ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. А.Н. КОСЫГИНА (ТЕХНОЛОГИИ. ДИЗАЙН. ИСКУССТВО)

На правах рукописи

ЛОПАТКИНА СВЕТЛАНА ВИКТОРОВНА

РАЗРАБОТКА МНОГОСЛОЙНЫХ УТЕПЛИТЕЛЕЙ РАЗЛИЧНОГО ВОЛОКНИСТОГО СОСТАВА И СТРУКТУРЫ

Специальность

2.6.16. Технология производства изделий текстильной и легкой промышленности

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель

доктор технических наук, профессор
Шустов Ю.С.

Москва - 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ…….....4
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР……....12
1.1 Анализ современных видов утепляющих материалов…….....12
1.2 Современный опыт разработок для улучшения свойств текстильных материалов……...26
1.3 Изучение различных подходов к исследованию и оценке теплофизических свойств текстильных материалов 32
Выводы по первой главе.……...……...49
2 РАЗРАБОТКА МНОГОСЛОЙНЫХ УТЕПЛИТЕЛЕЙ РАЗЛИЧНОГО ВОЛОКНИСТОГО СОСТАВА И СТРУКТУРЫ. ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ……51
2.1 Разработка технологии получения текстильных материалов различного волокнистого состава и структуры…… .51
2.1.1 Разработка утепляющих материалов с функциональными группами различного содержания …….…….51
2.1.2 Разработка двухслойных, трехслойных и многослойных утепляющих материалов различного волокнистого состава……..….54
2.1.3 Методология оценки и рационального применения разработанных многослойных материалов различного волокнистого состава и структуры…….61
2.2 Исследование механических свойств разработанных образцов утеплителей……...65
2.2.1 Определение разрывной нагрузки и разрывного удлинения образцов утеплителей…….....….65
2.2.2 Определение прочности при расслаивании образцов утеплителей……..……...69
2.2.3 Определение устойчивости к деформации образцов... …….....73

2.2.4 Исследование износостойкости образцов утеплителей ……...78
2.2.5 Исследование влияния износа истирания на воздухопроницаемость образцов утеплителей ……..…....86
2.3 Исследование воздействия условий окружающей среды на свойства разработанных образцов утеплителей.....90
2.3.1 Определение воздухопроницаемости образцов утеплителей ……..91
2.3.2 Определение паропроницаемости образцов утеплителей ……..93
2.3.3 Определение водопоглощения образцов утеплителей …….....96
2.3.4 Определение теплофизических свойств образцов……....98
2.3.5 Методика оценки устойчивости теплозащитных свойств многослойных утепляющих материалов ……. ……...105
Выводы по второй главе ……....107
3 ПРОВЕДЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ СВОЙСТВ МНОГОСЛОЙНЫХ УТЕПЛИТЕЛЕЙ И РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ИХ РАЦИОНАЛЬНОМУ ПРИМЕНЕНИЮ……109
3.1 Комплексная оценка свойств разработанных утеплителей и анализ результатов…….. ……..109
3.2 Составление рекомендаций по рациональному применению образцов многослойных утеплителей различного волокнистого состава и структуры ……...129
Выводы по третьей главе …….....132
ЗАКЛЮЧЕНИЕ……..133
Рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы……....135
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ…….....136
ПРИЛОЖЕНИЕ А Технологическое оборудование…….....157
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Образцы разработанных утеплителей.....158
ПРИЛОЖЕНИЕ В Стандартизированное описание методики……159
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Данные для проведения комплексной оценки.....165
ПРИЛОЖЕНИЕ Д Акт внедрения…….....175

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Разработки, направленные на снижение и устранение последствий техногенных воздействий на окружающую среду относятся к приоритетным направлениям проектов технологического суверенитета и проектов структурной адаптации экономики РФ, утвержденных Постановлением Правительства РФ от 15.04.2023 № 603.

Для реализации данных приоритетных направлений государственной политики РФ актуальны разработки и технологии, направленные на рациональное использование отходов производств и потребления для защиты окружающей среды при рассмотрении отходов как дополнительных источников сырья.

В процессе производства той или иной текстильной продукции, наблюдается значительное количество отходов, поэтому вопросам рециклинга уделяется большое внимание.

Для обеспечения экологической безопасности и рационального природопользования актуально использование отходов производств при создании утеплителей.

При их производстве применяют материалы различного волокнистого состава и структуры, в том числе овечью шерсть, которую предлагается заменить на отходы производств - натуральную верблюжью шерсть, имеющую высокие теплофизические свойства. Использование регенерированных волокон при производстве утеплителей также соответствует решению данных актуальных приоритетных задач.

Современные многослойные утепляющие материалы имеют сложную структуру. Актуально проведение структурной оптимизации многослойных утеплителей различного волокнистого состава, что является перспективным направлением для проведения научных исследований и разработок.

Вопросы ресурсосбережения и управления качеством решаются на

законодательном и локальном уровне, непосредственно при производстве текстильных материалов и изделий.

Обеспечение высокого уровня показателей качества текстильной продукции - это первоочередная задача в процессе производства, а соответствие требованиям международных стандартов для текстильной продукции необходимо для роста объемов реализации отечественной продукции на внешнем рынке. Вовлечение в производство новых видов сырья будет способствовать оптимизации соотношения качества и цены текстильной продукции.

Важным аспектом повышения спроса на отечественные текстильные утепляющие материалы является направление, обеспечивающее придание им комплекса новых функциональных свойств.

Развитие легкой и текстильной промышленности РФ приводит к увеличению выпуска новых высококачественных текстильных изделий, к росту спроса на разнообразные многослойные утеплители различного волокнистого состава и структуры. К первоочередным целям производителей относится улучшение потребительских свойств и придание многофункциональности своей продукции.

Все более перспективными становятся разработки для улучшения свойств текстильного сырья за счет использования различных видов биологически активных волокон, к которым относятся волокна верблюжьей шерсти, в том числе для производства изделий личного (индивидуального) потребления в терапевтических целях.

Решение проблемы обеспечения безопасности жизни и здоровья человека за счет повышения качества текстильных материалов изделий включает повышение уровня показателей теплозащиты.

Одним из приоритетов политики РФ является освоение Арктики. В составе утеплителей для различных климатических зон, в том числе для Крайнего Севера и Арктики, используются многослойные материалы различного волокнистого состава и структуры, для которых значимо проведение оценки их эксплуатационных свойств.

Разработка методологии оценки и рационального применения многослойных утеплителей различного волокнистого состава и структуры для составления научно-обоснованных рекомендаций по их оптимальному использованию основывается на исследовании и оценке свойств новых текстильных материалов при эксплуатации.

Степень научной разработанности темы. Весомый вклад при изучении теплофизических свойств текстильных материалов внесли такие ученые как Жихарев А.П., Бузов Б. А., Разумеев К.Э., Бессонова Н. Г., Леденева И.Н., Колесников П.А., Делль Р.А., Афанасьева Р.Ф., Белоусов В.П., Бринк И.Ю., Прохоров В.Т., Горшкова Р.И., Юлдашбаев Ю.А., Каро Е.В., Разбродин А.В. и другие ученые, в научных трудах которых разработаны методологические основы создания многослойных утеплителей различного волокнистого состава и структуры.

Работа выполнена с учётом основных направлений области исследований научной специальности 2.6.16. Технология производства изделий текстильной и лёгкой промышленности (ИТЛП): п.10. Развитие теоретических основ проектирования и технологий переработки волокон, производства нитей, материалов и ИТЛП; п.13. Разработка оптимальных структур, конструкций, материалов и ИТЛП для снижения затрат на организацию их производства, повышения качества продукции; п.19 Разработка новых материалов, обеспечивающих высокие эксплуатационные свойства ИТЛП.

Объект исследования - многослойные утеплители различного волокнистого состава и структуры, в том числе содержащие верблюжью шерсть, регенерированные волокна.

Предмет исследования - технологии переработки волокон и производства материалов и изделий текстильной и легкой промышленности.

Целью работы является проектирование многослойных утеплителей различного волокнистого состава и структуры с позиций экологической безопасности и рационального природопользования.

В соответствии с поставленной целью в работе решены следующие **задачи:**

- проведен анализ современных видов утепляющих материалов;
- сформулирована концепция получения утепляющих материалов, содержащих верблюжью шерсть и регенерированные волокна;
- предложены техническое и технологическое решения использования отходов производств - верблюжьей шерсти для разработки новых утепляющих материалов с улучшенными эксплуатационными свойствами;
- разработаны и получены новые образцы многослойных утеплителей с функциональными группами различного содержания;
- разработана методология оценки и рационального применения многослойных нетканых материалов различного волокнистого состава и структуры в соответствии с условиями эксплуатации;
- исследованы и получены результаты оценки эксплуатационных свойств многослойных утеплителей;
- предложена комплексная оценка многослойных утеплителей, содержащих волокна верблюжьей шерсти.

Исследования проводились на кафедре Материаловедения и товарной экспертизы Российского Государственного Университета имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство).

Методы исследования и технические средства решения задач.

Исследования базировались на общенаучных теоретических методах и комплексном системном подходе с использованием возможностей современных информационных технологий. В ходе выполнения работы применялись современные научные подходы, общепринятые методики и стандартизированные методы испытаний для определения свойств образцов, в том числе для защиты от воздействия пониженных температур.

В работе использовались методы математической статистики и регрессионного анализа. Анализ полученных экспериментальных данных проводился с помощью программного обеспечения Microsoft Excel. Использовались различные ресурсы Microsoft Office и MathType. Информационно-теоретической базой диссертации послужили труды

отечественных и зарубежных ученых в исследуемой и смежных областях, энциклопедическая и справочная литература.

Научную новизну исследования составляют разработки:

- концепции получения утепляющих материалов с многофункциональными слоями из натуральных и химических волокон;

- технологических и технических решений использования текстильных отходов путем замены натуральной овечьей шерсти на отходы верблюжьей шерсти и применения регенерированных волокон;

- методологии оценки и рационального применения утепляющих материалов различного волокнистого состава и структуры;

- методики оценки устойчивости теплозащитных свойств многослойных утепляющих материалов в процессе эксплуатации.

Теоретическая значимость работы заключается в разработке способа моделирования степени надежности теплозащитных свойств многослойных утепляющих материалов в процессе эксплуатации и создании системы классификации слоев и типов утепляющих материалов различного волокнистого состава.

Практическую значимость работы составляют:

- новый ассортимент многослойных утеплителей различного волокнистого состава и структуры, включающих натуральные и химические волокна, а также отходы других производств, в том числе и регенерированные волокна;

- набор свойств многослойных утеплителей в соответствии с условиями эксплуатации;

- результаты комплексной оценки свойств различных образцов утепляющих материалов в процессе эксплуатации;

- система подбора волокнистого состава и структуры в соответствии с требованиями заказчика для предприятий реального сектора экономики;

- научно-обоснованные рекомендации по формированию ассортимента многослойных утеплителей различного волокнистого состава и структуры, в том числе для Крайнего Севера и Арктики.

Достоверность проведенных исследований подтверждается согласованностью полученных аналитических и экспериментальных результатов исследований, использованием ресурсов современных информационных технологий, методов и средств проведения экспериментов.

Основные положения, выносимые на защиту:

- методология оценки и рационального применения многослойных утеплителей различного волокнистого состава и структуры в соответствии с условиями эксплуатации;

- технологическое решение использования текстильных отходов путем замены натуральной овечьей шерсти на отходы верблюжьей шерсти, использования регенерированных волокон при производстве утеплителей;

- разработка нового ассортимента многослойных утеплителей различного волокнистого состава и структуры, изготовленных с использованием отходов производств;

- результаты комплексной оценки многослойных утеплителей различного волокнистого состава и структуры.

Личный вклад автора. Автором сформулированы цель, основные задачи исследования, выполнены обобщение и анализ литературных данных по выбранной тематике, определены теоретические и экспериментальные методы исследований, предложены технологическое и техническое решения для разработки многослойных утеплителей различного волокнистого состава и структуры, разработана система классификации слоев и типов утепляющих материалов различного волокнистого состава, создана методология оценки и рационального применения разработанных утеплителей, разработана методика оценки устойчивости теплозащитных свойств многослойных утепляющих материалов в процессе эксплуатации, выполнены все этапы запланированных исследований.

Апробация результатов работы. Апробация основных положений диссертационной работы проводилась в различных источниках научной

периодической печати, основные результаты проведенных научных исследований докладывались и получили положительную оценку на:

- заседаниях кафедры материаловедения и товарной экспертизы Российского Государственного Университета имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство);

- Международной научной конференции, посвященной 110-летию со дня рождения профессора А.Г. Севостьянова (г. Москва, 10 марта 2020 г.);

- Международной научно-практической заочной конференции «Концепции, теория, методики фундаментальных и прикладных научных исследований в области инклюзивного дизайна и технологий» (г. Москва, 25-27 марта 2020 г.);

- Круглом столе с международным участием «Актуальные проблемы экспертизы, технического регулирования и подтверждения соответствия продукции текстильной и легкой промышленности» (г. Москва, 28 октября 2020 г.);

- Международной научно-технической конференции «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (Инновации-2020)» (г. Москва, 12 ноября 2020 г.);

- I Всероссийской научной студенческой конференции с Международным участием «Инновационные текстильные технологии» (г. Москва, 08 декабря 2020 г.);

- Круглом столе с международным участием «Теория и практика экспертизы, технического регулирования и подтверждения соответствия продукции» (г. Москва, 31 мая 2021 г.);

- 2-ом Круглом столе с международным участием «Актуальные проблемы экспертизы, технического регулирования и подтверждения соответствия продукции текстильной и легкой промышленности» (г. Москва, 26 ноября 2021 г.)

Результаты исследований составили основу разработанной методики и нашли практическое применение при формировании ассортимента многослойных утеплителей различного волокнистого состава и структуры на текстильном предприятии ООО «ГК «Русит».

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в 10 печатных работ, 3 из которых - в научных рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России.

Структура и объем работы. По своей структуре диссертация состоит из введения, трех глав, выводов по главам и работе в целом, списка литературы, приложений. Работа изложена на 175 страницах, содержит 31 рисунок, 28 таблиц, 5 приложений. Список литературы включает 176 библиографических и электронных источников. Приложения представлены на 19 страницах.

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Анализ современных видов утепляющих материалов

Производство утепляющих материалов является перспективным направлением в текстильной промышленности. Промышленное производство нетканых утепляющих материалов, содержащих натуральные и химические волокна, современного вида утепляющих материалов, непрерывно развивается. Создаются и развиваются перспективные направления использования текстильных отходов при производстве современных нетканых утепляющих материалов.

Объем производства и потребления нетканых материалов растет быстрее, чем тканей и трикотажа. Это связано с тем, что выработка нетканых материалов - это сравнительно быстрый и недорогой способ получения большого ассортимента текстильных полотен. Климатические условия России, особенно северных ее областей, формируют высокий уровень спроса на теплую и качественную одежду и обувь.

В данный момент на экономическую ситуацию в стране влияют обострившаяся политическая обстановка в мире, последствия пандемии, введенные санкции, изменения структуры внутреннего рынка и прекращение многих торговых связей на внешнем рынке.

По данным статистических исследований [1] влияние последствий пандемии Covid-19 привело дефициту нетканых материалов на мировом рынке. Увеличение спроса вызвало динамику внутреннего рынка производства нетканых материалов в России (наблюдается рост на 35%, импорт материалов для производства масочных изделий и спецодежды вырос на 70%).

Согласно данным прежних исследований «Рынок нетканых материалов в

России: исследование и прогноз до 2023 года» [2] ключевыми тенденциями отечественного рынка ранее являлись:

-существенный рост потребления на рынке;

-стабильность видового потребления;

-увеличение производства в России;

-значительное увеличение импортных поставок на рынок;

-интенсификация объема экспортных поставок;

-рост ценовых индикаторов и другие тенденции.

Для российского сегмента рынка утепляющих материалов и изделий можно выделить следующие характерные черты:

-разнообразие ассортимента и областей применения;

-динамика объемов внутреннего производства и численности производителей в условиях импортозамещения;

-высокая конкурентоспособность;

-рост потребительских свойств;

-адекватное ценообразование;

-учет влияния сезонных факторов;

-сосредоточение производителей в центральных регионах РФ.

Высокотехнологичные перспективные современные утепляющие материалы созданы по принципу многослойной конструкции. От свойств и особенностей входящих в их состав волокон и материалов зависят такие характеристики будущего материала, как прочность, износостойкость, долговечность, воздухопроницаемость, вес и другие.

В процессе создания и совершенствования новых видов нетканых утеплителей производители используют различные материалы и волокна. Это позволяет оптимизировать затраты и добиться высоких показателей качества текстильных изделий.

Ассортимент многослойных утепляющих материалов по функциональному назначению можно разделить на следующие группы:

-для материалов, используемых при проектировании одежды;

-для материалов, используемых в обувной промышленности;

-для материалов и изделий, используемых непосредственно в спортивной и туристической отраслях, для активных видов отдыха;

-для материалов и изделий специального назначения и средств индивидуальной защиты;

-для материалов и изделий профилактического назначения, индивидуального потребления в терапевтических целях;

-для материалов и изделий технического, бытового назначения.

Развитие и совершенствование технологий и материалов позволило расширить и дополнить ассортимент перспективных многослойных текстильных материалов [3-5]:

-материалы, содержащие модифицированные и новые волокнообразующие и пленкообразующие полимеры;

-многослойные композиции, включающие как текстильные, пленочные и другие материалы, так и иные системы - сенсоры, датчики и другие технические средства;

-многослойные материалы разного функционального назначения, содержащие текстильные полотна разной структуры и свойств;

-одно из направлений расширения ассортимента утеплителей из нетканых материалов связано с разработкой влагопоглощающих материалов, эти материалы представляют собой многослойную структуру, различные слои которой способны аккумулировать влагу, обеспечивать изоляцию.

К основным группам характеристик многослойных утепляющих материалов относятся:

-сырьевой состав и структура текстильных полотен;

-количество слоев;

-способ соединения слоев;

-наличие полимерного покрытия, пропитки и прочее;

-функциональное назначение многослойных утепляющих материалов.

Изучение современных видов многослойных нетканых утепляющих

материалов предполагает рассмотрение основных специфических черт их производства.

В настоящее время производство нетканых материалов является перспективной и развивающейся составляющей частью текстильной отрасли, благодаря высокому спросу на эту продукцию.

Эти материалы применяются для санитарно-гигиенических изделий, в медицине, в качестве фильтров, геотекстиля, в аграрно-промышленной отрасли, строительной отрасли, автомобилестроительной отрасли.

Нетканые материалы используют для производства одежды и утепляющих материалов. Производство нетканых материалов динамично развивается, появляются новые технологии и продукция, обладающие оптимальными эксплуатационными свойствами.

Широко применяют утеплители из нетканых материалов для производства внутренних деталей обуви (подкладок, прокладок, вкладных элементов, задников, стелек, утеплителей).

Стремительное развитие научно-технического прогресса, социально-экономические проблемы, вопросы защиты окружающей среды и безопасности, приводят к повышению роли экологически-безопасных технологий и материалов.

Усложнение задач, решаемых при изготовлении текстильных изделий, повышение требований к их надежности и безопасности, необходимость рационального использования ресурсов - это часть актуальных вопросов, требующих постоянного внимания в настоящее время, в том числе при производстве многослойных утеплителей различного волокнистого состава и структуры.

Для производства нетканых утепляющих материалов используют различные волокна, а также волокнистые отходы текстильных производств. Для создания комбинированного многослойного утепляющего материала, наряду с неткаными материалами, могут использоваться сетки, различные полимерные материалы, отходы текстильных производств.

С целью обеспечения устойчивой структуры исходный материал соединяется с различными нитями или склеивается разнообразными клеевыми материалами.

Нетканые утепляющие полотна могут вырабатываться как однослойными, так и многослойными.

По механике технологии существует выработка вязально-прошивных и иглопробивных нетканых утепляющих материалов [6].

По физико-химической технологии вырабатывают нетканые утепляющие материалы путем проклеивания, формованием из расплава или раствора полимера, горячего прессования.

Комбинированные способы (тафтинговый, электрофлокировальный, иглопробивной с пропиткой, валяльно-войлочный и склеивающий способы) - это комбинация механической и физико-химической технологий.

В отдельных случаях соединение происходит при самослипании, то есть способности поверхностей одного и того же вещества под давлением образовывать прочную связь, а также в результате точечной сварки при нагревании высокочастотными токами.

Известен способ изготовления нетканых утепляющих полотен из нескольких холстов при наложении их друг на друга. При этом способе возможно регулирование толщины изделий, а также использование волокон различных сортов, нахождение применению отходов производств из волокон, а также смеси различных материалов [7].

Выработка нетканых утепляющих материалов возможна с использованием в качестве базовых основных элементов:

-волокнистых холстов;

-системы нитей;

-плоских структур (тканей, трикотажных полотен, пленочных материалов).

Нити, пряжа, плоские структуры могут быть использованы и как связующие элементы.

По способу изготовления (скрепления) можно классифицировать нетканые полотна на три вида по способу производства:

-механические (способ - вязально-прошивной, иглопробивной и валяльно-войлочный);

-физико-химические (способ с применение латексов (водных дисперсий синтетических каучуков), или термопластичных, легкоплавких волокон, различных нитей, пленок и порошков);

-комбинированные (способы, состоящие из предыдущих видов).

Клееные нетканые утепляющие полотна изготавливают физико-химическими или комбинированными способами.

Для многослойных утепляющих материалов прочность крепления слоев полотен непосредственно связана с решением вопросов повышения качества этих утепляющих материалов и изделий из них, в том числе в процессе их эксплуатации.

В статье [8] содержатся данные об изучении вопросов прочности крепления слоев многослойных нетканых материалов. При изучении разработок [9-12] в области совершенствования процессов формообразования и формозакрепления текстильных материалов и изделий был сделан вывод, что развитие клеевых технологий актуально и востребовано. Основными направлениями для развития этого направления являются:

-разработка и совершенствование новых клеевых составов;

-внедрение нового технологичного оборудования;

-появление новых подходов к процессам дублирования и триплирования.

В работе Бесшапошниковой В.И. [9] определена цель данных разработок - повышение степени адгезионного взаимодействия текстильных материалов и полимерных клеев.

Ясинской Н. Н. и другими авторами проводились исследования для вывода формулы прогнозирования и расчета прочности адгезионного соединения слоистых текстильных материалов, полученных клеевым способом [10]. Было

показано, что прочность адгезионного соединения зависит от глубины проникновения полимерного связующего и свойств пряжи.

В литературном источнике [11] описывается способ определения долговечности сцепления клеевых соединений текстильных материалов с различными технологическими характеристиками, соединенных с помощью термопластичных клеев. Было достигнуто повышение точности путем устранения тепловой усадки, которая характерна для текстильных материалов, а также сохранения постоянной площади адгезионного контакта материалов.

Для совершенствования технологий производства многослойных материалов, изделий из них необходимо решать задачи по оптимальному подбору материалов в многослойные утеплители с учетом широкого диапазона различия их свойств. Между слоями пакета материалов существуют разные степени адгезии, зависящей от факторов процесса склеивания, полимерных клеев [13], склеиваемых материалов. Адгезионная способность материалов в многослойных утеплителях зависит от их волокнистого состава, структуры, предшествующих заключительных отделок.

Нетканые материалы широко используют для конструирования многослойных утеплителей для одежды, обуви с целью защиты от пониженных температур, применяя разное количество слоев. В качестве слоев утеплителей может использовать искусственный мех на трикотажной основе как современный утепляющий материал, обладающий сочетанием эстетических, эргономических, механических и теплозащитных свойств.

Основными факторами, определяющими качество многослойных утепляющих материалов, являются свойства волокон, материалов, способы их переработки, техническое состояние оборудования, применяемые технологии, организация системы управления качеством.

Качество компонентов и самих многослойных утепляющих материалов оценивается рядом показателей, каждый из которых зависит от многих факторов. Часть этих факторов регламентируется стандартами, часть определяется

экспериментальным путем [14-15]. В отдельных конкретных случаях применяются технические регламенты Таможенного союза.

Для большинства показателей качества многослойных утепляющих материалов и их компонентов существуют стандартные подходы и методы испытаний по общепринятым методикам, в том числе следующие государственные стандарты [16-28]:

-«Материалы текстильные; формирование и скрепление полотна в нетканых материалах»;

-«Полотна нетканые; термины, определения»;

-«Мех искусственный трикотажный; общие технические условия»;

-«Мех искусственный трикотажный; термины и определения»;

-«Материалы текстильные и изделия из них; метод определения толщины»;

-«Полотна и изделия трикотажные; методы определения влажности, массы и поверхностной плотности»;

-«Материалы текстильные, ткани, нетканые полотна и штучные изделия; методы определения линейных размеров, линейной и поверхностной плотностей»;

-«Полотна нетканые; методы определения прочности»;

-«Материалы текстильные; методы определения стойкости к истиранию»;

-«Материалы текстильные и изделия из них; метод определения воздухопроницаемости»;

-«Полотна текстильные; методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств»;

-«Материалы для одежды; метод определения суммарного теплового сопротивления».

Высокие гигиенические свойства многослойных утепляющих материалов (гигроскопичность, капиллярность, сорбционность) обеспечивают натуральные и искусственные волокна.

Теплоизолирующие свойства волокнисто-пористых утепляющих текстильных материалов зависят от наличия закрытых пор, которые заполнены воздухом.

Мех натуральный, искусственный, а также иглопробивные нетканые материалы в свою структуру включают значительное количество открытых пор.

Уникальными свойствами, в том числе и теплозащитными, обладают волокна шерсти, а также изделия из них. Войлок - это экологичный утепляющий текстильный материал с рядом уникальных свойств, который используется с древних времен. Войлок является плотным нетканым материалом из натуральной шерсти, который получают путем валяния (мокрого или сухого), используя особое строение шерстяных волокон, имеющих чешуйчатое строение.

К достоинствам этого утепляющего текстильного материала относят легкость, износостойкость, высокие водопоглощение и антибактериальные свойства. Шерсть обладает высокими теплоизоляционными свойствами, а войлок, состоящей из большого количества крепко сцепленных шерстяных волокон, является уникальным утеплителем, в том числе и для обувной промышленности.

Искусственный мех производится различными способами из разных материалов, волокон. В качестве основы используют ткани, трикотаж, искусственную кожу. Различают тканный, трикотажный, клеевой, прошивной (тафтинговый) виды. Трикотажный искусственный мех с содержанием волокон шерсти состоит из ворса, скрепленного с грунтом, которым является трикотажная основа. Содержание волокон шерсти может быть различным, используются химические волокна. В петли трикотажной основы вплетаются пучки ворса. Для производства используются трикотажные вязальные машины. Такой мех обладает хорошими теплозащитными, эстетическими и эргономическими свойствами. Теплопроводность искусственного меха превышает натуральную шерсть и нетканые полотна из полиэфира. При комбинировании этих материалов можно получить многослойные материалы с высокими теплозащитными свойствами.

Научные исследования и разработки, посвященные вопросам развития шерстяной промышленности, исследованию свойств различных текстильных

материалов содержатся в работах современных ученых Разумеева К.Э., Юлдашбаева Ю.А, Каро Е.В и других авторов [29-37]. Данные исследования и разработки направлены на проектирование свойств, повышение качества текстильной продукции.

В 2022 году в РФ общий объем производства шерсти составил 46 тыс. т., в 2023 году данный показатель останется на прежнем уровне [38]. Минсельхоз совместно с регионами занимается реализацией ряда мероприятий, направленных на поддержку этой отрасли.

