программного пакета «Photoshop CS6» [147]. С целью разработки оценочной шкалы проведено соответствие расчетных величин  $YR$  и результатов экспертного опроса (табл. 4.8).

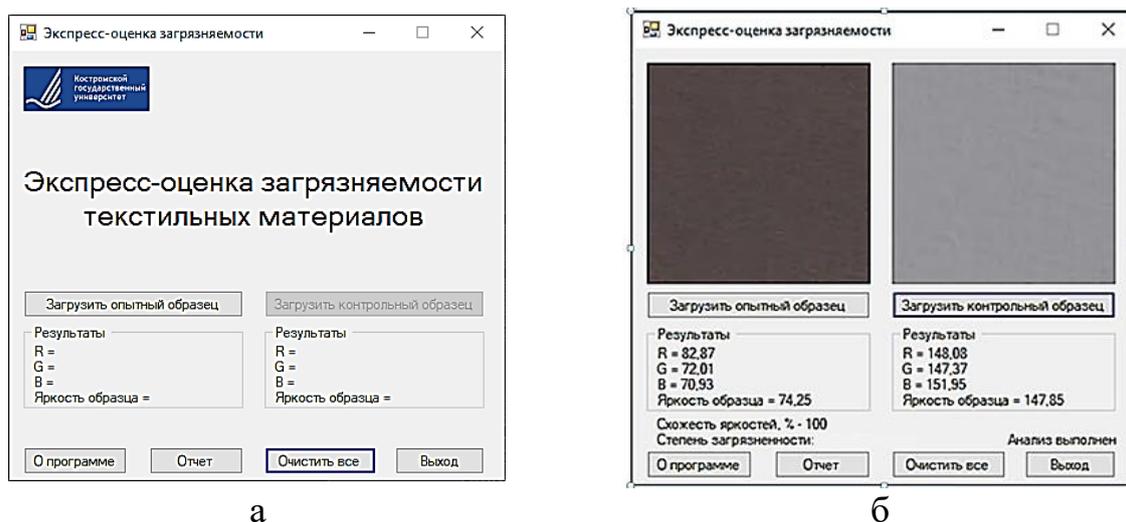
Таблица 4.8 – Оценочная шкала

Степень загрязняемости	Изменение яркости цифровых изображений, %
Высокая	более 90,0
Средняя	30,0 – 90,0
Низкая	менее 30,0

Сущность работы в программе «Экспресс-оценка загрязняемости текстильных материалов» заключается в автоматизированном определении RGB-характеристик оптических изображений образцов текстильных материалов с

последующим расчетом и сравнением величин яркостей изображений опытного и контрольного образцов. Краткий функционал работы с программой изложен далее.

При запуске программы на экране появляется главное интерфейсное меню (рис. 4.13а). Далее действия производятся по шагам.



а – главное интерфейсное меню, б – окно для загрузки образцов

Рисунок 4.13 – Окна программы

1. Нажать на кнопку "Загрузить опытный образец" и выбрать в открывшемся окне файл с нужным изображением (рис. 4.13 б).

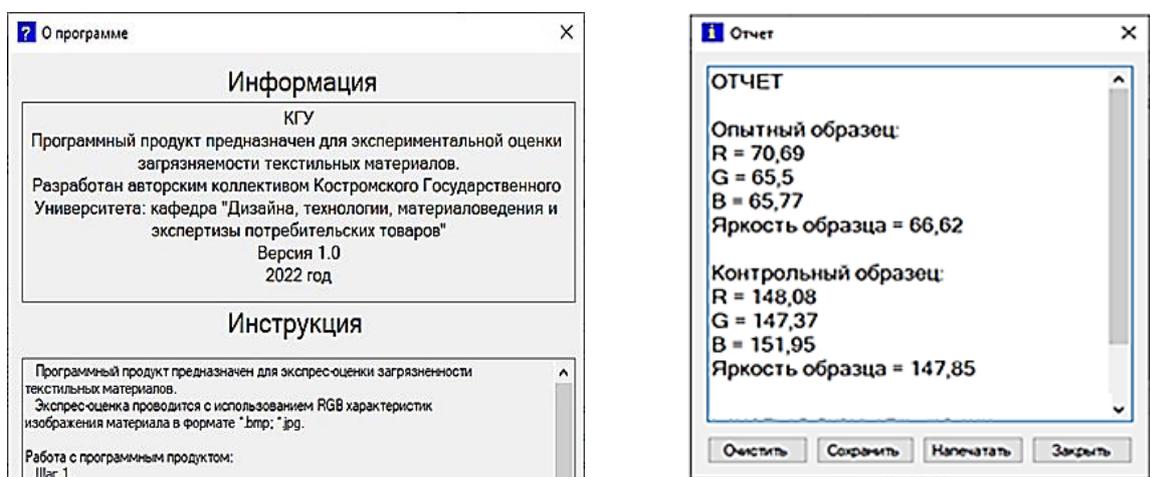
2. Ниже изображения автоматически появится блок с расчетными RGB характеристиками изображения опытного образца и величиной яркости изображения образца.

3. Аналогичные действия осуществить при нажатии кнопки "Загрузить контрольный образец".

4. Снизу окна появится блок со следующими данными: схожесть яркости изображений опытного и контрольного образцов (в процентах), вывод о степени загрязняемости (в текстовой форме).

5. При нажатии кнопки "Выход" происходит окончание работы с программным продуктом.

При необходимости оценки нескольких пар образцов рекомендуется перед следующими вычислениями нажать кнопку "Очистить все" для того, чтобы "обнулить" промежуточные расчетные данные. При нажатии кнопки «О программе» на экран выходят сведения о разработчиках и инструкция по работе с программой (рис. 4.14а). Программный продукт позволяет получить в текстовом виде отчет о проведенной оценке. Для получения отчета необходимо нажать на кнопку "Отчет" (рис. 4.14б). Отчет можно сохранить в текстовый файл, распечатать, а также очистить поле его вывода.



а) окно «Информация», б) окно «Отчет»

Рисунок 4.14 – Окна программы

По результатам испытаний проб, подвергнутых загрязнению при помощи уличной пыли, можно сделать вывод, что в основном все испытуемые материалы входят в среднюю группу по степени загрязняемости. Данный фактор является значимым при учете свойств материалов верха верхней адаптивной одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями (рис. 4.15).

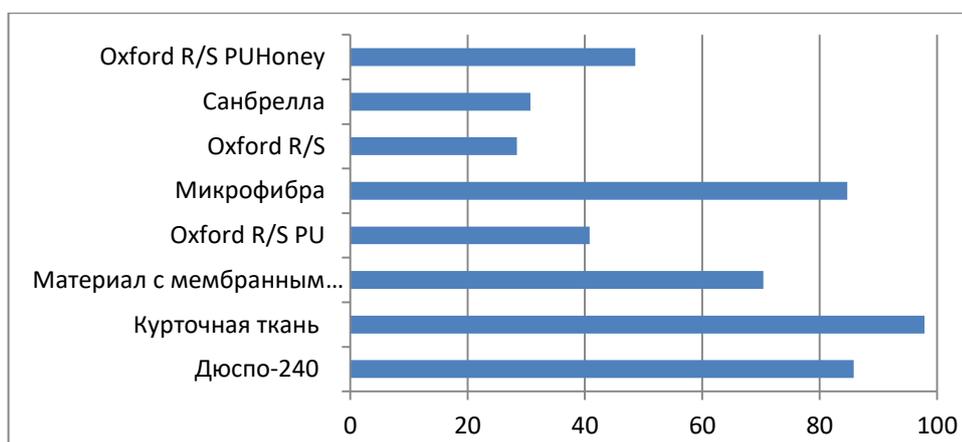


Рисунок 4.15 – Результаты оценки загрязняемости

Автоматизированный метод дает возможность повысить точность оценки за счет возможности выявления незначительных изменений внешнего вида текстильных полотен, сопровождающих процесс загрязнения полотна, исключить приобретение дорогостоящего оборудования.

#### **4.6 Совершенствование методики и исследование жесткости при изгибе материалов для верхней адаптивной одежды**

Жёсткость является характеристикой, которая определяет целевое назначение изделия, оказывает влияние на поведение систем материалов при изготовлении швейных изделий и в эксплуатации. Повышенная жесткость имеет отрицательное значение, приводя к накоплению остаточных деформаций, выражающихся в образовании необратимых складок, которые уменьшают износостойкость по сгибам, тем самым сокращая срок эксплуатации изделий [90]. При конфекционировании материалов в пакет изделия необходима дифференциация требований к показателям жесткости с учетом специфики эксплуатационных воздействий.

Среди большого количества существующих методов определения жёсткости текстильных материалов, выделяют две принципиально различные группы по способу приложения действующей нагрузки. К первой группе относятся методы изгибания под действием распределенной нагрузки

(собственной силы тяжести пробы), к другой – методы принудительного изгиба под действием сосредоточенной нагрузки. В методах определения жесткости при изгибе под действием распределённой нагрузки усилие направлено перпендикулярно плоскости (оси) образца, при этом проба закрепляется в одной перемещающейся опоре и при испытании не осуществляется принудительная деформация образца (контактный консольный метод, флексометр, прибор Пирса). В испытаниях жесткости при изгибе под действием распределенной нагрузки возможен вариант испытаний без перемещения опоры, в этом случае в одних методах происходит деформация образца (метод кольца, петли, груши), в других – нет (консольный бесконтактный метод, метод вертикальной консоли, прибор ПТ-1(2) и другие). В методах испытания жесткости при изгибе под действием сосредоточенной нагрузки усилие может осуществляться перпендикулярно плоскости (оси) образца и вдоль образца. В первом случае возможны испытания с закреплением в двух перемещающихся опорах без деформации образца (приборы Шифера, Френцеля и др.) и с деформацией (прибор Мауэра), а также испытания без перемещения опоры с закреплением в одной опоре без деформации образца (приборы Лазаренко, Мюнцингера, Шребера, Хесса, Гарлея) или с деформацией (приборы ПЖУ-12М, Дурста, Бекка, Шаберта, Саксла, Городова). Третий вариант испытаний жесткости при изгибе под действием сосредоточенной силы перпендикулярной плоскости (оси) подразумевает свободное расположение пробы на двух опорах без принудительной деформации (метод по ГОСТ 9187, прибор Вильсона). Испытания под действием сосредоточенной нагрузки вдоль оси пробы осуществляются с деформацией образца, при этом закрепление осуществляется в двух перемещающихся опорах (прибор МТИЛП Пантелеева и др.).

Стандартным методом определения жесткости при изгибе легко изгибающихся материалов является метод консоли [91], реализующий расчет условной жесткости по стреле прогиба консольно расположенной полоски материала и основанный на приближенном решении дифференциального уравнения линии изгиба для случаев больших прогибов. Получаемые в результате

экспериментальных исследований значения условной жесткости определяют способность сопротивляться изменению формы при изгибе. Проблемой остается сложность согласования получаемой в результате экспериментальных исследований информации с реальным процессом проектирования швейных изделий с учетом значений жесткости, оценки их влияния на качественные характеристики готового изделия. Для рассматриваемого контингента потребителей важным моментом является верифицированное применение получаемых результатов при разработке конструктивных решений с учетом специфических условий эксплуатации изделий, особенностей и удобства выполнения характерных движений людьми с ограниченными двигательными возможностями.

Для исследуемого ассортимента изделий важным требованием является сохранение качественных характеристик изделия в процессе носки, поскольку специальная адаптивная одежда отличается значительной стоимостью при низкой платежеспособности лиц с ограниченными возможностями здоровья.

Для получения объективных данных по характеристикам жесткости при изгибе с целью дальнейшего учета при проектировании конструктивных и технологических решений готового изделия предложена усовершенствованная методика (рис. 4.16). Методика включает два основных этапа: экспериментальное исследование характеристик жесткости с учетом особенностей исследуемого ассортимента и этап прогнозирования конструктивных решений изделия. Учитывая основное положение тела человека в инвалидном кресле, характер движений и статичность нижней части тела человека для объективной оценки жесткости материалов в процессе носки в предлагаемой методике реализуется дополнительный принудительный изгиб проб в противоположных направлениях с целью приближения условий испытаний к реальным условиям эксплуатации [92,93]. Предварительные исследования проб, соединенных стачным швом и подвергнутых принудительному изгибу, показали увеличение показателей жесткости при изгибе, что доказывает необходимость учета данного фактора при

проектировании адаптивной одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями.

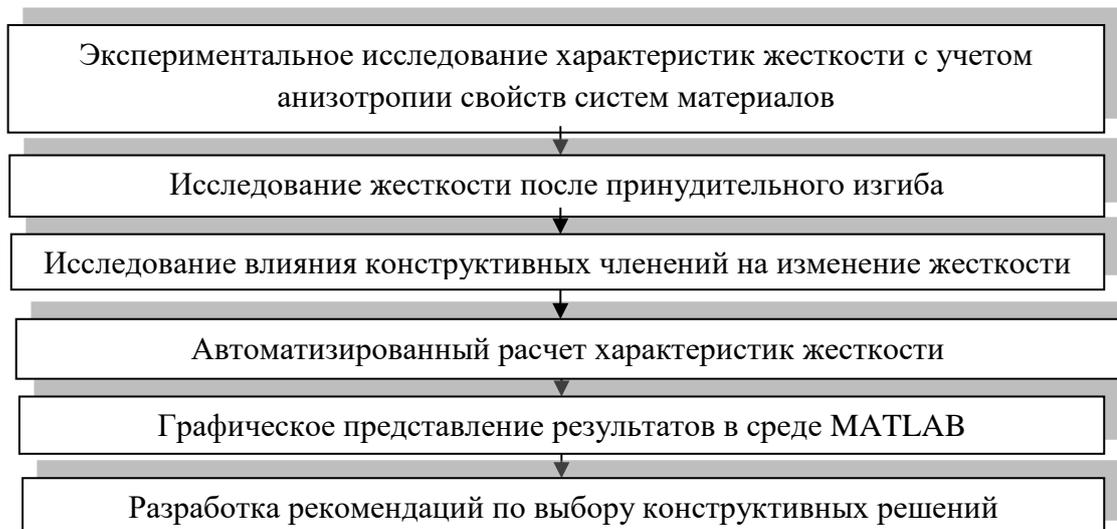


Рисунок 4.16 – Методика исследования и прогнозирования характеристик жесткости при изгибе материалов для проектирования адаптивной одежды

Экспериментальное исследование жесткости при изгибе осуществлено на приборе ПТ-2, при этом с целью получения информации по анизотропии исследуемого свойства по направлениям: основа, уток и под углом  $45^\circ$ . Жесткость при изгибе ( $EJ$ ),  $\text{мкН}\cdot\text{см}^2$ , вычислена отдельно для каждого направления по формуле (4.8):

$$EJ = 42046 \frac{m}{A}, \quad (4.8)$$

где  $m$  – общая масса пяти элементарных проб, г;

$A$  – функция относительного прогиба, определяемая по [94].

Далее рассчитывается коэффициент жесткости по формуле, как отношение значения продольной жесткости материала к поперечной.

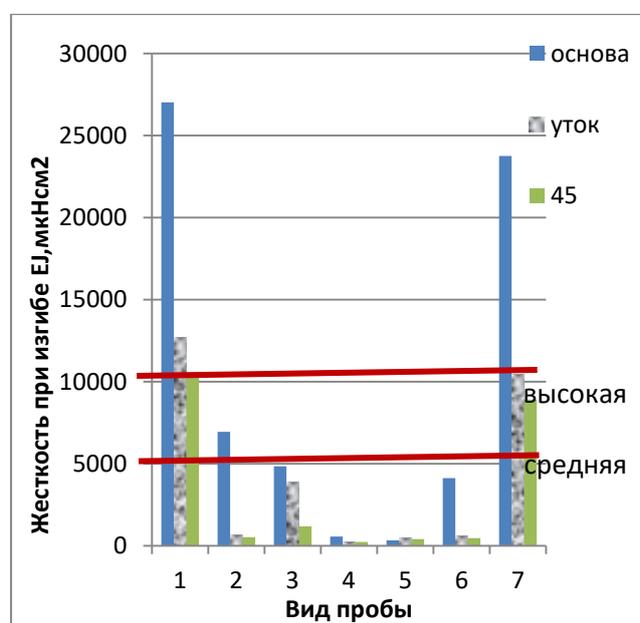
Анализ результатов показал, что жесткость при изгибе различается в ортогональных направлениях и изменяется в широком диапазоне. Наибольшую анизотропию показателей жесткости при изгибе в направлении основы и утка у материала с мембранным покрытием. Материалы Дюспо 240Т и курточная ткань обладают повышенной изотропностью исследуемого свойства, в том числе, в

направлении раскроя под углом  $45^\circ$ , что создает предпосылки выкраивания деталей изделия в любом направлении. Анизотропия жесткости этих материалов сглаживается за счет одностороннего полиуретанового покрытия. Значения коэффициентов жесткости,  $K_{EJ}$ , находятся в интервале 0,66–10,55 и подтверждают необходимость комплексного учета исследуемого свойства. (табл.4.9, рис.4.17).

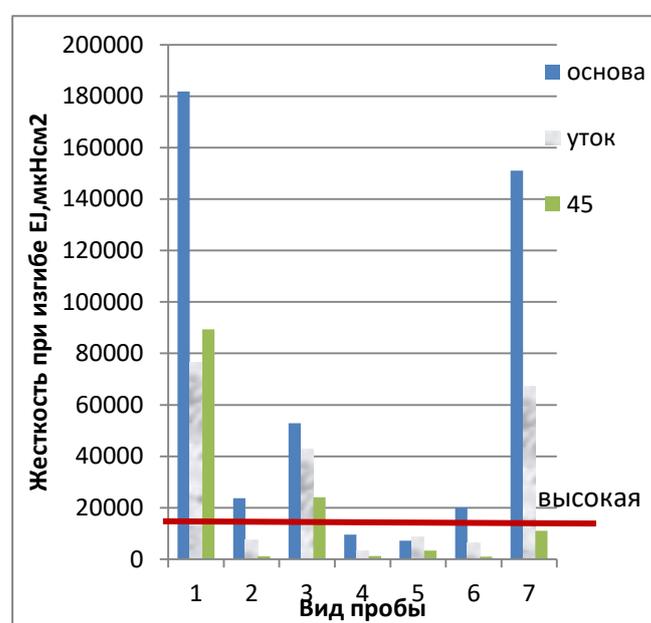
Таблица 4.9 – Характеристики анизотропии жесткости при изгибе

Номер пробы	Жесткость при изгибе $EJ$ , мкНсм <sup>2</sup>			Коэффициент жесткости $K_{EJ}$	Стачной шов		Коэффициент жесткости $K_{EJ}$
	основа	уток	$45^\circ$		основа	уток	
1	27032	12733	10438	2.12	181848	76597	2.3
2	6950	659	532	1.55	23765	7577	3.1
3	4850	3905	1195	1.24	52864	42764	1.23
4	572	266	242	2.15	9549	3218	2.91
5	334	504	414	0.66	7197	8726	0.82
6	4120	590	470	1.03	20100	6490	3.0
7	23760	10430	8900	2.66	151000	67000	2.2

Примечание. 1. Оксфорд R/S PU, 2. Материал с мембранным покрытием, 3. Оксфорд R/S, 4. Дюспо 240, 5. Курточная ткань, 6. Микрофибра, 7. Оксфорд R/S PU honey.