Потенциал данной отрасли должен обеспечивать потребности легкой промышленности в сырье. Государственная политика в области ценообразования и повышения качества направлена на выстраивание кооперации между производителями и переработчиками, на развитие субсидирования и кредитования инвестиционных проектов отрасли.

В теоретические основы материаловедения в данной области содержатся [39-41] и других источниках. В промышленности используют натуральную и регенерированную шерсть.

Известны разные виды классификации волокон шерсти по различным характерным признакам (вид животного, геометрические размеры волокна, строение волокна и прочие), технологическое назначение также может лежать в основе их классификации.

В работах Разумеева К.Э. [29,31] содержатся виды современных классификаций шерсти ведущих стран-экспортеров (австралийской, новозеландской и шерсти, произведенной в ЮАР), а также отечественная классификация овечьей шерсти, основанная на современных методах инструментальной оценки ее свойств.

Известна саксонская классификация шерсти в зависимости от числа извитков по длине, равной 25,4 мм. [33].

Исследование видов классификации шерсти, в том числе на основе параметров внутреннего строения волокон, идентификация волокон шерсти содержится в работе [42].

ГОСТ 30702 [43] содержит торговую сельскохозяйственно-промышленную классификацию шерсти.

Для шерсти редких видов животных разработана специальная классификация [34]. К шерсти редких видов животных относятся:

-шерсть ягнят;

-шерсть животных из семейства верблюжьих;

-шерсть яков;

-шерсть редких пород коз (кашемир и ангорская шерсть - Mohair);

-шерсть ангорских кроликов.

Виды шерсти животных из семейства верблюжьих включают:

-шерсть животных семейства Lama (лам, альпака, викуньи, гуанако);

-шерсть верблюжья (бактрианов, дромадеров).

Верблюдоводство - перспективная, развивающаяся отрасль животноводства, которой занимаются в странах Ближнего Востока, в Северной и Центральной Африке, Монголии, Китае, Австралии, Российской Федерации, Центральной Азии. По статистическим данным продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО) численность верблюдов в мире в 2018 году составила 28,6 млн. голов, в том числе в странах Африки - 86,51%, Азии - 13,47%, РФ - 0,02 % [44].

Генофонд верблюдов включает 50 пород дромедаров, 7 пород бактрианов [45]. Дромедаров (одногорбых верблюдов) подразделяют на азиатских и африканских. Родиной калмыцких бактрианов (самой крупной породы) является Калмыкия, в Казахстане занимаются разведением уникальной породы бактрианов вьючного типа, в Монголии вывели уникальную породу по приспособительным качествам - монгольского бактриана, в Туркменистане разводят специализированную породу дромедаров вьючного типа - арвана, в КНР разводят три породы бактрианов вьючного типа, развивается верблюдоводство и в других странах. Согласно мировым стандартам самыми качественными являются пух и шерсть бактриана из Монголии.

Уникальными по своим свойствам являются верблюжья шерсть, кожа, мясо и молоко. Изделия, содержащие шерсть верблюда, находят применение в самых суровых и экстремальных температурных условиях. Рост спроса на продукцию верблюдоводства во всем мире приводит к созданию новых более продуктивных пород.

В верблюдоводческих странах проводят научные исследования по генотипированию верблюдов. В Казахстане активно развивается разведение бактрианов и дромедаров разных пород, их гибридизация. Проводят исследования дромедаров новой генерации, их продуктивности, качественных характеристик продукции верблюдоводства [46]. В Казахстане разработана Концепция развития верблюдоводства на 2021-2030 годы [47].

В рамках проектов помощи странам третьего мира ООН проводит исследования верблюжьего молока в качестве средства для снижения различных симптомов диабета, заболеваний сердца. Верблюжье молоко и произведенные из него продукты пользуются большим спросом в Европе, Америке и других странах [45].

Верблюдоводство в РФ развивается в Астраханской области, Калмыкии, Алтайском крае, Забайкалье, Челябинской области, Ростовской области, Бурятии, Татарстане и других регионах, чему способствуют различные федеральные и региональные программы для увеличения объемов импортозамещения [48]. В РФ поголовье верблюдов не превышает 10 тыс. особей, при этом верблюдоводство перспективно с позиции развития отрасли животноводства. Разведение и содержание верблюдов не требует значительных затрат.

Согласно данным товарной номенклатуры внешнеэкономической деятельности верблюжья шерсть относится к группе, включающей тонкий волос животных. Верблюжья шерсть (ГОСТ 5108 [49]) - это ценный вид сырья, который получают при стрижке или линьке, имеющий косичное строение, состоит из пуха (подшерстка), переходных, остевых, сухих и мертвых волокон. Класс верблюжьей шерсти зависит от тонины, длины, соотношения разных типов волокон.

С дромедара получают от 2 до 4 кг шерсти, с бактриана в среднем получают от 5 до 10 кг шерсти, от верблюдов калмыцкой породы - до 13 кг. При этом доля пуху в среднем составляет от 80 до 85% от общего объема шерсти, у монгольского и казахского бактриана подшерсток составляет более 90%.

Верблюжья шерсть - это высококачественный материал с уникальными свойствами. Отличительной чертой параметров внутреннего строения верблюжьей шерсти является особая структура волокон шерсти.

Благодаря строению волокна верблюжьей шерсти она уникальна по своим технологическим и эксплуатационным свойствам. Полая структура волокна, обеспечивающая легкость и теплоизоляцию, окружена чешуйчатым слоем, который не вызывают раздражение кожи. Наружный пленочный слой препятствует проникновению влаги. Мельчайшие поры способствуют процессу дыхания волокон. Оздоровительный эффект при воздействии верблюжьей шерсти достигается благодаря высокому содержанию ланолина.

Сравнение структуры верблюжьей шерсти с овечьей показало, что овечья шерсть, покрытая мелкими чешуйками, значительно извита. Верблюжья шерсть за счет полой структуры волокна очень легкая, имеет меньшую теплопроводность. При сохранении тепла воздушные потоки свободно циркулируют, препятствуя накоплению влаги. Абсорбирующие свойства внутри волокон верблюжьей шерсти сочетаются с устойчивостью к влаге их наружной поверхности.

Верблюжья шерсть обладает высокими гигроскопичными и антистатическими свойствами, имеет способность впитывать до 30 % влаги в соотношении к собственному весу. Верблюжья шерсть легкая, более прочная, обладает высокими лечебными и оздоровительными свойствами.

Уникальная особенность верблюжьей шерсти состоит в создании сухого тепла, что препятствует потоотделению и создает условия для устойчивости к колебаниям температуры. В естественных условиях кожа верблюдов сохраняет постоянную температуру благодаря особенностям их шерсти.

Верблюжья шерсть - это экологичный материал, так как он не подвергается химической обработке и окрашиванию в процессе производства. За счет

особенностей строения волокна верблюжья шерсть повышает прочность изделий из нее, придает высокие теплозащитные свойства текстильным материалам и изделиям. Это экологически чистый, гипоаллергенный текстильный материал. Из-за высокого содержания животного воска обеспечивается оздоравливающее и профилактическое воздействие на кожу, мышечную ткань, суставы, опорно-двигательный аппарат.

Благодаря терапевтическому эффекту в работе [34] авторами Разумевым К.Э. и Кудрявцевой Т.Н. волокна шерсти верблюда отнесены к виду натуральных биологически активных волокон, которые могут использоваться для производства изделий личного (индивидуального) потребления в качестве лекарственно-профилактических форм.

Использование текстильных изделий, содержащих натуральные волокна верблюжьей шерсти, способствует расширению сосудов и улучшению кровоснабжения, обеспечивает оздоровление и теплозащиту организма. Этот уникальный текстильный материал находит широкое применение при производстве изделий одежды и обуви различного назначения, для детей и взрослых.

Ресурсосбережение сырья при производстве многослойных утеплителей в результате использования отходов производств, регенерированных волокон может внести вклад в решение экологических проблем и позволит оптимизировать затраты.

В исследовании [50] содержатся результаты изучения проблемы воздействий на окружающую среду шерстяных изделий. При сравнении суммарного ущерба окружающей среде от текстильного изделия из переработанной смесовой шерсти и текстильного изделия из натуральной шерсти, первое показало лучшие результаты.

Рассматривался жизненный цикл текстильных изделий: от производства до завершения срока службы, учитывались затраты различных видов ресурсов, выбросы вредных веществ при производстве. Аспекты преимущества переработки шерсти в совокупности с различными современными способами ухода за

изделиями, повышающими их срок службы, доказали эффективность данного подхода.

Специфика различных нетканых материалов - современных видов утепляющих текстильных материалов, включает в себя:

-особенности рынка и ассортимента;

-особенности свойств входящих в их состав волокон;

-конструктивные особенности изделий из них;

-наличие уникальных сочетаний свойств;

-особенности производства;

-проведение разработок и исследований для совершенствования свойств;

-актуальность разработок по созданию новых технологий, направленных на повышение качества и функциональности утеплителей;

-стремительное изменение экономико-политической обстановки в мире и в стране способствует росту потенциальных возможностей импортозамещения в данной области.

1.2 Современный опыт разработок для улучшения свойств текстильных материалов

Улучшение свойств и придание новых функциональных свойств утепляющим текстильных материалов, изделиям достигается путем применения различных технических и технологических решений в области производства, научных подходов к проектированию свойств, применением новых видов сырья и их сочетаний с традиционными материалами.

В работе [34] авторами Разумевым К.Э. и Кудрявцевой Т.Н. изложены аспекты производства и переработки фасонной пряжи, которая отличается от обычной различными внешними или функциональными признаками. В работе

содержится описание технологии получения гребенной пряжи с вложением шерсти альпака.

Сохраняют свою актуальность задачи по развитию производств текстильных материалов с улучшенными потребительскими свойствами, в том числе за счет использования волокон шерсти редких животных (козьего пуха, верблюжьей шерсти, шерсти альпака и др.) [36, 51-52].

В работе Каро Е.В. [36] содержится описание метода проектирования смесовой пряжи, содержащей козий пух. В научном исследовании [51] изложены результаты изучения технологических свойств пряжи из шерсти, содержащей верблюжью шерсть, шерсть альпака, а также сравнение с образцами, содержащими кроссбредную шерсть. Экспериментально доказано влияние добавления акрилового волокна на прочностные свойства образцов.

В исследовании [52] решена проблема повышения качества аппаратной пряжи и трикотажа, содержащих смесь верблюжьей шерсти и овечьей. Целесообразность подбора компонентов в смеси для производства пряжи, содержащей верблюжью шерсть, обоснована улучшением потребительских свойств и снижением затрат.

В работах [53-56] содержатся результаты исследований пакетов материалов из шерсти и нетканых материалов для производства войлочной одежды, рассмотрены различные аспекты производства войлочной обуви, в том числе с целью повышения их климатической устойчивости.

Решение проблемы низкой климатической устойчивости обуви, содержащей войлок, путем применения модификации гидрофобизаторами изложено в [54-55].

Традиционно войлок изготавливается путем формирование холста и укладывания слоев волокон шерсти, обработанных на ручных кардах или кардочесальных машинах, свойлачивания, валки, формования и сушки [56].

Использование армирующих материалов и применение различных способов формирования многокомпонентных систем описано в [57].

Белицкая О.А. в работе [58] проводила исследования защиты человека от воздействия статического электричества на примере нетканых валяльных материалов.

В данной работе разработаны предложения по оптимизации сырьевого состава бытовой и антистатической обуви различного назначения, в том числе для использования в климатических условиях Крайнего Севера.

Экспериментальное изучение структуры войлока, его пористости, исследование влияния параметров ниточных швов на их деформационно-прочностные и теплозащитные свойства при производстве войлочной обуви содержатся в работе [59].

При проектировании и производстве текстильных изделий, в том числе и для обувной промышленности, используются различные подходы и методы, проводят оптимизацию применяемых разработок. В работах [60-61] содержатся результаты исследований в данной области.

Изучением актуальной проблемы формоустойчивости обуви занимались такие ученые, как Зыбин Ю.П., Фукин В.А., Костылева В.В., Акимова В.П., Щербаков В.В. и другие авторы. В работе [61] разработан метод изготовления формоустойчивой обуви из войлочных и мембранных материалов путем дублирования.

Исследования и разработки в области методов изучения, оценки теплозащитных свойств необходимы для повышения качества при производстве обувных изделий различного назначения . [62-63].

Проведение исследований механических свойств деталей обуви также необходимо для улучшения качества современной обуви [64].

Вопросу улучшения эргономических свойств обуви путем декорирования и дублирования материалов посвящена работа [65].

Биологически активные химические волокна нового поколения применяются в обувной промышленности. Стельки, которые получены с их применением, обладают бактерицидными свойствами. В их составе могут быть использованы различные волокна (ароматизированные, дезодорирующие,

антиаллергические и прочие).

Таким образом, решается проблема бактериальных и грибковых поражений. Применение в обувной промышленности биологически активных материалов способствует росту комфорта при эксплуатации и производительности труда.

Рациональное использование различных ресурсов перспективно и актуально, обеспечивая стабильность в текстильной и легкой промышленности.

Решению экологических проблем, актуальных задач природопользования посвящено много работ и исследований [66-69]. Рациональным подходом является ресурсосбережение, использование натуральных, быстро возобновляемых, вторичных ресурсов.

В работе изучен метод переработки и повторного использования текстильных отходов [70].

Задача улучшения экологических свойств утепляющих материалов и изделий из них приобретает все большую актуальность.

В работе [71] содержание экологичности предлагается оценивать по четырем направлениям:

-экологичность происхождения сырья;

-экологичность получения материалов;

-экологичность производства;

-экологичность утилизации отходов производства.

Расширение ассортимента современных утепляющих материалов, произведенных на основе исходных и переработанных натуральных и химических волокон, внесет значительный вклад в обеспечение роста экологичности текстильных материалов.

В исследовании [72] проведено изучение затрат на производство экологичных «альтернативных» волокон, в том числе вторичного полиэфира.

Перспективным направлением исследований является повышение индивидуального комфорта и снижение энергопотребления при охлаждении и обогреве текстильных изделий путем регулирования микроклимата (теплообмена и влагообмена с окружающим пространством) [73]. Управление

теплообменом, технологии сбора энергии, интеграция гибких электронных устройств представляют собой инновационный подход.

Проводилось изучение антибактериальных свойств и различных методов антибактериальной отделки материалов и изделий, таких как пропитка, погружение и микрокапсулирование [74].

Перспективным научным направлением является разработка многофункциональных веществ и экологически чистых антибактериальных технологий отделки текстильных материалов и изделий.

Особое внимание должно быть направлено на обеспечение комфорта, повышению безопасности детской одежды и обуви. В исследовании описано влияние параметров микроклимата в пододежном пространстве многослойной детской одежды [75].

Исследованием релаксационных свойств волокнистых материалов занимались авторы Севостьянов П.А., Самойлова Т.А., Тихомирова М.Л. в работе [76].

Отдельным направлением для улучшения эксплуатационных свойств является использование мембранных материалов [77].

Полимерные металлизированные пленки обладают теплоотражающими свойствами, что повышает теплозащитные свойства текстильных материалов и изделий. При изготовлении многослойных иглопробивных материалов происходит перфорирование пленки иглами. Так при соединении слоев многослойных утепляющих иглопробивных материалов обеспечивается комфортность за счет сохранения паропроницаемости и влагообмена.

Изучение свойств нетканого иглопробивного материала с наночастицами серебра из отходов натурального шелкового волокна содержится в работе [78].

В настоящее время активно развиваются научные направления исследований в области улучшения свойств материалов для эксплуатации в условиях Крайнего Севера и Арктики [79].

Развитие легкой промышленности происходит путем стимулирования инновационных процессов [80]. Инновационная деятельность в текстильной промышленности способствует росту конкурентоспособности ее продукции и предприятий.

Улучшение эргономических и функциональных свойств текстильных материалов и изделий достигается путем совершенствования материалов, конструкций и способов производства материалов, деталей одежды, обуви, а также применением новых видов материалов, волокон, в том числе и шерсти редких животных для придания многофункциональности и повышения безопасности жизнедеятельности.

Современный опыт разработок для улучшения свойств различных текстильных материалов необходимо учитывать при производстве и эксплуатации многослойных утепляющих материалов.

Повышенная комфортность утепляющих материалов и изделий окажет весомое влияние на эффективность выполняемых человеком трудовых функций.

Для современных утепляющих материалов и изделий необходимо, чтобы они обеспечивали:

-комфортный микроклимат вокруг тела человека;

-поддержание необходимого температурно-влажностного режима;

-высокие гигиенические свойства;

-высокий уровень водоупорности;

-высокие теплозащитные свойства;

-высокий уровень износостойкости и других механических свойств;

-многофункциональность свойств.

Высокие показатели качества многослойных утепляющих материалов, в том числе физико-механические, теплофизические свойства, сделают эту продукцию более востребованной как на внутреннем, так и на внешнем рынках

1.3 Изучение различных подходов к исследованию и оценке теплофизических свойств текстильных материалов

При низких температурах ухудшается кровоснабжение организма человека, что может привести к переохлаждению и различным заболеваниям. В связи с этим вопросы обеспечения безопасности жизни и здоровья человека за счет повышения качества текстильных изделий, их теплозащитных свойств сохраняет свою актуальность. Текстильные утеплители нашли широкое применение, в том числе в качестве утеплителей для производства одежды, в обувной промышленности, изделий индивидуального потребления, производстве одеял, спальных комплектов, покрывал, наматрасников, подушек, сидений, автосидений и других изделий.

Теплозащитные свойства многослойных утеплителей находятся в зависимости от свойств материалов и конструкции пакетов теплозащитной одежды и обуви, а также от технологических особенностей их производства.

Научные исследования различных пакетов для одежды и обуви проводятся на постоянной основе в связи с актуальностью изучения этого вопроса, что содержится в научных работах Осиной Т.М., Зарицкого Б.П., Леденевой И.Н., Гинзбурга Л.И., Михайловой И.Д., Лебедевой Е.О., Бессоновой Н.Г., Литвиненко Г.Е. и др. [81-86].

Осиной Т.М. в [81] проведено изучение влияния количества слоев пакетов на уровень теплового сопротивления пакета. Выявлено, что при склеивании двух слоев пакета наблюдается изменение теплового сопротивления до 50%, а потом видна пропорциональная зависимость от количества слоев пакета.

Бессоновой Н.Г. в своих исследованиях [85] были изучены экспериментальные данные по факторам, влияющим на уровень основного показателя теплофизических свойств суммарного теплового сопротивления. В ходе анализа установлены факторы, снижающие теплозащиту.

Это факторы, связанные с внешней средой и условиями использования:

-снижение температуры;

-рост влажности;

-ветер;

-эксплуатационные условия, снижающие толщину изделий.

Исследования теплового баланса человека, теплозащитных свойств текстильных материалов, суммарного теплового сопротивления текстильных изделий с различными наполнителями приведены в работах Разумеева К.Э. и Разбродина А.В. [87-88, 37]. На основании закона Фурье построены модели теплопередачи от человека в окружающую среду, определен удельный коэффициент теплозащиты, проанализировано влияние различных факторов на суммарное тепловое сопротивление одеял с различными наполнителями.

В работе [89] Бекмурзаева Л.А. установлено, что в качестве конструкций теплозащитных пакетов используются двухслойные, трехслойные и многослойные комбинированные многослойные утеплители, которые формируются нескольких слоев материалов и утеплителя, расположенного между ними.

Типовые конструкции теплозащитных пакетов для одежды обычно формируются из двух, трех или большего количества слоев материалов.

К недостаткам перечисленных конструкций теплозащитных материалов относятся ограниченные возможности регулирования теплозащитных свойств готового изделия, большой расход утеплителя и неравномерность толщины по площади теплозащитного пакета, проводились различные исследования и разработки в данной области [90-92].

В работе [90] содержится описание повышение уровня термического сопротивления различными способами, в том числе за счет того, что в конструкции теплозащитного пакета для одежды отношение длин материала слоев оболочки между местами скрепления слоев отсеков изменяется по длине пакета между смежными отсеками.

Конструкция теплозащитного многослойного материала с эластичной тесьмой, соединенной с полоской материала или лентой, уменьшает смещение утеплителя в нижний слой отсека и обеспечивает равномерную толщину по всей поверхности. За счет регулирования толщины обеспечивается тепловой баланс в организме человека в зависимости от конкретных климатических условий и индивидуальных особенностей человека.

Различные способы практического применения многослойных утепляющих материалов реализуются в текстильной промышленности для изготовления одежды и обуви различного назначения, обувных материалов. Предоставляется возможность повысить уровень качества, сократить расходы на производство за счет уменьшения количества технологических этапов, применения новых видов сырья, внедрения новых разработок в области технологий и придания новых функциональных свойств утепляющим текстильным материалам.

Многослойные утепляющие материалы могут изготавливаться иглопробивным способом. Слои также могут присоединяется по технологии порошкового дублирования с помощью клея.

Обувь и вставки из войлока применяются как альтернатива продукции и материалам из кожи, искусственных, синтетических материалов.

Такие обувные изделия обладают улучшенными теплозащитными и гигиеническими свойствами. Практическое применение в обувной промышленности находят лен, хлопок, различные виды химических волокон, используемые при производстве нетканых материалов.

Много научных работ, посвящено исследованию свойств нетканых материалов [93-97]. Свою актуальность сохраняют вопросы улучшения гигиенических и теплозащитных свойств.

В исследовании авторов [93] решается вопрос накопления статического электричества. Благодаря использованию льняных волокон, которые обладают еще и антисептическими свойствами, получают новые нетканые материалы с улучшенными потребительскими свойствами.

В работе [94] описаны результаты исследований свойств нетканых материалов, содержащих натуральные и химические волокна, в том числе льняные волокна. Смесь различных видов волокон оказала влияние на эксплуатационные свойства полученного технического текстильного материала.

Обеспечение необходимого микроклимата одежды и обуви, безопасности жизни и здоровья человека реализуются благодаря рациональному подбору материалов многослойных утеплителей с учетом воздействия факторов окружающей среды. Материалы оказывают значительное влияние на эксплуатационные и теплозащитные свойства изделий [95-97].

Факторы, влияющие на теплозащиту многослойных утеплителей:

- теплофизические факторы;
- климатические факторы;
- структурные факторы;
- технологические факторы;
- эксплуатационные факторы.

В работе проведен анализ современных методов и приборов для определения теплофизических свойств.

Существуют различные подходы к исследованию и оценке теплофизических свойств текстильных материалов [7,14].

Известны механизмы тепловой передачи: теплопроводность, конвекция и тепловое излучение.

Основными характеристиками теплопроводности являются:

-коэффициенты теплопроводности и теплопередачи;

-тепловое сопротивление.

Для многослойных утепляющих материалов в качестве основной характеристики их теплозащитных свойств используют суммарное тепловое сопротивление. Данный показатель содержит сумму трех величин теплового сопротивления: процесса перехода тепла от наружной поверхности многослойных утеплителей в окружающую среду, процесса при переходе тепла от более теплой среды к внутренней поверхности многослойного материала,

теплового сопротивления многослойных утеплителей.

Значения этого показателя - одной из характеристик теплопроводности, можно определить:

-методом регулярного режима (изменения температуры с постоянной скоростью);

-методом стационарного режима (прибор ИТ-3 - это модель реальных условий эксплуатации текстильных материалов, контактирующих одной стороной с нагретой поверхностью тела человека, обеспечивающая передачу тепла более холодной окружающей среде).

При испытаниях по методу регулярного режима используют бикалориметр (полую стальную цилиндрическую конструкцию, торцы которой изолированы) и прибор ПТС-225 в соответствии с ГОСТ 20489 (рисунок 1).

Рисунок 1 – Определение суммарного теплового сопротивления на ПТС-225

При исследовании теплозащитных свойств многослойного утеплителя на приборе ПТС-225 изготавливают пробу образца материала. Исследования можно проводить как при естественной конвекции воздуха, так и с воздействием воздушного потока [14]. Пластину нагревают с помощью электронагревателя до перепада температур 60°С между пластиной и окружающим воздухом.

При исследовании в воздушном потоке используют вентилятор. Пластину охлаждают до 55°С, а потом определяют время ее остывания до перепада температур 45°С.

Актуальными остаются научные исследования теплофизических свойств утеплителей, используемых при производстве одежды, обуви, так и технического назначения, с применением стандартных методов и новых разработок.

Помимо традиционных способов изучение теплозащитных свойств текстильных материалов, существует много других подходов. Различные экспериментальные методы находят все более широкое применение. Научный интерес представляют различные методы исследования механизмов теплопередачи.

Помимо теплопередачи изучают влияние тепловых излучений от внешних воздействий, интенсивность тепломассообмена, влияние воздушных прослоек, структуры пакета и особенностей его взаимодействия с окружающей средой. Применяют различное экранирование, проводят изучение влияния толщины пакетов, процессов внутреннего и внешнего увлажнения, динамики термоизоляции [98-100].

Используют различные подходы и методики, в том числе применяют термоманекены и привлекают людей [101-103]. Учитывают вид деятельности и климатические условия. Научный интерес представляет изменение отдельных показателей качества, в том числе прочности и воздухопроницаемости.

В работе [104] Абрамовым А.В. исследован вопрос обеспечения оптимального состояния микроклимата пододежного пространства при использовании новых видов синтетических материалов, обладающих улучшенными свойствами. В работе сформулирован основной подход к комплексному исследованию нестационарного тепломассообмена методом физического моделирования. Объектами исследования выступали пакеты теплозащитной одежды при субнормальном температурном режиме.

В [105-106] авторами исследован теплообмен в системе «Стопа - обувь - окружающая среда» с применением математического моделирования. Проведена

оценка динамики тепловых потоков и изучены эксплуатационные свойства различных многослойных материалов. Результаты исследования нескольких слоев материалов для обувной промышленности, содержащиеся в работе [106], могут применяться с целью моделирования эффективности при эксплуатации различных по составу материалов, представляющих собой систему, которая используется для защиты человека от воздействия низких температур.

На конвекционные тепловые потоки существенное влияние оказывают внешние факторы.

Теплопроводность, прозрачность для теплового излучения – это характерные особенности материалов. Вклад теплового излучения в перенос тепла через материалы может быть значительным. В современных материалах для отражения теплового излучения применяют металлизированные материалы.

Установлено, что доля теплового излучения мала, когда при эксперименте пластины сделаны из хорошо отражающих излучение материалов (меди, алюминия). Для проведения оценки вклада тепловых излучений применяют методики:

-экранирование с помощью тонкой фольги из алюминия и измерение мощности без экранов и с ними;

-исследование зависимости проходящей мощности от толщины образца [98].

Определено, что у прозрачных материалов доля теплового излучения есть постоянная прибавляемая величина к обратно пропорциональной зависимости, что отражает долю теплопроводности.

На основании этого был сделан вывод о необходимости учета доли теплового излучения в процесс переноса тепла через теплоизоляционные материалы. Задача решается, если установку для изучения уровня теплопроводности выполнить из материалов со значительной светимостью в инфракрасном диапазоне.

В работе [99] содержится описание экспериментальной установки, отдельные элементы которой изготовлены из монокристаллического кремния,

который обладает значительной энергетической светимостью. На данной установке возможно изучение теплопроводности, теплового излучения путем замеров тепловых мощностей нагревателя.

Проблема изучения микроклимата текстильных изделий актуальна и ее изучением занимались авторы в работах [106-107].