а



б

а – однослойная система материалов, б – система материалов со стачным швом

1. Оксфорд R/S PU, 2. Материал с мембранным покрытием, 3. Оксфорд R/S, 4. Дюспо 240, 5. Курточная ткань, 6. Микрофибра, 7. Оксфорд R/S PU honey.

Рисунок 4.17 – Жесткость при изгибе материалов курточного ассортимента

В ходе исследования выявлено, что исследуемые материалы относятся к группам малой и средней жесткости. Оксфорд R/S, Оксфорд R/S PU, Оксфорд R/S PU honey – к категории большой жесткости за счет добавления армированной нити, что требует дифференцированного подхода к проектированию адаптивной одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями из данного вида ткани.

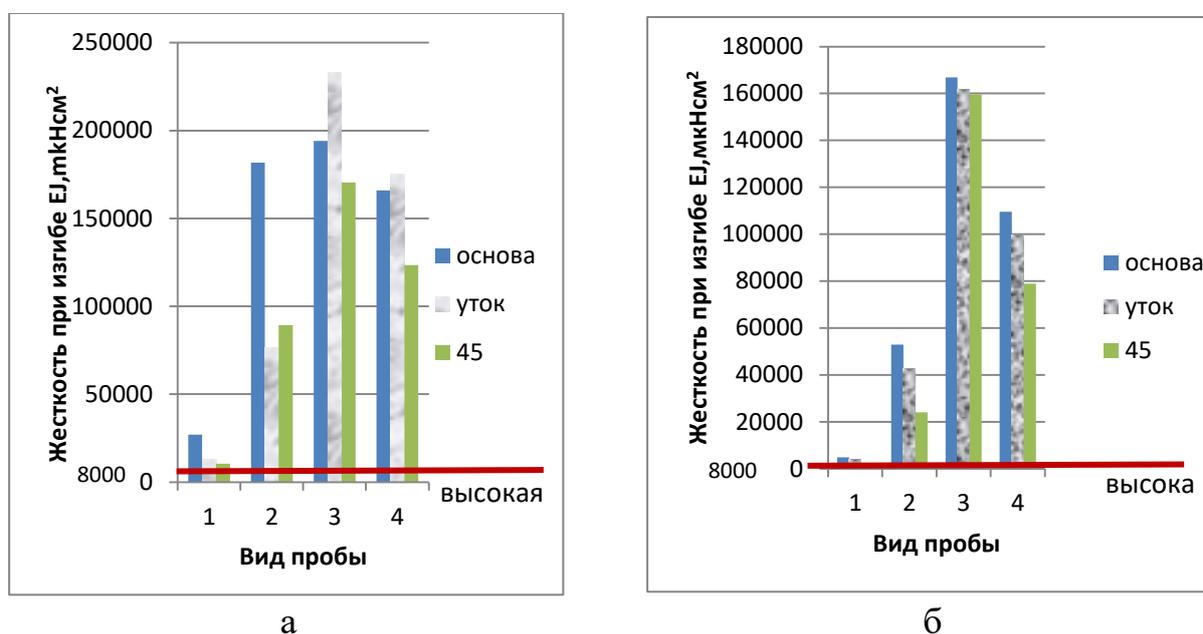
Материал Санбrella не подходит для испытаний по методу консоли, поскольку стрела прогиба испытываемого материала должна быть не менее 10 мм, и может быть испытан при помощи метода кольца на приборе ПЖУ-12-М. Использование данного материала при изготовлении адаптивной одежды возможно для дополнительных слоев деталей изделий особо подверженных трению в процессе эксплуатации.

С целью повышения комфортности эксплуатации адаптивной одежды, учитывая тот факт, что жёсткие ткани мешают движению человека с ограниченными двигательными возможностями, принципиальным моментом для исследуемого контингента потребителей является определение рациональной конструкции шва, обеспечивающей минимальную жесткость и максимальную эргономичность. Результаты исследования жесткости при изгибе различных видов соединительных швов (стачной шов, настрочной, шов «в замок»), используемых в верхней одежде для людей с ограниченными двигательными возможностями приведены в таблице 4.10, рисунке 4.18 на примере материалов Оксфорд R/S PU и Оксфорд R/S.

Таблица 4.10 – Характеристики анизотропии жесткости исследуемых образцов

Направление раскроя	Материал в один слой (ЕJ, мкНсм <sup>2</sup> )	Стачной шов (ЕJ, мкНсм <sup>2</sup> )	Шов «в замок» (ЕJ, мкНсм <sup>2</sup> )	Настрочной шов (ЕJ, мкНсм <sup>2</sup> )
Оксфорд R/S PU				
основа	27032	181848	194130	165919
уток	12733	76597	233202	174884
45 <sup>0</sup>	10438	89320	170609	123406
Оксфорд R/S				
основа	4850	52864	166843	109595
уток	3905	42764	161650	99845
45 <sup>0</sup>	1195	24012	159640	78915

Анализ данных таблицы 4.5 позволяет заключить, что продольные конструктивные членения значительно увеличивают жесткость при изгибе, создавая «ребра жесткости» в готовых изделиях. Высокая жесткость швов, сопровождающаяся значительными истирающими воздействиями, снижает срок эксплуатации изделий. Поэтому для адаптивной одежды рациональным решением является исключение членений или их смещение в зоны с меньшей деформацией трения. При необходимости проектирования шва предпочтение следует отдавать стачному шву, как минимально увеличивающему жесткость целостной системы изделия.



- а – Оксфорд R/S PU, б – Оксфорд R/S
1. Однослойная система материала, 2. Стачной шов, 3. Шов «в замок», 4. Настрочной шов.

Рисунок 4.18 – Жесткость при изгибе систем материалов со швами различной конструкции

Второй этап методики реализует решение задачи прогнозирования характеристик жесткости при изгибе и выбора конструктивных решений. Для прогнозирования внешней формы участков изделия на стадии проектирования, предлагается использовать расчетный метод определения конфигурации и пространственного положения элементов контурных линий или деталей [95]. Метод базируется на использовании теории больших перемещений при плоском изгибе тонких упругих деталей и основан на точном решении дифференциального

уравнения упругой линии в результате численного решения в среде MATLAB [97]. Для решения рассматриваемой задачи используется точное уравнение равновесия упругой линии сильно изогнутого стержня, для рассматриваемого случая имеющее вид:

$$\frac{d^2\vartheta}{ds^2} = -(n + 1 - L) \frac{Pl^2}{H} \sin(\vartheta + \Theta), \quad (4.9)$$

где  $\vartheta$ ,  $\Theta$  – углы наклона касательной соответственно в текущей точке упругой линии и начальной кривой ( $\Theta = \pi/2$ );  $s$  – длина дуги упругой линии (и начальной кривой), отсчитанная от некоторой точки, принятой за начало;  $P$  – равномерно распределенная нагрузка (силы тяжести);  $H$  – жесткость стержня при изгибе, постоянная по длине;  $l$  – длина упругой линии;  $L$ ,  $n$  – соответственно количество участков и узлов разбиения упругой линии

Методом численного решения нелинейного дифференциального уравнения в автоматизированном режиме рассчитывается величина прогиба. Контур элемента изделия различной длины может быть представлен в программе в графическом виде (рис. 4.19). С учетом геометрии линий могут быть выбраны конструктивные средства и приемы формообразования в зависимости от жесткости исходных материалов и систем с конструктивными членениями [95].



1 – стачной шов, 2 – настрочной шов

Рисунок 4.19 – Влияние вида шва на жесткость при изгибе

#### **4.7 Определение разрывных характеристик систем материалов для адаптивной одежды**

Поскольку сохранение качественных характеристик изделий в процессе носки является первоочередным требованием к материалам для одежды, разрывные характеристики растяжения широко используются при проектировании швейных изделий и оценке качества, являются важными нормативными показателями текстильного материала. Разрывная нагрузка позволяет косвенно оценить качественный состав сырья, применяемого для выработки продукции, а также степень повреждения материала в процессе заключительной отделки. Рассматриваемый показатель определяет предельную механическую возможность текстильных материалов, характеризует износостойкость, долговечность и может быть использован для прогнозирования кинетики изнашивания [85].

Испытания проводились на разрывной машине РМ-250 с использованием специализированного устройства МИ40Ку, совместимого с персональным компьютером, обеспечивающим построение графиков на дисплее монитора через стандартный интерфейс RS232. Эксперимент осуществлялся по стрип-методу с использованием прямоугольных проб стандартной длины и ширины, выкроенных по длине и ширине. По результатам экспериментальной части составлены диаграммы и протоколы испытаний на каждый однослойный материал и многослойные системы материалов. В протоколе отображаются задаваемые параметры, полученные результаты информация о дате и времени проведения испытаний (рис. 4.20).

Тип испытания : Разрыв  
 Номер испытания : 1  
 Скорость испытания : 20 мм/мин  
 Время испытания : 64 с;  
 Описание образца : Материал с мембранным покрытием

Абсолютный максимум : Усилие, кг 70,4      Усилие, Н 690,39  
 Точка обрыва : 0,5      4,90  
 Относительное удлинение при макс. : 20,802 %;  
 Относительное удлинение при обрыве : 21,277 %;  
 Работа разрыва R : 0,59Н\*см

Дата испытания : 18.04.2022

Оператор Зимина



а

б

а – фрагмент протокола испытаний

б – диаграмма растяжения

Рисунок 4.20 – Результаты исследования

При испытании однослойных и многослойных систем материалов на одноосное растяжение [86] получены следующие характеристики механических свойств (табл. 4.11, рис. 4.21):

– *разрывная нагрузка,  $P_p$ , Н* – усилие, выдерживаемое пробой материала при растяжении ее до разрыва;

– *абсолютное разрывное удлинение,  $l_p$ , мм* – приращение длины образца к моменту разрыва;

– *относительное разрывное удлинение,  $\varepsilon_p$ , %* – отношение абсолютной величины удлинения к первоначальной длине  $L_0$  растягиваемой пробы:

$$\varepsilon_p = 100l_p/L_0 \quad (4.10),$$

где  $l_p$  – абсолютная величина удлинения, мм;

$L_0$  – первоначальная длина пробы, мм.

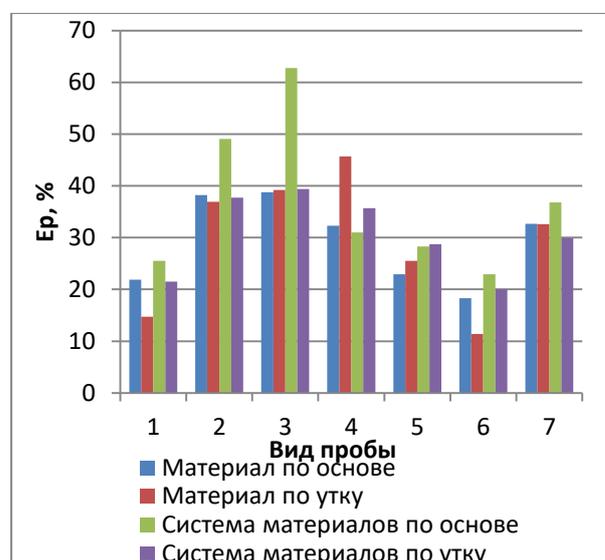
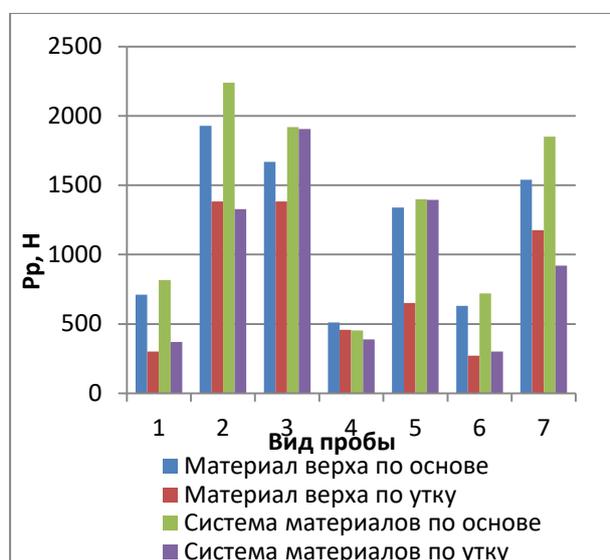
Таблица 4.11 – Разрывные характеристики исследуемых материалов

Номер образца	Материал верха				Система материалов			
	$P_p$ , Н		$\varepsilon_p$ , %		$P_p$ , Н		$\varepsilon_p$ , %	
	основа	уток	основа	уток	основа	уток	основа	уток
Материал верха								
1	712	301	14,7	21,9	816	371	21,5	25,5
2	1929	1383	36,9	38,2	2240	1329	37,7	49,1

Окончание таблицы 4.11

Номер образца	Материал верха				Система материалов			
	Р <sub>p</sub> , Н		ε <sub>p</sub> , %		Р <sub>p</sub> , Н		ε <sub>p</sub> , %	
	основа	уток	основа	уток	основа	уток	основа	уток
Материал верха								
3	1668	1383	38,8	39,2	1919	1907	39,4	62,8
4	510,9	458	32,3	45,7	454	388,3	31,0	35,7
5	1339	651	22,9	25,5	1399	1394	28,3	28,7
6	630	270	19,5	29,3	720	300	24,3	20,2
7	1540	1176	34,6	37,6	1850	920	38,0	30,7
Льняное трикотажное полотно				Утепляющий материал Холлофайбер				
-	по длине	по ширине	по длине	по ширине	по длине	по ширине	по длине	по ширине
	280,5	147	61,9	207	6,86	4,90	13,45	98,5

Примечание. Материалы верха: 1. Материал с мембранным покрытием, 2. Оксфорд R/S, 3. Оксфорд R/S PU, 4. Дюспо 240, 5. Санбрелла, 6. Микрофибра; 7. Оксфорд R/S PU honey



а

б

а – Р<sub>p</sub>, Н – максимальное усилие при разрыве (разрывная нагрузка)

б – ε<sub>p</sub>, % – относительное удлинение при разрыве

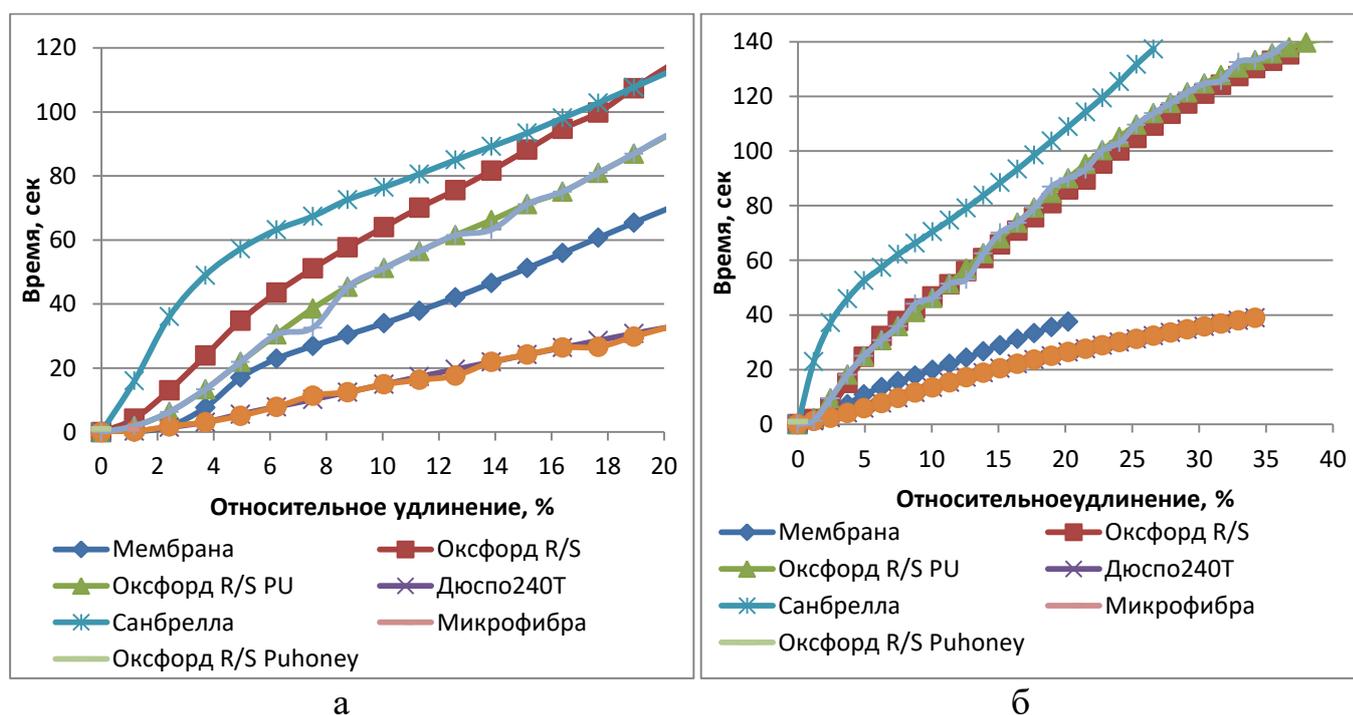
1. Материал с мембранным покрытием, 2. Оксфорд R/S, 3. Оксфорд R/S PU, 4. Дюспо 240Т, 5. Санбрелла; 6. Микрофибра; 7. Оксфорд R/S PU honey

Рисунок 4.21 – Разрывные характеристики объектов исследований

Для исследуемых тканей верха относительное разрывное удлинение по основе составляет 14,7–38,8%, по утку – 21,9–45,7%, при этом удлинение при разрыве по утку больше, чем по нити основы. Минимальным разрывным удлинением по основе и утку обладает материал с мембранным покрытием, максимальным (45,7%) – ткань Дюспо 240Т в направлении утка. Удлинение при разрыве льняного трикотажа и утепляющего материала Холлофайбер®Термо в

поперечном направлении значительно превосходит удлинение в продольном (соответственно в 3,3 и 7,6 раза). На рисунке 4.22 представлены диаграммы растяжения однослойных систем материалов (тканей верха курточного ассортимента) и многослойных систем.

Таким образом, на механические свойства, а именно разрывную нагрузку и разрывное удлинение курточных материалов значительно влияют показатели структуры материала: волокнистый состав, переплетение, вид отделки, поверхностная плотность [87].



а – однослойная система; б – многослойная системы материалов  
Рисунок 4.22 – Диаграмма растяжения систем материалов

На втором этапе исследования оценивалось влияние многоцикловых неразрывных деформаций растяжения на прочность исследуемых материалов верха. Величина и характер приложения многоцикловых нагрузок при проведении испытаний приближены к эксплуатационным воздействиям, что позволяет прогнозировать длительную прочность материалов и изделий. Материалы подвергаются одноосной циклической деформации при нагрузке 6 Н в течение 5 циклов.

Экспериментальные исследования проведены на разрывной машине, подключенной к персональному компьютеру с установленной специализированной программой для управления и считывания результатов STRAIN v1.0, задающему параметры деформирования. Один полный цикл программы, длительностью 30 минут со скоростью 10000 мм/мин, характеризует комплекс попеременного комбинированного перемещения вдоль осей X и Y с заданными параметрами деформирования. Проведено пять циклов циклического деформирования проб. Зажимная длина равна ширине испытываемых проб, таким образом обеспечивается равномерная деформация проб. На рисунке 4.23 приведены графики зависимости разрывной нагрузки от количества циклов испытаний.

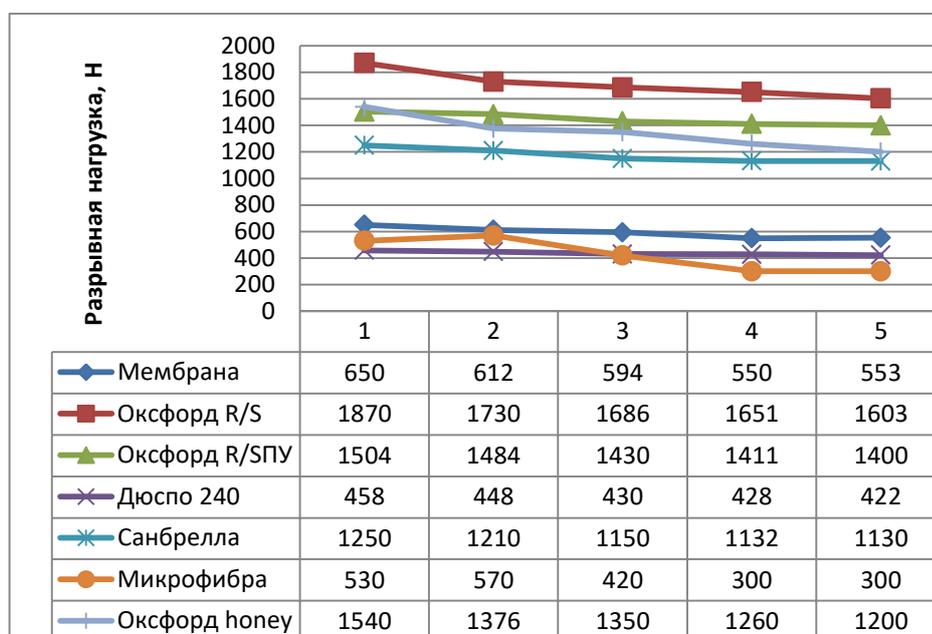
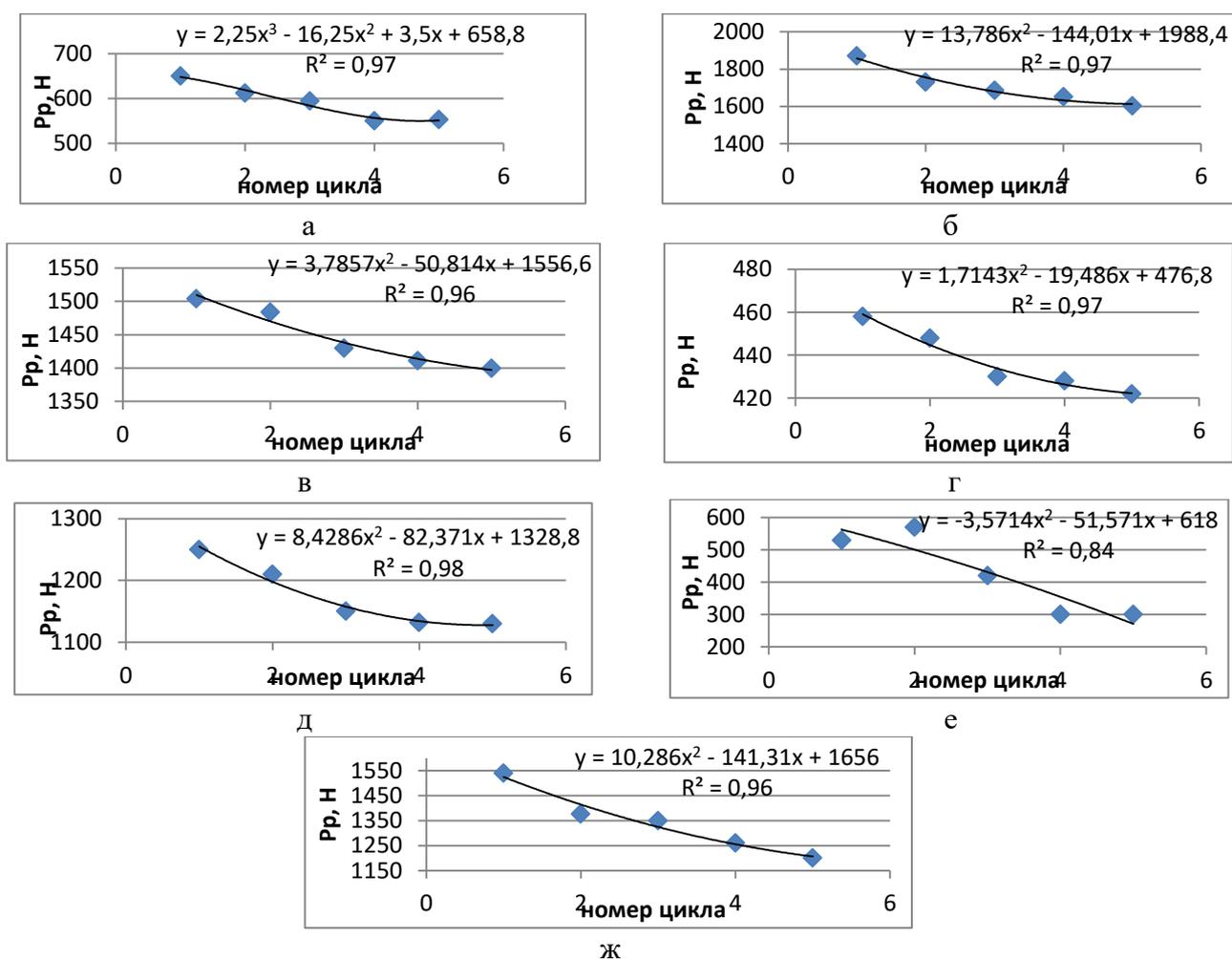


Рисунок 4.23 – Сравнительный анализ изменения разрывной нагрузки от количества циклов испытаний исследуемых материалов

Анализ результатов исследования показал, что прочность исследуемых материалов уменьшилась на 10–15%. Снижение прочностных свойств материала Оксфорд R/S после пяти циклов растяжения составило 12 %, материала Санбрелла – 11 %. Материал Дюспо 240Т в пределах пяти циклов испытаний показал уменьшение разрывной нагрузки на 14%. Наиболее не стабильные деформационные показатели в процессе всех циклов исследования выявлены у материала Микрофибра

Важным показателем, кроме соотношения изменения разрывной нагрузки после проведения начального и конечного циклов испытаний, является изменение прочности исследуемых материалов в пределах каждого из циклов испытаний [88]. Значительное уменьшение разрывной нагрузки происходит в первых двух-трех циклах испытаний. Далее наблюдается стабилизация исследуемого показателя: разрывная нагрузка уменьшается незначительно, резкого снижения прочности исследуемых материалов показателя не происходит.

По результатам испытаний получены уравнения зависимости разрывной нагрузки от количества циклов испытаний, которые (рис. 4.24), представляют собой полиномиальные зависимости второй степени.



а – материал с мембранным покрытием, б – Оксфорд R/S, в – Оксфорд R/S PU, г – Дюспо 240Т, д – Санбрелла, е – Микрофибра, ж – Оксфорд R/S PU honey  
Рисунок 4.24 – Зависимости разрывной нагрузки от количества циклов нагружения

Математической моделью, описывающей взаимосвязь разрывной нагрузки и количества циклов испытания для материала с мембранным покрытием, является полином третьей степени.

Достоверность аппроксимации для исследуемых объектов ( $R^2$ ) находится в пределах 0,84–0,98. При воздействии многоциклового деформации растяжения все рассматриваемые материалы теряют свои исходные свойства, причем резкое снижение показателей разрывной нагрузки происходит в пределах первых трех циклов испытаний, далее значения прочности материалов стабилизируются. Выявленные зависимости позволяют прогнозировать кинетику изнашивания материалов в процессе эксплуатации.

#### **4.8 Разработка методики и исследование устойчивости окраски текстильных материалов**

При эксплуатации швейных изделий материалы испытывают влияние световых лучей, влаги, температуры, механических усилий и различных химических веществ и т.д. Под влиянием этих факторов происходит необратимое изменение цвета материала. Устойчивость окраски текстильного материала является значимым показателем эстетических свойств изделия, важным потребительским требованием и в соответствии с российскими и международными стандартами оценивается к различным видам воздействий: свету, светопогоде, дистиллированной воде, мыльному или содовому раствору, сухому или мокрому трению, поту и т.д. [123, 124].

В современной отечественной и зарубежной научной практике вопросам совершенствования методов оценки изменения цветовых характеристик уделяется большое внимание [125–134]. В работе [126] создан новый метод оценки светостойкости фотохромных тканей, направленный на замену традиционного метода инструментальным. Усовершенствование стандартного метода оценки стойкости окраски к сухому и мокрому трению осуществлено за счет выявления более предпочтительной прилегающей ткани при проведении испытания

[126,127]. Группой авторов предложен новый метод оценки прочности окраски текстиля на основе цифровых изображений, включающий разработку новой системы визуализации и формулы расчета устойчивости окраски, позволяющий получить более точные результаты, чем визуальные оценки экспертов и существующих инструментальных методов ISO [129].

В работе [130] предложен метод компьютерного определения изменения окраски текстильных полотен при оценке ее устойчивости к физико-химическим воздействиям по осветлению первоначальной окраски и изменению чистоты цвета. Разработана программа, позволяющая в автоматизированном режиме рассчитать величину характеристик цветового различия [131]. Компьютерный способ оценки реализован применительно к устойчивости окраски ткани при трении о смежный материал [132]. Преимущества использования цифровых технологий для оценки изменения цвета подтверждены в работе [133].

В стандартных методах при оценке устойчивости окраски к действию света и светопогоды тестируемые пробы сравнивают с индикаторами выцветания, которые экспонировались одновременно с тестируемыми пробами. Изменение окраски может проявиться в виде изменения яркости, оттенка, чистоты или комбинации этих свойств. Оценку проводят по видимому контрасту между окраской проб до и после испытаний и визуальным сравнением с соответствующей шкалой. При инструментальном методе определения изменения окраски с помощью спектрометра или колориметра измеряют цветовое различие по светлоте, насыщенности и цветовому тону исследуемых образцов [135,136].

При экспертном методе с использованием визуальной оценки имеет место субъективный человеческий фактор, снижающий достоверность оценки и относительная длительность испытания. Инструментальная оценка требует наличия дорогостоящего оборудования.

Проведенный анализ научных работ показал, что объективность и достоверность сведений о свойствах текстильных материалов во многом определяется применяемым методом оценки. В настоящее время одним из наиболее перспективных направлений в области развития материаловедения

является совершенствование оценки свойств текстильных материалов за счет использования компьютерной техники и информационных технологий [129, 130, 137].

В рамках диссертационной работы разработан экспресс-метод оценки изменения окраски различных материалов с использованием современных компьютерных технологий с использованием инструментария программного пакета объектного программирования «Delphi 7» [140, 141].

В предлагаемом методе в качестве отклика на воздействие длительной естественной инсоляции рассматривается цветостойкость – степень сопротивления окраски покрытия к выцветанию при воздействии солнечных лучей и светопогоды на материал.

Солнечный свет представляет собой поток частиц, каждая из которых обладает некоторой энергией. Когда частица достигает поверхности изделия, ее энергия поглощается молекулой краски. Этот процесс активизирует в молекуле электроны, которые, переходя в другое энергетическое состояние, нарушают устоявшиеся химические связи и молекулярные цепочки, в результате чего происходит разрушение пигментов краски. Соответственно, цвет покрытия меняется, теряет свою яркость и насыщенность.

В качестве критерия изменения окраски предлагается использовать показатель цветостойкости, определяющий изменение яркости цифровых изображений при действии света и светопогоды. Сущность оценки заключается в количественном определении разницы яркостей контрольного и подвергнутого длительной инсоляции образца с использованием RGB-характеристик цифровых изображений. Модель RGB применяется при описании цветов, получаемых смешиванием трех лучей: красного (Red), зеленого (Green) и синего (Blue). Данная модель является самой популярной и подходит для описания всех цветов, видимых на мониторе, телевизоре, видеопроекторе, а также создаваемых при сканировании изображений [134].

В предлагаемой методике оценке изменения окраски текстильных полотен с использованием цифровых изображений величины яркостей (Y) контрольного и

опытного образцов рассчитываются по формуле (4.6). Разница значений величин яркостей цифровых изображений ( $YR$ , %) рассчитывается по формуле (4.7).

Для получения экспериментальных данных проведена оценка цветостойкости нескольких видов текстильных материалов, подвергшихся инсоляции в течение 5 месяцев в весенне-летний период. RGB-характеристики вычисляли в «ручном» режиме с дискретностью в один месяц с использованием программного пакета «Photoshop CS6». С целью разработки оценочной шкалы предварительно выявлено соответствие расчетных величин  $YR$  и результатов экспертного исследования (табл. 4.12).

Таблица 4.12 – Оценочная шкала для определения степени цветостойкости

Степень цветостойкости	Изменение яркости цифровых изображений, %
Высокая	до 4,0
Средняя	4,0 – 15,0
Низкая	более 15,0

Разработка оценочной шкалы позволяет исключить привлечение экспертов при оценке других текстильных материалов, предполагающихся к исследованию.

Функционал и порядок работы с программой «Экспресс-оценка цветостойкости» состоит в следующем.



Рисунок 4.25 – Главное интерфейсное окно

При запуске программы «Экспресс-оценка цветостойкости» открывается главное интерфейсное окно (рис. 4.25). В данном окне расположены кнопки «О

программе», «Информация», «Загрузить опытный образец», «Загрузить контрольный образец», «Очистить все», «Прогнозирование» и «Выход».

При нажатии кнопок «Загрузить опытный/контрольный образец» появляется диалоговое окно для выбора файлов формата «\*.bmp», содержащих изображения текстильного материала. После загрузки изображений и выбора с помощью манипулятора мыши оцениваемой области изображений программа автоматически проводит расчет RGB-характеристик точек выделенной области. Дополнительно происходит отображение усредненного значения и расчетной величины разницы яркости (рис. 4.26).

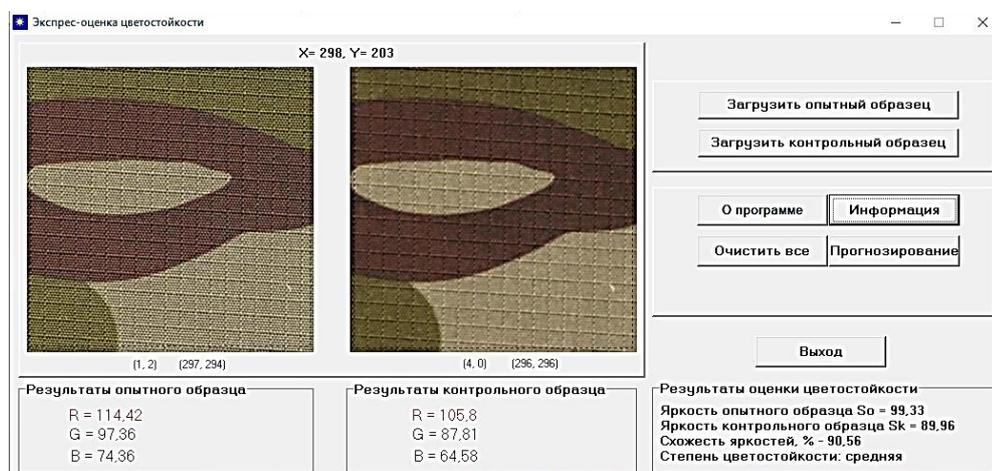
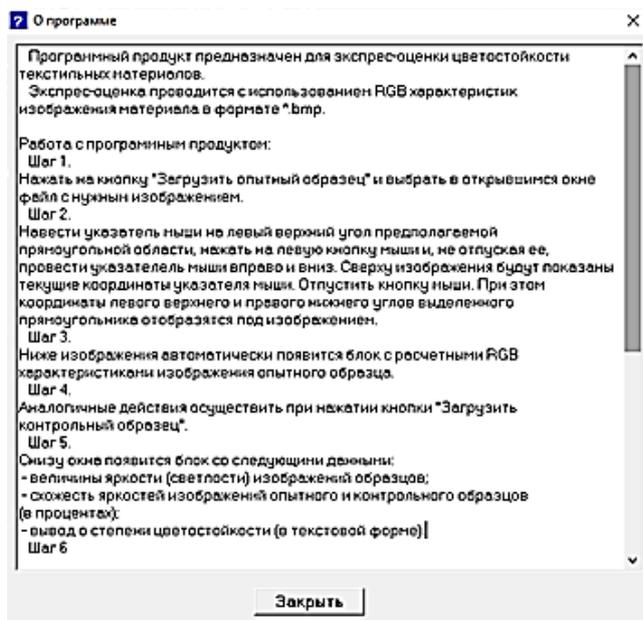
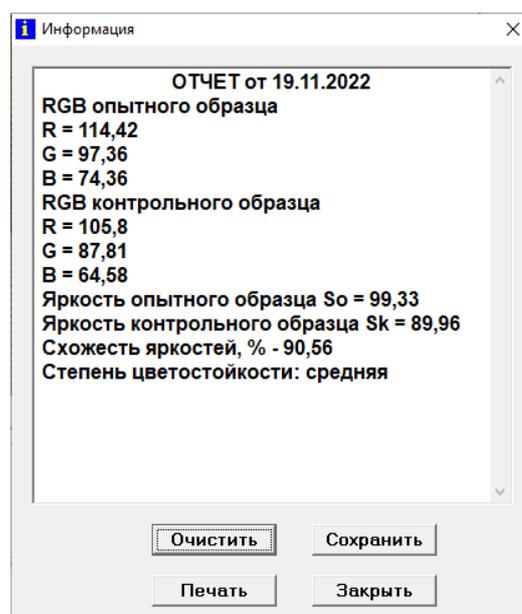


Рисунок 4.26 – Окно загрузки цифровых изображений

При нажатии кнопки «О программе» выводится окно с краткой инструкцией по работе программного продукта, а при нажатии кнопки «Информация» выводится текст, содержащий расчетные значения и возможностью ввода, удаления и редактирования информации (рис. 4.27).



а



б

а – инструкция, б – отчет  
Рисунок 4.27 – Окна программы

С использованием данного программного продукта возможно вычисление изменения яркости материала за время, последующее после окончания эксперимента. Прогнозирование изменения яркости проводится с использованием автоматически получаемых регрессионных моделей (линейная, гиперболическая, степенная, показательная, экспоненциальная, логарифмическая, параболическая функции). Зависимости приводятся в окне «Прогнозные модели», а требуемые величины получаются путем ввода предполагаемого времени наблюдения, номера модели и нажатия кнопки «Прогнозное значение». Программное обеспечение позволяет представить изменение величины яркости изображения опытного образца материала в виде графика, где по шкале абсцисс происходит увеличение времени испытаний и/или прогнозного времени, а по оси ординат представлены величины яркости изображений (рис. 4.28).