Установлено, что при сухой погоде теплоперенос включает в себя теплопроводность материалов, излучение, конвекцию на поверхностях изделий и в прослойках воздуха.

Был сделан вывод, что интенсивность процесса теплообмена зависит от структуры многослойного утеплителя, размера прослоек воздуха, степени их взаимодействия с окружающим пространством среды.

Повышенное потоотделение оказывает влияние на процесс тепло-массообмена, который проходит при нестационарном режиме и зависит от накопления влаги многослойным утеплителем и ее передачи в окружающее пространство.

Иначе протекает процесс тепломассообмена, когда причиной увлажнения являются внешние факторы. Наблюдается другая интенсивность наряду с иным направлением потоков влаги.

Экспериментальные методы используются для исследования этих процессов как с привлечением людей, так и с использованием моделей частей человеческого тела. Программно-аппаратные комплексы активно применяются для реализации данных задач.

При исследовании комплексного тепломассообмена изучена динамика внутриобувного микроклимата при разных условиях эксплуатации, роль физиологического состояния человеческого организма. Проведение экспериментов с использованием термоманекенов обеспечило динамику процесса теплоизоляции обуви при нестационарном режиме [104].

Также предложен комплексный экспериментальный метод для изучения динамики плотностей тепловых потоков и содержания влаги в утепляющих пакетах.

После обобщения предложенной в [104] классификации подходов к исследованиям различных показателей теплофизических свойств текстильных материалов можно сделать следующие выводы:

-существуют подходы стационарные и нестационарные;

-методы можно классифицировать по виду используемого чувствительного элемента.

По типу моделируемого процесса используются обычные и потеющие термоманекены. Также можно выделить статичный тип, шагающий, дышащий тип термоманекенов.

В работе [108] авторами Кружновой А.А., Обинякиной Е.В. и др. описаны результаты исследования тепловой проницаемости образцов нетканого объемного полотна. Целью этой работы было исследование вкладов радиационной и кондуктивной составляющих тепловой проницаемости материала с использованием установки для бесконвекционного измерения тепловой проницаемости материалов. Установлена линейная зависимость проходящей через образцы тепловой мощности при заданной разности температуры от толщины образцов.

В работах [109-112] изучались теплозащитные свойства при проектировании и производстве одежды и обуви специального назначения. Исследовались метеорологические условия, условия эксплуатации и климата с учетом длительного срока использования изделий.

Для теплозащитной обувных изделий выявлены следующие особенности:

-закрытость конструкции;

-использование материалов с низкой теплопроводностью;

-высокий уровень воздухопроницаемости изделий и материалов;

-высокий уровень паропроницаемости изделий и материалов;

-значительная толщина отдельных деталей;

-наличие теплоизолирующих слоев, прокладок, подошв;

-применение волокнистых, нетканых материалов, натурального и искусственного меха.

В работе [110] авторами Рахимовой Г. И., Насыбуллиной А. А. установлено, что температура стопы может служить критерием по установлению степени тепловой комфортности.

Наиболее оптимальным диапазоном для стопы является температура от 27°С до 33°С, а для пространства внутри обуви является диапазон от 21°С до 25°С. Таким образом, установлен диапазон теплового комфорта стопы человека.

В своей работе [111] Кудринский С.В. разработал метод и предложил конструкцию устройства для исследования процессов теплопередачи в условиях низких температур. В основу работы данного экспериментального устройства входит пластина из металла для крепления образцов, термодатчик, теплозащитный корпус и подключенный через кабель персональный компьютер. Низкие температуры обеспечиваются использованием морозильной камеры.

Проводилось совершенствование методов расчета, оценки свойств нетканых материалов технического назначения с учетом требований условий эксплуатации и структуры материалов. Был разработан метод определения эффективного коэффициента теплопроводности материалов в зависимости от значений плотности и пористости [112]. В работе содержится описание графического способа для определения волокнистого состава и заданных параметров нетканого материала для теплоизоляции.

В настоящее время актуальна разработка математических зависимостей для вычисления значений коэффициента теплопроводности дисперсных материалов теоретическим путем в связи с хаотическим расположением волокон в материалах.

Метод моделирования является одним из наиболее общих и часто применимых методов. Методы моделирования используют, в том числе и различные математические модели.

В основе создания математических моделей многослойных материалов могут лежать различные параметры - от особенностей макроструктуры до способов их изготовления.

При переходе от обычных физических величин к комплексным, возможно оценить взаимное влияние целого комплекса переменных и факторов. При замене фактических переменных обобщенными, возникает множество различных вариантов, имеющих некоторую общность свойств. Так переходят к системе исследования, используемой метод обобщенных переменных, - теории подобия и анализа размерностей, основанной на применении критериев подобия.

Используются безразмерные комплексы различных физических величин, которые описывают конкретное физическое явление и имеют одинаковые параметры.

Методы теории подобия определяют подход к проведению исследований в натурных условиях для моделей, в процессе обработки полученных данных, а также для проецирования их на иные объекты, которые только созданы и недоступны для экспериментальных исследований.

В работах Жмакина Л.И., Шарпара Н.М. [113-115] приведены методики для комплекса экспериментальных установок. Исследования теплофизических свойств текстильных материалов технического назначения проводили в системах низких температур солнечного теплоснабжения для теплогенераторов. Новые методики экспериментального определения теплофизических свойств текстильных материалов разработаны на основе нестационарных экспресс-методов.

Различные подходы к изучению и оценке теплофизических свойств одежды и обуви, различных материалов изложены также в [116-130].

Бессоновой Н.Г. [119] описаны результаты эксперимента по сравнению теплоизолирующих свойств различных пакетов, содержащих в своем составе утеплители на основе высокообъемных нетканых материалов (холлофайбер и других), наполнителей из синтетического пуха, ваты из шерсти, смеси натуральных пуха и пера.

Для исследований использовали экспериментальную модель торса человека, на которого надета верхняя одежда, основываясь на идее использования сосуда с водой и надетого на него образца пакета цилиндрической формы. Уровень

теплоизоляции пакетов оценивали на основе исследования темпов охлаждения воды в емкости. При анализе полученных практически равных результатов преимущество получили образцы пакета утеплителя, содержащие в своем составе шерстяные волокна.

Чижик М. А., Долгова Е. Ю., Иванцова Т. М. изобрели устройство и предложили метод для измерения суммарного теплового сопротивления материалов для одежды [120]. Метод основан на определении времени охлаждения нагревателей. Устройство включает гелевый аккумулятор тепла, термопару, цифровой мультиметр.

Авторы Советников Д.А., Мишаков В.Ю., Кирсанова Е.А., Трещалин Ю.М. при изучении проблемы теплозащиты нетканых утеплителей [121-122] провели оценку уровня теплового сопротивления различных элементов верхней одежды для разного температурного диапазона, в том числе с учетом особо холодных климатических условий.

Подход основан на методе подбора вида пакета (его материалов, толщины) для изделий с заданными параметрами теплоизоляции для конкретных температурных условий. В данном исследовании применяется системный подход при учете свойств материалов, входящих в утепляющий пакет, особенностей вида трудовой функции человека в данных условиях.

Разработан метод расчета эффективной теплопроводности материалов капиллярно-пористой и волокнистой структуры с учетом макроквантового термодинамического метода. Этот подход может использоваться при расчете характеристик теплоизоляционных материалов, для текстильных материалов, используемых при производстве одежды различного назначения.

Исследованием научных данных по вопросу изучения теплового сопротивления текстильных материалов занималась Бессонова Н.Г. в работе [123]. После анализа литературных данных был сделан вывод о существовании нескольких подходов к вопросу определения характера зависимости между величиной теплового сопротивления текстильных материалов и их толщиной.

После проведенного анализа было сделано предположение, что зависимость носит более сложный характер, чем линейный вид.

Исследования теплофизических свойств разными авторами [86, 104, 106, 107, 119, 124-126 и др.] проводились совместно с изучением влияния влажности на протекание процессов теплообмена и влагообмена между образцами и окружающим их пространством среды.

В литературном источнике [95] Бессоновой Н.Г., Жихаревым А.П. был проанализирован вопрос влияния различных факторов на значения теплофизических свойств. Первое место принадлежит структурным факторам. К ним относят: состав волокон, поверхностную плотность, пористость, толщину, опорную поверхность, поперечное сечение волокон, пространственную ориентацию волокон. С учетом этих факторов необходимо рассматривать также влияние климата, технологии производства и условий эксплуатации.

В исследованиях, изложенных в литературном источнике [119], привлекали людей, а для контрольных измерений значений температуры и влажности использовали портативный электронный термогигрограф. В результате при практически равном уровне теплоизоляции утеплителей из натуральных и химических волокон, первенство было отдано утеплителю, содержащему в своем составе волокна шерсти.

Установлено, что повышение влажности воздуха изменяет уровень теплозащиты материалов. На величину теплового сопротивления оказывает влияние также и микроклимат внутри пакетов, зависящий от физиологических процессов человеческого организма, окружающей среды, вида физической активности, особенностей состава материалов пакета и его конструкции.

В работе [104] Абрамовым А.В. содержится идея, что за счет материалов с улучшенными свойствами для формирования пакетов возможно регулировать температурно-влажностные процессы. К данным улучшенным свойствам относят:

-возможность утепляющего пакета поглощать выделяющееся тепло от физической активности человеческого организма, а также способность выделению тепла в состоянии покоя или понижении температуры;

-способность направлять процесс выведения влаги независимо от внешних условий;

-способность управлять процессом проницаемости в одностороннем порядке, сохраняя защиту от внешней влаги и пониженных температур.

В результате исследований [126] были предложены рекомендации по подбору материалов для стелек в зависимости от интенсивности увлажнения. Использование металлизированных материалов обеспечивает сохранение тепла при значительном количестве внутренней влаги, а при малых физических нагрузках было рекомендовано использовать войлочные материалы.

В работах [127-128] изучался вопрос влияния состава волокон нетканых материалов на физико-механические свойства. Было установлено, что добавление в состав войлоков волокон вискозы и полиамида приводит к снижению теплофизических характеристик материалов.

В работе Мурашовой В.Е. [68] с помощью математического моделирования определены зависимости технологических характеристик и содержания химических волокон на потребительские свойства нетканых материалов, в том числе и на теплозащитные свойства пакетов для одежды.

Авторами Делль Р.А., Афанасьевой Р.Ф., Чубаровой З.С. в [129] было установлено, что характер зависимости величины теплового сопротивления пакета от его толщины меняет вид от линейного до нелинейного в определенных пределах.

Проводились исследования для определения степени влияния воздухопроницаемости пакетов одежды на их теплозащитные свойства [130-131]. Было установлено, что в зависимости от величины коэффициента воздухопроницаемости уменьшается или сохраняется неизменным величина теплового сопротивления. Чем выше коэффициент воздухопроницаемости, тем больше влияет воздухопроницаемость на теплозащитные свойства, которые уменьшаются в зависимости от скорости и направления ветра.

Суммарное тепловое сопротивление пакета верхней одежды при нахождении человека в состоянии покоя под воздействием ветра меняется иначе,

чем при движении. Теплозащитные свойства утепляющего многослойного материала снижаются из-за роста значений коэффициента теплоотдачи и по причине увеличения внутренней конвекции.

В экспериментах по изучению теплопроводности пакетов одежды [129] установлено, что рельеф поверхности образцов (гладкий, длинный и густой ворс) оказывает существенное влияние на коэффициенты теплоотдачи (до 40%) при свободной конвекции по причине сокращения скорости потоков воздуха, а также выполнения ворсом роли экрана для теплового излучения. В исследованиях теплозащитных свойств обуви [132] также было подтверждено влияние рельефа внешней поверхности на теплоотдачу в связи с ростом пограничного воздушного слоя на поверхности обуви.

Прохоров В.Т. в монографии [133] пишет о необходимости учета влияния географических особенностей нашей страны, в частности о нахождении в ряде различных климатических поясов (субтропики, Арктика и других), при производстве обувных изделий. Первоочередная роль при анализе различных факторов должна принадлежать областям использования обуви, а также уровню ее теплозащиты.

После проведения изучения различных подходов к исследованию и оценке теплофизических свойств текстильных материалов были сделаны следующие выводы.

Анализируя методы экспериментального определения коэффициента теплопроводности волокнистых материалов, был сделан вывод, что приборы для применения стационарного метода малоэффективны из-за длительности проведения исследований, применения специальных устройств для теплоизоляции, потребности в значительном количестве термопар и прочее.

Более эффективно использовать приборы для использования метода регулярного теплового режима, благодаря относительной простоте, точности проведения эксперимента, независимости его результатов от влияния исходного теплового состояния образцов.

Изучены результаты различных исследований теплопроводности иглопробивных нетканых материалов, проведения оценки теплового сопротивления элементов и пакетов верхней одежды и обуви для различных климатических условий. Установлено, что необходимо учитывать следующие принципы для расчета теплозащитных свойств [121]**:**

-необходимости проветривания пространства под одеждой и обувью с целью охлаждения с учетом энергозатрат человека, находящегося в покое и физической активности;

-возможности поддержания теплового равновесия путем увеличения физической деятельности человека;

-свойства изменяются в зависимости от вида деятельности и метеорологических условий (в том числе ветра).

В настоящем времени для производства теплозащитной одежды и обуви используется большой ассортимент материалов, в том числе и многослойных утеплителей. Их выбор определяется конкретными параметрами теплоизоляции.

Применение аппарата математического моделирования многофакторного эксперимента позволяет устанавливать статистические зависимости свойств многослойных утеплителей от различных управляемых параметров для обоснования подбора оптимальных значений.

Необходимо определять взаимное влияние материалов и их свойств на суммарное тепловое сопротивление.

Результаты различных исследований показали, что теплопроводность исследуемых материалов линейно зависит от их объемной плотности, а также от их пористости.

На уровень теплозащиты многослойных утеплителей, содержащих материалы различного волокнистого состава и структуры, оказывают влияние конструктивные особенности, толщина, волокнистый состав, количество слоев, компонентный состав пакета, пористость материалов.

Искусственный мех относится к утепляющим материалам, которые пассивно участвуют в процессах терморегуляции благодаря низким значениям

коэффициентов теплопроводности и высоким значениям суммарного теплового сопротивления.

Для многослойных утеплителей важной характеристикой является суммарное тепловое сопротивление. Данный показатель учитывает толщину материалов и используется для оценки теплозащитных свойств утеплителей.

Повышение влажности воздуха снижает уровень теплозащиты материалов из-за процессов конденсации. Степень снижения теплового сопротивления утепляющего пакета определяется сорбционными свойствами его материалов.

Передача тепла и влаги в текстильных материалах зависит от их структурных характеристик и особенностей их взаимодействия с влагой.

Оценке и анализу теплофизических свойств различных утеплителей, используемых при производстве верхней одежды и обуви, основываясь на теоретических и экспериментальных данных, посвящено значительное количество исследований, экспериментов и разработок.

Научная новизна проведения исследований состоит в оценке теплофизических свойств многослойных утеплителей различного волокнистого состава и структуры, полученных из исходных и регенерированных волокон, натуральных и химических волокон, в том числе отходов производств - волокон шерсти верблюда, а также в разработке нового ассортимента многослойных утеплителей различного волокнистого состава и структуры на основании методологического подхода к оценке и рациональному применению.

Выводы по первой главе

1. Для решения актуальной задачи обеспечения национального товарно-сырьевого и технологического суверенитета перспективным направлением является разработка технологических решений в области производства утеплителей нового поколения с многофункциональными свойствами.

2. Актуальность темы направлена на разработку технологии получения многофункциональных утепляющих текстильных материалов различного волокнистого состава и структуры при использовании отходов производств, регенерированных волокон.

4. Динамика рынка современных видов нетканых утепляющих материалов претерпевает изменения, но спрос на эту продукцию держится на достаточно высоком уровне благодаря особенностям климата РФ.

5. В области улучшения свойств текстильного сырья, применения новых видов волокон актуальны и перспективны разработки, основанные на использовании волокон шерсти верблюда.

6. Многослойные утеплители различного волокнистого состава и структуры, производство которых решает проблему сохранения сырьевых ресурсов, представляют собой текстильные материалы сложной структуры, обладающие уникальными и специфическими свойствами, находящими применение в различных областях.

7. Благодаря особенностям строения, волокна шерсти верблюда как вид натуральных биологически активных волокон находит применение и для производства изделий личного (индивидуального) потребления в терапевтических и профилактических целях.

8. Востребованность многослойных нетканых материалов как утеплителей, связана с их высокими теплозащитными свойствами и невысокой стоимостью используемого сырья.

9. Теплозащитные свойства многослойных утепляющих материалов различного волокнистого состава и структуры имеют огромное значение при пониженных температурах окружающей среды, влияя на нормальное тепловое состояние всего организма человека. Возможно моделирование эксплуатационной эффективности многослойных систем утепляющих материалов для обуви.

10. Суммарное тепловое сопротивление учитывает толщину материалов и наиболее эффективно используется для оценки теплозащитных свойств многослойных утеплителей.

11. К основным направлениям зарубежных и отечественных научных разработок относятся вопросы повышения функциональности, эргономичности современных видов многослойных утепляющих материалов и изделий из них.

12. Актуальность приобретают новые пути улучшения качества текстильных материалов совместно с решением проблем ресурсосбережения, экологии, использования вторичных ресурсов, в том числе отходов текстильных производств, регенерированных волокон.

2 РАЗРАБОТКА МНОГОСЛОЙНЫХ УТЕПЛИТЕЛЕЙ РАЗЛИЧНОГО ВОЛОКНИСТОГО СОСТАВА И СТРУКТУРЫ. ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

2.1 Разработка технологии получения текстильных материалов различного волокнистого состава и структуры

С целью проектирования многослойных утеплителей различного волокнистого состава и структуры с позиций экологической безопасности и рационального природопользования необходимо провести разработку технологии получения текстильных материалов различного волокнистого состава и структуры, содержащих отходы производств: верблюжью шерсть и регенерированные волокна, применяя концептуальный подход.

В работе определены и решены основные задачи:

-разработка многослойных утеплителей с функциональными группами различного содержания;

-разработка и получение различных образцов двухслойных, трехслойных и многослойных утепляющих материалов;

-разработка методологии оценки и рационального применения многослойных материалов различного волокнистого состава и структуры в соответствии с условиями эксплуатации.

2.1.1 Разработка утепляющих материалов с функциональными группами различного содержания

Разработка технологических решений в области производства нетканых

утеплителей с многофункциональными свойствами может решаться разными способами. В работе выбрано направление использования комплексного системного подхода:

-сочетание натуральных и химических волокон при производстве утеплителей;

-технологическое решение по применению нового вида сырья (волокон шерсти верблюда), обладающего комплексом различных уникальных свойств, для оптимизации соотношения качества и затрат;

-использование исходного и регенерированного сырья;

-использование различных материалов, в том числе металлизированных пленок, трикотажных сеток;

-сочетание различных способов производства многослойных нетканых утепляющих материалов - примение комбинированного способа (Приложение А), который включает сочетание клеевого способа соединения слоев и иглопробивного способа с учетом различных технологических параметров используемого технологического оборудования [134].

Для решения задачи разработки слоев разного функционального содержания для утепляющих материалов были определены следующие группы:

а) **Теплозащитная группа** - содержащая в составе волокна шерсти (в том числе верблюжьей, которые благодаря особому строению, обеспечивают дополнительную теплоизоляцию, сухое тепло, высокое водопоглощение и хорошее выведение влаги).

б) **Комбинированная группа** - выполняет несколько функций: способствует росту теплозащитных свойств, повышает комфорт за счет улучшения процессов выведения влаги, является барьером для внешних холодных воздушных потоков.

в) **Дополнительная улучшающая группа** - обеспечивает дополнительную теплозащиту и (или) способствует дополнительному повышению комфортности, благодаря созданию условий для вентиляции и выведению конденсата, или защищает от износа истирания в процессе эксплуатации.

При различных вариантах комбинаций данных групп слоев в структуре утеплителей создаются двухслойные, трехслойные или многослойные системы утепляющих материалов различного волокнистого состава, в которых создаются оптимальные условия для эксплуатации путем повышения уровня теплозащиты и комфортности при различных температурных условиях.

На основе определенных функциональных групп слоев была разработана **классификация** типов утепляющих материалов различного волокнистого состава и структуры по степени повышения их функциональности (рисунок 2):

а) **Основной тип (1)** - обеспечивающие теплозащиту.

Содержат один слой теплозащитной группы.

б) **Основной тип (2**) - обеспечивающие повышенную теплозащиту в сочетании с комфортностью от улучшения гигиенических свойств при эксплуатации.

Содержат 2 слоя - теплозащитную и комбинированную группу слоев.

в) **Основной тип (3)** - обеспечивающие повышенную теплозащиту в сочетании с комфортностью и с защитой от износа истирания при эксплуатации.

Содержат 3 слоя - теплозащитную, комбинированную и дополнительную улучшающую группу слоев.

г) **Улучшенный тип (1-3)** - основные, в сочетании с другими утепляющими материалами, обеспечивающими дополнительную теплозащиту.

Содержат два теплозащитных слоя основной и дополнительной группы слоев, могут содержать комбинированную, дополнительную улучшающую группу слоев; содержит две и более группы слоев.

д) **Многофункциональный тип** - сочетающие улучшенные типа (1-3) разными группами слоев в различных комбинациях.

Содержат несколько слоев различных групп.

Рисунок 2 – Схема классификации типов утепляющих материалов

2.1.2 Разработка двухслойных, трехслойных и многослойных утепляющих материалов различного волокнистого состава

По приведенной в разделе 2.1.1. **классификации** типов утепляющих материалов были разработаны утеплители различного волокнистого состава и структуры, содержащие нетканые материалы и другие компоненты.

При разработке многослойных утеплителей различного волокнистого состава и структуры на основе нетканых материалов (**Основного типа 1**) использовались материалы:

-полимерная металлизированная пленка, содержащая покрытие из алюминия, которое нанесено в условиях вакуума - (Пэ-п-сп), толщина пленки - 40 и 20 мкм;

-трикотажная сетка основовязаная (К95-160), состав - полиэфирные нити;

-искусственный мех на трикотажной основе (поперечно-вязаной), с различной высотой ворса, содержащего полиэфирные волокна, шерстяные волокна;

-сукно (полотняное переплетение), содержащее шерсть - 60%, полиэфирные волокна - 40%.

В ходе выполнения диссертационной работы были наработаны следующие утепляющие материалы различного волокнистого состава и структуры:

- **Основного типа (2)**: двухслойные нетканые иглопробивные материалы, содержащие натуральные и химические волокна, в том числе волокна шерсти верблюда, дублированные металлизированной пленкой.

- **Улучшенного типа (1-3)**: двухслойные, трехслойные, многослойные материалы, содержащие натуральные и химические волокна, (в том числе волокна шерсти верблюда, регенерированные волокна), металлизированную пленку, трикотажную сетку, в сочетании с искусственным мехом на трикотажной основе, содержащим натуральные и химические волокна, в том числе волокна шерсти верблюда.

- **Многофункционального типа**: многослойные утепляющие материалы, содержащие натуральные и химические волокна, в том числе волокна шерсти верблюда, металлизированную пленку, в сочетании с искусственным мехом на трикотажной основе, содержащим натуральные и химические волокна, в том числе волокна шерсти верблюда.

Основные технологические операции при получении нетканых иглопробивных утепляющих материалов (**Основной тип 1**):

а) сортировка сырья;

б) составление смеси волокон;

в) процессы рыхления, смешивания, замасливания;

г) процесс чесания

д) формирование холста

е) получение иглопробивного полотна

Используемое технологическое оборудование (Приложение А):

- машина щипально-замасливающая;
- механизированный расходный лабаз;
- машина чесальная;
- преобразователь прочеса;
- агрегат иглопробивной.

Выработка двухслойного утепляющего материала - **Основной тип (2)** - нетканый иглопробивной материал, содержащий натуральные и химические

волокна, в том числе волокна шерсти верблюда, дублированный металлизированной пленкой (образец 8):

-1 слой (теплозащитная группа) содержит нетканый иглопробивной материал, имеющий состав: полиэфирное волокно - 20%, шерсть верблюжья (очес) - 80%;

-2 слой (комбинированная группа) содержит металлизированную пленку (толщина 40 мкм).

Слои соединены иглопробивным способом на иглопробивном агрегате, состоящим из транспортера, двух плит (верней и нижней), игольницы, совершающей возвратно-поступательные движения вниз-вверх, пары валиков.

Выработка трехслойного утепляющего материала - **Улучшенный тип (2)** - триплированные материалы, содержащие натуральные и химические волокна, в том числе волокна шерсти верблюда, металлизированную пленку, в сочетании с искусственным мехом на трикотажной основе, содержащим натуральные и химические волокна, в том числе волокна шерсти верблюда (образцы 2, 3, 5, 7):

-1 слой (дополнительная улучшающая группа) - искусственный мех на трикотажной основе, основа - полиэфирное волокно, состав ворса: полиэфирное волокно - 60, 50, 80%, шерсть верблюжья (очес) - 40, 50, 20%;

-2 слой (теплозащитная группа) содержит нетканый иглопробивной материал, имеющий состав: полиэфирное волокно - 100%;

-3 слой (комбинированная группа) содержит металлизированную пленку (толщина 40, 20 мкм).

Последовательность технологических этапов получения трехслойных материалов:

а) Слои 2 и 3 (2 плюс 3) соединены иглопробивным способом на иглопробивном агрегате. Получен дублированный нетканый материал.

б) Слои 1 и (2 плюс 3) соединяются клеевым способом по технологии порошкового дублирования на порошковом дублирующем оборудовании.

Для склеивания применялся современный, экологичный композиционный полимерный материал «ЭВА» («Сэвилен»). Через специальное сито порошок

подается на ленту с дублированным нетканым материалом, далее происходит нагрев в печи при температуре 160°С.

Соединение слоя 1 и дублированного нетканого материала происходит посредством склеивания поверхностей расплавленным порошком.

Далее трехслойный материал подается на валы, где происходит укрепление соединения слоев материалов за счет давления.

При использовании данного клеевого способа выработан двухслойный дублированный материал - **Улучшенный тип (1)** - суконный материал содержащий натуральные и химические волокна в сочетании с искусственным мехом на трикотажной основе - (образец 1). Наработанный для сравнения образец 1 содержит волокна овечьей шерсти:

-1слой (дополнительная улучшающая группа) - искусственный мех на трикотажной основе, основа - полиэфирное волокно, состав ворса - полиэфирное волокно - 100%;

-2 слой (теплозащитная группа) содержит сукно (шерсть овечья - 60%, полиэфирное волокно - 40%.)

Последовательность технологических этапов получения двухслойного материала:

а) Слои 1 и 2 (1 плюс 2) соединяются клеевым способом по технологии порошкового дублирования на порошковом дублирующем оборудовании.

Выработка многослойного утепляющего материала - **Улучшенный тип (3)** - многослойные материалы, содержащие натуральные и химические волокна, в том числе волокна шерсти верблюда, регенерированные волокна, металлизированную пленку, трикотажную сетку, в сочетании с искусственным мехом на трикотажной основе, содержащим натуральные и химические волокна, в том числе волокна шерсти верблюда (образцы 4 и 6):

-1 слой (дополнительная улучшающая группа) - искусственный мех на трикотажной основе, основа - полиэфирное волокно, состав ворса: полиэфирное волокно - 40%, шерсть верблюжья (очес) - 60%;

-2 слой (теплозащитная группа) содержит нетканый иглопробивной

материал, имеющий состав: полиэфирное волокно - 40, 55%, регенерированное волокно (шерсть, акрил) - 60, 45%;

-3 слой (комбинированная группа) содержит металлизированную пленку (толщина 40 мкм).

-4 слой (дополнительная улучшающая группа) содержит трикотажную сетку, защищающую металлизированную пленку (3 слой) от истирания при эксплуатации.

Последовательность технологических этапов получения многослойных материалов:

а) Слои 2, 3 и 4 (2 плюс 3 плюс 4) соединены иглопробивным способом на иглопробивном агрегате.

б) Слои 1 и (2 плюс 3 плюс 4) соединяются клеевым способом по технологии порошкового дублирования на порошковом дублирующем оборудовании.

Для склеивания применялся современный, экологичный композиционный полимерный материал «ЭВА» («Сэвилен»). Через специальное сито порошок подается на ленту с нетканым материалом, далее происходит нагрев в печи при температуре 160°С.

Соединение слоя 1 и триплированного нетканого материала происходит посредством склеивания поверхностей расплавленным порошком.

Далее многослойный материал подается на валы, где происходит укрепление соединения слоев материалов за счет давления.

Выработка многослойного утепляющего материала-**Многофункциональный тип** - многослойные иглопробивные материалы, содержащие натуральные и химические волокна, в том числе волокна шерсти, металлизированную пленку, в сочетании с искусственным мехом на трикотажной основе, содержащим натуральные и химические волокна (образцы 10, 9); образец 10 содержит волокна шерсти верблюда, наработанный для сравнения образец 9 содержит волокна овечьей шерсти).

Образец 10 содержит:

-1 слой (дополнительная улучшающая группа) - искусственный мех на трикотажной основе, основа - полиэфирное волокно, состав ворса: полиэфирное волокно - 40%, шерсть верблюжья (очес) - 60%;

-2 слой (теплозащитная группа) содержит нетканый иглопробивной материал, имеющий состав: полиэфирное волокно - 20%, шерсть верблюжья (очес) - 80%;

-3 слой (комбинированная группа) содержит металлизированную пленку (толщина 40 мкм);

-4 слой (дополнительная улучшающая группа*)* содержит нетканый иглопробивной материал, имеющий состав: полиэфирное волокно - 100%;

-5 слой (комбинированная группа) содержит металлизированную пленку (толщина 20 мкм).

Последовательность технологических этапов получения многослойных материалов:

а) Слои 2 и 3 (2 плюс 3) соединены иглопробивным способом на иглопробивном агрегате. Получен дублированный нетканый материал.

б) Слои 4 и 5 (4 плюс 5) соединены иглопробивным способом на иглопробивном агрегате. Получен дублированный нетканый материал.

в) Слои из 2-х дублированных нетканых материалов: (2 плюс 3) плюс (4 плюс 5) соединены иглопробивным способом на иглопробивном агрегате. Получен многослойный иглопробивной материал.

г) Слои 1 и ((2 плюс 3) плюс (4 плюс 5)) соединяются клеевым способом по технологии порошкового дублирования на порошковом дублирующем оборудовании.

Для склеивания применялся современный, экологичный композиционный полимерный материал «ЭВА» («Сэвилен»). Через специальное сито порошок подается на ленту с дублированным нетканым материалом, далее происходит нагрев в печи при температуре 160°С.

Соединение слоя 1 и дублированного нетканого материала происходит посредством склеивания поверхностей расплавленным порошком.

Далее многослойный материал подается на валы, где происходит укрепление соединения слоев материалов за счет давления.

Функциональность слоев разработанной многослойной системы утеплителей различного волокнистого состава и структуры:

1) теплозащитная группа - второй слой, благодаря особым свойствам волокон шерсти верблюда, обеспечивает сухое тепло, высокое водопоглощение, а также выведение влаги, дополнительную теплоизоляцию обеспечивает воздух, находящийся в полых волокнах верблюжьей шерсти;

2) комбинированная группа - третий и пятый слои, которые выполняют несколько функций: улучшение теплозащитных свойств системы за счет увеличения теплового сопротивления, способствуют росту температуры внутри системы путем предотвращения процесса излучения при теплообмене, минимизируют количество возвращенной к внутренним слоям сконденсированной влаги и, благодаря перфорированию, обеспечивают ее отведение из системы, при этом пятый (внешний) слой выполняет еще барьерную функцию для холодных воздушных потоков;

3) дополнительная улучшающая группа:

-первый слой, благодаря особым свойствам волокон шерсти верблюда, обеспечивает сухое тепло, высокое водопоглощение, а также выведение влаги, дополнительную теплоизоляцию обеспечивает воздух, находящийся в полых волокнах верблюжьей шерсти;

-четвертый слой, повышающий комфортность, благодаря созданию условий для вентиляции и выведению конденсата из системы, в сочетании с теплозащитной функцией.

В этой многослойной системе утепляющего материала различного волокнистого состава создаются улучшенные эксплуатационные свойства путем повышения суммарного теплового сопротивления и комфортности при различных температурных условиях. Данный многослойный утеплитель различного волокнистого состава и структуры выработан при использовании отходов производств - волокон верблюжьей шерсти.

2.1.3 Методология оценки и рационального применения разработанных многослойных материалов различного волокнистого состава и структуры

При разработке **методологии оценки и рационального применения** разработанных многослойных материалов различного волокнистого состава и структуры использовался системный подход, включающий комплекс исследований, содержащих следующие этапы:

-сравнение и оценка механических и физических свойств полученных образцов многослойных утеплителей различного волокнистого состава и структуры;

-комплексная оценка свойств полученных образцов многослойных утеплителей различного волокнистого состава и структуры;

-анализ полученных данных;

-составление рекомендаций по рациональному применению образцов многослойных утеплителей различного волокнистого состава и структуры в соответствии с условиями эксплуатации.

Для исследований и оценки были выбраны разработанные образцы (таблица 1) утепляющих материалов различного волокнистого состава (графа 4) и структуры (графа 2), выработанных с использованием исходных и регенерированных, натуральных и химических волокон, в том числе с различным содержанием отходов производств - волокон верблюжьей шерсти.

Таблица 1 – Описание образцов утеплителей

Условное обозначение и тип	Структура образца	Компонентный состав	Волокнистый состав
1	2	3	4
Образец 1 **Улучшенный тип (1)**	Двухслойный материал	Мех на трикотажной основе	Полиэфирные волокна - 100%
		Сукно	Полиэфирные волокна - 20%, шерсть овечья - 80%

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
Образец 2 **Улучшенный тип (2)**	Трехслойный материал	Мех на трикотажной основе	Полиэфирные волокна - 60%, шерсть верблюжья - 40%
		Нетканый иглопробивной материал	Полиэфирные волокна - 100%
		Металлизированная пленка 40 мкр.	-
Образец 3 **Улучшенный тип (2)**	Трехслойный материал	Мех на трикотажной основе	Полиэфирные волокна - 60%, шерсть верблюжья - 40%
		Нетканый иглопробивной материал	Полиэфирные волокна - 100%
		Металлизированная пленка 40 мкр.	-
Образец 4 **Улучшенный тип (3)**	Многослойный материал	Мех на трикотажной основе	Полиэфирные волокна - 40%, шерсть верблюжья - 60%
		Нетканый иглопробивной материал	Полиэфирные волокна - 40%, волокно регенерированное (шерсть, акрил) - 60%
		Металлизированная пленка 40 мкр.	-
		Сетка трикотажная	Полиэфирные волокна - 100%
Образец 5 **Улучшенный тип (2)**	Трехслойный материал	Мех на трикотажной основе	Полиэфирные волокна - 50%, шерсть верблюжья - 50%
		Нетканый иглопробивной материал	Полиэфирные волокна - 100%
		Металлизированная пленка 40 мкр.	-
Образец 6 **Улучшенный тип (3)**	Многослойный материал	Мех на трикотажной основе	Полиэфирные волокна - 40%, шерсть верблюжья - 60%
		Нетканый иглопробивной материал	Полиэфирные волокна - 55%, Волокно регенерированное (шерсть, акрил) - 45%
		Металлизированная пленка 40 мкр.	-
		Сетка трикотажная	Полиэфирные волокна - 100%
Образец 7 **Улучшенный тип (2)**	Трехслойный материал	Мех на трикотажной основе	Полиэфирные волокна - 80%, шерсть верблюжья - 20%
		Нетканый иглопробивной материал	Полиэфирные волокна - 100%
		Металлизированная пленка 20 мкр.	-

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
Образец 8 **Основной тип (2)**	Двухслойный материал	Нетканый иглопробивной материал	Полиэфирные волокна -20%, шерсть верблюжья - 80%
		Металлизированная пленка 40 мкр.	-
Образец 9 **Многофункциональный тип**	Многослойный материал	Мех на трикотажной основе	Полиэфирные волокна - 40%, шерсть овечья - 60%
		Нетканый иглопробивной материал	Полиэфирные волокна - 20%; шерсть овечья- 80%
		Металлизированная пленка 40 мкр.	-
		Нетканый иглопробивной материал	Полиэфирные волокна - 100%
		Металлизированная пленка 20 мкр.	-
Образец 10 **Многофункциональный тип**	Многослойный материал	Мех на трикотажной основе	Полиэфирные волокна - 40%, шерсть верблюжья - 60%
		Нетканый иглопробивной материал	Полиэфирные волокна -20%, шерсть верблюжья - 80%
		Металлизированная пленка 40 мкр.	-
		Нетканый иглопробивной материал	Полиэфирные волокна - 100%
		Металлизированная пленка 20 мкр.	-
Образец 11 **Основной тип (1)**	Однослойный материал	Мех на трикотажной основе	Полиэфирные волокна - 50%, шерсть овечья - 50%
Образец 12 **Основной тип (1)**	Однослойный материал	Мех на трикотажной основе	Полиэфирные волокна - 50%, шерсть верблюжья - 50%

Исследуемые образцы утеплителей различного волокнистого состава и структуры были разделены на 3 группы по количеству слоев (Приложение Б):

1) двухслойные образцы и компоненты (образцы 1, 8, 11, 12);

2) трехслойные образцы (образцы 2, 3, 5, 7);

3) многослойные образцы (образцы 4, 6, 9, 10).

Многослойные утепляющие материалы различного волокнистого состава и структуры находят широкое применение благодаря сочетанию своих особых

эксплуатационных свойств.

Экспериментальные исследования образцов проводились по общепринятым методикам [7,14]. Изменение механических свойств многослойных утепляющих материалов происходит под воздействием факторов внешней среды, различных условий эксплуатации определяется волокнистым составом, структурными характеристиками, конструктивными особенностями и способом получения образцов [135-137].

Структурные характеристики образцов содержатся в таблице 2. Исследования проведены по стандартным общепринятым методикам в лабораторных условиях.

Поверхностная плотность образцов (графа 2) определялась в соответствии с ГОСТ 3811 [22]. Толщина образцов (графа 6) определялась в соответствии с ГОСТ 12023 [20].

При исследовании образцов применялись теоретические основы материаловедения [7, 14, 28, 39].

Таблица 2 – Структурные характеристики образцов

Наименование образца	Поверхностная плотность, г/м²	Плотность вдоль петельных столбиков меха, петель на 10 см	Плотность по ширине петельных рядов меха, петель на 10 см	Высота ворса, мм	Толщина образца, мм	Коэффициент вариации,%
1	2	3	4	5	6	7
Образец 1	1130	110	120	16	20	4,88
Образец 2	850	100	90	12	16	3,24
Образец 3	860	90	100	14	18	6,25
Образец 4	1090	100	110	14	18	2,14
Образец 5	930	110	90	17	21	4,19
Образец 6	960	100	110	16	20	5,33

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7
Образец 7	800	120	120	12	16	5,00
Образец 8	500	-	-	-	2	4,94
Образец 9	1100	80	80	14	18	4,98
Образец 10	1580	90	90	19	24	4,26
Образец 11	360	90	70	9	12	3,35
Образец 12	400	90	70	11	14	2,77

Наибольшие значения неровноты по толщине (графа 7) показали образцы 3 и 6 по причине рыхлости нетканого материала, у остальных образцов значение коэффициента вариации не превышает 5%.

Для изучения изменения свойств образцов утепляющих материалов при различных условиях эксплуатации материалов были проведение следующие экспериментальные исследования.

2.2 Исследование механических свойств разработанных образцов утеплителей

Механические свойства многослойных утепляющих материалов изменяются под воздействием внешних сил с учетом входящих в состав утеплителей различных разнонаправленных волокон, наличия разного количества слоев и способов получения образцов.

2.2.1 Определение разрывной нагрузки и разрывного удлинения образцов утеплителей

Разрывная нагрузка и разрывное удлинение образцов определялись по ГОСТ 15902.3 [23] на испытательной системе «Инстрон» серии 4411. Рабочий размер пробы составил по длине - 100мм, по ширине - 50 мм. Скорость

движения верхнего зажима - 200 мм/мин. Результаты определения разрывной нагрузки и разрывного удлинения приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разрывная нагрузка и удлинение образцов

Наименование образца	Разрывная нагрузка по длине полотна, Н	Разрывная нагрузка по ширине полотна, Н	Разрывное удлинение по длине полотна, мм	Разрывное удлинение по ширине полотна, мм
Образец 1	453,15	588,05	42,32	52,12
Образец 2	304,05	815,05	131,55	171,45
Образец 3	346,8	827,00	75,76	104,7
Образец 4	546,85	758,70	150,1	79,91
Образец 5	499,70	779,45	95,61	136,65
Образец 6	315,05	536,75	94,45	46,08
Образец 7	385,65	552,2	118,65	82,22
Образец 8	181,72	375,26	122,42	107,96
Образец 9	1244,61	947,24	144,81	162,16
Образец 10	979,86	1004,54	118,14	137,52
Образец 11	284,35	136,46	74,09	188,72
Образец 12	269,68	147,88	70,22	147,71

Для анализа и оценки полученные результаты изображены в графическом виде. На рисунках 3-4 приведены результаты сравнения полученных данных для исследуемых образцов.

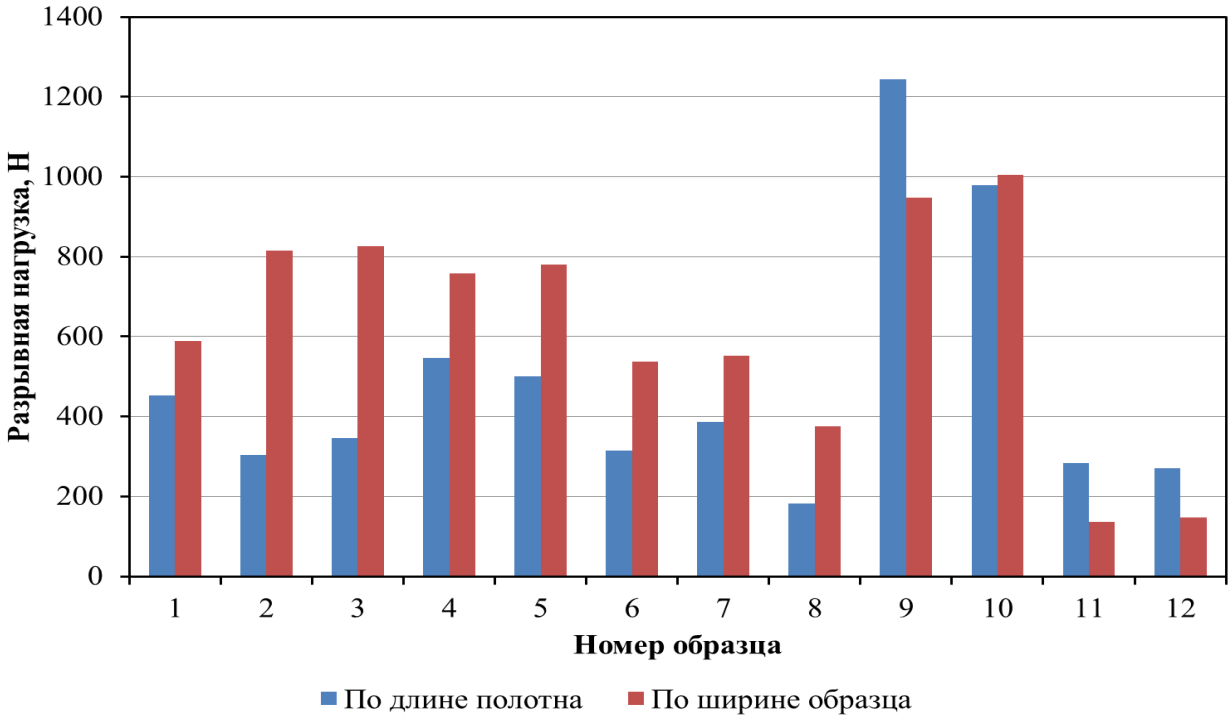

Рисунок 3– Сравнение разрывной нагрузки образцов

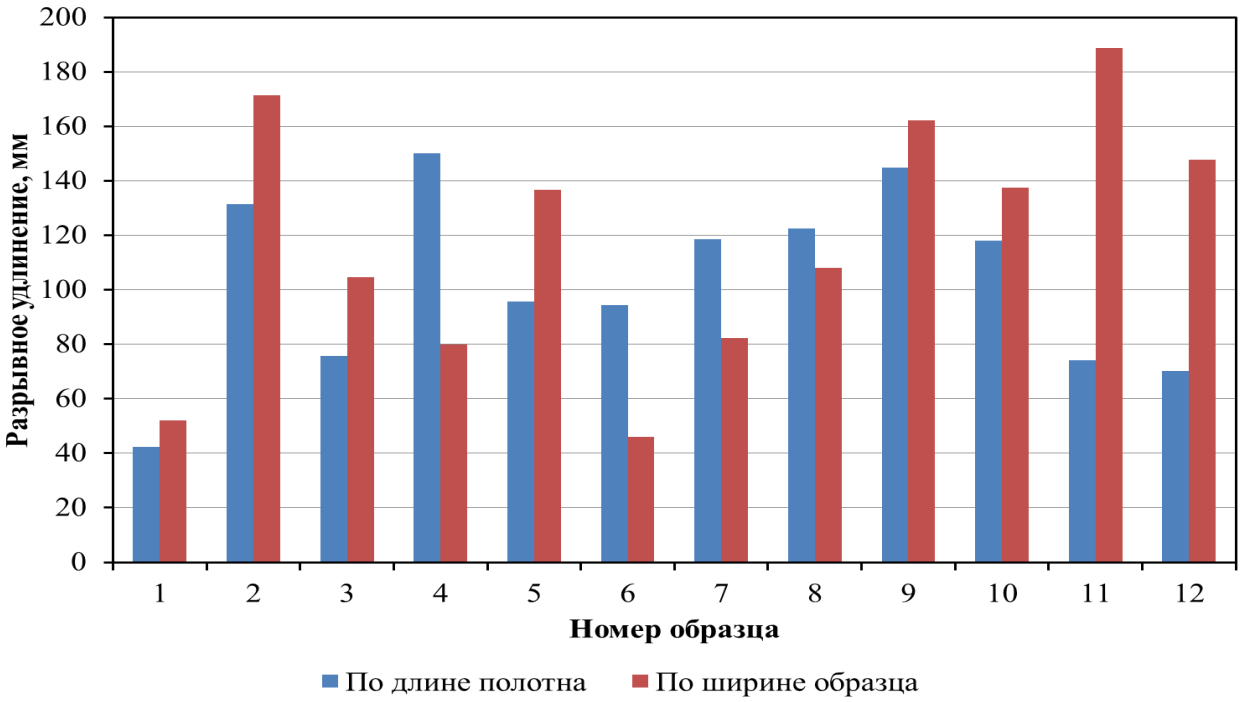

Рисунок 4 – Сравнение разрывного удлинения образцов

Образец 9 имеет наибольшие значения разрывной нагрузки по длине и ширине образцов. Образец 10 также имеет высокие значения прочности. У этих

образцов максимальная толщина и наибольшее количество слоев. У образца 8 наблюдается наименьшее значение разрывной нагрузки, что объясняется структурой образца.

Образцы 8, 11 и 12 имеют наименьшие показатели, так как у них наименьшее количество слоев. У образцов 9, 11 и 12 значения разрывной нагрузки по длине превосходят значения по ширине, что является следствием различия структурных характеристик, разной степени прочности связи слоев, особенностей их состава.

На величину разрывной нагрузки оказывают влияние состав и количество слоев (образец 1), толщина, наличие металлизированной пленки. У образцов 9 и 10 наибольшая толщина и количество слоев по сравнению с образцами 8, 11 и 12. Эти образцы имеют наименьшие значения толщины, количество слоев, слой нетканого материала (образец 8) имеет рыхлую структуру, что снижает силу сцепления между волокнами.

Значения величин разрывной нагрузки образцов варьируется в достаточно широком диапазоне - от 182 Н до 1245 Н по длине и от 136 Н до 1005 Н по ширине.

У некоторых образцов разница показаний по длине и ширине значительна (образцы 2-3, 8, 11-12). Это необходимо учитывать при производстве, раскрое готовых изделий.

У образцов 4 и 6, содержащих в своем составе регенерированные волокна, прочностные показатели находятся на среднем уровне и увеличиваются с ростом содержания регенерированных волокон.

Отличие значений разрывного удлинения также можно объяснить структурными характеристиками компонентов многослойных материалов, количеством слоев, разной степенью прочности связи слоев, их составом.

Разные характеристики образцов по значениям показателей разрывной нагрузки и удлинения в различных направлениях является следствием неоднородности их волокнистого состава.

2.2.2 Определение прочности при расслаивании образцов утеплителей

Прочность крепления слоев текстильных полотен связана с решением вопросов повышения качества многослойных утепляющих материалов и изделий из них.

Устойчивость к процессу расслаивания является значимым показателем, характеризующим многослойный утепляющий материал.

В связи с тем, что наработанные образцы утеплителей содержат несколько слоев, необходимо было оценить значения прочности образцов утеплителей при их расслаивании.

При анализе разработок и исследований по совершенствованию процессов формообразования и закрепления слоев утепляющих материалов и изделий был сделан вывод о перспективности развития клеевых технологий [8].

Основные направления исследований в данной области: внедрение новых видов клеевых составов; внедрение новых технологий; совершенствование процессов дублирования, триплирования.

Целью исследований в данной области является повышение прочности крепления слоев утепляющих материалов.

Проводились различные научные исследования по созданию формулы прогнозирования и расчета прочности соединения многослойных текстильных материалов, полученных клеевым способом.

Было установлено, что прочность адгезионных соединений зависит от степени проникновения полимерных связующих, от свойств пряжи [8].

Известны способы определения долговечности крепления клеевых соединений многослойных утеплителей, обладающих разными технологическими характеристиками, соединенных при использовании термопластичных клеев.

Это достигается при повышении прочности следующими способами:

-путем минимизации тепловой усадки, характерной для текстильных

материалов;

-путем обеспечения постоянной площади адгезионных взаимодействий материалов.

Совершенствование технологий производства многослойных утепляющих материалов и изделий из них достигается благодаря оптимальному подбору материалов в пакеты утеплителей (многослойных утепляющих материалов) при учете большого диапазона анизотропии их свойств.

Различные слои пакетов утеплителей подвергаются разной степени адгезии, которая зависит от технологических факторов, видов используемых полимерных клеев, а также типов используемых материалов.

Адгезия материалов в пакетах утеплителей определяется их волокнистым составом, особенностями структуры, предшествующими технологическими отделками.

На практике используют различные методы при исследовании прочности крепления текстильных материалов: разрушающие и неразрушающие.

Полученные данные о прочности крепления материалов в многослойном утепляющем материале позволяет спрогнозировать сроки, условия эксплуатации многослойных утепляющих материалов и изделий из них.

В работе приведены результаты исследования прочности многослойных утепляющих материалов при расслаивании на испытательной системе «Инстрон» серии 4411.

Результаты изучения прочности при расслаивании образцов приведены в графах 2-3 таблицы 4 и на рисунке 5.

Таблица 4 – Определение прочности при расслаивании образцов

Наименование образца	Прочность при расслаивании по длине полотна, Н	Прочность при расслаивании по ширине полотна, Н
1	2	3
Образец 1	28	35
Образец 2	22	26
Образец 3	17	9

Продолжение таблицы 4

1	2	3
Образец 4	16	11
Образец 5	19	57
Образец 6	26	23
Образец 7	45	66
Образец 8	4	8
Образец 9 первый и второй слои второй и третий слои	 30 20	 21 13
Образец 10 первый и второй слои второй и третий слои	 81 16	 28 16

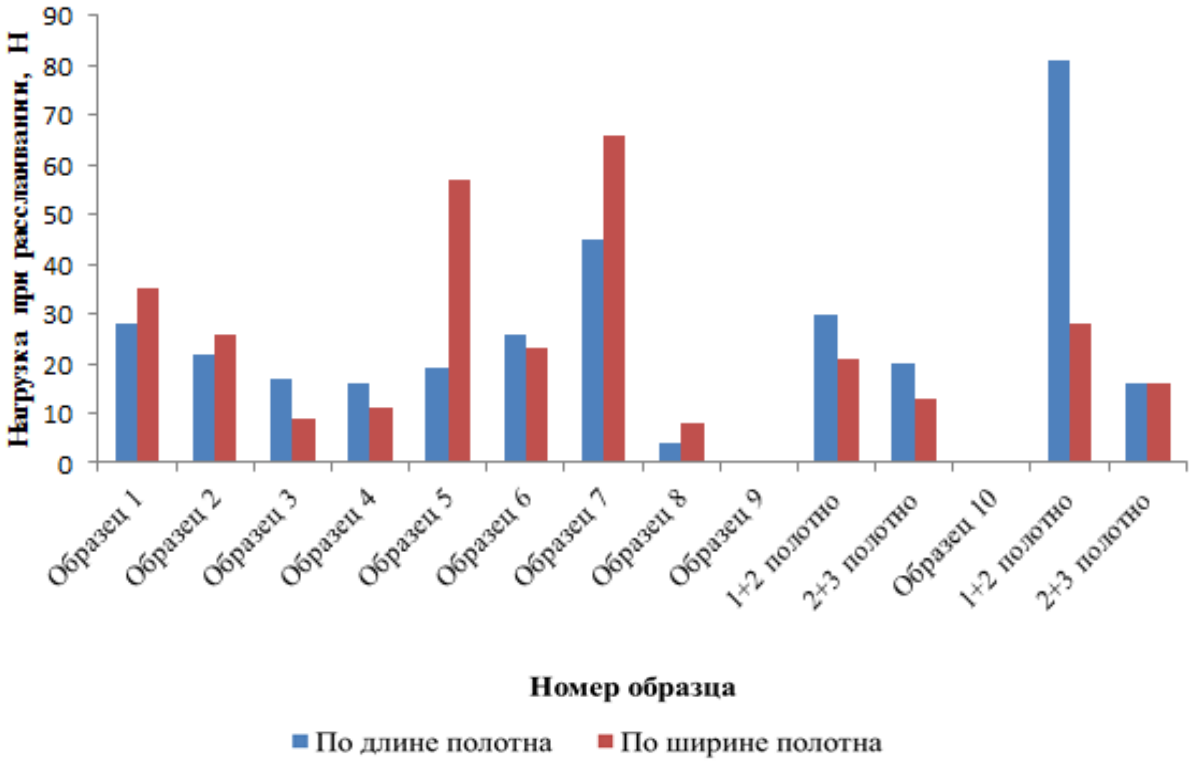

Рисунок 5 – Сравнение прочности при расслаивании образцов

Анализ результатов исследования прочности крепления слоев при расслаивании образцов многослойных утепляющих материалов позволил сделать следующие выводы.