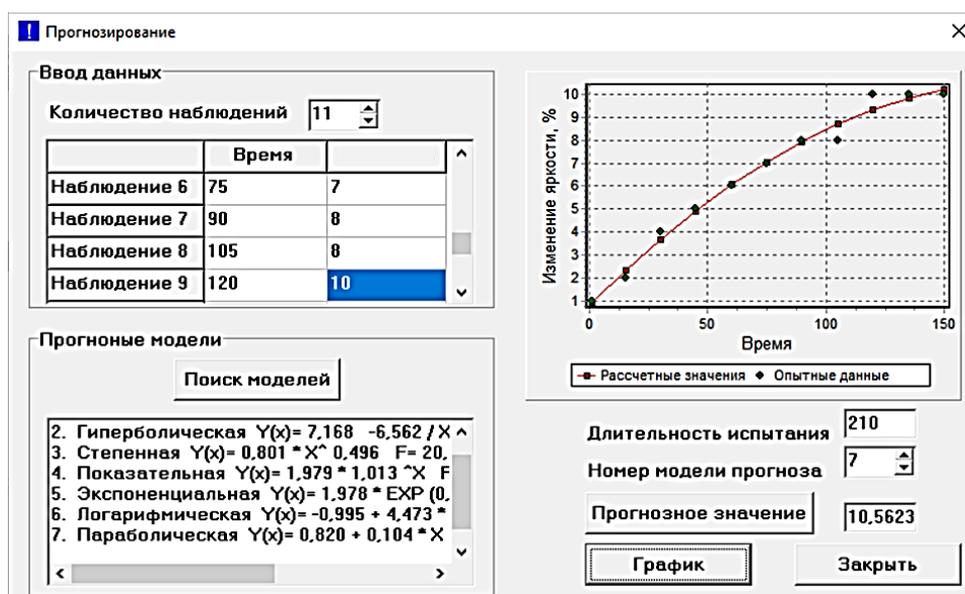


Рисунок 4.28 – Окно «Прогнозные модели»

При помощи программного продукта «Экспересс-оценка цветостойкости» исследованы несколько образцов курточных тканей для верхнего ассортимента изделий. Результаты представлены в таблице 4.13 и на рисунках 4.29, 4.30.

Таблица 4.13 – Результаты исследования цветостойкости

Наименование материала, цвет	Результаты опытного образца			Результаты контрольного образца			Схожесть яркости, %	Изменение яркости, %	Степень цветостойкости
	R	G	B	R	G	B			
Дюспо-240 (темно-синий)	82.75	71.93	70.86	70.64	65.45	65.68	89.77	11,23	средняя
Курточная ткань (серый)	160.43	154.06	154.56	148.08	147.34	151.9	95.09	4,91	средняя
Материал с мембранным покрытием (красный)	210.5	60.99	95.28	206.7	16.07	55.07	62.43	37,57	низкая
Oxford R/S PU (бежевый)	191.5	175.5	163.4	178.7	161.9	148.9	92.45	7,55	средняя
Санбrella (синий)	27.4	42.36	115.5	27.37	42.94	118.0	100	-	высокая
Oxford R/S (камуфлированный зеленый)	114.4	97.46	74.45	101.4	88.74	70.25	90.84	9,16	средняя
Санбrella I (темно-синий)	33.4	44.28	74.38	31.88	42.59	74.54	96.55	3,45	сильная
Микрофибра (голубой)	151.4	176.3	205.4	139.3	172.2	208.3	96.94	3,06	сильная
Oxford R/S PU1 (красный)	183.1	35.53	57.83	179.7	24.01	49.64	86.0	14.0	сильная

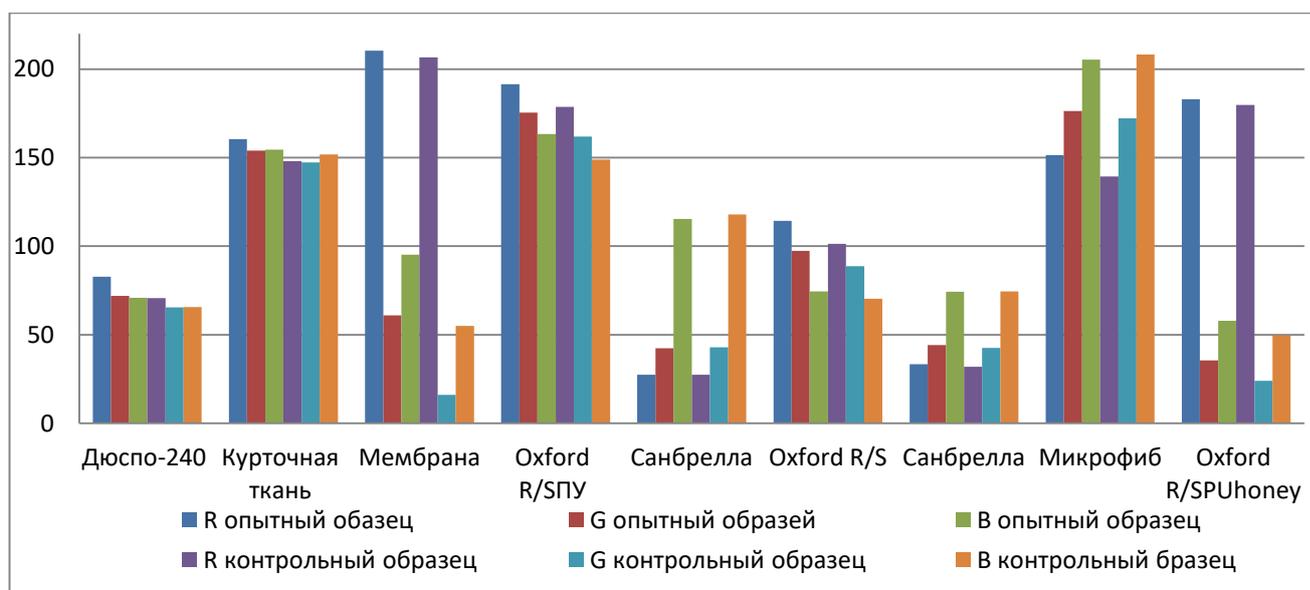


Рисунок 4.29 – Результаты RGB характеристик

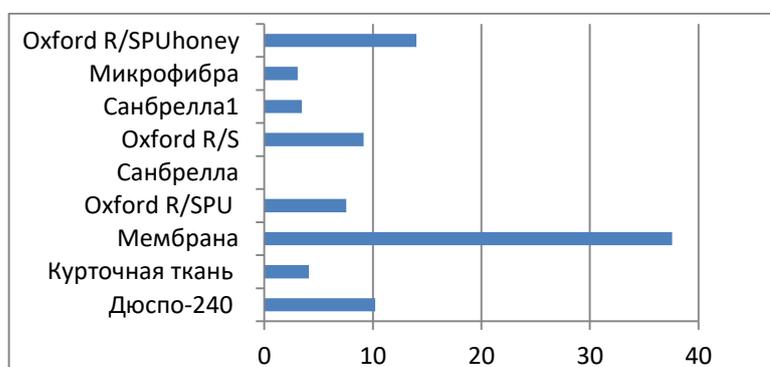


Рисунок 4.30 – Изменение яркостей курточных материалов

В результате проведенных экспериментальных исследований цветостойкости, получены следующие результаты. Материал Санбрелла (синий), Санбрелла1 (темно-синий), Oxford R/S PU1 (красный), Курточная ткань1 (голубой) имеют высокую степень цветостойкости. Курточные материалы Дюспо 240 (темно-синий), Oxford R/S (камуфлированный зеленый), Курточная ткань (серый), Oxford R/S PU (бежевый) относятся к средней группе цветостойкости. По результатам исследования к группе с низкой степенью цветостойкости относится материал с мембранным покрытием красного цвета.

Таким образом, данный метод дает возможность вычислять степень цветостойкости исследуемых материалов, а также прогнозировать изменения яркости окраски материалов от воздействия солнечной инсоляции. Разработанная

методика автоматизированного определения изменения окраски позволяет значительно уменьшить временные затраты для проведения оценки цветостойкости материалов и изделий (ткани, полимеры, лакокрасочные покрытия и т.п.), обеспечивая достаточную точность степени цветостойкости при вложении минимальных материальных затрат [142].

### **Выводы по четвертой главе**

1. Для оценки стабильности структуры материала при многоцикловом комбинированном (одноосном и двухосном) растяжении разработана методика экспериментального исследования, имитирующая эксплуатационные воздействия. В качестве критерия стабильности структуры исследуемых материалов используется показатель остаточной деформации после многоциклового растяжения, учитывающий анизотропию свойств по различным направлениям.

2. Для выявления рациональных систем материалов, обеспечивающих комфортные условия микроклимата пододежного пространства в процессе эксплуатации верхних адаптивных изделий проведены комплексные исследования характеристик паропроницаемости. Получены математические зависимости, позволяющие оценить кинетику изменения исследуемого свойства.

3. С целью получения объективной информации об устойчивости к истиранию исследуемых материалов использованы критерии: изменение цвета материала, количество циклов до разрушения материала и коэффициент износостойкости, учитывающий массу исследуемой пробы.

4. Для оценки и прогнозирования водозащитной функции адаптивной одежды предложена методика исследования устойчивости материалов к проникновению воды с учетом действия эксплуатационных и технологических факторов. В качестве воздействий, характерных для условий носки верхней адаптивной одежды, выбраны многократные мокрые обработки, стирание и многоцикловые комбинированные деформации растяжения. Влияние

технологических факторов определяют ниточные соединения различных конструкций.

5. Для исследования загрязняемости разработана методика экспериментального исследования, основанная на использовании принципов автоматизированного распознавания оптических изображений. В качестве количественного критерия использован показатель, определяющий изменение яркости цифровых изображений контрольного и опытного образцов.

6. Для получения объективных данных по характеристикам жесткости при изгибе с целью дальнейшего учета при проектировании изделия предложена усовершенствованная методика. Методика включает два основных этапа: экспериментальное исследование характеристик жесткости с учетом особенностей исследуемого ассортимента и этап прогнозирования конструктивных решений изделия.

7. Исследование разрывных характеристик показало, что разрывная нагрузка многослойной системы материалов в сравнении с однослойной увеличивается незначительно. Разрывное удлинение однослойных и многослойных систем изменяется в широком диапазоне, при этом удлинение при разрыве в поперечном направлении больше, чем в продольном направлении. Для прогнозирования длительной прочности материалов и адаптивных изделий в процессе эксплуатации получены уравнения зависимости разрывной нагрузки от количества циклов испытаний.

8. Разработан экспресс-метод оценки изменения окраски текстильных материалов с использованием современных компьютерных технологий. В качестве критерия изменения окраски предлагается использовать показатель цветостойкости, определяющий изменение яркости цифровых изображений при действии света и светопогоды.

## **ГЛАВА 5 СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ АДАПТИВНОЙ ОДЕЖДЫ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ДВИГАТЕЛЬНЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ**

### **5.1 Создание информационной модели процесса проектирования адаптивной одежды в системе «свойства материалов – адаптивное изделие» для людей с ограниченными двигательными возможностями**

Проведенный анализ показал, что в научных исследованиях в основном процесс проектирования адаптивных изделий рассматривается без учета требований к системам материалов. Недостаточный учет свойств материалов и особенностей жизнедеятельности людей с ограниченными возможностями здоровья при проектировании адаптивных изделий приводит к созданию продукции, не отвечающей более высоким требованиям, предъявляемых к одежде для людей с инвалидностью. Использование сведений о свойствах материалов позволяет получить специальную одежду для людей с ограниченными возможностями здоровья с более высокими качественными характеристиками. При этом проектирование адаптивной одежды с учетом информации о жизнедеятельности и функционировании людей с ограниченными двигательными возможностями [149–153] может сыграть жизненно важную роль в оказании им помощи в преодолении социальных барьеров в различных видах деятельности, для участия в социальной жизни и в других аспектах, связанных с одеждой.

На основе анализа работ, посвященных разработке адаптивных изделий [14–22, 46, 47, 148], и в результате обобщения научно-технической информации в работе предложена структурно-информационная модель процесса проектирования исследуемого ассортимента изделий в системе «свойства материалов – адаптивное изделие», основанная на целенаправленном учете специфических условий эксплуатации и свойств материалов (рис. 5.1).

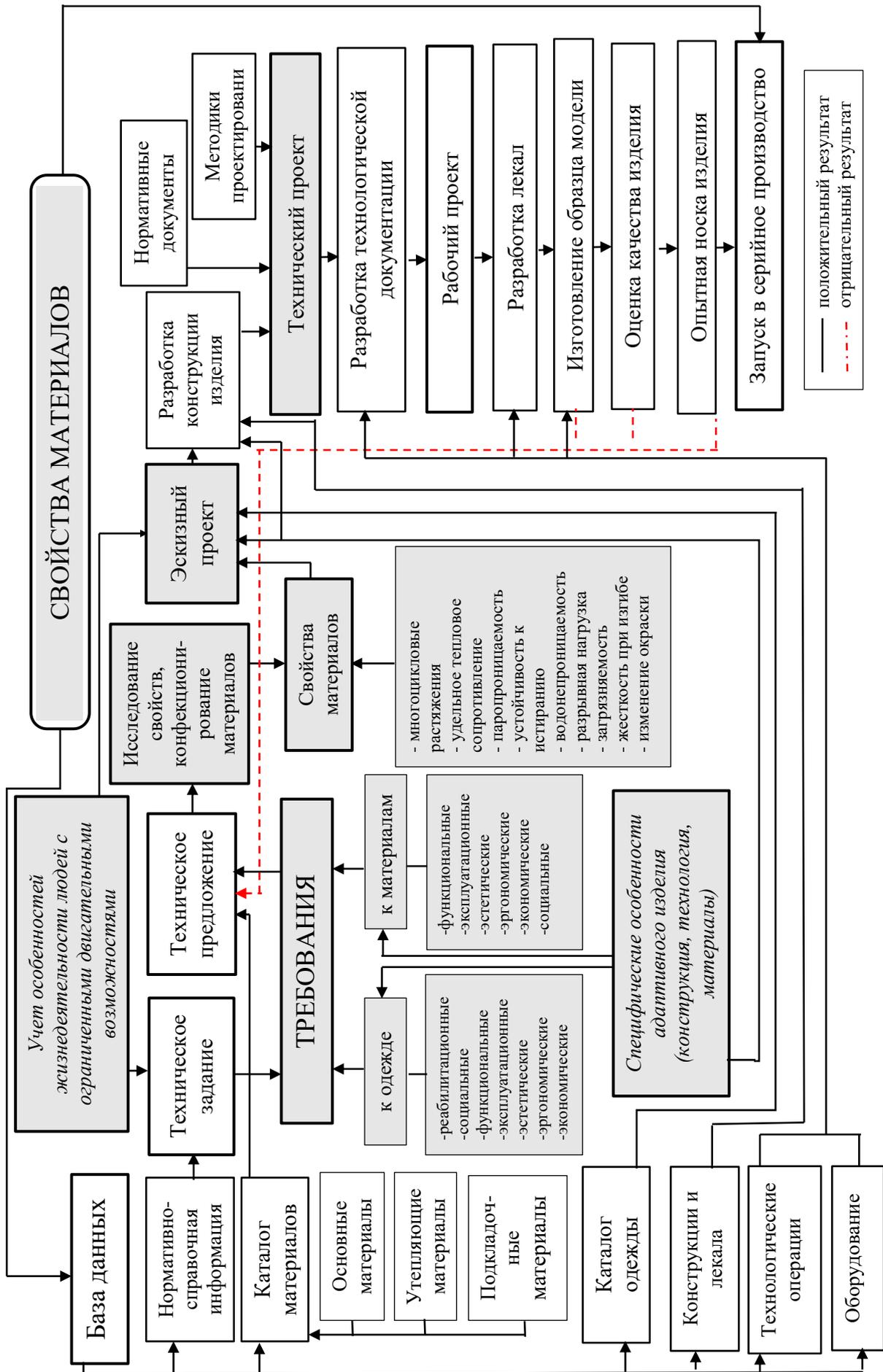


Рисунок 5.1 – Информационная модель процесса проектирования адаптивной одежды в системе «свойства материалов – адаптивное изделие» для людей с ОДВ

Разработка технического задания начинается с определения и анализа требований к материалам и требований к адаптивной одежде с учетом специфических особенностей контингента при выборе конструктивных параметров, технологии изготовления и конфекционирования материалов для адаптивной одежды.

Следующий этап – разработка технического предложения. Входной информацией на данном этапе является техническое задание, в рамках которого учитываются особенности жизнедеятельности людей с ограниченными двигательными возможностями и нормативно-справочная информация из базы данных, содержащая государственные отраслевые стандарты, а также требования к материалам и адаптивной одежде.

На стадии технического предложения в предлагаемой модели учитываются специфические и традиционные требования к одежде (реабилитационные, социальные, функциональные, эксплуатационные, эстетические, эргономические, экономические) и требования к материалам (функциональные, эксплуатационные, эстетические, эргономические, экономические, социальные). Требования к одежде и материалам влияют на специфические особенности адаптивной одежды, которые необходимо учитывать на этапе конфекционирования материалов, разработке конструкции и выборе технологических решений.

На этапе технического предложения поступает дополнительная информация из базы данных по каталогу материалов, включающего материалы верха, утепляющие, прокладочные, подкладочные материалы и фурнитуру. На этом этапе формируют окончательный перечень требований к материалам для изготовления адаптивной одежды.

Выделение этапа по исследованию свойств материалов и конфекционированию обусловлено определяющим влиянием свойств материалов на качество готового изделия. В главе 3 с использованием метода причинно-следственных схем Исикава и аппарата теории нечетких множеств выявлены наиболее значимые свойства систем материалов адаптивной одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями. Для материалов, данные о

которых отсутствуют в базе данных предприятия, необходимо исследование свойств, определяющих качество адаптивных изделий исследуемого контингента, а именно: устойчивость к многоцикловым деформациям растяжениям, удельное тепловое сопротивление, паропроницаемость, устойчивость к истиранию, водонепроницаемость, разрывная нагрузка, загрязняемость, жесткость при изгибе, устойчивость окраски.

На основе ассортимента предприятий, спроса потребителей и анализа рынка разрабатывается эскизный проект. Входной информацией на данном этапе являются следующие данные: вид изделия; назначение изделия; сезонность; размерно-ростовочная группа; заболевание человека с инвалидностью; требования, предъявляемые к материалам и адаптивным изделиям; возрастная группа потребителя; ценовой диапазон. На этой стадии необходимо учитывать особенности жизнедеятельности людей с ограниченными двигательными возможностями и специфические особенности адаптивной одежды, а также основные свойства систем материалов, выявленные на этапе конфекционирования, либо взятые из основной базы данных. Далее разрабатывается рабоче-конструкторская документация, с определением влияния свойств материалов на конструктивные характеристики адаптивных изделий таких как объем, форма изделия, наличие и расположение конструктивных членений.

На этапе технического проекта соединяются все, ранее разработанные технические документы, содержащие окончательные проектные решения по проектированию адаптивной одежды и переходящие в комплектование технологической документации с использованием информации из базы данных о технологических операциях и оборудовании.

Рабочий проект включает несколько стадий, а именно разработку комплекта чертежей лекал основных и производных деталей, а также вспомогательных лекал. На этом же этапе выполняются чертежи градации и техническое описание на модель одежды. Процессы изготовления опытного образца изделия сопровождаются проверкой качества произведенных действий. В случае

ненадлежащего качества на одной из стадий процесса происходит возврат на этап технического предложения, с целью внесения необходимых корректировок для решения поставленной задачи. Если после опытной носки изделие проходит соответствующий контроль качества, то оно может быть запущено в серийное производство.

Принцип обратной связи систем применим на стадии эксплуатации готового изделия, где разрабатываются рекомендации по уходу за изделием и приводятся данные о возможных изменениях в параметрах комплектующих систем материалов адаптивной одежды.

Разработанная структурно-информационная модель процесса проектирования адаптивной одежды направлена на повышение эффективности процесса разработки исследуемого ассортимента изделий за счет учета особенностей жизнедеятельности людей с ограниченными двигательными возможностями и свойств систем материалов.