Наибольшую прочность при расслаивании по длине показал образец 10, по ширине - образец 7. Эти образцы имеют один слой из искусственного меха на трикотажной основе. Расслаивание этих полотен происходит с большим усилием, так как данный показатель зависит от количества точек склеивания слоев утеплителей. Образцы 5 и 1 также показали высокие результаты.

Наименьшее значение прочности при расслаивании по длине и ширине имеет образец 8. Данный образец изготовлен иглопробивным методом при достаточно редком расположении игл.

Образцы 1 и 7, содержащие в своем составе искусственный мех на трикотажной основе с содержанием полиэфирных волокон от 80 до 100%, показали более высокий уровень прочности крепления слоев.

Образцы 2, 5, 6, 7, 9, 10, имеющие высокие показатели прочности крепления слоев, при визуальном осмотре и сравнении показали большее количество применяемого клея.

У многослойных образцов 9 и 10 вторые полотна расслаивались с меньшей нагрузкой, так как содержат материалы, соединенные иглопробивным способом с редким расположением игл.

Адгезия при контакте с расплавленными клеями и влияет на уровень прочности крепления слоев в многослойных утепляющих материалах.

При расслаивании клеевого соединения сначала подвергаются растягиванию и разрыву самые короткие и наименее прочные адгезионные связи, далее нарушается целостность более длинных и прочных.

При значительной величине нагрузки клеевого соединения в многослойных утеплителях в некоторых точках могут возникать деформационные процессы.

2.2.3 Определение устойчивости к деформации образцов

При оценивании механических свойств текстильных материалов на практике используются различные типы характеристик в зависимости от вида деформационного воздействия - сжатия, растяжения и других. После многократного повторения испытательного цикла получают многоцикловые характеристики, определяющие степень устойчивости текстильного материала при силовых воздействиях, деформациях.

В процессе эксплуатации изменяется толщина многослойного утеплителя, поэтому необходимо было рассмотреть изменение толщины образцов в зависимости от количества циклов сжатия.

Проведено исследование деформации сжатия образцов многослойных утеплителей. В работе использовался методический подход к определению устойчивости к многократному сжатию для многослойных утеплителей различного волокнистого состава и структуры [138].

Исследования устойчивости к многократному сжатию образцов многослойных утеплителей различного волокнистого состава и структуры проводились на испытательной системе «Инстрон» серии 4411 с применением специальной насадки для сжатия.

Диаметр пробы, имеющей круглую форму, составил 10 см. Результаты исследований образцов содержатся в графах 2-6 таблицы 5 и на рисунке 6. Все рассматриваемые образцы описываются линейной зависимостью.

Таблица 5 – Результаты исследования толщины образцов

Наименование образца	Исходный образец, мм	После 50 циклов, мм	После 100 циклов, мм	После 150 циклов, мм	После 200 циклов, мм
1	2	3	4	5	6
Образец 1	20	19	17	15	12
Образец 2	16	15	12	9	7

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6
Образец 3	18	17	15	13	11
Образец 4	18	17	16	14	12
Образец 5	21	18	15	12	9
Образец 6	20	19	16	14	11
Образец 7	16	13	11	8	6
Образец 8	2	2	1	1	1
Образец 9	18	17	14	12	9
Образец 10	24	23	20	18	16
Образец 11	12	11	8	6	4
Образец 12	14	13	10	8	5

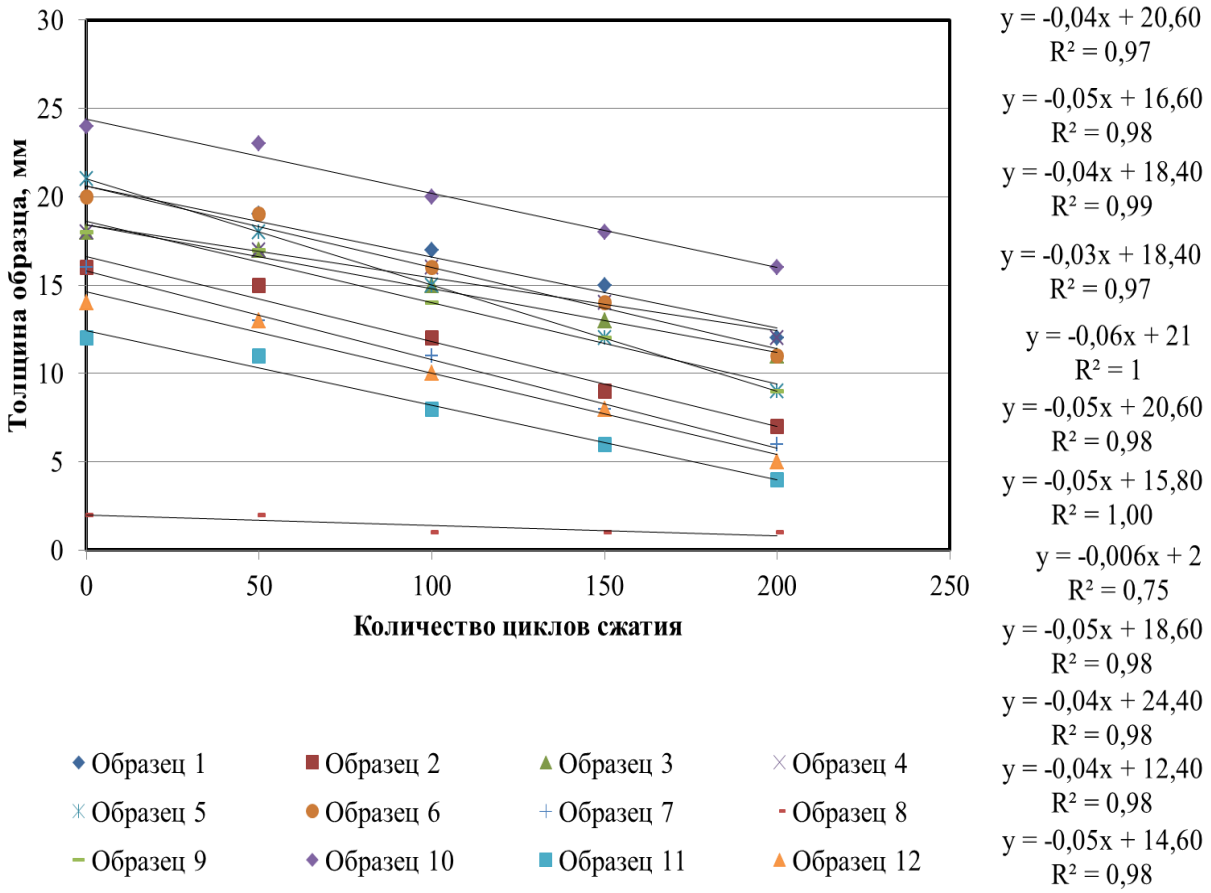

Рисунок 6 – Зависимость толщины образцов от количества циклов сжатия

Наилучшие результаты показали образцы 10 и 4. Значительно сократилась толщина после сжатия у образцов 11 и 12.

Для изучения влияния влажности на устойчивость к деформации сжатия было проведено сравнительное исследование сухих и влажных образцов. Результаты экспериментальных исследований сухих и влажных образцов утеплителей приведены в таблицах 6-8 (графы 2-6) и на рисунках 7-8.

Сжатие многослойных утеплителей при эксплуатации сопровождается деформацией. Изменению подвергаются их толщина и плотность. Деформации многослойных утеплителей определяется упругими свойствами волокон и плотностью исходных материалов, а также и характером и величиной нагрузки. Изменение толщины многослойных утеплителей происходит по причине уменьшения расстояния между волокнами.

Таблица 6 – Результаты исследования толщины и устойчивости к деформации сухих образцов

Наименование образца	Исходный образец, мм	После 5 циклов, мм	После 10 циклов мм	Устойчивость к деформации,%	Образец через 48ч., мм
Образец 1	20,00	20,00	20,00	100,00	20,00
Образец 2	16,00	14,60	14,60	93,10	14,60
Образец 3	18,00	17,00	17,00	93,80	17,00
Образец 4	18,00	16,80	16,80	92,90	16,80
Образец 5	21,00	17,70	17,70	86,10	17,70
Образец 6	20,00	20,00	20,00	100,00	20,00
Образец 7	16,00	13,00	13,00	76,90	13,00
Образец 8	2,00	2,00	2,00	100,00	2,00
Образец 9	18,00	16,90	16,90	93,90	16,90
Образец 10	24,00	22,60	22,60	93,60	22,60
Образец 11	12,00	12,00	12,00	100,00	12,00
Образец 12	14,00	14,00	14,00	100,00	14,00

Таблица 7 – Результаты исследования толщины и устойчивости к деформации влажных образцов

Наимено-вание образца	Исход-ный образец, мм	После 5 циклов, мм	После 10 циклов, мм	Устойчивость к деформации,%	Образец через 48ч., мм
Образец 1	20,00	18,00	18,00	88,30	18,00
Образец 2	16,00	16,00	15,00	90,30	15,00
Образец 3	18,00	17,00	15,00	81,30	15,00
Образец 4	18,00	16,00	15,00	82,20	16,00
Образец 5	21,00	18,40	18,40	82,40	20,10
Образец 6	20,00	19,50	19,50	97,00	19,50
Образец 7	16,00	14,50	12,00	69,20	13,00
Образец 8	2,00	2,00	1,50	90,90	1,50
Образец 9	18,00	16,00	13,00	72,10	14,00
Образец 10	24,00	22,00	21,80	89,90	23,40
Образец 11	12,00	12,00	11,40	93,80	11,90
Образец 12	14,00	13,00	13,00	91,10	13,90

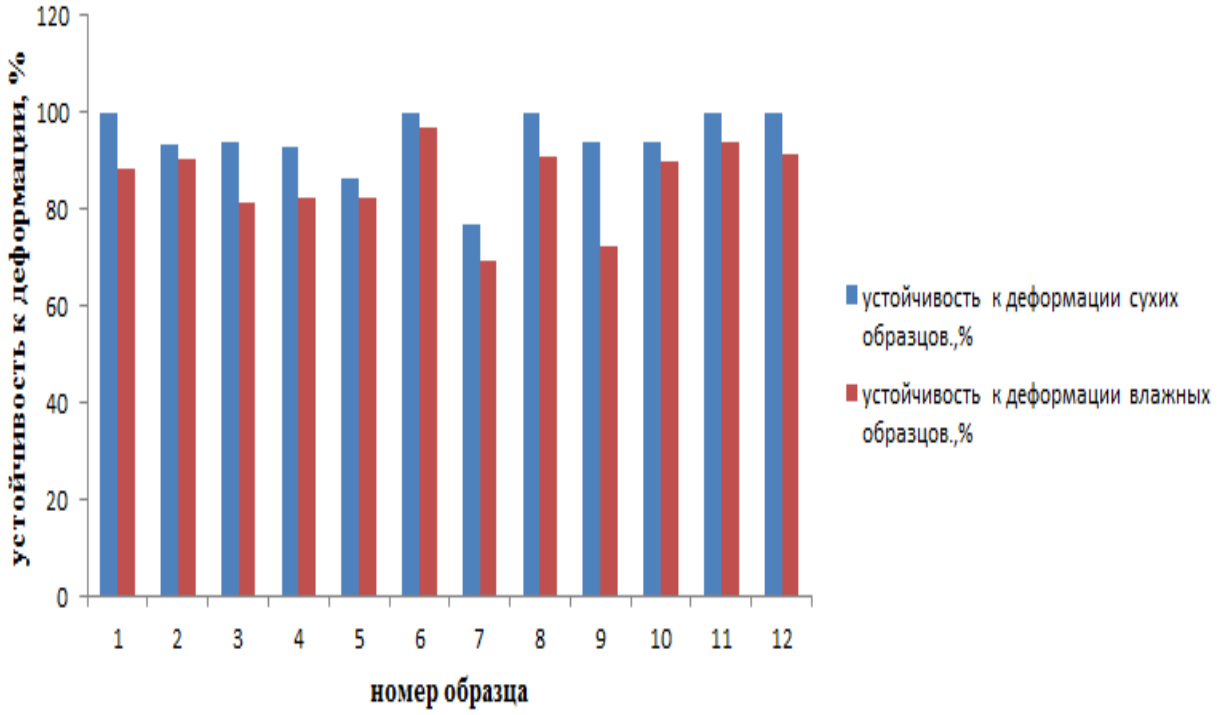

Рисунок 7 – Сравнение устойчивости к деформации образцов

Таблица 8 – Определение усилия после многократного сжатия образцов

Наименование образца	Сухие образцы		Влажные образцы	
	После 5 циклов, Н	После 10 циклов, Н	После 5 циклов, Н	После 10 циклов, Н
Образец 1	11,0	38,8	44,2	51,7
Образец 2	12,8	19,1	22,5	42,8
Образец 3	19,3	20,2	23,6	24,4
Образец 4	28,5	29,8	36,9	49,1
Образец 5	32,1	56,5	76,4	88,1
Образец 6	24,4	24,8	26,4	30,5
Образец 7	17,3	19,6	22,4	28,4
Образец 8	9,1	9,5	11,0	12,0
Образец 9	118,9	132,5	161,2	218,0
Образец 10	141,1	195,4	278,4	407,1
Образец 11	8,7	8,8	12,2	16,4
Образец 12	9,1	9,4	12,7	18,8

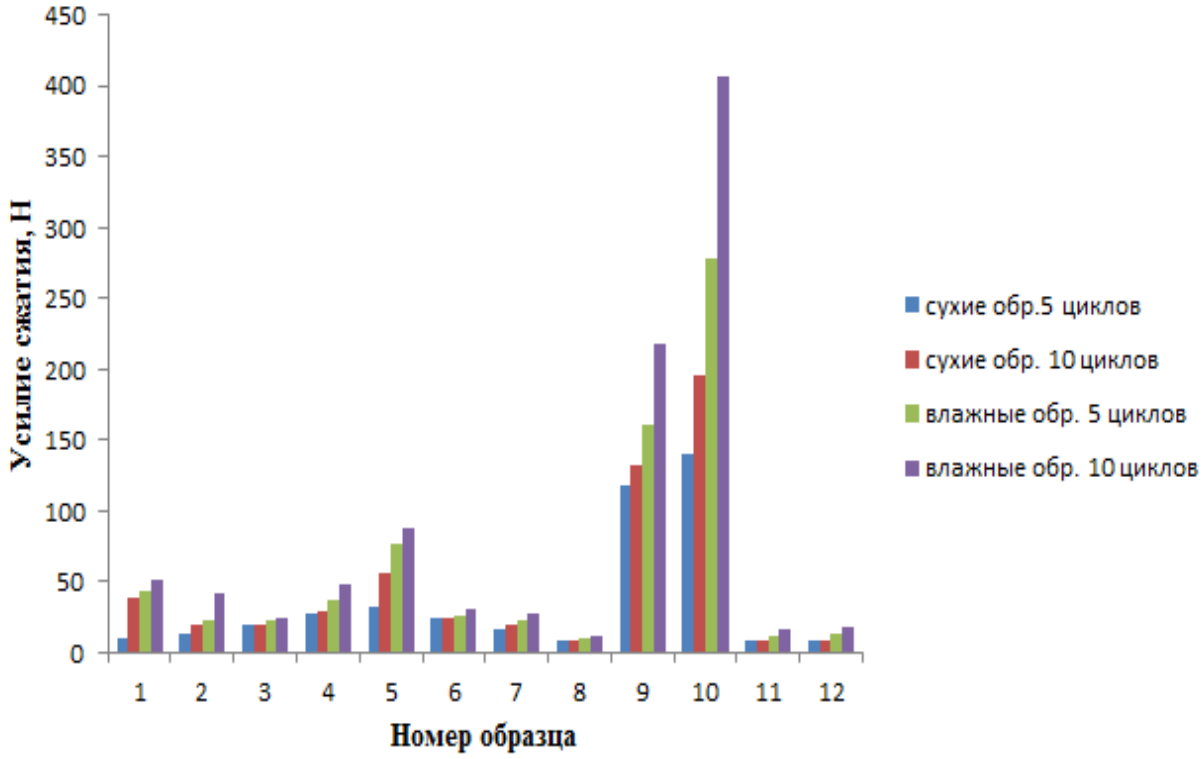

Рисунок 8 – Влияние влажности на усилие сжатия образцов

После анализа полученных экспериментальных и расчетных данных был сделан вывод, что с увеличением влажности и количества циклов сжатия устойчивость к деформации образцов снижается, значительно - у образцов 9, 3.

Наиболее высокие результаты в сухом виде показали образцы 1, 6, 8, 11,12, во влажном - 6, 11, 12, 8, а наименьшую устойчивость в сухом и влажном виде показал образец 7, что можно объяснить их составом, структурными характеристиками материалов, входящих в многослойный утеплитель.

Высокие значения усилия сжатия у образцов 10, 9 и 5 из-за наибольшей толщины образцов.

После разгрузки отдых образцов составил 48 часов. После этого были проведены замеры толщины образцов. У сухих образцов 1, 6, 8, 11, 12 восстановились начальные значения толщины. Восстановления толщины после нагрузки не наблюдалось ни у одного из образцов, подвергавшихся увлажнению.

2.2.4 Исследование износостойкости образцов утеплителей

При эксплуатации многослойные утепляющие материалы и изделия подвергаются влиянию разных факторов, приводящих к ухудшению их свойств и изнашиванию. Влияние этих факторов зависит от материалов, входящих в состав многослойных утеплителей, их волокнистого состава и условий их эксплуатации [139].

Одежда, обувь подвергаются непрерывному изнашиванию из-за трения при контакте текстильных материалов с телом человека, между самими текстильными материалами и опорными поверхностями.

Завершающим результатом процессов изнашивания многослойных утеплителей является износ. Износостойкость - это способность многослойных утепляющих материалов оказывать сопротивление изнашиванию. Способность

многослойных утепляющих материалов препятствовать разрушению от трения определяет степень их стойкости к истиранию.

В процессе истирающих воздействий происходит нарушение структуры волокон, приводящее к их разрушению или утонению, это впоследствии приводит к нарушениям их целостности. Процессы износа многослойных утепляющих материалов сопровождаются многократными изгибами и истиранием поверхностей многослойных утеплителей.

В работах [140-145] изложены результаты теоретических и экспериментальных исследований и разработок по данному вопросу. Проводились исследования процессов изнашивания различных материалов и изделий - утепляющих пакетов одежды, материалов специального назначения, нетканых и других текстильных материалов и изделий разными методами в различных условиях.

Решение задачи по повышению качества многослойных утеплителей различного волокнистого состава и структуры неразрывно связана с повышением износостойкости таких утепляющих пакетов, их надежности, долговечности.

При исследованиях установлено, что около 50% износа происходит по причине истирания [143].

В результате истирания ухудшаются механические свойства, увеличивается уровень проницаемости текстильных материалов и изделий, снижаются их потребительские свойства.

В работе [144] авторами в качестве критерия для оценки степени истирания и износа, предлагается использование толщины образца.

При прогнозировании свойств вместе с параметрами строения текстильных материалов следует учитывать длительность изнашивающих воздействий и количество циклов [145].

В работе проведено исследование износа выбранных образцов различными методами. С целью определения стойкости материалов к истиранию определяли число циклов истирания до разрушения образцов.

Большое влияние на результаты исследований оказывает тип выбранного абразивного материала, давление на образцы, натяжение в зажимах.

В работе для определения стойкости образцов многослойных утепляющих материалов к истиранию использовали прибор ИТ-3М-1, на котором проводили неориентированное истирание по кольцеобразным поверхностям.

Метод определения стойкости к истиранию использовался в соответствии с ГОСТ 9913-90 [24].

В качестве абразива использовали корундный камень. Неориентированное истирание по кольцу проводилось при сложных движениях абразива. Результаты эксперимента с образцами приведены в таблице 9 и на рисунке 9.

Таблица 9 – Результаты изучения износостойкости образцов

Наименование образца	Циклы
Образец 1	344
Образец 2	305
Образец 3	311
Образец 4	315
Образец 5	334
Образец 6	310
Образец 7	384
Образец 8	91
Образец 9	478
Образец 10	554
Образец 11	278
Образец 12	228

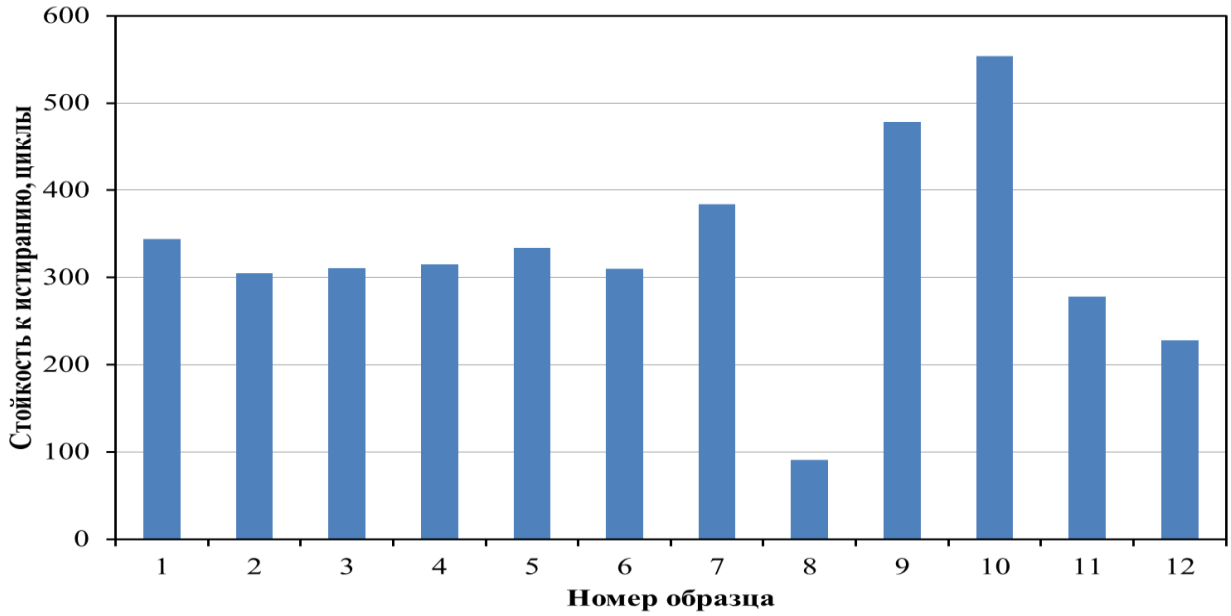

Рисунок 9 – Сравнение стойкости к истиранию образцов

Анализ результатов экспериментов по изучению износостойкости с использованием корунда привел к следующим выводам. Максимальное количество циклов истирания до разрушения - у образца 10. Наименьшие значения стойкости к истиранию наблюдается у образца 8, что является следствием различия их структурных характеристики, количества слоев, величины поверхностной плотности и толщины образцов утеплителей.

При изучении устойчивости к истиранию от многоцикловых нагрузок в условиях, моделирующих длительную эксплуатацию образцов утеплителей - естественную носку изделий, было проведено исследование процесса износа образцов многослойных утепляющих материалов и другим методом.

Многие широко используемые методы имеют свои преимущества, а также недостатки. В частности, лабораторные исследования только частично позволяют воспроизвести изнашивание образцов от истирания в процессе эксплуатации текстильных изделий.

При носке многослойных утеплителей происходит разрушение материалов от длительных, но слабых истирающих воздействий. Циклы воздействий разделяются значительными промежутками времени, в течение которых волокна успевают подвергнуться релаксации.

На лабораторных приборах циклы истирания следуют настолько часто, что наблюдаются процессы преждевременной динамической усталости волокон.

Сокращаются упругие, эластические деформации, это ухудшает процессы по распределению сил сопротивления истиранию и ускоряет процессы разрушения образцов утеплителей.

Поэтому актуальность приобретают новые приборы для изучения процессов износа в лабораторных условиях, максимально приближенных к естественным условиям эксплуатации многослойных утепляющих материалов.

В работе были проведены исследования экспериментального износа в лабораторных условиях от истирающего воздействия на универсальном приборе Weartester. Диаметр образцов составлял 244 мм, нагрузка - от 1 до 2 кг, скорость движения нижних столиков с образцами - 33 об/мин, тип движения - неориентируемый. В качестве абразива использовалось серошинельное сукно. Количество пиллей определялось между циклами истирания (рисунки 10 - 11, графы 2-7 таблицы 10).

Рисунок 10 – Устройство универсального прибора Weartester

Рисунок 11 – Истирание образцов на приборе Weartester

Таблица 10 – Определение пиллингуемости и толщины образцов

Наименование образца	Максимальное количество пиллей, шт	Толщина образцов после износа от истирания, мм				
		Исходный образец	После 750 циклов	После 1500 циклов	После 2250 циклов	После 3000 циклов
1	2	3	4	5	6	7
Образец 1	15	20	16	13	10	8
Образец 2	31	16	12	9	6	4
Образец 3	20	18	15	13	9	7
Образец 4	30	18	14	9	7	5
Образец 5	11	21	17	15	12	10
Образец 6	24	20	15	12	9	7
Образец 7	16	16	10	7	5	3
Образец 8	8	2	1	1	1	0

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5	6	7
Образец 9	22	18	14	10	8	5
Образец 10	12	24	21	18	16	13
Образец 11	8	12	8	5	3	2
Образец 12	15	14	11	7	5	2

На рисунках 12-13 приведены результаты сравнения образцов при исследовании пиллингуемости и влияния истирания на толщину.