## **5.2 Разработка методики комплексной оценки качества систем материалов для адаптивной одежды**

Понятие качество включает в себя совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением. Следовательно, при оценке качества продукции необходимо учитывать не все свойства, а лишь те, от которых зависит ее успешное использование по назначению [154–161].

Для выявления рациональных систем материалов верхней адаптивной одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями разработана методика комплексной оценки качества (рис. 5.2). В предлагаемой методике для выявления наиболее значимых свойств систем материалов использован метод структурно-следственных схем Исикава. Определение весомости выявленных свойств осуществлено с использованием аппарата теории нечетких множеств. В порядке уменьшения значимости свойства образуют ранжированный ряд:

устойчивость к многоцикловым деформациям растяжения, удельное тепловое сопротивление, паропроницаемость, устойчивость к истиранию, водонепроницаемость, загрязняемость, жесткость при изгибе, разрывная нагрузка, устойчивость окраски.

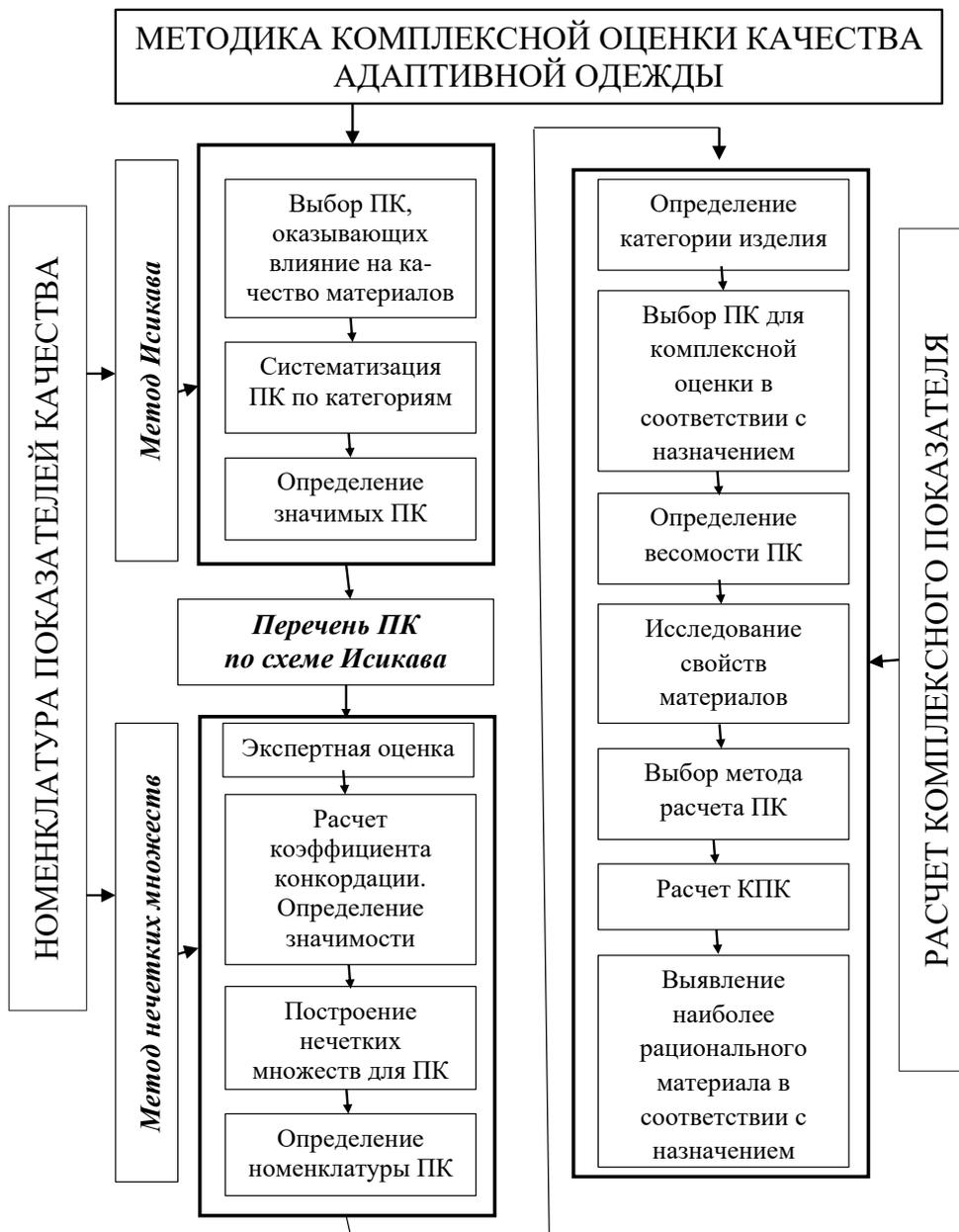


Рисунок 5.2 – Схема методики оценки качества систем материалов для адаптивной одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями

В методике для расчета комплексного показателя качества осуществляется выбор значимых показателей в соответствии с категорией изделия (плечевая или поясная) и расчета их весомости. В качестве единичных показателей, входящих в состав комплексного, для материалов верха плечевых изделий выбраны: остаточная деформация после многоциклового растяжения, паропроницаемость, водонепроницаемость; для поясной одежды: устойчивость к истиранию, водонепроницаемость, загрязняемость.

Коэффициент значимости  $i$ -го свойства для каждой категории определен по формуле (5.1):

$$a_i = \frac{B_i}{\sum B_i} \quad (5.1)$$

где  $B_i$  - средний балл для значимости  $i$ -го свойства;

$\sum B_i$  - сумма средних баллов всех экспертов.

Рассчитанные коэффициенты весомости для выбранных единичных показателей качества материалов верха для плечевой и поясной одежды приведены в таблице 5.1 и на рисунке 5.3.

Таблица 5.1 – Единичные показатели качества по видам адаптивной одежды для людей с ограниченными возможностями здоровья

Плечевая одежда		Поясная одежда	
ПК	Весомость	ПК	Весомость
Остаточная деформация после многоциклового растяжения	0.4	Устойчивость к истиранию	0.36
Паропроницаемость	0.39	Водонепроницаемость	0.34
Водонепроницаемость	0.21	Загрязняемость	0.3



а – плечевая одежда, б – поясная одежда  
 Рисунок 5.3 – Весомость единичных показателей качества адаптивной одежды людей с ОДВ

В методике расчет комплексного показателя качества материалов для поясной и плечевой адаптивной одежды предлагается проводить по формуле среднего геометрического (формула 5.2).

$$G_i = Q_{j_1}^{j_1^1} Q_{j_2}^{j_2^2} \cdot \dots \cdot Q_{j_n}^{j_n^n} = \prod_{i=1}^n Q_{j_i}^{j_i^i}; \quad (5.2)$$

где  $Q_{j_i}$  - безразмерная (относительная) величина показателя качества,  
 $j_i$  – коэффициент весомости  $i$ -го показателя качества,  
 $n$  – число показателей качества.

Для расчета комплексного показателя в методике при переводе натуральных значений в показатели качества в безразмерные применены относительные показатели качества. В таблице 5.2 представлены фактические данные, полученные в ходе экспериментальных исследований и относительные показатели, которые определены по формулам 5.3, 5.4.

Таблица 5.2 – Единичные показатели качества материалов верха адаптивной одежды

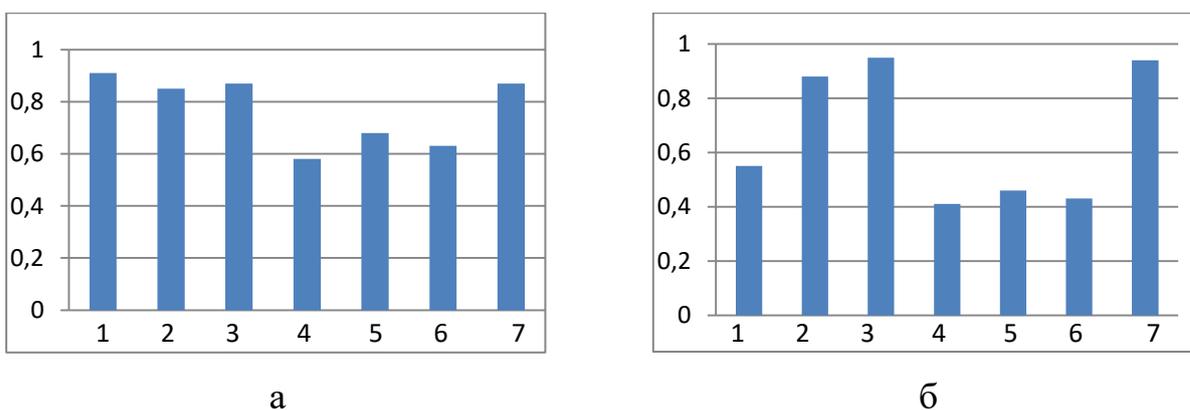
Наименование материала	Фактические значения					Относительные показатели				
	Загрязняемость, % ( $X_1$ )	Остаточная деформация, % ( $X_2$ )	Паропроницаемость, % ( $X_3$ )	Водонепроницаемость, усл. ед. ( $X_4$ )	Стойкость к истиранию, циклы ( $X_5$ )	$Q_{X1}$	$Q_{X2}$	$Q_{X3}$	$Q_{X4}$	$Q_{X5}$
Материал с мембранным покрытием	70	1	27.4	100	2184	0.4	1	0.8	1	0.47
Оксфорд R/S	28	1	32.6	70	4511	1	1	1	0.7	0.97
Оксфорд R/S PU	41	1	22.0	100	4632	0.8	1	0.7	1	1
Курточная ткань	97	4	26.3	60	1621	0.3	0.25	0.8	0.6	0.35
Дюспо 240Т	85	3	19.9	100	1903	0.23	0.33	0.6	1	0.41
Микрофибра	84	4	26.3	60	2300	0.33	0.25	0.8	0.6	0.4
ОксфордR/SPU honey	49	1	22.0	100	4500	0.6	1	0.7	1	1

При расчете относительных показателей качества материалов за базовое значение принималось максимальное значение исследуемого показателя у позитивных и минимальное значение у негативных.

В данном случае позитивными показателями качества являются стойкость к истиранию, паропроницаемость, водонепроницаемость. К негативным показателям относятся остаточная деформация после многоциклового растяжения, загрязняемость.

Таблица 5.3 – Комплексный показатель качества материалов верха для адаптивной одежды

Плечевая одежда		Поясная одежда	
Наименование материала	КПК ( $G_i$ )	Наименование материала	КПК ( $G_i$ )
Материал с мембранным покрытием	0.91	Материал с мембранным покрытием	0.55
Оксфорд R/S	0.85	Оксфорд R/S	0.88
Оксфорд R/S PU	0.87	Оксфорд R/S PU	0.95
Курточная ткань	0.58	Курточная ткань	0.41
Дюспо 240Т	0.68	Дюспо 240Т	0.46
Микрофибра	0.63	Микрофибра	0.43
Оксфорд R/S PU honey	0.87	Оксфорд R/S PU honey	0.94



а – плечевая одежда, б – поясная одежда  
 1. Материал с мембранным покрытием, 2.Оксфорд R/S, 3.Оксфорд R/S PU, 4.Курточная ткань, 5. Дюспо 240Т, 6. Микрофибра, 7.Оксфорд R/S PU honey  
 Рисунок 5.4 – Комплексные показатели качества материалов верха адаптивной одежды

Комплексные показатели качества позволили выявить рациональные материалы верха по спектру наиболее значимых свойств для плечевых и поясных изделий.

Для материалов верха плечевой адаптивной одежды минимальный комплексный показатель качества у курточной ткани (0.58), максимальный – у материала с мембранным покрытием (0.91). Материал с мембранным покрытием обладает высокой водонепроницаемостью и паропроницаемостью, что создает благоприятный климат в пододежном пространстве. Максимальным комплексным показателем качества для поясных изделий обладает материал Оксфорд R/S PU (0.95) за счет высокой устойчивости к истиранию и проникновению воды, а также незначительной загрязняемости. Минимальные комплексные показатели качества у курточной ткани, Дюспо 240Т, микрофибры: 0.41, 0.46 и 0.43 соответственно. Эти материалы наименее подходят к изготовлению поясной адаптивной одежды.

Аналогичные расчеты проведены для выявления рациональных систем материалов верхней плечевой и поясной адаптивной одежды людей с ограниченными двигательными возможностями.

В качестве единичных показателей, входящих в состав комплексного для систем материалов плечевых изделий выбраны: остаточная деформация после многоциклового растяжения, теплозащитные свойства, паропроницаемость,

водонепроницаемость; для поясной одежды: устойчивость к истиранию, теплозащитные свойства, водонепроницаемость, загрязняемость.

Рассчитанные коэффициенты значимости выбранных единичных показателей качества систем материалов для плечевой и поясной одежды приведены в таблице 5.4 и на рисунке 5.5.

Таблица 5.4 – Единичные показатели качества по видам адаптивной одежды для людей с ограниченными возможностями здоровья

Плечевая одежда		Поясная одежда	
ПК	Весомость	ПК	Весомость
Остаточная деформация после многоциклового растяжения	0.28	Устойчивость к истиранию	0.28
Теплозащитные свойства	0.27	Теплозащитные свойства	0.27
Паропроницаемость	0.23	Водонепроницаемость	0.24
Водонепроницаемость	0.22	Загрязняемость	0.21

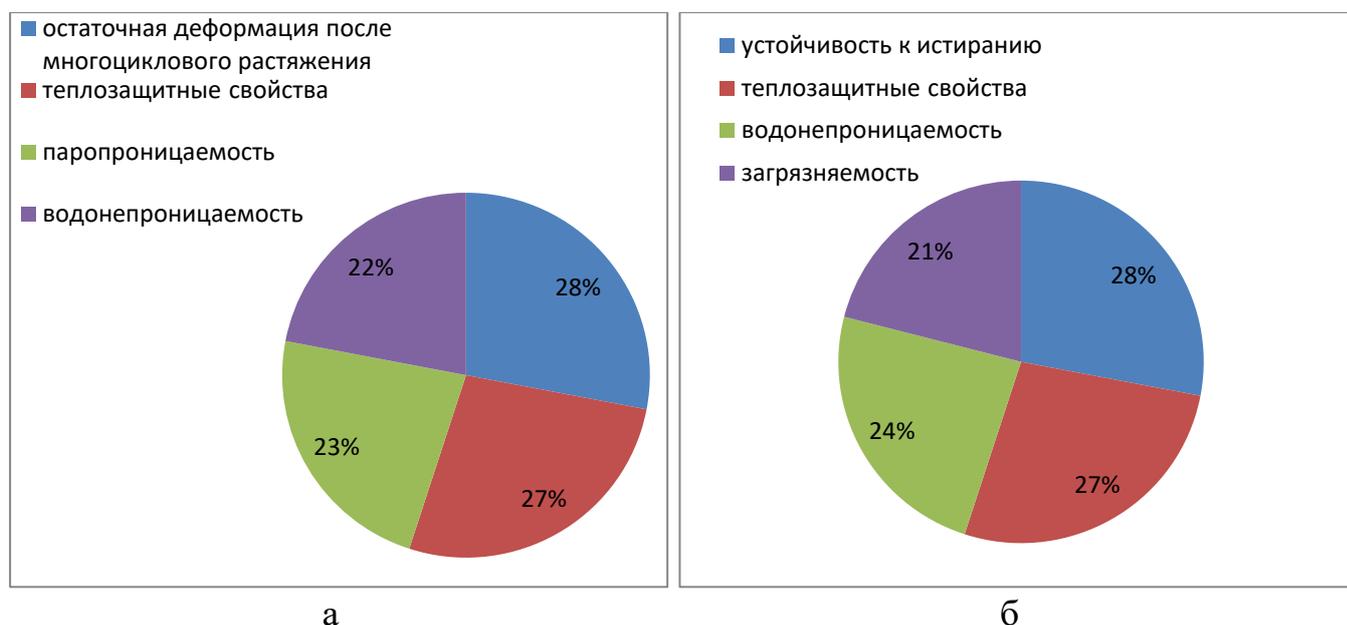


Рисунок 5.5 – Весомость единичных показателей качества систем материалов адаптивной одежды для людей с ОДВ

В системе материалов верхней одежды прокладочный утепляющий слой играет ключевую роль, отвечая за теплозащитные функции изделия. В данной работе в качестве утепляющего слоя для верхней адаптивной одежды людей с

ограниченными двигательными возможностями выбраны теплозащитные нетканые материалы Холлофайбер®ПрофиМикро, Холлофайбер®Термо, Холлофайбер®Валюметрик, Холлофайбер®Софт (табл. 2.4). Максимальными теплозащитными свойствами обладает Холлофайбер®ПрофиМикро с удельным тепловым сопротивлением  $0.870 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$  и толщиной 23 мм. Вторым по показателю теплозащитных свойств (удельное тепловое сопротивление  $0.550 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ) является Холлофайбер®Термо с толщиной 10 мм, содержащий в своем составе полиакрилатные волокна, которые не только позволяют сохранять тепло, но и воспроизводить его в отличие от классических утеплителей.

На основе проведенных аналитических и экспериментальных исследований можно сделать вывод, что наиболее рациональным для верхней плечевой адаптивной одежды людей с ограниченными двигательными возможностями является нетканый утепляющий материал Холлофайбер®Термо, обладающий незначительной толщиной и способностью генерировать тепло при взаимодействии с микрочастицами влаги, выделяемыми человеческим телом при физической нагрузке. Для поясных изделий в качестве утепляющего слоя целесообразно рекомендовать Холлофайбер®ПрофиМикро с максимальными показателями значениями удельного теплового сопротивления и толщины нетканого материала.

Таким образом, наиболее рациональной из исследуемых систем материалов для верхней плечевой одежды людей с ограниченными двигательными возможностями по комплексному показателю качества является пакетное решение, в состав которого входят: материал с мембранным покрытием, утепляющий нетканый материал Холлофайбер®Термо и льняное трикотажное полотно. Преимуществом, определяющим их потребительскую ценность, является обеспечение комфортных условий микроклимата пространства под одеждой и повышенные теплозащитные показатели в процессе эксплуатации. Для верхней поясной одежды предпочтительным пакетным решением является система материалов, включающая материал верха Оксфорд R/S PU, утепляющий нетканый материал Холлофайбер®ПрофиМикро и льняное трикотажное полотно.

В качестве преимущества данной системы материалов можно выделить: обеспечение максимальных теплозащитных свойств наряду с повышенной износостойкостью и долговечностью адаптивных изделий, что является важным для исследуемой категории потребителей.

### **5.3 Разработка рекомендаций по проектированию адаптивной одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями с учетом свойств материалов**

В ходе проведенных исследований разработаны рекомендации по проектированию адаптивной одежды выбору рационального пакета материалов, конструктивных и технологических особенностей изделий.

В процессе конфекционирования предусматривается комплексное решение проблемы выбора материалов, основанное на знании свойств материалов и требований к изделию. От правильно выбранного пакетного решения зависят эксплуатационные и эргономические характеристики готового изделия.

Рекомендации по конфекционированию материалов верха для плечевой и поясной адаптивной одежды разработаны с учетом наиболее значимых свойств с применением предлагаемых критериев использования материалов: предпочтительно, допустимо, потенциально возможно (табл. 5.5).

Таблица 5.5 – Учет свойств материалов верха при проектировании адаптивной одежды

Свойства	Критерий использования	Вид одежды	
		Плечевая одежда	Поясная одежда
Жесткость при изгибе	Предпочтительно	Дюспо 240, курточная ткань, микрофибра	Дюспо 240, курточная ткань, микрофибра
	Допустимо	Материал с мембранным покрытием, Оксфорд R/S	Материал с мембранным покрытием, Оксфорд R/S
	Потенциально возможно	Оксфорд R/S PU, Оксфорд R/S, Оксфорд R/S PU honey	Оксфорд R/S PU, Оксфорд R/S, Оксфорд R/S PU honey

Окончание таблицы 5.5

Свойства	Критерий использования	Вид одежды	
		Плечевая одежда	Поясная одежда
Паропроницаемость	Предпочтительно	Материал с мембранным покрытием, Оксфорд R/S	Материал с мембранным покрытием, Оксфорд R/S
	Допустимо	Курточная ткань	Курточная ткань
	Потенциально возможно	Дюспо 240, Оксфорд R/S PU	Дюспо 240, Оксфорд R/S PU
Устойчивость к многоцикловым растяжениям	Предпочтительно	Оксфорд R/S PU, Оксфорд R/S	Оксфорд R/S PU, Оксфорд R/S
	Допустимо	Материал с мембранным покрытием,	Материал с мембранным покрытием,
	Потенциально возможно	Дюспо 240, курточная ткань, микрофибра	Дюспо 240, курточная ткань, микрофибра
Водозащитные свойства	Предпочтительно	Материал с мембранным покрытием, Оксфорд R/S PU	Материал с мембранным покрытием, Оксфорд R/S PU
	Допустимо	Дюспо 240, Оксфорд R/S	Дюспо 240, Оксфорд R/S
	Потенциально возможно	Курточная ткань	Курточная ткань
Устойчивость к истиранию	Предпочтительно	Оксфорд R/S PU, Оксфорд R/S, Оксфорд R/S PU honey	Оксфорд R/S PU, Оксфорд R/S, Оксфорд R/S PU honey
	Допустимо	Материал с мембранным покрытием	Материал с мембранным покрытием
	Потенциально возможно	Дюспо 240, курточная ткань, микрофибра	Дюспо 240, курточная ткань, микрофибра
Разрывные характеристики	Предпочтительно	Оксфорд R/S PU, Оксфорд R/S, Оксфорд R/S PU honey	Оксфорд R/S PU, Оксфорд R/S, Оксфорд R/S PU honey
	Допустимо	Материал с мембранным покрытием	Материал с мембранным покрытием
	Потенциально возможно	Дюспо 240, курточная ткань, микрофибра	Дюспо 240, курточная ткань, микрофибра

Проведенный анализ показал, что конструктивное устройство адаптивной одежды более сложное в сравнении с одеждой традиционного назначения. В адаптивной одежде каждая деталь должна быть продумана и приспособлена к определенным условиям эксплуатации с учетом вида заболевания.

Конструктивными особенностями в адаптивных изделиях являются специальные элементы и детали, которые имеют важное значение для ее формы, посадки и функциональности. На основании проведенных исследований предложены рекомендации по выбору конструктивных характеристик адаптивной одежды верхнего ассортимента с учетом свойств систем материалов (табл. 5.6).

На выбор конструктивных характеристик изделия оказывают влияние свойства материалов. Из свойств, исследуемых в работе это: жесткость при изгибе, паропроницаемость, устойчивость к многоцикловым растяжениям, стойкость к истиранию и водозащитные свойства. Например, на конструктивную характеристику «форма изделия» значимое влияние оказывает жесткость при изгибе. Материалы с высокой жесткостью целесообразно использовать для создания четких геометрических форм.

При выборе объема изделия рекомендуется учитывать разрывную нагрузку и устойчивость к многоцикловым деформациям растяжения. Например, для изделий малого объема предпочтительны материалы с высокими прочностными характеристиками и устойчивостью к многоцикловым деформациям растяжения.

Водозащитные свойства материалов влияют на наличие и расположение конструктивных членений изделия. При использовании материалов с низкой водонепроницаемостью для уменьшения проникновения влаги в пододежное пространство рекомендуется уменьшение количества швов и смещение членений в области, менее подверженные попаданию осадков, например, перевод плечевого шва на полочку, уменьшение (исключение) количества членений в поясных изделиях и мешках для ног.

На наличие и расположение конструктивных линий членения влияет устойчивость к истиранию: с целью повышения долговечности изделия также целесообразно уменьшение количества швов или их смещение в зоны с меньшим трением.

Таблица 5.6 – Рекомендации по выбору конструктивных характеристик с учетом свойств материалов для адаптивной одежды людей с ОДВ

Конструктивная характеристика	Свойства систем материалов для адаптивной одежды		
Форма изделия	<b>Жесткость при изгибе</b>		
	малая	средняя	высокая
			
	Форма изделия мягкая: драпировки, складки, сборки	Средняя пластичность формы: небольшие драпировки, складки	Четкая геометрическая форма
Объем	<b>Разрывная нагрузка</b>		
	низкая	средняя	высокая
			
	Большой	Средний, большой	Малый, средний
	<b>Устойчивость к многоцикловым деформациям растяжения</b>		
	низкая	средняя	высокая
			
Большой	Средний, большой	Малый, средний	
Наличие и расположение конструктивных членений	<b>Устойчивость к истиранию</b>		
			
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Перенос конструктивных членений в места, подверженные наименьшему трению.</li> <li>2. Уменьшение (исключение) количества членений</li> </ol>		
	<b>Водозащитные свойства</b>		
			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Смещение швов в зоны наименьшего попадания влаги</li> <li>2. Рациональное уменьшение количества швов в изделии</li> <li>3. Уменьшение (исключение) количества членений</li> </ol>			

Для удобства практического использования предложены рациональные пакетные решения верхней плечевой и поясной адаптивной одежды, представленные в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Рекомендуемые пакетные решения систем материалов для плечевой и поясной адаптивной одежды людей с ОДВ

Вид материала	Плечевая одежда			Поясная одежда		
						
<b>Основной материал</b>						
Материал с мембранным покрытием						
Оксфорд R/S PU						
Оксфорд R/S						
Дюспо 240						
Оксфорд R/SPU honey						
Курточная ткань						
Плащевой материал микрофибра						
<b>Прокладочный материал</b>						
Холлофайбер®Софт						
Холлофайбер® ПрофиМикро						
Холлофайбер® Валюметрик						
Холлофайбер® Термо						
Холлофайбер® Экософт						
<b>Подкладочный материал</b>						
Льняной трикотаж						
Фланель х/б						
Вискоза						
Сетка						
Taffeta фольгированная						
Мех на трикотажной основе						

Примечание:  – предпочтительно,  – допустимо,  – потенциально возможно

На основе анализа литературных источников и собственных исследований составлены практические рекомендации по выбору конструктивных и технологических решений плечевой и поясной адаптивной одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями (табл. 5.8).

Таблица 5.8 – Рекомендации по выбору конструктивных и технологических решений плечевой и поясной адаптивной одежды для людей с ОДВ

Вид одежды	Плечевая	Поясная
<b>Конструкция</b>	1. Смещение плечевых швов в сторону полочек	1. Смещение боковых швов на передние половинки брюк
	2. Укороченная длина спинки (полочки)	2. Укороченная длина брюк
	3. Вентиляционное отверстие в боковом шве и рукаве	3. Завышенная линия талии
	4. Крой – накидка с запахом, пончо	4. Анатомический крой
	5. Цельнокроеный рукав	5. Увеличение высоты среднего шва
	6. Уменьшение (исключение) количества членений	
	7. Смещение швов в зоны наименьшей деформации трения	
	8. Рациональное уменьшение количества швов	
<b>Технология</b>	1. Герметизация швов (проклеивание пленкой).	
	2. Использование двойных швов в местах наибольшего натяжения (трения)	
	3. Использование накладных карманов, пояса – «резинки»	
	4. Использование застежки «велкро», молнии, магнитные застежки	
	5. Повышения герметичности изделий в местах соединения деталей	
	6. Съёмные детали	
	7. Система локального обогрева адаптивных изделий	
	8. Накладная деталь по молнии (периметру молнии)	

#### **5.4 Расчет экономической эффективности использования предлагаемого пакета материалов для изготовления адаптивных изделий**

Для подтверждения экономической эффективности использования предлагаемого пакета материалов (материал верха, нетканый утепляющий материал холлофайбер и льняное трикотажное полотно) рассчитана себестоимость поясного адаптивного изделия (мешка для ног).

Расчет себестоимости производился с использованием методики, приведенной в [162]. Стоимость основных материалов, используемых при изготовлении одного изделия, представлена в таблице 5.9.

Таблица 5.9 – Стоимость основных материалов, используемых при изготовлении изделия

Вид материала	Единица измерения	Норма расхода на одно изделие	Оптовая цена за единицу, руб.	Стоимость материала на одно изделие, руб.
Льняное трикотажное полотно	кг	1,3	1800	2340
Оксфорд R/S PU	м <sup>2</sup>	2,10	600	1260
Нетканый материал Холофайбер	м <sup>2</sup>	1,7	590	1003
Нитки швейные 100% ПЭ 11,81*2 текс	кг	0,2	3280	60,56
Итого:				4664

Транспортные расходы составляют 15% от стоимости материалов, используемых при пошиве изделия. Таким образом, общие материальные затраты на одно изделие составляют 4664 рублей;

– основная заработная плата производственных рабочих.

Затраты по этой статье рассчитаны исходя из фонда основной заработной платы основных рабочих и объема выпуска изделий в плановом периоде:

$$ОЗП_{np}^{изд} = \frac{ФОЗП_{np}}{B_i}, \quad (5.5)$$

где  $ФОЗП_{np}$  – фонд основной заработной платы основных рабочих, руб;

$B_i$  – объем выпуска изделий в плановом периоде, шт.

Основная заработная плата производственных рабочих составляет 300 рублей/час;

– дополнительная заработная плата производственных рабочих.

Сумма этих затрат определяется аналогично предыдущей статье. Дополнительная заработная плата производственных рабочих составляет 50 рублей, час;

– отчисления во внебюджетные фонды рассчитываются исходя из действующих нормативов отчислений в пенсионный фонд, фонд социального страхования, фонд обязательного медицинского страхования и размера взносов на социальное страхование от несчастных случаев на производстве и составляют до 8% заработка;

– расходы на содержание и эксплуатацию оборудования.

В этой статье учитываются разнородные затраты: основная и дополнительная заработная плата вспомогательных рабочих с отчислениями на социальные нужды, амортизация оборудования, материалы по уходу за ним и ремонту. Эти расходы составляют 1770 рублей;

– расходы на освоение и подготовку производства новых видов продукции и новых технологических процессов составляют 800 рублей;

– общехозяйственные расходы включают в себя расходы на управление предприятием, содержание и ремонт зданий, сооружений и прочих основных фондов общего назначения и другие затраты. Их сумма составляет 935 рублей;

– внепроизводственные (коммерческие) расходы учитывают затраты, связанные с реализацией готовой продукции (расходы на упаковку и отгрузку продукции, расходы на рекламу, представительские и другие расходы) и напрямую зависящие от производственной себестоимости, которая вычисляется по следующей формуле:

$$C_{пр} = Z_{\text{мат}} + ОЗП_{пр}^{изд} + ДЗП_{пр}^{изд} + O_{с.н.} + Z_{\text{экс.обор}} + Z_{\text{осв.пр.}} + Z_{\text{хоз}}, \quad (5.6)$$

где  $C_{пр}$  – производственная себестоимость, руб;

$O_{с.н.}$  – отчисления во внебюджетные фонды, руб;

$Z_{\text{экс.обор.}}$  – расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, руб;

$Z_{\text{осв.пр.}}$  – расходы на освоение и подготовку производства новых видов продукции и новых технологических процессов, руб;

$Z_{\text{хоз.}}$  – общехозяйственные расходы, руб.

Стоимость основных материалов равна 5208 рублей. Внепроизводственные расходы составляют 1770 рублей. Расчет полной себестоимости изделия представлен в таблице 5.10.

Таблица 5.10 – Полная себестоимость изделия

Статьи затрат	Сумма, руб.
Сырье (за вычетом отходов)	4664
Основная заработная плата производственных рабочих	300
Дополнительная заработная плата производственных рабочих	50
Отчисления на социальные нужды	224
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	835
Общехозяйственные расходы	935
Расходы на освоение производства	800
Итого: производственная себестоимость	7807
Внепроизводственные расходы	1770
Всего: полная себестоимость	9578

Проведенный расчет показал, что оптовая цена предлагаемого изделия (9578 руб.) сопоставима с ценами других производителей: 9400 рублей (ООО «Ортомода») [49] и 13900 рублей (ООО «Тексополимер») [50]. Преимуществом предлагаемого решения являются высокие качественные характеристики материалов за счет использования рациональных систем материалов из экологически чистого отечественного сырья и прогнозируемое увеличение срока службы изделий.

### **Выводы по пятой главе**

1. В результате обобщения научно-технической информации, аналитических и экспериментальных исследований разработана структурно-информационная модель процесса проектирования адаптивной одежды в системе «свойства материалов – адаптивное изделие», базирующаяся на целенаправленном регулировании качества готовых изделий в результате учета специфических условий эксплуатации и свойств систем материалов при создании адаптивных изделий.

2. Свойствами систем материалов, формирующими качество плечевых и адаптивных изделий для людей с ограниченными двигательными возможностями являются с учетом весомости: устойчивость к многоцикловым деформациям растяжения (0.28), теплозащитные свойства (0.27), паропроницаемость (0.23), водонепроницаемость (0.22); для поясных: устойчивость к истиранию (0.28), теплозащитные свойства (0.27), водонепроницаемость (0.24), загрязняемость (0.21).

3. Проведена комплексная оценка качества систем материалов для верхней плечевой и поясной адаптивной одежды, позволившая выявить наиболее рациональные системы материалов для каждого вида одежды: для верхней плечевой – материал с мембранным покрытием, холлофайберТермо и льняное трикотажное полотно; для верхней поясной – Оксфорд R/S PU, холлофайберПрофиМикро и льняное трикотажное полотно.

4. Разработаны практические рекомендации по конфекционированию, а также рекомендации по выбору конструктивных и технологических решений верхнего ассортимента плечевой и поясной адаптивной одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями.

5. Рассчитана себестоимость верхнего поясного адаптивного изделия, подтвердившая целесообразность использования отечественных материалов для изготовления одежды исследуемого контингента потребителей.

## ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Изучены научные работы по проектированию адаптивной одежды, ассортимент адаптивных изделий и материалов, используемых для их изготовления. На основе анализа нормативных документов предложена классификация адаптивных изделий различных сфер использования, позволяющая выявить направления расширения ассортимента изделий для исследуемого контингента потребителей. Выявлены особенности конструкторско-технологических решений адаптивной одежды.

2. Проведенный SWOT-анализ показал, что разработка ассортимента верхней адаптивной одежды с использованием современных утепляющих нетканых материалов холлофайбер и льняных трикотажных полотен является необходимым и перспективным направлением, реализующим задачу импортозамещения и повышения конкурентоспособности отечественных адаптивных изделий.

3. С применением метода причинно-следственных схем Исикава и аппарата теории нечетких множеств установлены наиболее значимые свойства материалов для верхней адаптивной одежды людей с ОДВ. В порядке уменьшения значимости свойства материалов образуют ранжированный ряд: устойчивость к многоцикловым деформациям растяжения, удельное тепловое сопротивление, паропроницаемость, устойчивость к истиранию, водонепроницаемость, загрязняемость, жесткость при изгибе, разрывная нагрузка, устойчивость окраски.

4. Предложены новые и усовершенствованы существующие методики исследования свойств материалов (стабильности структуры при многоцикловом комбинированном растяжении, изменения окраски, загрязняемости, жесткости при изгибе, водозащитных свойств), учитывающие специфику исследуемого ассортимента адаптивной одежды и позволяющие спрогнозировать поведение изделия в процессе эксплуатации.

5. Проведены комплексные экспериментальные исследования свойств систем материалов для адаптивной одежды, в результате которых получены

новые сведения о численных значениях показателей качества исследуемых свойств, подтвердивших целесообразность дифференцированного подхода при конфекционировании материалов в пакеты адаптивной одежды.

6. В результате обобщения научно-технической информации, аналитических и экспериментальных исследований разработана структурно-информационная модель процесса проектирования адаптивной одежды в системе «свойства материалов – адаптивное изделие», базирующаяся на целенаправленном регулировании качества готовых изделий в результате учета специфических условий эксплуатации и свойств систем материалов при создании адаптивных изделий для людей с ОДВ.

7. Предложена методика комплексной количественной оценки качества систем материалов для адаптивной одежды, базирующаяся на применении структурно-следственных схем Исикава и аппарата теории нечетких множеств для определения приоритетности показателей качества и оценки их значимости, позволившая выявить наиболее рациональные системы материалов для верхней плечевой и поясной адаптивной одежды людей с ОДВ.

8. С целью совершенствования процесса проектирования плечевой и поясной адаптивной одежды верхнего ассортимента разработаны рекомендации по конфекционированию пакетов материалов, выбору конструктивных характеристик с учетом свойств систем материалов и технологическим особенностям изготовления адаптивных изделий для людей с ОДВ.

9. В результате расчета себестоимости верхнего поясного адаптивного изделия подтверждена эффективность применения рекомендуемого пакета материалов для изготовления адаптивной одежды людей с ОДВ.

10. Внедрение результатов диссертационного исследования осуществлено на производственных предприятиях ООО «Термопол» г. Москва, ООО «Рустехимпорт» г. Кострома и учебном процессе Костромского государственного университета.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Люди с ограниченными возможностями в XXI веке: новые возможности и перспективы».– URL: <https://komitetgi.ru/analytics/4075/> (дата обращения: 05.02.2021).
2. Государственная программа «Доступная среда». – URL: <http://static.government.ru/media/files/> (дата обращения: 05.10.2020).
3. «Федеральный перечень реабилитационных мероприятий, технических средств реабилитации и услуг, предоставляемых инвалиду», утвержден распоряжением Правительства Российской Федерации от 30 декабря 2005 года N 2347-р (с изменениями на 3 апреля 2020 года). – URL: <http://docs.cntd.ru/document/901962331> (дата обращения: 09.11.2020).
4. Постановление Правительства РФ от 7 апреля 2008 г. N 240 "О порядке обеспечения инвалидов техническими средствами реабилитации и отдельных категорий граждан из числа ветеранов протезами (кроме зубных протезов), протезно-ортопедическими изделиями" (с изменениями и дополнениями от 10.02.20.). – URL:<https://base.garant.ru/12159775/> (дата обращения: 11.12.2020).
5. Приказ Минздравсоцразвития России от 14.09.2011 N 1041н Режим доступа <https://legalacts.ru/doc/prikaz-minzdravsotsrazvitija-rf-ot-14092011-n-1041n/>
6. Приказ Минздравсоцразвития РФ от 28.07.2011 N 823н. – URL:<http://docs.cntd.ru/document/902292227> (дата обращения: 07.10.2020).
- 7 . Americans With Disabilities Act of 1990, 42 U.S.C. § 12101 et seq. (1990). – URL:<https://www.ada.gov/pubs/adastatute08.htm> (дата обращения 19.10.2020).
8. Department of Justice. (2010). 2010 ADA standards for accessible design. – URL: <https://www.ada.gov/regs2010/2010ADASTandards/2010ADASTandards.htm#pgfId-1009823> (дата обращения 19.10.2020).
9. Centers for Disease Control and Prevention. (2018, May 24). Disability impacts all of us – URL:<https://www.cdc.gov/ncbddd/disabilityandhealth/infographic-disability-impacts-all.html> (дата обращения 19.10.2020).