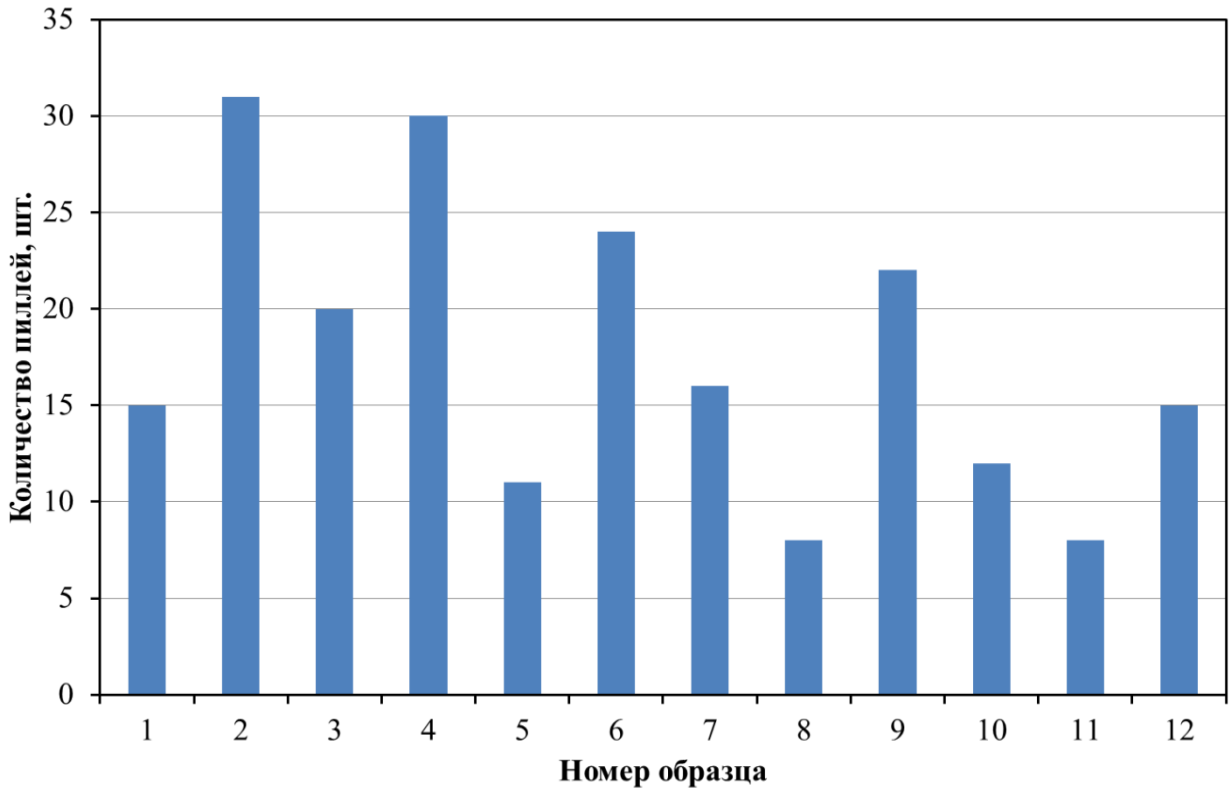

Рисунок 12 – Сравнение пиллингуемости образцов

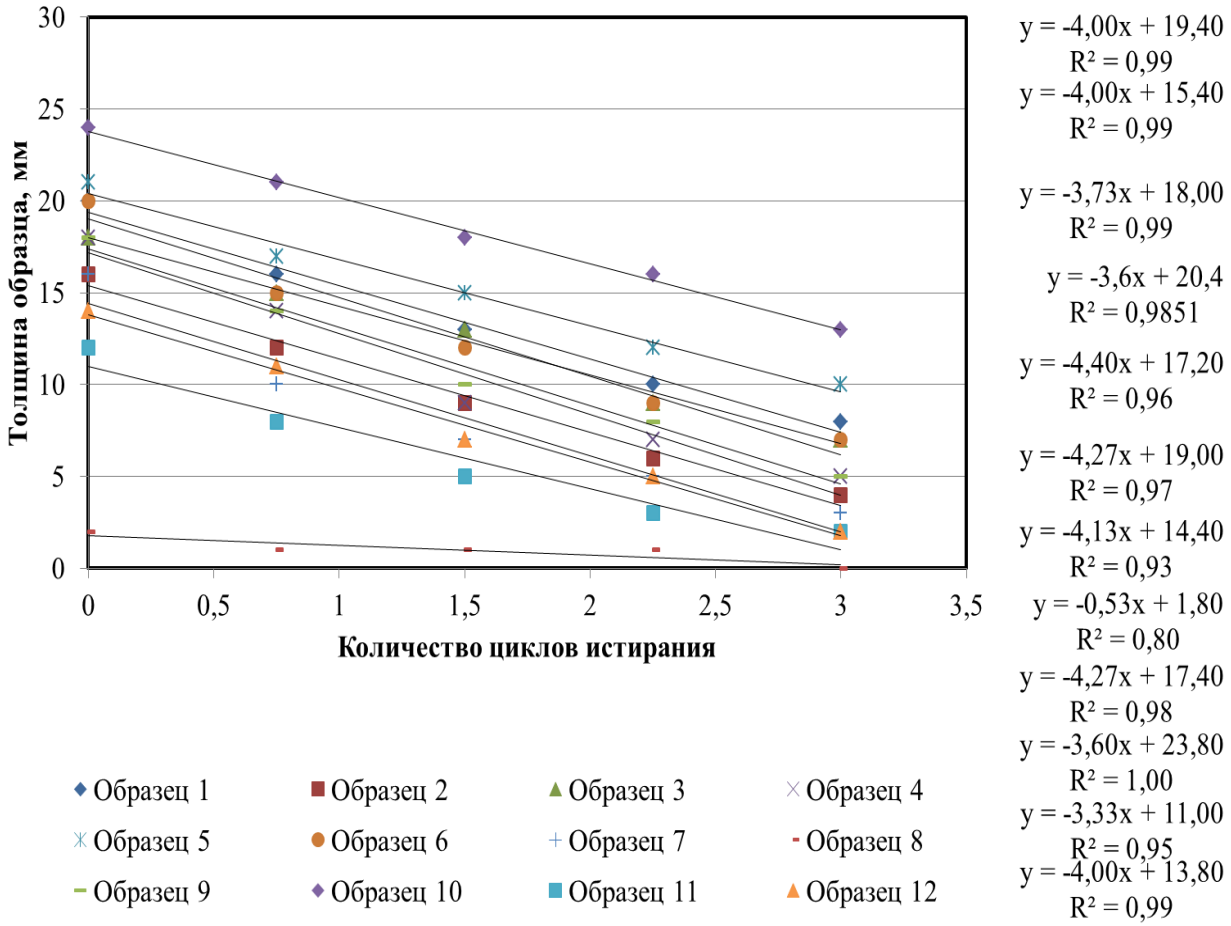

Рисунок 13 – Сравнение толщины образцов до и после истирания

После анализа полученных результатов были сделаны следующие выводы. После завершения эксперимента по результатам визуального осмотра эксперимента наиболее подверженным процессам износа при истирании оказался образец 8.

Наименее заметны результаты истирания после завершения эксперимента на образцах 5 и 10, что можно объяснить их структурой и составом материалов, составляющих образцы многослойных утеплителей. Эти образцы имеют максимальные значения толщины.

Наименьшее сокращение толщины после экспериментов также показали образцы 10 и 5.

Наименьшие значения пиллингуемости показали образцы 8 и 11. Рельеф поверхности оказывает значительное влияние на износ образцов от истирания.

Образцы, которые имеют более высокий рельеф, истираются значительно быстрее, чем образцы с более гладкой поверхностью. В процессе истирания образцов происходит вырывание волокон, что приводит к разрыхлению поверхности материала, снижению сил связей.

После сравнения и анализа результатов изучения процесса изнашивания различными способами были сделаны следующие выводы.

Для условий, имитирующих условия эксплуатации многослойных утепляющих материалов, наилучшие результаты показали образцы 10, 9 и 5. Наименее заметно изменение структуры у образца 9. В связи с более рыхлой структурой и меньшим количеством слоев образцы 8, 12 и 11 оказались более подвержены истиранию. Все рассматриваемые образцы описываются линейной зависимостью.

2.2.5 Исследование влияния износа истирания на воздухопроницаемость образцов утеплителей

Воздухопроницаемость образцов была исследована по ГОСТ 12088 [25]. Для изучения воздухопроницаемости образцов применялся прибор ВПТМ-2 [146].

После проведения многоциклового истирания образцов, изложенного в разделе 2.2.4., было изучено влияние истирания на динамику значений воздухопроницаемости образцов (таблица 11, рисунки 14-16).

Максимальные исходные значения воздухопроницаемости - у образцов 11,12, 8, что является следствием особенностей их структуры и состава образцов.

Исходные значения воздухопроницаемости образцов объясняются различиями структуры, состава образцов и технологии.

Таблица 11 – Исследование воздухопроницаемости после износа истирания образцов

Наименование образца	Исходный образец, $дм^3/(м^2*с)$	После 750 циклов, $дм^3/(м^2*с)$	После 1500 циклов, $дм^3/(м^2*с)$	После 2250 циклов, $дм^3/(м^2*с)$	После 3000 циклов, $дм^3/(м^2*с)$
Образец 1	52,5	47,5	53,6	65,8	72,3
Образец 2	72,5	47,5	56,7	89,6	92,5
Образец 3	86,0	76,5	95,8	102,3	115,2
Образец 4	70,5	66,0	72,9	86,7	93,8
Образец 5	75,5	73,5	86,9	98,5	108,4
Образец 6	52,5	48,5	56,8	69,4	76,5
Образец 7	96,0	94,5	115,6	124,7	132,9
Образец 8	170,6	159,5	185,1	198,5	209,3
Образец 9	73,8	34,5	48,9	81,9	93,8
Образец 10	72,4	76,5	81,9	97,3	112,4
Образец 11	231,2	550,0	612,1	657,2	702,5
Образец 12	233,7	542,0	658,1	677,1	716,8

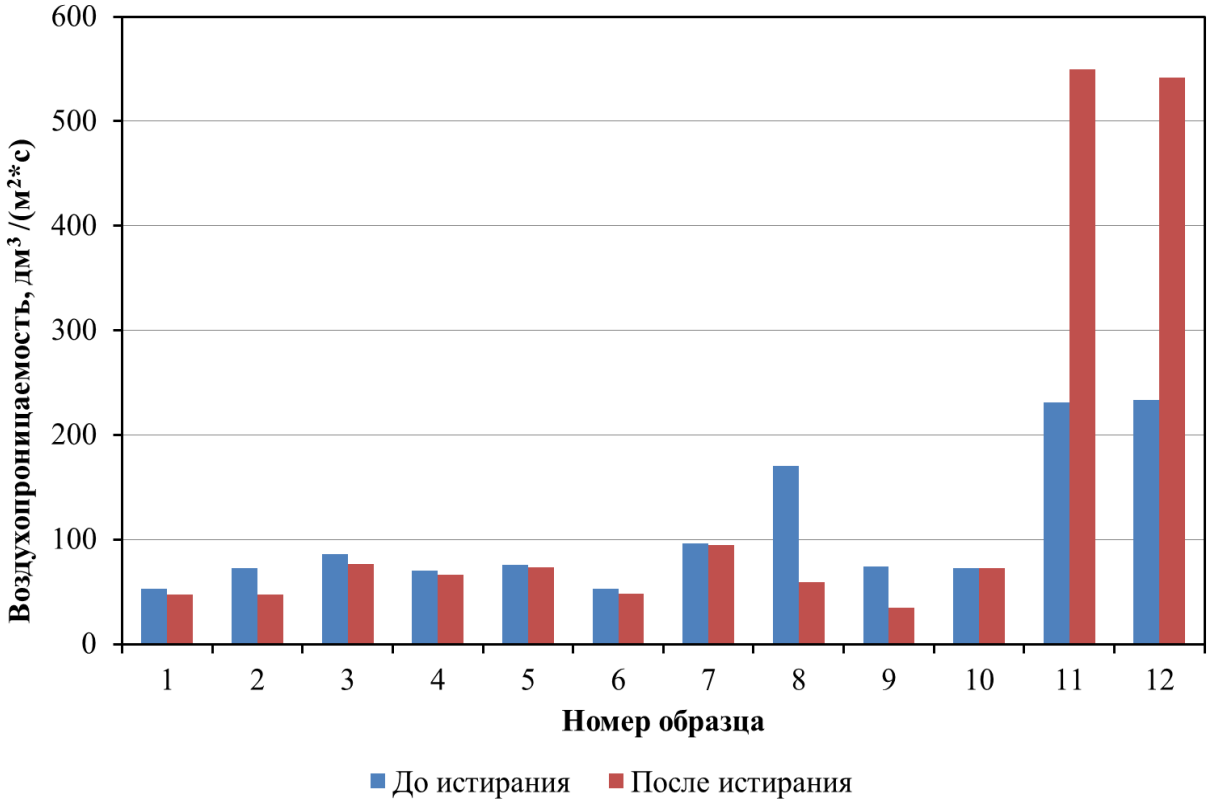

Рисунок 14 – Влияние истирания на воздухопроницаемость образцов

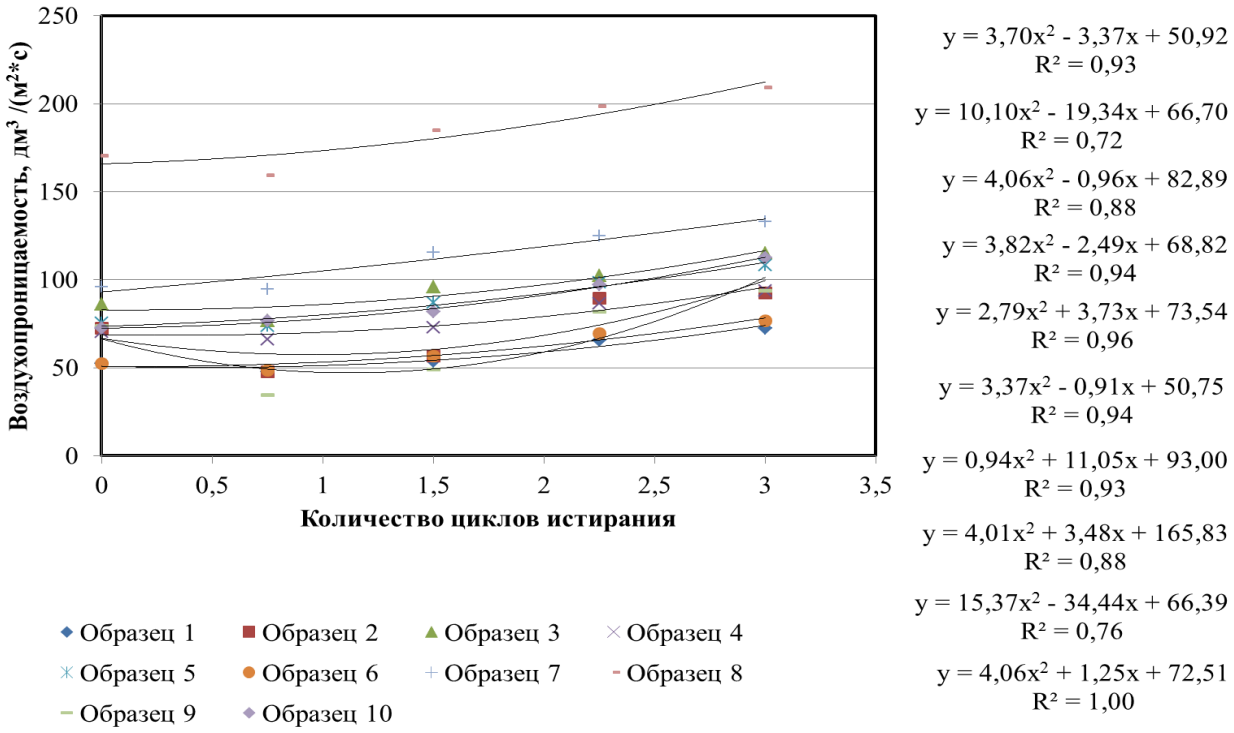

Рисунок 15 – Зависимость воздухопроницаемости образцов от количества циклов истирания (образцы 1-10)

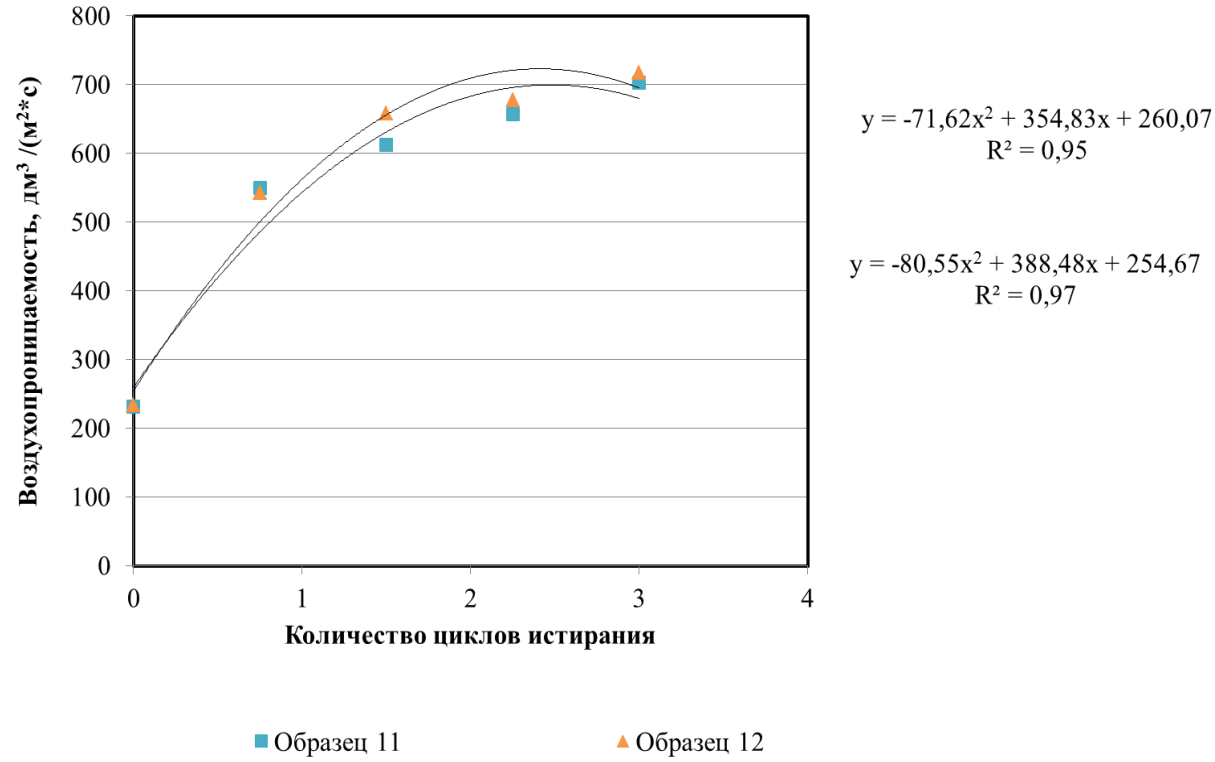

Рисунок 16 – Зависимость воздухопроницаемости образцов от количества циклов истирания (образцы 11-12)

У образцов 11 и 12 наблюдается значительное увеличение воздухопроницаемости после процесса истирания в связи с изменением толщины и структуры этих образцов.

У образцов 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9 определено незначительное снижение уровня воздухопроницаемости. Это объясняется тем, что поры волокон забились ворсом в процессе длительного истирания образцов утеплителей.

У образца 8 значение воздухопроницаемости снизилось максимально. У образца 10 значение практически не изменилось, что связано со значительной толщиной образца.

Деформация, вызванная процессом многоциклового истирания образцов, привела к изменениям в их структуре, была нарушена пористость, что стало причиной изменения воздухопроницаемости. Высокие показатели прочности многослойных утепляющих материалов необходимы для формирования их ассортимента, оптимизации состава компонентов многослойных утеплителей.

После анализа и оценки механических свойств исследуемых образцов были сделаны следующие выводы:

-проведены экспериментальные исследования разрывной нагрузки и удлинения, прочности при расслаивании, устойчивости к многократной деформации сжатия и износостойкости образцов многослойных утеплителей различного волокнистого состава и структуры;

-наиболее прочными являются многослойные образцы;

-наименее прочные образцы с наименьшим количеством слоев;

-структурные характеристики, толщина, разная степенью адгезии слоев, состав определяют значения прочности образцов;

-образцы, содержащие в своем составе регенерированные волокна, имеют прочностные показатели на среднем уровне;

-наибольшую прочность при расслаивании показали образцы, имеющие большее количество точек склеивания и применяемого клея;

-значения усилия сжатия определяются толщиной образцов;

-влажность снижает устойчивость к деформированию при сжатии образцов и приводит к росту усилия сжатия;

-образцы, содержащие в своем составе регенерированные волокна, имеют высокие значения устойчивости к деформации;

-износостойкость образцов зависит от материалов, входящих в состав многослойных утеплителей, их волокнистого состава и условий их эксплуатации;

-образцы, содержащие в своем составе регенерированные волокна, показали средние значения при изучении износостойкости;

-после многоциклового истирания изменение уровня воздухопроницаемости оказалось незначительным у большинства образцов, в том числе у образцов, содержащих в своем составе регенерированные волокна;

-высокие значения плотности и наличие металлизированной пленки улучшают механические свойства материалов;

-большинство образцов, содержащих волокна верблюжьей шерсти, показало высокий уровень механических свойств;

-сравнение схожих по структуре образцов показало, что образцы, содержащие в своем составе волокна верблюжьей шерсти, имеют близкие или лучшие значения механических свойств, чем образцы, содержащие волокна овечьей шерсти.

Механические свойства многослойных утеплителей определяются рядом факторов, в том числе их волокнистым составом, конструктивными и структурными особенностями.

2.3 Исследование воздействия условий окружающей среды на свойства разработанных образцов утеплителей

К физическим свойствам многослойных утепляющих материалов относятся их характеристики, изменяющиеся при воздействии разных условий окружающей среды: воздуха, пара, влаги и тепла.

Для исследования и оценки физических свойств образцов многослойных утепляющих материалов были определены воздухопроницаемость, паропроницаемость, водопоглощение и теплозащитные свойства.

Экспериментальные исследования проводились по общепринятым методикам в соответствии с теоретическими основами материаловедения [7, 14, 28, 39] в лабораторных условиях.

2.3.1 Определение воздухопроницаемости образцов утеплителей

Способность многослойных утепляющих материалов пропускать через себя воздух - это воздухопроницаемость, показатель который определятся числом и размером открытых пор, измеряется при постоянном перепаде давления, создаваемого в используемом приборе. Воздухопроницаемость относится к одному из важнейших физических свойств многослойных утепляющих материалов, определяя гигиенические свойства текстильных изделий.

На значения воздухопроницаемости влияют толщина многослойного утеплителя, пористость материалов, поверхностная плотность, количество слоев, особенности структуры, а также существенное влияние оказывают температура окружающей среды и уровень влажности.

Также на воздухопроницаемость многослойных утепляющих материалов влияют следующие факторы:

-состав материалов многослойных утеплителей;

-структурные характеристики составляющих материалов;

-отделочные процессы;

-особенности технологии изготовления многослойных утепляющих материалов;

-условия их эксплуатации.

При изучении данного вопроса использовались теоретические и практические разработки [143, 147-148].

Скорость движения потока воздуха зависит от характера поверхности волокон, формы поперечных сечений, от плотности, толщины, формы и размеров сквозных пор.

В научной литературе содержатся данные о влиянии стирок на сокращение воздухопроницаемости до 75% [143].

Рекк Е.В., Флоринский Б.Б. [147-148] и ряд других ученых исследовали вопрос установления аналитических зависимостей воздухопроницаемости тканей от их структурных характеристик строения.

Рекк Е.В. внес предложение оценки воздухопроницаемости текстильных материалов в зависимости от скорости потока воздуха, а Флоринский Б.Б. предложил проводить расчеты воздухопроницаемости при использовании величины перепада давления проходящего через материалы потока воздуха, в зависимости от значений его скорости.

Воздухопроницаемость образцов многослойных утеплителей определялась по ГОСТ 12088 [25]. Для определения воздухопроницаемости образцов использовался прибор ВПТМ-2.

Результаты экспериментов по определению воздухопроницаемости образцов многослойных утепляющих материалов различного волокнистого состава и структуры приведены в графе 2 таблицы 12.

Таблица 12 – Результаты определения воздухопроницаемости образцов

Наименование образца	Воздухопроницаемость, $дм^3/(м^2*с)$
1	2
Образец 1	52,5
Образец 2	72,5
Образец 3	86,0
Образец 4	70,5
Образец 5	75,5
Образец 6	52,5
Образец 7	96,0

Продолжение таблицы 12

1	2
Образец 8	170,6
Образец 9	73,8
Образец 10	72,4
Образец 11	231,2
Образец 12	233,7

Образец 3 немного превосходит по воздухопроницаемости образец 2 в связи с более рыхлой структурой.

Образец 4 превосходит по воздухопроницаемости образец 6 в связи с различным содержанием регенерированных волокон.

Образец 9 незначительно превосходит образец 10, образец 12 незначительно превосходит образец 11 из-за особенностей их состава и структурных характеристикам.

Максимальной воздухопроницаемостью обладают образцы 11 и 12, образец 8, что можно объяснить их составом и структурой образцов.

Минимальные значения воздухопроницаемости у образцов 1 и 6, что является следствием различий составов образцов, высоких значений поверхностной плотности и наличия значительного количества клея у образца 6.

2.3.2 Определение паропроницаемости образцов утеплителей

Паропроницаемость относится к физическим свойствам многослойных утепляющих материалов различного волокнистого состава и структуры, характеризует способность к пропусканию водяных паров и зависит от массы воды, которая убывает при эксперименте, площади образца и от времени проведения экспериментов.

Процесс испарения влаги определяет гигиенические свойства многослойных утепляющих материалов различного волокнистого состава и структуры.

При исследовании паропроницаемости использовались теоретические и практические разработки и исследования [149-152].

В своей работе [149] Нечушкина Е.А. предложила метод определения паропроницаемости текстильных материалов, пакетов из них в условиях динамики технологической и климатической сред.

В своей работе [152] авторы проводили исследование паропроницаемости нестационарными экспресс-методами с использованием комплекса лабораторных установок, которые оснащены автоматизированной системой сбора и регистрации данных.

Для исследования паропроницаемости выбранных образцов в работе использовали метод стаканчиков, основанный на определении массы влаги, испарившейся из лабораторных стаканчиков, которые были плотно накрыты образцами. Эксперимент проводили при температуре воды в диапазоне от 35 до 36°С, близкой к естественным условиям эксплуатации текстильных изделий при контакте с телом человека.

Пары воды при прохождении через открытые поры полотен образцов подвергались процессам сорбции изнутри и десорбции снаружи.

Высота воздушного слоя в стаканчике оказывает влияние на уровень давления паров воды, от величины которых зависит значение паропроницаемости.

Перепад температуры воды и воздуха увеличивает значения этого физического свойства многослойных утепляющих материалов.

Перепад относительной влажности воздуха по обеим сторонам образцов приводит к росту интенсивности процесса. Массу влаги после испарения, определяли весовым методом через 12 часов и через 24 часа.

Результаты экспериментов по определению и исследованию паропроницаемости образцов многослойных утепляющих материалов различного волокнистого состава и структуры приведены в таблице 13 и рисунке 17.

Таблица 13 – Исследование паропроницаемости образцов

Наименование образца	Паропроницаемость через 12 часов, мг/м²*с	Паропроницаемость через 24 часа, мг/м²*с
Образец 1	92,4	108,3
Образец 2	59,4	62,8
Образец 3	51,0	70,8
Образец 4	65,1	66,5
Образец 5	59,4	63,0
Образец 6	70,5	70,8
Образец 7	74,1	76,0
Образец 8	60,6	61,8
Образец 9	52,0	74,2
Образец 10	58,2	72,8
Образец 11	86,1	113,2
Образец 12	77,9	86,6

Паропроницаемость многослойных утепляющих материалов различного волокнистого состава и структуры зависит от паропроницаемости материалов, входящих в многослойные утеплители. На паропроницаемость многослойных утепляющих материалов различного волокнистого состава и структуры влияет толщина и объемное заполнение нетканых материалов его составляющих.