10. Americans with Disabilities Act National Network. (2020). – URL:<https://adata.org/faq/what-definition-disability-under-ada> (дата обращения 19.10.2020).

11. World Health Organization W. International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF). Geneva: World Health Organization, 2001. – URL: <https://www.who.int/standards/classifications/international-classification-of-functioning-disability-and-health> (дата обращения 19.10.2020).

12. Зимина, М. В. К вопросу создания одежды для людей с ограниченными возможностями здоровья / М. В. Зимина, Л. Л. Чагина // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2020) : Сборник материалов Международной научно-технической конференции, Москва, 12 ноября 2020 года. Том Часть 2. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)", 2020. – С. 116-119.

13. Федеральный научный центр реабилитации инвалидов им Г.А. Альбрехта» Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации. – URL:[http://www.center-albreht.ru /ru/about\\_the\\_center/history/](http://www.center-albreht.ru/ru/about_the_center/history/) (дата обращения: 06.12.2020).

14. Голубчикова А.А. Основы инклюзивного дизайна текстильных средств реабилитации для детей// Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук.– М., 2020. – 409 с.

15. Бикбулатова А.А. Разработка метода проектирования детской бытовой одежды, формирующей нормальную осанку: автореф. дис.... канд. тех. Наук 05.19.04 / Бикбулатова Альбина Ахатовна. – М., 2005. – 23 с.

16. Сурженко Е.Я. Теоретические основы и методическое обеспечение эргономического проектирования специальной одежды : автореф. дис.. докт. техн. наук : 05.19.04 / Сурженко Евгений Яковлевич. – С-Пб., 2001. – 49 с.

17. Холостова В.В. Разработка и исследование повседневной адаптационной одежды для женщин с ограниченными двигательными возможностями //

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук – Шахты. 2016. С. 288.

18. Приходченко, О.В. Разработка и исследование адаптационной одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.19.04 / Приходченко Оксана Валентиновна. –Шахты, 2007. – 28 с.

19. Бабенко Л.Г. Разработка и исследование теплозащитного изделия одежды для людей с ограниченными возможностями здоровья // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук – Шахты. 2020. С. 238.

20. Тахбатуллина, Л.М. Особенности дизайн-проектирования одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями. Л.М. Тахбатуллина, Т.М. Дзияутдинова// Научный журнал «Костюмология», 2020.- №1. с. 17-25

21. Дзияутдинова, Т.М. Создание текстильных надувных конструкций для адаптивной одежды. Т.М. Дзияутдинова, Л.М. Тахбатуллина// СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ Международной научной конференции, посвященной 110-летию со дня рождения профессора А.Г. Севостьянова (10марта 2020 г.). Часть 2. –М.: РГУ им. А.Н. Косыгина,2020. –302с. С. 157-161

22. Манукян, К.А. Проектирования одежды людям с ограниченными возможностями в соответствии с эргономическими и эксплуатационными требованиями /Манукян К.А., Сафина Л.А., Хамматова Э.А. Вестник Технологического университета. –2017. Т. 20. № 6. С. 79-82.

23. Зайцева, Т. А. Проектирование адаптивной поясной одежды для женщин, передвигающихся в инвалидном кресле-коляске / Т. А. Зайцева, И. А. Слесарчук // Дизайн. Материалы. Технология. – 2018. – № 1(49). – С. 55-60.

24. Зайцева, Т. А. Проектирование поясной одежды с улучшенными эргономическими показателями для людей с ограниченными двигательными возможностями / Т. А. Зайцева, И. А. Слесарчук, О. Н. Данилова // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2-2. – С. 144.

25. Зайцева, Т. А. Повышение уровня качества процесса проектирования инклюзивной одежды / Т. А. Зайцева, И. А. Слесарчук, О. Н. Данилова,

Панюшкина О. В., Королева Л.А. // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2-2. – С. 144.

26. Абрамов А.В. Развитие научных основ и разработка методов оценки эксплуатационной эффективности теплозащитной одежды для людей с ограниченными возможностями // Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук –Орел. 2017. С. 435.

27. Климова Н.С. Прогнозирование свойств терморегулирующих материалов и проектирование пакетов теплозащитных изделий // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук – М. 2021. С. 202.

28. Вершинина А.В. Разработка метода и исследование комфортности пододежного пространства пакетов материалов детской одежды // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук – М. 2019. С. 139.

29. Виноградова Н.А. Разработка методов оценки качества тканей медицинского назначения, предназначенных для сотрудников поликлиник // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук – М. 2019. С. 288.

30. Демская А.А. Разработка методики прогнозирования уровня качества материалов для пакетов верхней женской одежды // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук – М. 2018. С. 294.

31. Павлов М.А. Разработка и исследование комплексных материалов для одежды, эксплуатируемой в экстремальных условиях // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук – М. 2018. С. 172.

32. Мезенцева Е.В. Разработка структуры и исследование свойств утепляющих нетканых материалов на основе инновационных волокон // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук – М. 2020. С. 283.

33. Советников Д.А. Разработка и исследование пакета материалов для спецодежды военнослужащих, используемой в арктической зоне // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук – М. 2017. С. 205.137.

34. Disabled World. (2020, June 11). Disability adaptive clothing for disabled and elderly. – URL: <https://www.disabled-world.com/assistivedevices/adaptive-clothing.php> (дата обращения 17.10.2020).

35. Kabel, A., McBee-Black, K., & Dimka, J. (2016). Apparel-related participation barriers: Ability, adaptation and engagement. *Disability and Rehabilitation*, 38(22), 2184–2192.

36. Lamb, J. M. (2001). Disability and the social importance of appearance. *Clothing and Textiles Research Journal*, 19(3), 134-143.

37. Clarke, P., & George, L. K. (2005). The role of the built environment in the disablement process. *American Journal of Public Health*, 95(11), 1933-1939.

38. Freeman, C. M., Kaiser, S. B., & Wingate, S. B. (1985). Perceptions of functional clothing by persons with physical disabilities: A social-cognitive framework. *Clothing and Textiles Research Journal*, 4(1), 46–52.

39. Hill-Beuf, A., & Porter, J. D. R. (1984). Children coping with impaired appearance: Social and psychologic influences. *General Hospital Psychiatry*, 6(4), 294–301.

40. Reich, N., & Shannon, E. (1980). Handicap: Common physical limitations and clothing-related needs. *Home Economics Research Journal*, 8(6), 437-444.

41. Stokes, B., & Black, C. (2012). Application of the functional, expressive and aesthetic consumer needs model: Assessing the clothing needs of adolescent girls with disabilities. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, 5(3), 179–186.

42. Liamputtong, P. (2011). *Focus group methodology: Principle and practice*. London: Sage Publications.

43. Emalee Brown. *The Relationship of Adaptive Clothing on the Social Participation and Self-Esteem of Adolescents with Disabilities*// All Graduate Theses and Dissertations Graduate Studies–2021. 92 p.

44. Kerri McBee-Black University of Missouri Kabel University of Missouri *Barriers to Independent Living: Unmet Apparel Needs for People Living with*

Disabilities International Textile and Apparel Association(ИТАА) Annual Conference Proceedings URL: <https://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2366&context=itaa> (дата обращения 17.02.2021).

45. «Мода без границ». – URL:<http://bezgranizcouture.com/ru> (дата обращения: 06.12.2020).

46. Hannah Dreska. The Impact of Diversity, Equity, and Inclusion in the Fashion Industry// Submitted in partial fulfillment of the requirements for graduation with honors in the Bryant University Honors Program.–2023.–32 p.

47. A Systematic Review on the Development of Clothing for People with Disability in Korea// Participative Urban Health and Healthy Aging in the Age of AI //2022.– pp 246–254

48. ГОСТ Р 54408-2021 Одежда специальная для инвалидов. Общие технические условия. –М.: Стандартинформ,– 2021.– 14 с.

49. Ортомода: Студия универсального дизайна Галины Волковой [Электронный ресурс] URL:<http://www.studio.orthomoda.ru/clothes> (дата обращения: 06.12.2020).

50. Мешки для инвалидов-колясочников от производителя. – URL: <https://одежда-инвалидам.рф/> (дата обращения: 05.05.2022).

51. Furfur Линор Горалик о технологиях, применяемых в разработке одежды для людей с ограниченными возможностями [Электронный ресурс] URL:<http://www.furfur.me/furfur/culture/culture/170179-linor-goralik-o-tehnologiyah-primenyaemyh-v-razrabotke-odezhdy-dlya-lyudey-s-ogranichennymi-vozmozhnostyami> (дата обращения: 06.12.2020).

52. Annett-Hitchcock, K., & Xu, Y. (2015). Shopping and virtual communities for consumers with physical disabilities. International Journal of Consumer Studies, 39, 136-144. – URL:<https://doi.org/10.1111/ijcs.12161> (дата обращения 17.02.2021).

53. Kratz, G., Söderback, I., Guidetti, S., Hultling, C., Rykatkin, T., & Söderström, M.(1997). Wheelchair users' experience of non-adapted and adapted clothes during sailing, quad rugby or wheel-walking. Disability and Rehabilitation,

19(1), 26–34. – URL:<https://doi.org/10.3109/09638289709166442> (дата обращения 17.02.2021) (дата обращения 17.02.2021).

54. Expanding the Definition of Inclusive: Adaptive Apparel. June 3, 2023  
Режим доступа <https://www.photobookmagazine.com/features/expanding-the-definition-of-inclusive-adaptive-apparel>

55. How can the apparel market take steps towards more inclusivity?. – URL:<https://www.cbi.eu/news/how-can-apparel-market-take-steps-towards-more-inclusivity> (дата обращения 17.05.2022).

56. Open Style Lab. – URL:<https://www.openstylelab.org/> (дата обращения: 06.12.2020).

57. Parsons School of Design. – URL:<https://www.newschool.edu/parsons/> (дата обращения: 06.12.2020).

58. Tommy Hilfiger. – URL: <https://usa.tommy.com/en/tommy-adaptive> (дата обращения: 06.12.2020).

59. «BUCK & BUCK». –URL:<https://www.buckandbuck.com/> (дата обращения: 06.12.2020).

60. Professional fit Clothing. –URL:<https://www.professionalfit.com/collections/jumpsuits> (дата обращения: 06.12.2020).

61. Silvert's adapting clouses. – URL:<https://www.silverts.com/> (дата обращения: 06.12.2020).

62. Izzy camillery. – [URL:http://www.izzycamilleri.com/](http://www.izzycamilleri.com/) galleries/iz-collection/ (дата обращения: 06.12.2020).

63. Easy Acces Clothing. –URL:<https://easyaccessclothing.com/collections/disabled-people> (дата обращения: 06.12.2020).

64. Савельева Н.Ю. Определение требований к проектированию специальной одежды для людей с ограниченными возможностями движения. Н.Ю. Савельева, О.В. Приходченко //Швейная промышленность, 2007. – № 1. с.35-36.

65. Бикбулатова, А.А. Проектирование одежды для лиц с ограниченными возможностями здоровья. / А.А. Бикбулатова, Е.Г. Андреева /Естественные и технические науки.- 2015, №10. с.361-364.

66. Зими́на, М. В. Анализ специфических особенностей адаптивной одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями / М. В. Зими́на, Л. Л. Чагина // Технологии и качество. – 2021. – № 3(53). – С. 11-17.

67. Савельева, Н.Ю. К вопросу создания адапционной, эстетически гармонизированной одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями/ Н.Ю. Савельева. – М.: Издательский дом Искусство, 2004. – 121 с.

68. Будеева, О.Н. Рекомендации по подбору пакета материалов при проектировании швейных изделий для лиц с ОВЗ /О.Н. Будеева, З.Р. Григорьева, Т.С. Солодушенкова // Электронный научный журнал. – 2017. – № 3-1(18). – С. 59-62.

69. Зими́на, М. В. Свойства материалов функциональной одежды для людей с ограниченными возможностями здоровья / М. В. Зими́на // Новые технологии и материалы легкой промышленности : XVII Всероссийская научно-практическая конференция с элементами научной школы для студентов и молодых ученых. Материалы конференции, Казань, 17–21 мая 2021 года. – Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2021. – С. 114-117.

70. Катъкало, В.С. Методические указания для подготовки курсового проекта «SWOT-анализ»/ Катъкало В.С., Веселова А.С., Смельцова С.В. // М.: Высшая школа бизнеса НИУ ВШЭ, 202– 51 с.

71. Зими́на, М. В. Перспективность использования отечественных материалов для изготовления адаптивной одежды / М. В. Зими́на, Л. Л. Чагина, В. В. Иванов // Актуальные вопросы экономики, коммерции и сервиса : Сборник научных трудов кафедры коммерции и сервиса. – Москва : Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

"Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)", 2021. – С. 60-66.

72. Холлофайбер // Холлофайбер: официальный сайт URL:<https://hollowfiber.ru/> (дата обращения: 05.11.2020).

73. Зими́на, М. В. Разработка инклюзивной одежды в контексте ответственного потребления на основе использования эко-концепции / М. В. Зими́на, Л. Л. Чагина, В. В. Иванов // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). – 2022. – № 1. – С. 168-172.

74. ГОСТ 4.45–86 Система показателей качества продукции. Изделия швейные бытового назначения. Номенклатура показателей. М.: ИПК Издательство стандартов.– 1986.– 6 с.

75. ГОСТ Р 70098–2022 Одежда специальная для инвалидов. Номенклатура показателей качества.– М.: Российский институт стандартизации,– 2022.– 12 с.

76. ГОСТ 28486–90 Ткани плащевые и курточные из синтетических нитей. Общие технические условия. М.: ИПК Издательство стандартов,– 1990.– 8 с.

77. Райхман, Э.П. Экспертные методы в оценке качества товаров. / Э.П. Райх-ман, Г.Г. Азгальдов. – М.: Экономика, 1974. – 151 с.

78. Бешелев, С.Д. Математико-статистические методы экспертных оценок / С.Д. Бешелев, Ф.Г. Гурвич. – М.: Статистика, 1980. – 263 с.

79. Орлов, А. И. Организационно-экономическое моделирование. Ч.2: Экспертные оценки: учебник /А.И. Орлов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 486 с.

80. Диаграмма Исикавы. – [URL:https://ru.wikipedia.org/wiki](https://ru.wikipedia.org/wiki) (дата обращения: 05.11.2021).

81. Кафаров, В.В. Системный анализ процессов химической технологии. Применение метода нечетких множеств / В.В. Кафаров, И.Н. Дорохов, Е.П. Марков. – М.: Наука, 1986.

82. Васильева, В.Д. Совершенствование метода ранжирования показателей качества текстильных материалов / В.Д. Васильева, Е.В. Дербишер, В.Е.

Дербишер // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008. – № 3. – С. 15–17.

83. Штарков В.И. и др. Лабораторный практикум по текстильному материаловедению / В.И. Штарков, Н.Н. Миловидов, В.П. Румянцев / М.: Легкая индустрия, 1970. 221 с.

84. Орлов А.И. Прикладная статистика / А.И. Орлов. – М.: Издательство «Экзамен», 2004.

85. Кукин Г.Н. и др. Текстильное материаловедение (текстильные полотна и изделия): учеб. для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. / М.: Легпромбытиздат, 1992. 272 с.

86. Баженов, В. И. Материаловедение трикотажно-швейного производства: учеб. пособие / В. И. Баженов, С. В. Бабинец. - М. :Легкая индустрия, 1971.–370 с.

87. Кукин Г.Н. Текстильное материаловедение. Часть 3 / Г.Н.Кукин, А.Н.Соловьев. – М.: «Легкая индустрия», 1967. – 301 с.

88. Шустов, Ю. С. Исследование физико-механических свойств тканей для специальной одежды работников нефтегазового комплекса / Ю. С. Шустов, Н. П. Лебедева // Технологии и качество. – 2020. – № 1(47). – С. 12-14.

89. Бузов Б.А. Практикум по материаловедению швейного производства/ Б.А.Бузов, Н.Д.Алменкова, Д.Г.Петропавловский. – М.: «ACADEMA», 2003. – 415 .

90. Чагина, Л.Л. Экспериментальное исследование жесткости при изгибе льняных трикотажных полотен по различным методикам // Вестник Костромского государственного технологического университета, 2014. № 1 (32). С. 36–41.

91. ГОСТ 10550–93 Материалы текстильные полотна. Методы определения жесткости при изгибе. – М.: Стандартинформ, 1995. –12 с.

92. Чагина, Л.Л. Использование расчетного метода для изучения влияния жесткости полотна при изгибе на конфигурацию линий формы элементов одежды / Чагина Л.Л., Смирнова Н.А., Хамматова В.В. //Вестник Технологического университета. 2016. Т. 19. № 5. С. 112–115.

93. Бойко С.В. Влияние жесткости полотен при изгибе на силуэтные линии формы элементов швейных изделий / Бойко С.В., Маринкина М.А., Чагина Л.Л., Смирнова Н.А. // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2015. № 6 (360). С. 29–36.

94. Попов Е.П. Теория и расчет гибких упругих стержней. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986, 296 с.

95. Зими́на, М. В. Методика исследования и прогнозирования характеристик жесткости при изгибе материалов для проектирования адаптивной одежды людей с ограниченными двигательными возможностями / М. В. Зими́на, А. П. Груздева, Л. Л. Чагина // Технологии и качество. – 2021. – № 4(54). – С. 22-29.

96. Пушнова, Л. С. Анализ существующих методов определения стойкости к истиранию текстильных материалов / Л. С. Пушнова, Ю. Я. Тюменев // Сервис в России и за рубежом. – 2012. – № 8(35). – С. 190-196.

97. Пушнова, Л. С. Анализ процесса истирания текстильных материалов / Л. С. Пушнова, Ю. Я. Тюменев // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (инновации - 2014) : сборник материалов Международной научно-технической конференции, Москва, 18–19 ноября 2014 года. Том Часть 1. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский государственный университет дизайна и технологии", 2014. – С. 186-189.

98. Зими́на, М. В. Определение стойкости к истиранию тканей курточного ассортимента / М. В. Зими́на, Л. Л. Чагина, Е. И. Зими́на // Сборник научных трудов Международной научной конференции, посвященной 75-летию со дня рождения проф. А.П. Жихарева : Сборник научных трудов, Москва, 19 октября 2022 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)", 2023. – С. 72–76.

99. Тлеулин, С.Ж. Спинномозговые механизмы температурной чувствительности кожи / С.Ж. Тлеулин. – Алма-Ата: Наука, 1984. – 204 с.

100. Disabled World. (2019, January 7). Physical and mobility impairment information. – URL;<https://www.disabled-world.com/disability/types/mobility/> (дата обращения 17.10.2020).

101. Триумфов, А.В. Топическая диагностика заболеваний нервной системы /А.В.Триумфов // Краткое руководство. – 7-е изд. – Л.: Медицина, 1974. – 247 с.

102. Румянцева Э.Р. Особенности терморегуляции спортсменов с поражениями опорно-двигательного аппарата / Э.Р. Румянцева, А.Р. Даянова // Адаптивный спорт, – 2009, – № 4 – С. 43-46.

103. Лабораторный практикум по текстильному материаловедению / Под ред.А. И. Коблякова. М., –1986.

104. Membrane Structures Association of Japan, MSAJ/M-02-1995 – Testing Method for Elastic Constants of Membrane Materials, 1995.