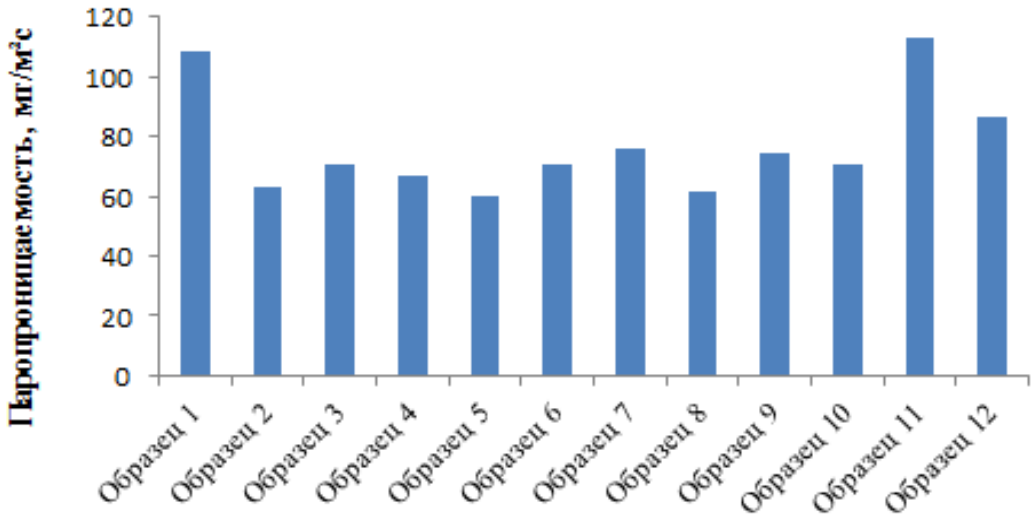

Рисунок 17 – Сравнение паропроницаемости образцов

Высокие значения паропроницаемости показали образцы 1 и 11, что является следствием особенностей их составов и структуры. Образцы, содержащие в своем составе регенерированные волокна, показали средние значения паропроницаемости.

Обеспечение комфорта для работы и отдыха человека в различных условиях возможно при достижении оптимального уровня проницаемости многослойных утеплителей различного волокнистого состава и структуры. Обеспечение необходимого микроклимата внутри одежды и обуви является актуальной задачей.

2.3.3 Определение водопоглощения образцов утеплителей

Водопоглощение - это физическое свойство многослойных утепляющих материалов различного волокнистого состава и структуры, характеризующее количество влаги, поглощенной образцом от их полного погружения в воду.

Водопоглощение многослойных утепляющих материалов зависит от волокнистого состава исходных материалов многослойного утеплителя. Натуральные волокна больше поглощают влагу, также они набухают и значительное время удерживают влагу. Это становится причиной роста толщины и веса многослойных утепляющих материалов.

Водопоглощение часто приводит к изменению массы, размеров, механических и физических свойств текстильных материалов.

В исследовании влияния роста влажности на деформацию материалов [153] определено, что повышение более 64% влияет на молекулярном уровне на устойчивость к деформации текстильных материалов.

Исследование водопоглощения многослойных утепляющих материалов проводилось по стандартной методике. Водопоглощение определялось как отношение значения прироста массы образца после замачивания к массе сухого образца в процентах.

Результаты экспериментов по определению водопоглощения образцов многослойных утепляющих материалов различного волокнистого состава и структуры приведены в таблице 14 и рисунке 18.

Таблица 14 – Результаты определения водопоглощения образцов

Наименование образца	Водопоглощение, %
Образец 1	187,1
Образец 2	207,1
Образец 3	189,4
Образец 4	238,5
Образец 5	280,6
Образец 6	230,7
Образец 7	227,9
Образец 8	219,8
Образец 9	225,9
Образец 10	225,7
Образец 11	253,2
Образец 12	270,5

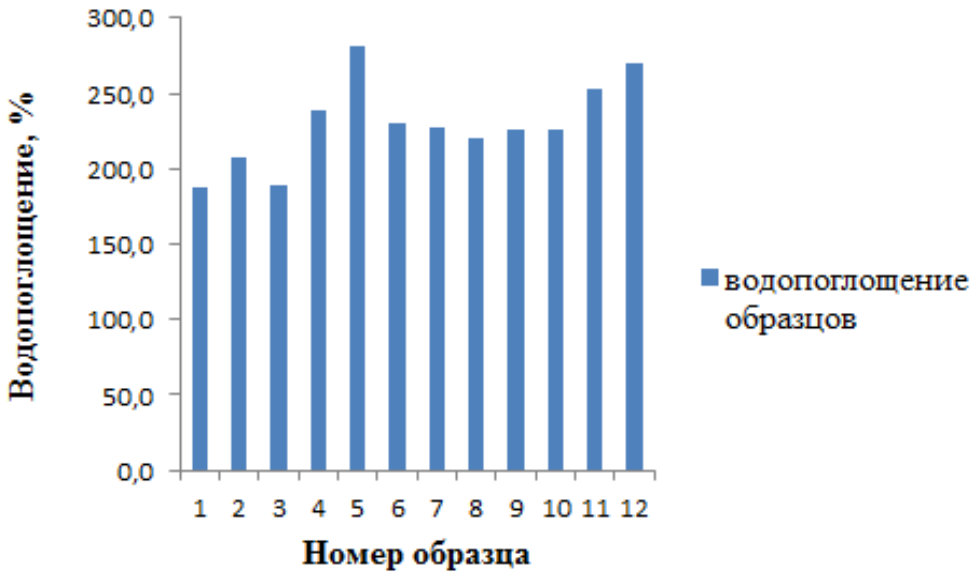

Рисунок 18 – Сравнение водопоглощения образцов

Практически все образцы многослойных утепляющих материалов обладают достаточно высоким водопоглощением.

Установлено, что даже в нормальных условиях текстильные материалы в зависимости от их волокнистого состава могут содержать влаги от 4 до 18% [154-155], а из-за принудительного увлажнения содержание влаги в текстильных материалах может быть почти неограниченно.

2.3.4 Определение теплофизических свойств образцов утеплителей

При исследовании и оценке теплофизических свойств многослойных утепляющих материалов различного волокнистого состава и структуры использовались теоретические и практические разработки [85, 88, 106, 123, 130, 134, 156-159].

Исследование теплофизических свойств многослойных утеплителей актуально в связи с появлением новых технологических разработок, применением регенерированных волокон, использованием волокон шерсти верблюда.

Оценка теплофизических свойств многослойных утеплителей различного волокнистого состава и структуры позволяет разработать рекомендации по рациональному использованию многослойных утепляющих материалов в соответствии с условиями их эксплуатации.

На теплопроводящие свойства многослойных утепляющих материалов различного волокнистого состава и структуры оказывает значительное влияние теплопроводность волокон и воздуха, теплофизические факторы [123]. Далее в порядке убывания следуют влияние климата, структуры, конструкций, технологий и эксплуатации.

Воздушные прослойки имеют теплоизолирующую функцию. Повышение влажности снижает теплозащитные свойства. Воздухопроницаемость и паропроницаемость связаны с теплозащитными свойствами текстильных материалов. Степень интенсивности процессов теплообмена определяется

структурой утепляющих многослойных материалов, размерами прослоек воздуха, их взаимодействием с окружающим пространством среды.

Для многослойных утепляющих материалов основным показателем, характеризующим их теплозащитные свойства является теплопроводность. Пористость определяет теплопроводность волокнистых материалов. Также огромное влияние имеют волокнистый состав, толщина, количество слоев и компоненты многослойных материалов.

В работе проведено изучение механизма тепловой передачи - теплопроводности. Теплозащитные свойства многослойных утеплителей зависят от их теплопроводности – характеристики возможности проведения тепла к более холодной среде.

Одной из основных характеристик теплопроводности является значение теплового сопротивления (R ($м^2$*°C)/Вт)) - величины, обратной коэффициенту теплопередачи. Эта характеристика теплопроводности показывает охлаждение среды при прохождении через 1 $м^2$ многослойных утеплителей 1 Вт теплового потока.

Величина теплового сопротивления многослойных утеплителей существенно зависит от их толщины, а также от теплопроводности. Зависимость от значений толщины в условиях неподвижного воздуха имеет вид линейной прямо пропорциональной зависимости.

Значения теплового сопротивления характеризуют способность многослойных утеплителей препятствовать прохождению через них тепла, их теплозащитные свойства.

На уровень теплозащиты многослойных утеплителей оказывают влияние компоненты, входящие в их состав, их теплофизические свойства, значения проницаемости.

На теплофизические свойства многослойных утеплителей влияют их структурные параметры.

К этим параметрам относят толщину и волокнистый состав, среднюю плотность и поверхностную плотность, пористость и опорную поверхность, поперечное сечение волокон и ориентацию волокон в пространстве.

При силовых деформациях многослойных утеплителей пористость уменьшается, оказывая влияние на их теплопроводность.

В работе [158] авторами Дерябиной А.И., Лисиенковой Л.Н. в ходе эксперимента установлено, что изменение теплофизических свойств материалов обусловлено изменением их толщины при циклическом сжатии. Начальная толщина образцов, способ производства, состав волокон оказывают влияние на изменение теплового сопротивления.

Установлено, что рост значений воздухопроницаемости уменьшает значения теплового сопротивления материалов при росте скорости ветра. В работе [130] проводились исследования теплозащитных способностей многослойных материалов при изменении значений скорости ветра.

В работе Бессоновой Н.Г. установлено, что зависимость величины теплового потока с поверхности образца пропорциональна величине квадрата скорости ветра.

При различных экспериментах по влиянию климатических факторов определено, что с понижением температуры окружающей среды в диапазоне от плюс 20°С до минус 50°С теплопроводность пакетов для одежды и обуви снижается на величину в диапазоне от 30 до 70% [123].

Понижение температуры окружающего воздуха в диапазоне от минус 10°С до минус 20°С приводит к снижению значений теплового сопротивления на 17%, также доказано, что рост температуры окружающего воздуха приводит к росту интенсивности процессов теплообмена, что негативно влияет на теплозащитные функции образцов [134].

При экспериментах с толщиной многослойных утеплителей [158] выявлено, что с увеличением толщины многослойного образца до 11мм наблюдается линейный рост значений теплового сопротивления.

Далее, при увеличении толщины утеплителей, наблюдается незначительный рост значений теплового сопротивления, который прекращается при достижении толщины многослойных утеплителей до 23 мм.

Нелинейный характер полученной зависимости объясняется наличием воздушных прослоек между слоями многослойных утепляющих материалов.

Для многослойных утеплителей в качестве основной характеристики теплозащитных свойств в работе проводили исследования значений суммарного теплового по стандартному методу.

Коэффициент теплопередачи определяют как величину, обратную суммарному тепловому сопротивлению. Суммарное тепловое сопротивление определяли методом регулярного режима (изменения температуры с постоянной скоростью). При исследованиях использовали прибор ПТС-225 по ГОСТ 20489 [26]. Результаты изучения теплофизических свойств образцов многослойных утеплителей приведены в таблицах 15-16 и на рисунках 19-20.

Таблица 15– Результаты определения суммарного теплового сопротивления и коэффициента теплопередачи образцов

Наименование образца	Суммарное тепловое сопротивление, ($м^2$*°С/Вт)	Коэффициент теплопередачи, Вт/ $м^2$*°С
Образец 1	0,45	2,22
Образец 2	0,41	2,44
Образец 3	0,42	2,38
Образец 4	0,45	2,22
Образец 5	0,43	2,33
Образец 6	0,44	2,27
Образец 7	0,41	2,44
Образец 8	0,39	2,56
Образец 9	0,46	2,17
Образец 10	0,50	2,00
Образец 11	0,35	2,86
Образец 12	0,37	2,70

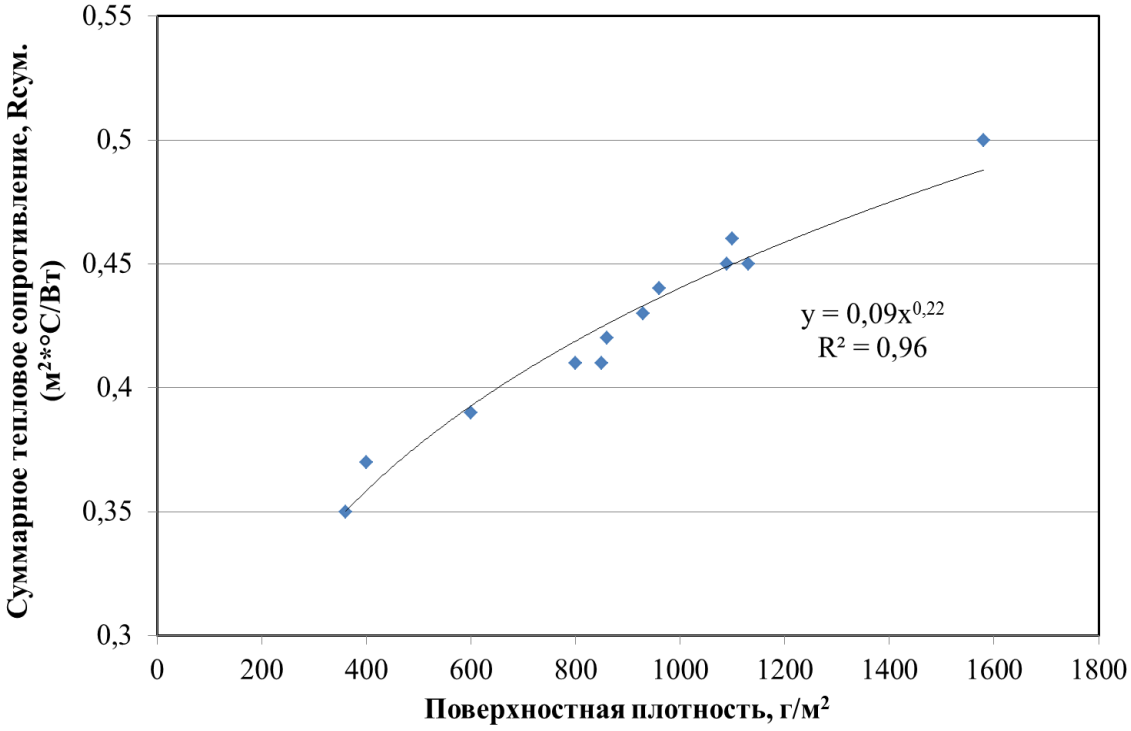

Рисунок 19 – Исследование суммарного теплового сопротивления образцов

Таблица 16 – Сравнение суммарного теплового сопротивления образцов

Наименование образца	Суммарное тепловое сопротивление сухих образцов, ($м^2$*°C/Вт)	Суммарное тепловое сопротивление влажных образцов, (м2*°C/Вт)	Суммарное тепловое сопротивление образцов после 5 стирок, (м2*°C/Вт)	Суммарное тепловое сопротивление образцов после 10 стирок, (м2*°C/Вт)
Образец 1	0,45	0,26	0,44	0,28
Образец 2	0,41	0,29	0,39	0,28
Образец 3	0,42	0,26	0,38	0,24
Образец 4	0,45	0,31	0,44	0,29
Образец 5	0,43	0,32	0,42	0,31
Образец 6	0,44	0,3	0,42	0,27
Образец 7	0,41	0,27	0,40	0,28
Образец 8	0,39	0,27	0,38	0,26
Образец 9	0,46	0,32	0,44	0,31
Образец 10	0,5	0,39	0,49	0,37
Образец 11	0,35	0,23	0,33	0,24
Образец 12	0,37	0,28	0,36	0,26

Результаты экспериментальных исследований теплозащитных способностей образцов в зависимости от различных условий эксплуатации приведены в виде диаграммы (рис.20).

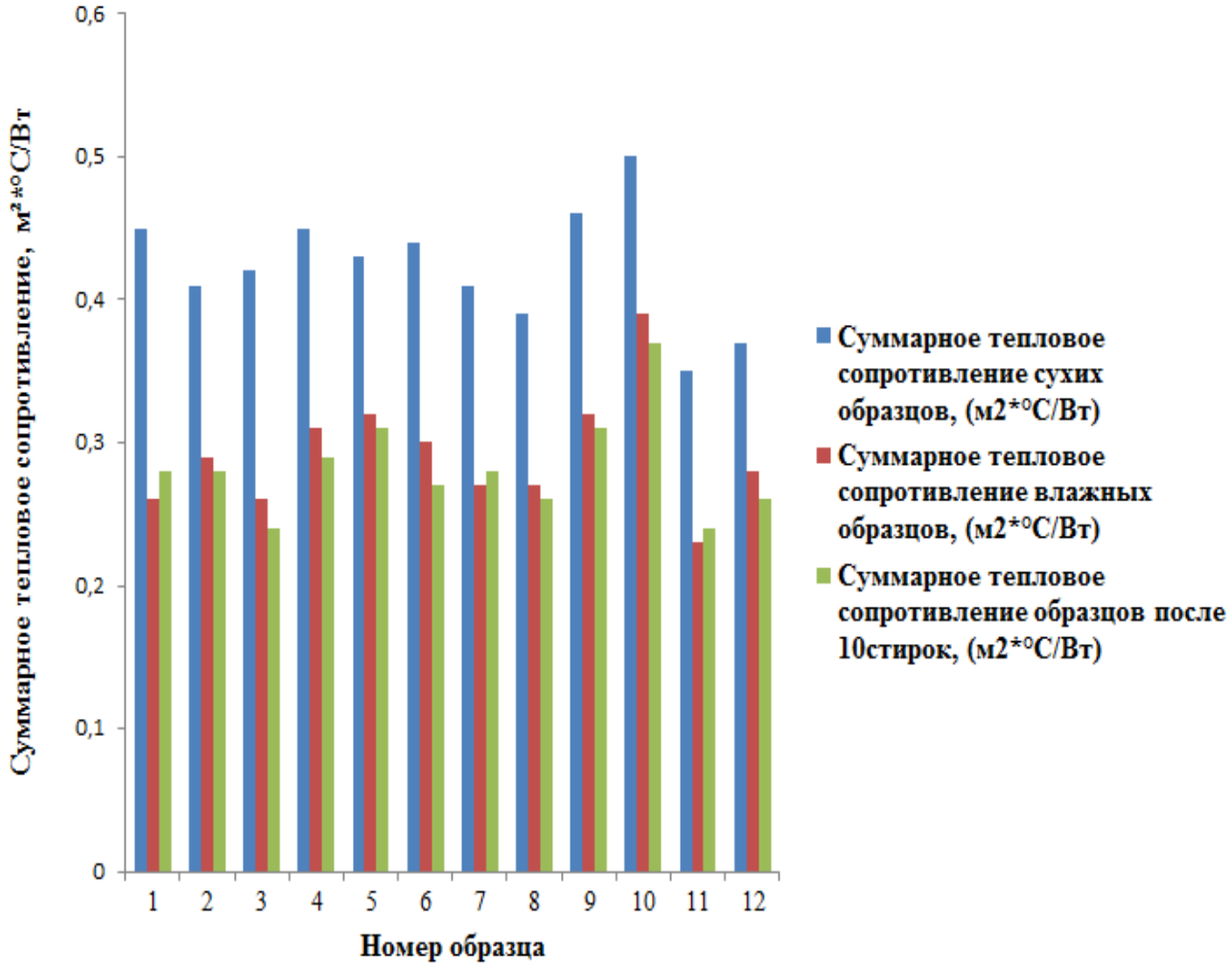

Рисунок 20 – Сравнение суммарного теплового сопротивления образцов

На основании оценки и анализа полученных результатов исследований теплофизических свойств образцов были сделаны следующие выводы.

Теплозащитная способность образцов многослойных утепляющих материалов определяется, их толщиной и поверхностной плотностью, а также волокнистым составом материалов, пористостью и структурой. Наилучшими теплозащитными свойствами обладает многослойный образец 10, содержащий волокна верблюжьей шерсти, имеющий наибольшие значения поверхностной плотности и толщины.

Анализ схожих по структуре и составу образцов показал, что образцы 10 и 12, содержащие в своем составе волокна верблюжьей шерсти имеют более высокие теплозащитные свойства, чем образцы 9 и 11, содержащие волокна овечьей шерсти (при сравнении 10 и 9, 12 и 11).

Высокие значения теплового сопротивления имеют образцы 9, 1 и 4, из-з их состава, структуры, величин их поверхностной плотности, толщины.

Наименьшие теплозащитные способности показали образцы 11 и 8, что является следствием особенностей их состава, структуры, величин их поверхностной плотности и толщины.

Влага уменьшает теплозащитные свойства образцов многослойных утепляющих материалов. Воздействие стирок снижает тепловое сопротивление, изменяя уровень теплофизических свойств образцов многослойных утепляющих материалов в зависимости от их структурных параметров.

После пяти стирок снижение уровня теплового сопротивления у образцов незначительно снизилось на величину от 3 до 5%. Визуальный осмотр показал отсутствие деформаций у большинства образцов, содержащих волокна шерсти верблюда. Эти образцы показали хороший уровень формоустойчивости, изменения размеров после пяти мокрых обработок не превышало 2%.

Наилучшие теплозащитные способности после воздействия различных эксплуатационных факторов показали образцы 10 и 9. Образец 5 также показал хорошие результаты. У образца 3 значительнее других снизились теплозащитные способности после проведения экспериментов.

Наличие металлизированной пленки в составе многослойных утепляющих материалов различного волокнистого состава и структуры улучшает теплозащитные свойства.

Установлено, что на рост теплозащитных способностей образцов влияет содержание волокон верблюжьей шерсти в составе его компонентов.

Полученные результаты оценки теплофизических свойств образцов различных утеплителей могут быть применены на практике для рационального выбора уровня теплозащиты.

2.3.5 Методика оценки устойчивости теплозащитных свойств многослойных утепляющих материалов

На основании полученных результатов исследований и оценки теплозащитных свойств образцов многослойных утеплителей проведена разработка методики проведения многократных мокрых обработок для количественной оценки изменения теплозащитных свойств многослойных утеплителей различного волокнистого состава и структуры.

В предложенной методике изложен способ моделирования степени надежности теплозащитных свойств многослойных утепляющих материалов к воздействию износа от многократных мокрых обработок в процессе ухода. Методика предназначается для оценки устойчивости теплозащитных свойств многослойных утепляющих материалов в процессе эксплуатации.

Область применения - многослойные утеплители различного волокнистого состава и структуры, в том числе содержащие волокна шерсти верблюда (от 20 до 100%), полиэфирные волокна; выработанные комбинированным способом (иглопробивным и клеевым) и содержащие искусственный мех на трикотажной основе с высотой ворса от 12 до 25 мм, нетканые иглопробивные материалы, полимерную металлизированную пленку толщиной от 20 до 120 мкм., применяемые для защиты человека от пониженной температуры, в том числе для обувных материалов, при реализации различных видов деятельности (за исключением специзделий и материалов для изготовления средств индивидуальной защиты).

Степень устойчивости теплозащитных свойств многослойных утеплителей оценивают по изменению значений суммарного теплового сопротивления после процесса многократных мокрых обработок.

Проводят исследования на двух пробах многослойного утеплителя, отобранных от разных полотен. Для пробы размером по длине 400мм, по ширине 600мм определяют значения суммарного теплового сопротивления по ГОСТ 20489 (применяют ГОСТ 3811 для определения поверхностной плотности) с учетом:

-предварительного кондиционирование проб,

-проведения испытательных исследований в условиях при относительной влажности в диапазоне от 63 до 67 %, при температуре в диапазоне 18 до 22°С.

Пробу помещают и фиксируют в специальном чехле, изготовленном из малоусадочных материалов с разреженным видом структур, размеры которого не должны препятствовать свободным перемещениям пробы внутри.

Для исследования проб применяют следующее основное оборудование и материалы: прибор по типу ПТС-225, контактное устройство по ГОСТ12023 [20], стиральную автоматическую машину типа-А, сушильную машину барабанного типа, моющие средства.

Проводят мокрую обработку проб в течение 5 циклов (стирка и сушка). Далее при визуальном осмотре определяют наличие деформаций, изменения размеров пробы. Основные параметры обработки проб в автоматической стиральной машине: время стирки - 30 мин., температура стирки - в диапазоне от 37 до 43°С; количество циклов полоскания - 5; время отжима - 5 мин; скорость вращения - 500 об/мин. После завершения каждого цикла мокрой обработки пробы высушивают в сушильной машине при температуре 40 °С.

После 5 цикла обработки извлеченную из чехла пробу выдерживают в расправленном виде на ровной горизонтальной поверхности 24 часа в тех же стандартных климатических условиях. Далее следует проведение визуального осмотра пробы, в качестве критерия применяют деформацию. Размеры пробы не должны изменяться более чем на 2% по длине и ширине.

Определяют значения суммарного теплового сопротивления пробы многослойного утеплителя после 5 циклов (стирка и сушка) по ГОСТ 20489 [27].

Устойчивость теплозащитных свойств многослойных утеплителей к процессу ухода при многократной мокрой обработке определяют по изменению значений суммарного теплового сопротивления.

Устойчивость теплозащитных свойств многослойных утеплителей к процедурам ухода признают достаточной, когда снижение теплозащитных свойств после воздействия многократной мокрой обработки не превышает 5%.

Методика оформлена в виде стандарта, который содержит следующие разделы: область применения, нормативные ссылки, термины и определения, отбор и подготовка образцов (проб), испытательное оборудование и материалы, проведение многократных циклов, визуальный осмотр, определение теплозащитных свойств (Приложение В).

Выводы по второй главе

1. Структурная оптимизация многослойных утеплителей - сложной системы различного волокнистого состава, необходима для придания им многофункциональности.

2.С целью регулирования теплообменных процессов и обеспечения теплового баланса организма человека необходимо оптимизировать процесс подбора материалов для многослойных утеплителей различного волокнистого состава и структуры.

3. На основании разработанной системы классификации слоев и типов утепляющих материалов различного волокнистого состава и структуры, различных способов производства многослойных утеплителей предложена технология получения утеплителей различного волокнистого состава и структуры, содержащих верблюжью шерсть и регенерированные волокна.

4. Доказано, что технологическое решение замены натуральных волокон овечьей шерсти на волокна верблюжьей шерсти при получении утеплителей

различного волокнистого состава и структуры является эффективным средством улучшения ряда эксплуатационных свойств.

5. Анализ результатов сравнения, оценки свойств различных образцов показал целесообразность замены волокон овечьей шерсти волокнами верблюжьей шерсти при производстве многослойных утеплителей различного волокнистого состава и структуры.

6. Проектирование многослойных утеплителей различного волокнистого состава и структуры при использовании отходов производств направлено на повышению экологической безопасности и рациональному природопользованию.

7. Проведенные исследования и разработки составили основу концепции получения утепляющих материалов, содержащих верблюжью шерсть и регенерированные волокна.

8. Подтверждено влияние влажности и условий эксплуатации на динамику значений суммарного теплового сопротивления многослойных утепляющих материалов различного волокнистого состава и структуры.

9. Исследование влияния количества мокрых обработок при моделировании процесса ухода при эксплуатации показало эффективность данной методики при определении устойчивости теплозащитных свойств многослойных утеплителей.

10.Разработанная методика может найти широкое применение при использовании в материаловедческой практике и в испытательных лабораториях при исследовании теплозащитных свойств многослойных утеплителей, применяемых для защиты человека от пониженной температуры, в том числе и для обувных материалов.

11.Установлено, что техническое решение получения утепляющих материалов с многофункциональными слоями из натуральных и химических волокон, исходных и регенерированных волокон при разработке многослойных утеплителей является средством повышения качества данной продукции.

12. В основе методологии оценки и рационального применения использован системный подход к разработанным многослойным утеплителям различного волокнистого состава и структуры.

3 ПРОВЕДНЕИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ СВОЙСТВ МНОГОСЛОЙНЫХ УТЕПЛИТЕЛЕЙ И РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ИХ РАЦИОНАЛЬНОМУ ПРИМЕНЕНИЮ

В соответствии с государственным стандартом [160] содержание понятия качества текстильных материалов можно определить как качество продукции, обусловленное наличием совокупности свойств, позволяющих удовлетворить конкретные потребности в определенной области человеческой деятельности.

Качество многослойных утепляющих материалов различного волокнистого состава и структуры характеризует их конкурентоспособность у потребителей на разных уровнях.