105. ASTM D2136-02(2012) Standard Test Method for Coated Fabrics—Low-Temperature Bend Test // 2012. 3 с.

106. Панкевич, Д. К. Оценка свойств многослойных мембранных текстильных материалов различных структур / Д. К. Панкевич, Е. И. Ивашко, В. Г. Кудрицкий // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2022. – № 6(402). – С. 51-59.

107. Луньков М.А. Разработка экспресс-метода оценки паропроницаемости текстильных полотен / М.А. Луньков, А.В. Куличенко //Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2007. № 3. С. 24–26.

108. Зими́на, М. В. Оценка паропроницаемости систем материалов для адаптивной одежды людей с ограниченными двигательными возможностями / М. В. Зими́на, Л. Л. Чагина, В. В. Иванов // Технологии и качество. – 2022. – № 2(56). – С. 16-23.

109. Панкевич Д.К. Структура и свойства водозащитных мембранных текстильных материалов для одежды / Д.К. Панкевич, Т.С. Черкасова // Материалы и технологии, 2021, № 1 (7) С. 35–42.

110. Tehrani-Bagha, A. R. Waterproof breathable layers – A review / Ali Reza Tehrani-Bagha. – *Advances in Colloid and Interface Science* 268, 2019. – p. 114–135.

111. Светлов, Ю. В. Термовлажностные процессы в материалах и изделиях легкой промышленности: учеб. пособие для ВУЗов / Ю. В. Светлов. – Москва: Академия, 2003. – 384 с.

112. Самыгин В.К. Определение влагопроводности текстильных материалов при гигиенической оценке одежды // В кн.: Исследование свойств химических и натуральных нитей, пряжи и тканей из них. – М. : ЦНИИТЭИлегпром, 1981. С. 87–90.

113. Буркин, А. Н. Гигиенические свойства мембранных текстильных материалов : монография / А. Н. Буркин, Д. К. Панкевич / под общ. ред. А. Н. Буркина. – Витебск: УО «ВГТУ», 2020. – 190 с.

114. Бесшапошникова В.И. Влияние эксплуатационных факторов на паропроницаемость мембранных тканей и пакетов одежды / В.И. Бесшапошникова, Н.А. Климова, Н.В. Бесшапошникова, Н.Е. Ковалева // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. №6(390), 2020. – С. 51–54.

115. V. Haule, Lutamyo Nambela. Advances in waterproof technologies in textiles Functional and Technical Textiles. The Textile Institute Book Series. 2023, Pages 275-291.

116. Ивашко, Е. И. Анализ стандартных методов исследования водозащитных свойств текстильных материалов / Е. И. Ивашко // *Материалы и технологии*. – 2020. – № 2(6). – С. 7-12.

117. Метелева, О. В. Изменение водонепроницаемости одежды под воздействием динамических деформаций / О. В. Метелева, В. В. Ташев, Е. Н. Никифорова // *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*. – 2015. – № 6(360). – С. 133-138.

118. Панкевич, Д. К. Методология оценки свойств материалов для водонепроницаемой одежды / Д. К. Панкевич, А. Н. Буркин // *Технологии и качество*. – 2022. – № 2(56). – С. 5-10.

119. ГОСТ 30292-96 (ИСО 4920-81) Полотна текстильные. Метод испытания дождеванием. – М.: Изд-во стандартов, 1998. –11 с.

120. Омирова М.З. Исследование водонепроницаемости материалов, используемых для изготовления тентовых изделий Научный журнал МГУДТ «ДИЗАЙН и ТЕХНОЛОГИИ»/ М.З Омирова, А.П. Груздева, Л.Л Чагина., А.А. Азанова //Из-во РГУ им.А.Н. Косыгина,. 2020. № 76 (118). С. 70–77.

121. Ефанов, Е. Д. Влияние многократных стирок на физико-механические свойства текстильных материалов для работников авторемонтных предприятий / Е. Д. Ефанов, Ю. С. Шустов // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2022. – № 3(399). – С. 65-70.

122. Построение методики исследования деформационных свойств тентовых материалов при двухосном циклическом растяжении / А. П. Груздева, М. В. Зимица, Л. Л. Чагина, М. С. Богатырева // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2022. – № 1(397). – С. 107-114.

123. Додонкин Ю.В. Ассортимент, свойства и оценка качества тканей/ Ю.В.Додонкин, С.М.Кирюхин. – М.: «Легкая индустрия», 1979. – 191 с.

124. Бузов Б.А. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности. Швейное производство/ Б.А.Бузов, Н.Д.Алменкова.. – М.: «ACADEMA», 2004. – 443 с.

125. Kitaguchi, S., Kuramoto, K., Moridera, H., & Sato, T. (2012). Evaluation of instrumental methods for as-sessing colour fastness. *Journal of Fiber Bioengineering and Informatics*, 5(4), 399–409. <https://doi.org/10.3993/jfbi12201205> Aldib, M. (2015). An investigation of an instrument-based method for assessing colour fastness to light of photochromic tex-tiles. *Coloration Technology*, 131(4), 298–302.

126. Suganuma, K. (2015). Improvement of the standard method for assessing colour fastness to wet rub-bing. *Coloration Technology*, 131(5), 403–411.

127. Suganuma, K. (2013). Effect of the rubbing force on dry rubbing fastness with various white cloths. *Coloration Technology*, 129(6), 443–447.

128. Lisiak-Kucinska, A. (2016). Colour fastness to rub-bing. Discussion of selected standard methods. *Przegląd Włokienniczy*, 70(12), 40–42.

129. Luo, M. R., Cui, G., Rigg, B., & Dakin, J. (2004). A new method for assessing textile fastness based on digital imaging. In *CGIV 2004 - Second European Conference on Color in Graphics, Imaging, and Vision and Sixth International Symposium on Multispectral Color Science* (pp. 479–483).

130. Способ компьютерного определения изменения окраски текстильных полотен при оценке ее устойчивости к физико-химическим воздействиям : пат. России / Н. Н. Барашкова, О. А. Шаломин, Б. Н. Гусев, А. Ю. Матрохин ; правообладатель ГОУ ВПО «Ивановская государственная текстильная академия». – № 2439560; заявл. 15.07.2010; регистр. 10.01.2012.

131. Автоматизированная оценка цветовых различий материалов : свидетельство о гос. регистрации про-граммы для ЭВМ № 2014614994 / С. Н. Титов, Е. Н. Борисова ; правообладатель ГОУ ВПО «Костромской государственный технологический университет». – № 201461230; заявл. 19.03.2014; регистр. 15.05.2014.

132. Компьютерный способ оценки устойчивости окраски ткани при трении о смежный материал / С. Ю. Воронин, С. В. Павлов, О. Г. Ефимова, А. В. Дружкова // *Хроники объединенного фонда электронных ресурсов Наука и образование*. – 2017. – № 6(97). – С. 2.

133. Gerasimenko, N. I. Digital Technology for Assessing the Color of Textile Materials / N. I. Gerasimenko, E. Yu. Raikova // *International Journal of Engineering and Advanced Technology*. – 2020. – Vol. 10. – No 2. – P. 277-280.

134. Демин, А.Ю. Основы компьютерной графики: учебное пособие / А.Ю. Демин. - Томск : Издательство Томского политехнического университета, 2011. - 191 с.

135. ГОСТ Р ИСО 105-B02-2015. Материалы текстильные. Определение устойчивости окраски, – М.: Стандартинформ, 2016.– 32 с.

136. ГОСТ 9733.0-83 Материалы текстильные. Общие требования к методам испытаний устойчивости окрасок к физико-химическим воздействиям, – М.: –ИПК Издательство стандартов, 1983.–11 с.

137. Использование принципов автоматизированного распознавания оптических изображений для оценки стабильности структуры трикотажных полотен / Е. М. Копарева, М. В. Зими́на, С. Н. Титов, Л. Л. Чагина // Технологии и качество. – 2021. – № 1(51). – С. 4-8.

138. Фленов, М.Е. Библия Delphi / М.Е. Фленов. - СПб. : БХВ-Петербург, 2007.-880 с.

139. Бузов Б.А. Материалы для одежды/ Б.А. Бузов, Г.П. Румянцева. – М.: «Академия», 2010. – 155 с.

140. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022662967 Российская Федерация. Программа "Экспресс-оценка цветостойкости" : № 2022662409 : заявл. 01.07.2022 : опубл. 08.07.2022 / М. В. Зими́на, Р. А. Муқанов, Л. Л. Чагина ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Костромской государственный университет.

141. PLANETCALC. Относительная яркость и контрастность цветов [Электронный ресурс]. – 2017. – URL: <http://planetcalc.ru/7779> (дата обращения: 19.03.2022).

142. Зими́на, М. В. Совершенствование метода оценки и прогнозирования изменения окраски текстильных материалов и изделий / М. В. Зими́на, Л. Л. Чагина, А. Ш. Иргашева // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2022. – № 6(402). – С. 45-51.

143. Игнатов, А. А. Выбор определяющих показателей качества для корпоративной одежды сотрудников предприятий общественного питания / А. А. Игнатов, С. В. Плеханова, Е. Б. Демократова // Материалы докладов 52-й международной научно-технической конференции преподавателей и студентов : В ДВУХ ТОМАХ, Витебск, 24 апреля 2019 года. Том 2. – Витебск: Витебский государственный технологический университет, 2019. – С. 219-221.

144. Мишаков, В. Ю. Исследование влияния структурных характеристик ковровых напольных покрытий на их загрязняемость / В. Ю. Мишаков, В. С. Сницарь // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2018. – № 1(373). – С. 43-48.

145. Экспериментальное исследование загрязнения текстильных материалов пылью тонкоизмельченных порошкообразных материалов / Л. Ф. Немирова, С. Н. Литунов, С. Ш. Ташпулатов [и др.] // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2020. – № 2(386). – С. 73–78.

146. Академия, Технология химической чистки. Загрязнение волокон, тканей, изделий [Электронный ресурс]. – 2020. – URL: <https://valek.su/glava-2/?ysclid=lsbgfphex904346876> (дата обращения: 11.05.2023).

147. Бобровский, С.И. Delphi 7 / С.И. Бобровский: учебный курс. – СПб.: Питер, 2005. – 736 с.

148. Designing funcional clothes for persons with locommotor disabilities Curteza A., Cretu V., Macovei L., Poboroniuc M. AUTEX Research Journal, Vol. 14, No 4, December 2014

149. Schwartz CE, Andresen EM, Nosek MA, et al.. RRTC Expert Panel on Health Status Measurement. Response shift theory: important implications for measuring quality of life in people with disability. Arch Phys Med Rehabil 2007;88:529–36. 10.1016/j.apmr.2006.12.032

150. Kabel, A. (2019). Wardrobe malfunction: Case studies of disability and clothing at the threshold of older adulthood. Journal of Human Behavior in the Social Environment, 29(6), 731–743.

151. Kabel, A., Dimka, J., & McBee-Black, K. (2017). Clothing-related barriers experienced by people with mobility disabilities and impairments. Applied Ergonomics, 59, 165–169.

152. Wang, Y., Wu, D., Zhao, M., & Li, J. (2014). Evaluation on an ergonomic design of functional clothing for wheelchair users. Applied Ergonomics, 45(3), 550–555.

153. Esmail A, Poncet F, Rochette A, et al. The role of clothing in participation of persons with a physical disability: a scoping review protocol. *BMJ Open* 2018;8:e020299.

154. . Шустов Ю. С. Комплексная оценка механических свойств мебельных тканей / Ю. С. Шустов, А.В. Курденкова Е. Н., Малявко // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011. – № 6(335). – С. 12–15.

155. Денисова О.Н. Совершенствование комплексной оценки качества тканей./ О.Н. Денисова, С.М. Кирюхин //Технология текстильной промышленности. 2007. № 2 (297). С. 22-26.

156. Кирюхин С. М. Особенности оценки качества текстильных материалов / С.М. Кирюхин, С. В. Плеханова // Дизайн и технологии. – 2017. – № 60(102). – С. 61–69.

157. Омирова М.З. Комплексная оценка качества тентовых материалов / М.З. Омирова, Л.Л. Чагина, А.П. Груздева //Технологии и качество. 2020. № 2 (48). С. 3–7.

158. Чагина Л. Л. Методика комплексной оценки качества льняных трикотажных полотен для верхних изделий // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015. – № 6(360). – С. 16–21.

159. Маринкина М.А. Методика комплексной оценки качества льняных трикотажных полотен для компрессионных изделий/ М.А. Маринкина, Л. Л. Чагина // Вестник Костромского государственного технологического университета. – 2015. – № 1(34). – С. 39–43.

160. Кирюхин, С.М. Инструменты управления качеством и текстильное материаловедение // Актуальные проблемы и направления развития материаловедения изделий сервиса, текстильной и легкой промышленности: научное издание. – Москва: ФГОУВПО «РГУТиС», 2010. – С. 62–78.

161. Соловьев, А.Н. Оценка и прогнозирование качества текстильных материалов / А.Н. Соловьев, С.М. Кирюхин. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 215 с.

162. Бородина, Н.С. Методические указания к разработке курсового проекта по организации и планированию швейного производства / Н. С. Бородина. И. В. Полева. – Кострома: КГТУ, 2004 – 19 с.

163. Комплексная программа поддержки производства изделий из льна на период до 2025 года//Фонд содействия развитию льняного дела: официальный сайт URL: <http://fsrld.ru/2020/06/20> (дата обращения: 08.01.2022).

164. Живетин, В.В. Лен и его комплексное использование / В.В. Живетин, Л.Н. Гинсбург, О.М. Ольшанская. – М.: Информ-Знание, 2002. – 400 с.

ООО «Термопол»  
121471, Москва, Рябиновая, 43 Б, к.1, офис 101  
info@thermopol.ru; +7 (495) 664-74-30 hollowfiber.ru



Исх. № 44/21

09.11.2023 г.

Утверждаю: генеральный директор ООО «Термопол»

Гонтарь В.А.

Дата введения в действие: «09» ноября 2023 г.

Акт

внедрения результатов диссертационной работы

Зиминой Марины Валерьевны

на тему «Совершенствование методик оценки и исследование свойств систем материалов, определяющих качество адаптивной одежды»

Комиссия в составе: председателя Иванова В.В. (директор по развитию проектов ООО «Термопол», г. Москва) и члена комиссии Хрусталёвой В.А. (начальник ОТК ООО «Термопол», г. Москва) составили настоящий акт о том, что в ООО «Термопол» произведена апробация результатов экспериментальных исследований, полученных в рамках диссертационной работы Зиминой Марины Валерьевны на тему «Совершенствование методик оценки и исследование свойств систем материалов, определяющих качество адаптивной одежды».

Полученные в диссертационной работе результаты экспериментальных исследований комплекса свойств нетканых утепляющих материалов предполагается использовать при оценке качества продукции; проектировании и разработке инновационных нетканых материалов с заданным комплексом свойств.

Комиссия отмечает, что при использовании результатов испытаний не требуется переоснащения технологического процесса. Использование новых данных о свойствах исследуемых нетканых материалов Холлофайбер®, полученных в ходе исследований Зиминой М.В., позволяет обеспечить более высокое качество производимой продукции.

Председатель комиссии:

директор по развитию проектов ООО «Термопол»

В.В. Иванов

Член комиссии:

начальник ОТК ООО «Термопол»

Хрусталёва В.А.

Исп. Мухина Е.В. +7 (495) 664-74-30, доб.111

hollowfiber.ru



«УТВЕРЖДАЮ»  
Директор ООО «Рустехимпорт»  
О.В. Потанина

*Потанина*  
«28» ноября 2023 г.

### Акт промышленного внедрения результатов диссертационной работы

Настоящий акт разработан представителями ООО «Рустехимпорт»: директором О.В. Потаниной, зав. производством О.Г. Козловой и представителями Костромского государственного университета: аспирантом М.В. Зиминой, профессором Л.Л. Чагиной, о том, что в ООО «Рустехимпорт» внедрена методика комплексной оценки качества систем материалов для верхней одежды специального назначения. Предлагаемая методика апробирована при изготовлении детской одежды верхнего ассортимента.

Внедрение разработанной методики позволяет качественно и эффективно осуществлять конфекционирование материалов для категорий потребителей с повышенными требованиями к качеству, например, для детской и адаптивной одежды. Особенностью методики является разделение ассортимента верхней одежды на плечевую и поясную.

Производственная проверка показала, что полученные образцы детской одежды имеют повышенные гигиенические и эргономические свойства.

Выделенные аспекты позволяют сделать вывод о целесообразности использования предлагаемой методики при проектировании изделий различного ассортимента с повышенными требованиями к качественным показателям систем материалов.

Представители ФГБОУ ВО «Костромской  
государственный университет»

Представители ООО «Рустехимпорт»

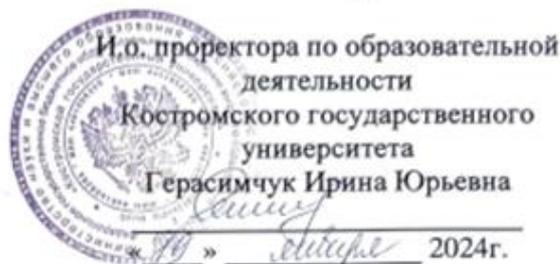
Профессор *Чагина* Л.Л. Чагина

Директор *Потанина* О.В. Потанина

Аспирант *Зимина* М.В. Зимина

Зав. производством *Козлова* О. Г. Козлова

«УТВЕРЖДАЮ»



### АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов диссертационной работы М.В. Зиминой на тему:  
«Совершенствование методик оценки и исследование свойств систем материалов, определяющих качество адаптивной одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями» в учебный процесс Костромского государственного университета

Настоящий акт составлен о том, что разработанное в рамках диссертационной работы М.В. Зиминой автоматизированное программное обеспечение для ПЭВМ «Экспресс-оценка цветостойкости» внедрено в учебный процесс на кафедре дизайна, технологии, материаловедения и экспертизы потребительских товаров (ДТМ и ЭПТ) Костромского государственного университета и используется при выполнении научно-исследовательских работ, а также курсовых проектов и выпускных квалификационных работ.

Автоматизированное программное обеспечение для ПЭВМ «Экспресс-оценка цветостойкости» и методика, реализуемая с его использованием, применяются обучающимися по направлениям подготовки: 29.03.05 «Конструирование изделий легкой промышленности», 29.04.01 «Инновационные технологии и материалы легкой промышленности», 2.6.16 «Технология производства изделий текстильной и легкой промышленности».

Директор института Дизайна и технологий,  
к.т.н., доцент

 С.А. Шорохов

Зав. кафедрой ДТМ и ЭПТ,  
к.т.н., доцент

 О.В. Иванова

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2022662967

**Программа «Экспресс-оценка цветостойкости»**

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Костромской государственный университет» (КГУ) (RU)*

Авторы: *Зимина Марина Валерьевна (RU), Муканов Ренат Александрович (RU), Чагина Любовь Леонидовна (RU)*



Заявка № 2022662409

Дата поступления 01 июля 2022 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 08 июля 2022 г.

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ю.С. Зубов'.

Ю.С. Зубов



Министерство науки и высшего  
образования Российской Федерации

Гжельский государственный  
университет



# ДИПЛОМ

ЛАУРЕАТА

Награждается

**Зими́на Мари́на Вале́рьевна**

1 место

в международном конкурсе научных статей

Номинация «Наука в современном мире»

Международный научный форум обучающихся

«Молодежь в науке и творчестве»

14 апреля 2021 г.

Врио ректора



Д. С. Со́мов