В данный момент научные исследования в области оценки качества текстильных материалов сохраняют свою актуальность [161- 167].

3.1 Комплексная оценка свойств разработанных утеплителей и анализ результатов

В процессе эксплуатации на многослойные утепляющие материалы, представляющие собой разные многослойные системы различного волокнистого состава и структуры, воздействует достаточно большое количество факторов, при этом необходимо оценить их комплексное воздействие. Анализ комплексного показателя качества многослойных утепляющих материалов различного волокнистого состава и структуры может использоваться для оценки качества продукции.

При проведении комплексной оценки качества многослойных утеплителей различного волокнистого состава и структуры были взяты в качестве основы теоретические положения и практические исследования [143, 168-169].

Комплексная оценка качества текстильных материалов - это процесс обобщенной оценки, при которой в одном показателе объединяют комплекс наиболее важных показателей. Преимущество комплексной оценки заключается в наличии одной числовой итоговой оценки вместо нескольких, относящихся к единичным показателям.

Достоинством комплексного показателя является удобство его использования, для чего перед расчетом комплексного показателя единичные показатели с разной размерностью переводят в безразмерный вид.

Для проведения комплексной оценки были использованы результаты исследования структурных характеристик, механических и физических свойств разработанных двухслойных, трехслойных и многослойных образцов различных типов (№1, №2, №3, №4, №5, №6, №7, №9 и №10): толщина образца, толщина после истирания, толщина после циклов сжатия, поверхностная плотность, разрывная нагрузка по длине, разрывная нагрузка по ширине, относительное удлинение по длине, относительное удлинение по ширине, прочность при расслаивании по длине, прочность при расслаивании по ширине, устойчивость к деформированию при многократном сжатии сухих образцов, устойчивость к деформированию при многократном сжатии влажных образцов, стойкость к истиранию, максимальное количество пиллей от истирания, воздухопроницаемость, воздухопроницаемость после истирания, паропроницаемость, водопоглощение, суммарное тепловое сопротивление.

Для расчета комплексной оценки был выбран графический метод. Фактические значения показателей образцов многослойных утеплителей были переведены в относительные путем получения отношения фактического значения к базовому (таблица 17). Базовые значения выбирались как максимальные при негативном показателе или как минимальные при позитивном показателе.

Таблица 17 – Относительные показатели

Номер образца	Толщина образца	Толщина после истирания	Толщина 200 циклов сжатия	Поверхностная плотность	Разрывная нагрузка по длине	Разрывная нагрузка по ширине	Относительное удлинение по длине	Относительное удлинение по ширине	Прочность расслаивания по длине 1 полотно	Прочность при расслаивании по ширине 1 полотно	Устойчивость к деформированию сухих образцов	Устойчивость к деформированию влажных образцов	Стойкость к истиранию	Максимальное количество пиллей	Воздухопроницаемость	Воздухопроницаемость после истирания	Суммарное тепловое сопротивление	Паропроницаемость	Водопоглощение
1	1,26	1,26	2,00	1,41	1,49	1,10	1,00	1,13	1,75	3,89	1,30	1,28	1,13	0,48	0,55	0,54	1,10	3,15	0,67
2	1,00	1,13	1,17	1,06	1,00	1,52	3,11	3,72	1,38	2,89	1,30	1,21	1,00	1,00	0,76	0,70	1,00	1,05	0,74
3	1,14	1,07	1,83	1,08	1,14	1,54	1,79	2,27	1,06	1,00	1,22	1,17	1,02	0,65	0,90	0,87	1,02	1,19	0,67
4	1,14	1,28	2,00	1,36	1,80	1,41	3,55	1,73	1,00	1,22	1,21	1,19	1,03	0,97	0,73	0,71	1,10	1,11	0,85
5	1,33	1,22	1,50	1,16	1,64	1,45	2,26	2,97	1,19	6,33	1,19	1,12	1,10	0,35	0,79	0,82	1,05	1,00	1,00
6	1,27	1,28	1,83	1,20	1,04	1,00	2,23	1,00	1,63	2,56	1,30	1,40	1,02	0,77	0,55	0,58	1,07	1,19	0,82
7	1,00	1,12	1,00	1,00	1,27	1,03	2,80	1,78	2,81	7,33	1,00	1,00	1,26	0,52	1,00	1,00	1,00	1,27	0,81
9	1,15	1,00	1,50	1,38	4,09	1,76	3,42	3,52	1,88	2,33	1,22	1,04	1,57	0,71	0,77	0,71	1,12	1,24	0,81
10	1,48	1,25	2,67	1,98	3,22	1,87	2,79	2,98	5,06	3,11	1,22	1,30	1,82	0,39	0,75	0,85	1,22	1,19	0,80

Графическое изображение полученных относительных показателей качества образцов утепляющих материалов приведены на рисунке 21 (Приложение Г).

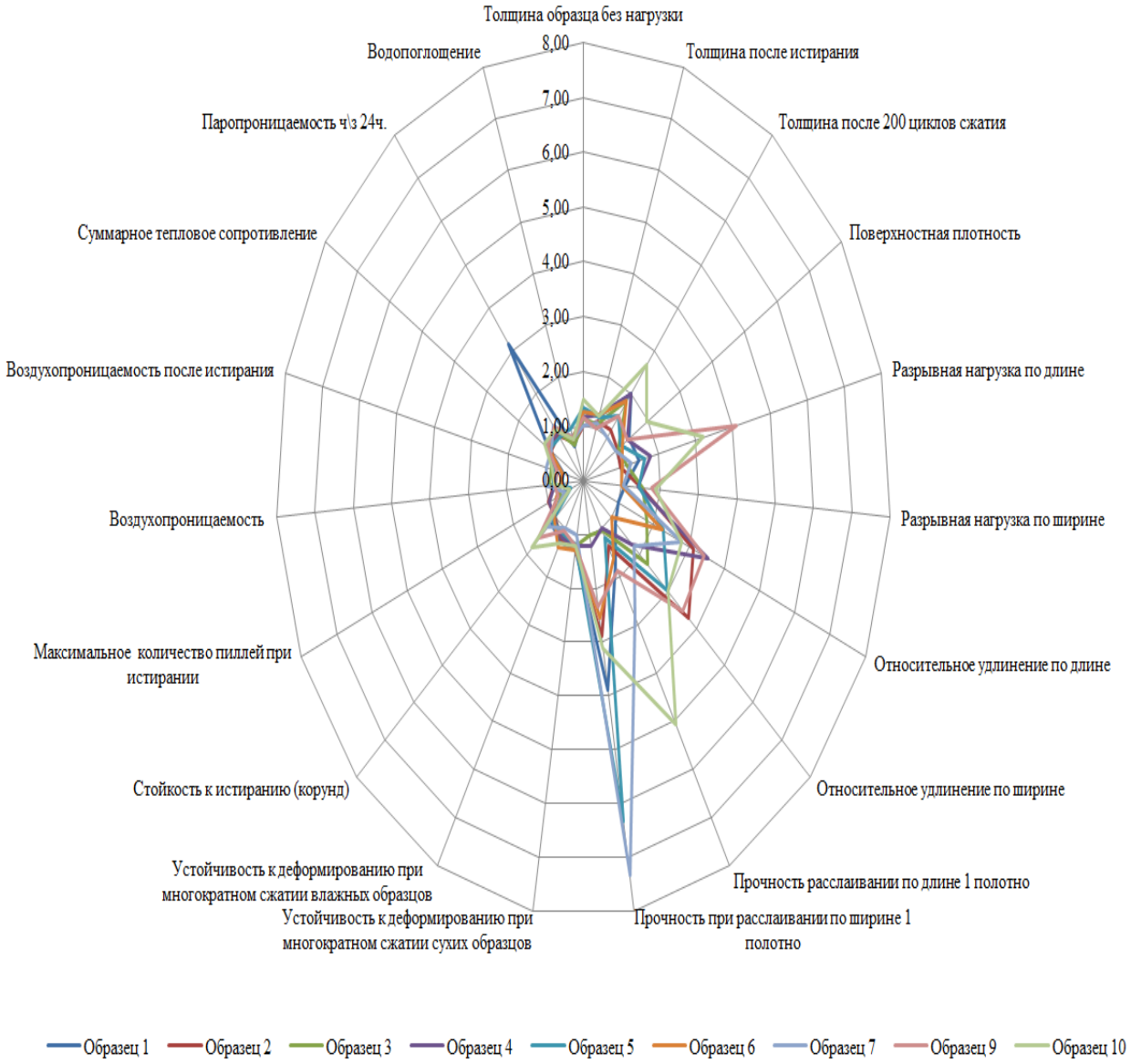

Рисунок 21 – Графическое изображение относительных показателей образцов

Для изображенных на рисунке 21 многоугольников были рассчитаны площади путем разбивки их на треугольники, площади которых были определены по формуле Герона и просуммированы [123].

Площади полученных треугольников (S) рассчитывались по формуле

Герона (1), где p –полупериметр (2) ; a, b, c - стороны треугольников.

$$S = \sqrt{p * (p - \text{a}) * (p - b) * (p - c)} \quad (1),$$

$$\text{p}=(\text{a}+\text{b}+\text{c})/2 \quad (2)$$

В работе приведены данные замеров сторон полученных треугольников и расчетные значения площадей по формуле (1) (графа 6 таблиц 18-26) для выбранных образцов.

Таблица 18 – Определение площадей треугольников для образца 1

Номер треугольника	Сторона а, мм	Сторона в, мм	Сторона с, мм	Полупериметр р, мм	Площадь треугольника S, мм²
1	2	3	4	5	6
1	11,00	10,00	3,00	12,00	14,70
2	10,00	17,00	8,00	17,50	24,97
3	17,00	12,00	7,00	18,00	34,47
4	12,00	13,00	3,00	14,00	17,55
5	13,00	8,00	5,10	13,05	5,12
6	9,00	8,00	3,00	10,00	11,83
7	8,00	10,00	2,20	10,10	4,09
8	10,00	15,00	6,00	15,50	20,12
9	15,00	32,00	20,00	33,50	112,03
10	32,00	11,00	22,00	32,50	60,57
11	11,00	9,00	3,00	11,50	11,05
12	7,00	9,00	2,50	9,25	5,93
13	9,00	2,00	6,00	8,50	8,31
14	2,00	3,00	1,50	3,25	1,33
15	4,00	2,00	1,20	3,60	2,35
16	7,00	4,00	6,00	8,50	11,98
17	4,00	25,30	19,00	24,15	53,68
18	25,00	5,00	21,00	25,50	34,30
19	5,00	9,00	5,00	9,50	9,81

Таблица 19 – Определение площадей треугольников для образца 2

Номер треугольника	Сторона а, мм	Сторона в, мм	Сторона с, мм	Полупериметр р, мм	Площадь треугольника S, мм²
1	2	3	4	5	6
1	8,00	9,00	3,00	10,50	13,31
2	9,00	9,00	3,00	10,50	13,31
3	9,00	9,00	2,00	10,00	8,94
4	9,00	8,00	2,00	9,00	7,94
5	8,00	12,00	4,00	14,00	23,66
6	12,00	23,00	11,00	28,50	122,83
7	23,00	29,00	9,00	33,50	128,92
8	29,00	11,00	18,10	20,05	56,59
9	11,00	22,00	13,50	28,75	141,34
10	22,00	8,00	15,33	15,67	17,56
11	8,00	9,00	3,00	10,50	13,31
12	9,00	7,00	3,00	8,50	10,26
13	7,00	7,00	2,00	8,00	6,93
14	7,00	6,50	1,30	7,15	4,20
15	6,50	5,00	1,50	5,75	3,71
16	5,00	8,00	3,00	9,50	11,79
17	8,00	8,00	2,00	9,00	7,94
18	8,00	8,00	2,00	9,00	7,94
19	8,00	8,00	2,80	5,40	14,04

Таблица 20 – Определение площадей треугольников для образца 3

Номер треугольника	Сторона а, мм	Сторона в, мм	Сторона с, мм	Полупериметр р, мм	Площадь треугольника S, мм²
1	2	3	4	5	6
1	9,00	9,00	3,00	10,50	13,31
2	9,00	15,00	8,00	16,00	29,93
3	15,00	9,00	8,00	16,00	29,93
4	9,00	8,00	3,00	10,00	11,83
5	8,00	12,00	4,20	12,10	6,26

Продолжение таблицы 20

1	2	3	4	5	6
6	12,00	13,00	5,00	15,00	30,00
7	13,00	17,00	8,00	19,00	50,08
8	17,00	9,00	11,00	18,50	44,47
9	9,00	8,00	2,00	9,50	7,31
10	8,00	9,00	3,00	10,00	11,83
11	9,00	10,00	3,00	11,00	13,27
12	10,00	8,00	2,20	10,10	4,09
13	8,00	5,00	4,00	8,50	8,18
14	5,00	7,00	2,50	7,25	4,40
15	7,00	8,00	2,00	8,50	6,44
16	8,00	9,00	2,00	9,50	7,31
17	9,00	10,00	3,00	11,00	13,27
18	10,00	6,00	6,00	11,00	16,58
19	6,00	9,00	5,00	10,00	14,14

Таблица 21 – Определение площадей треугольников для образца 4

Номер треугольника	Сторона a, мм	Сторона в, мм	Сторона c, мм	Полупериметр p, мм	Площадь треугольника S, мм²
1	2	3	4	5	6
1	9,00	11,00	3,00	11,50	11,05
2	11,00	16,00	8,00	17,50	40,26
3	16,00	15,00	6,00	18,50	44,98
4	15,00	12,00	5,00	16,00	26,53
5	12,00	14,00	5,00	15,50	29,23
6	14,00	29,00	19,00	31,00	112,46
7	29,00	15,00	17,00	30,50	97,84
8	15,00	8,00	8,00	15,50	20,88
9	8,00	10,00	3,00	10,50	9,92
10	10,00	9,00	3,50	11,25	15,66
11	9,00	9,00	3,00	10,50	13,31

Продолжение таблицы 21

1	2	3	4	5	6
12	9,00	8,00	3,00	10,00	11,83
13	8,00	8,00	2,80	9,40	11,03
14	8,00	7,00	2,00	8,50	6,44
15	7,00	6,00	2,00	7,50	5,56
16	6,00	9,00	4,00	9,50	9,56
17	9,00	8,00	3,00	10,00	11,83
18	8,00	7,00	3,00	9,00	10,39
19	7,00	9,00	3,00	9,50	8,79

Таблица 22 – Определение площадей треугольников для образца 5

Номер треугольника	Сторона a, мм	Сторона в, мм	Сторона c, мм	Полупериметр p, мм	Площадь треугольника S, мм²
1	2	3	4	5	6
1	11,00	10,00	3,00	12,00	14,70
2	10,00	11,00	5,00	13,00	24,98
3	11,00	11,00	4,00	13,00	21,63
4	11,00	14,00	7,00	16,00	37,95
5	14,00	12,00	4,00	15,00	22,25
6	12,00	18,00	10,00	20,00	56,57
7	18,00	23,00	10,00	25,50	86,09
8	23,00	9,00	14,80	23,40	34,05
9	9,00	52,00	44,50	52,75	119,50
10	52,00	8,00	45,00	52,50	93,60
11	8,00	10,00	4,00	11,00	15,20
12	11,00	8,00	4,00	11,50	12,29
13	8,00	2,00	8,00	9,00	7,94
14	2,00	6,00	3,00	5,50	4,91
15	6,00	7,00	2,00	7,50	5,56
16	7,00	8,00	3,50	9,25	12,23
17	8,00	7,00	2,50	8,75	8,47

Продолжение таблицы 22

1	2	3	4	5	6
18	7,00	8,00	2,50	8,75	8,47
19	8,00	11,00	3,20	11,10	5,21

Таблица 23 – Определение площадей треугольников для образца 6

Номер треугольника	Сторона а, мм	Сторона в, мм	Сторона с, мм	Полупериметр р, мм	Площадь треугольника S, мм²
1	2	3	4	5	6
1	10,00	10,00	2,00	11,00	9,95
2	10,00	15,00	7,00	16,00	29,39
3	15,00	10,00	6,00	15,50	20,12
4	10,00	9,00	3,00	11,00	13,27
5	9,00	8,00	2,00	9,50	7,31
6	8,00	12,00	11,00	15,50	42,79
7	12,00	9,00	7,00	14,00	31,30
8	9,00	14,00	10,00	16,50	44,84
9	14,00	12,00	10,00	18,00	58,79
10	12,00	12,00	3,00	13,50	17,86
11	12,00	13,00	4,00	14,50	23,89
12	13,00	8,00	2,80	11,90	21,55
13	8,00	4,00	2,00	7,00	10,25
14	4,00	4,00	2,00	5,00	3,87
15	4,00	3,80	4,50	6,15	7,16
16	3,80	8,00	2,50	7,15	9,73
17	8,00	9,00	3,00	10,00	11,83
18	9,00	7,00	5,00	10,50	17,41
19	7,00	10,00	5,00	11,00	16,25

Таблица 24 – Определение площадей треугольников для образца 7

Номер треугольника	Сторона а, мм	Сторона в, мм	Сторона с, мм	Полупериметр р, мм	Площадь треугольника S, мм²
1	2	3	4	5	6
1	8,00	10,00	3,00	10,50	9,92
2	10,00	9,00	3,00	11,00	13,27
3	9,00	8,00	2,00	9,50	7,31
4	8,00	11,00	3,10	11,05	3,66
5	11,00	9,00	3,00	11,50	11,05
6	9,00	23,00	15,00	23,50	38,06
7	23,00	15,00	11,00	24,50	68,65
8	15,00	23,00	10,00	24,00	54,99
9	23,00	61,00	34,00	59,00	325,88
10	61,00	8,00	53,10	61,05	35,88
11	8,00	7,00	2,00	8,50	6,44
12	7,00	10,00	3,10	10,05	3,26
13	10,00	3,00	7,10	10,05	3,23
14	3,00	8,00	4,00	7,50	7,69
15	8,00	8,00	2,50	9,25	9,88
16	8,00	8,00	2,50	9,25	9,88
17	8,00	11,00	3,10	11,05	3,66
18	11,00	6,00	4,00	10,50	12,39
19	6,00	8,00	2,10	8,05	2,22

Таблица 25 – Определение площадей треугольников для образца 9

Номер треугольника	Сторона а, мм	Сторона в, мм	Сторона с, мм	Полупериметр р, мм	Площадь треугольника S, мм²
1	2	3	4	5	6
1	9,00	9,00	3,00	10,50	13,31
2	9,00	11,00	5,00	12,50	22,19
3	11,00	11,00	4,00	13,00	21,63
4	11,00	32,00	23,00	33,00	85,21
5	32,00	15,00	22,00	34,50	144,99

Продолжение таблицы 25

1	2	3	4	5	6
6	15,00	28,00	16,00	29,50	93,07
7	28,00	30,00	10,00	34,00	139,94
8	30,00	15,00	15,10	30,05	18,39
9	15,00	19,00	7,00	20,50	47,78
10	19,00	10,00	10,00	19,50	29,66
11	10,00	9,00	3,00	11,00	13,27
12	9,00	13,00	5,00	13,50	16,07
13	13,00	7,00	8,00	14,00	24,25
14	7,00	7,00	2,00	8,00	6,93
15	7,00	6,00	2,00	7,50	5,56
16	6,00	8,00	4,00	9,00	11,62
17	8,00	9,00	3,00	10,00	11,83
18	9,00	7,00	3,50	9,75	11,21
19	7,00	9,00	3,00	9,50	8,79

Таблица 26 – Определение площадей треугольников для образца 10

Номер треугольника	Сторона а, мм	Сторона в, мм	Сторона с, мм	Полупериметр р, мм	Площадь треугольника S, мм²
1	2	3	4	5	6
1	12,00	10,00	4,00	13,00	18,73
2	10,00	22,00	13,00	22,50	36,55
3	22,00	17,00	8,00	23,50	59,59
4	17,00	27,00	13,00	28,50	87,29
5	27,00	17,00	14,00	29,00	102,18
6	17,00	22,00	10,00	24,50	81,61
7	22,00	23,00	8,00	26,50	87,87
8	23,00	42,00	21,00	43,00	137,55
9	42,00	26,00	20,00	44,00	194,98
10	26,00	10,00	18,00	27,00	64,27
11	10,00	10,00	4,00	12,00	19,60
12	10,00	12,00	6,00	14,00	29,93

Продолжение таблицы 26

1	2	3	4	5	6
13	12,00	3,00	12,00	13,50	17,86
14	3,00	6,00	2,00	5,50	4,91
15	6,00	7,00	2,00	7,50	5,56
16	7,00	10,00	4,00	10,50	10,93
17	10,00	10,00	3,00	11,50	14,83
18	10,00	7,00	4,00	10,50	10,93
19	7,00	12,00	7,00	13,00	21,63

Результаты расчета комплексной оценки, равной значению площади многоугольника (ΣS) для выбранных образцов многослойных утеплителей, приведены в таблице 27 и на рисунке 22.

Таблица 27 – Определение площадей многоугольников

Наименование образца	Площадь многоугольника ΣS, мм²
Образец 1	444,18
Образец 2	614,51
Образец 3	322,64
Образец 4	497,57
Образец 5	591,58
Образец 6	397,58
Образец 7	627,32
Образец 9	725,70
Образец 10	1006,81

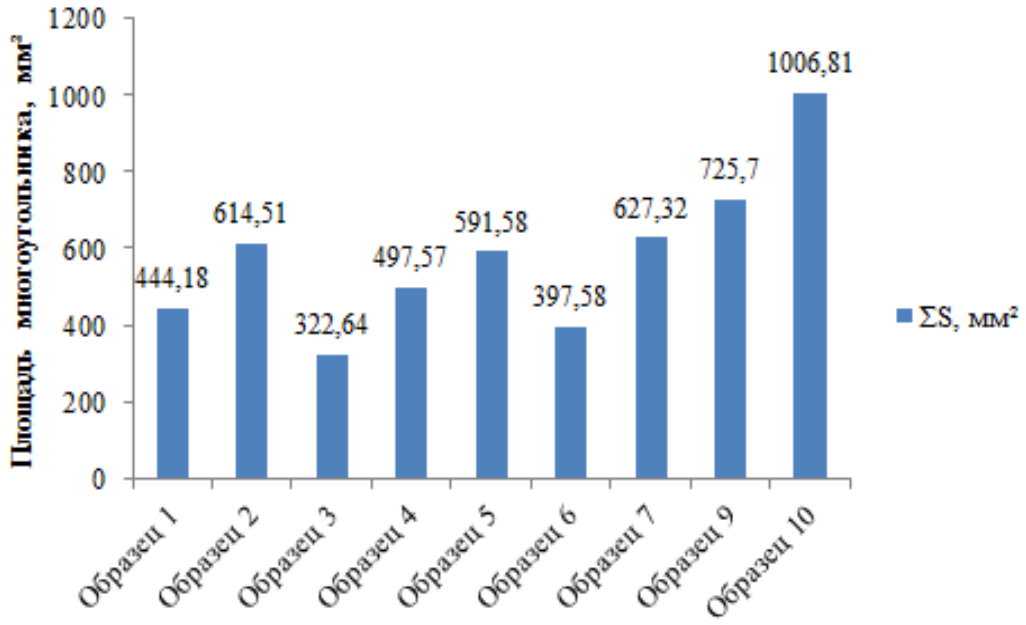

Рисунок 22 – Сравнение значений площадей многоугольников

По результатам проведенной комплексной оценки графическим методом были сделаны следующие выводы.

Образцы многослойных утепляющих материалов, имеющих много слоев и значительную толщину, показали лучшие результаты комплексной оценки (**Многофункциональный тип** - образцы 9 и 10). Многослойные образцы утепляющих материалов 10 и 9 имеют высокий уровень теплозащитных и прочностных свойств.

Наилучший результат показал многослойный образец 10, содержащий в своем составе волокна верблюжьей шерсти, значение его комплексной оценки значительно выше комплексной оценки многослойного образца 9, содержащего волокна овечьей шерсти. По результатам проведенной комплексной оценки образец 10 - наиболее рациональный, лучший в своей группе типов и среди всех образцов.

Минимальное значение комплексной оценки у образца 3 (**Улучшенный тип (2)**) из-за пониженных значений прочности при расслаивании.

Значение комплексной оценки образца 4 (**Улучшенный тип (3))** выше, чем у образца 6 (**Улучшенный тип (3))**. На комплексную оценку образца 6 повлияли

значения воздухопроницаемости, разрывной нагрузки и удлинения. Образцы 6 и 3 нуждаются в доработке. Образец 4 - лучший в своей группе типов.

Образец 7 (**Улучшенный тип (2)**), содержащий в составе волокна верблюжьей шерсти, показал высокое значение комплексной оценки из-за максимального значения прочности при расслаивании, высоких значений стойкости к истиранию и воздухопроницаемости.

Образцы 2 и 5 (**Улучшенный тип (2)**), содержащие в составе волокна верблюжьей шерсти, также показали высокие значения комплексной оценки из-за высоких значений разрывной нагрузки и относительного удлинения (образец 2) и высоких значений показателя прочности при расслаивании и толщины, а также максимального значения водопоглощения (образец 5).

Образцы 7, 2 и 5, имеющие близкие значения комплексной оценки, являются рациональными в своей группе типов.

Образец 1 (**Улучшенный тип (1)**) утепляющего материала показал средние значения комплексной оценки.

Образцы утепляющих материалов, содержащие в своем составе регенерированные волокна (**Улучшенный тип (3)** - образцы 4 и 6) при комплексной оценке показали, что повышение содержания регенерированных волокон приводит к росту значений комплексной оценки.

С целью уточнения условий практического применения образцов многослойных утеплителей различного волокнистого состава и структуры в соответствии с различными требованиями заказчиков предложен графический метод анализа.

Было определено значение относительного показателя в долях от единицы для конкретного образца (таблица 28). Графическое изображение соотношения показателей, переведенных в проценты, приведено на рисунках 23-31.

Таблица 28 – Приведенные доли показателей

Наименование показателя	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5	Образец 6	Образец 7	Образец 9	Образец 10
Толщина	0,06	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	0,04	0,05	0,05
Разрывная нагрузка по длине	0,08	0,05	0,07	0,10	0,07	0,06	0,05	0,16	0,12
Разрывная нагрузка по ширине	0,06	0,07	0,10	0,08	0,06	0,06	0,04	0,07	0,07
Относительное удлинение по длине	0,05	0,15	0,11	0,20	0,10	0,13	0,12	0,14	0,10
Относительное удлинение по ширине	0,06	0,18	0,14	0,10	0,13	0,06	0,07	0,14	0,11
Прочность при расслаивании по длине	0,09	0,07	0,07	0,06	0,05	0,10	0,12	0,08	0,18
Прочность при расслаивании по ширине	0,20	0,14	0,06	0,07	0,27	0,15	0,30	0,09	0,11
Устойчивость к деформированию	0,07	0,06	0,08	0,07	0,05	0,08	0,04	0,05	0,04
Стойкость к истиранию	0,06	0,05	0,06	0,06	0,05	0,06	0,05	0,06	0,07
Воздухопроницаемость	0,03	0,04	0,06	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03
Суммарное тепловое сопротивление	0,06	0,05	0,06	0,06	0,05	0,06	0,04	0,04	0,04
Паропроницаемость	0,16	0,05	0,07	0,06	0,04	0,07	0,05	0,05	0,04
Водопоглощение	0,03	0,04	0,04	0,05	0,04	0,05	0,03	0,03	0,03

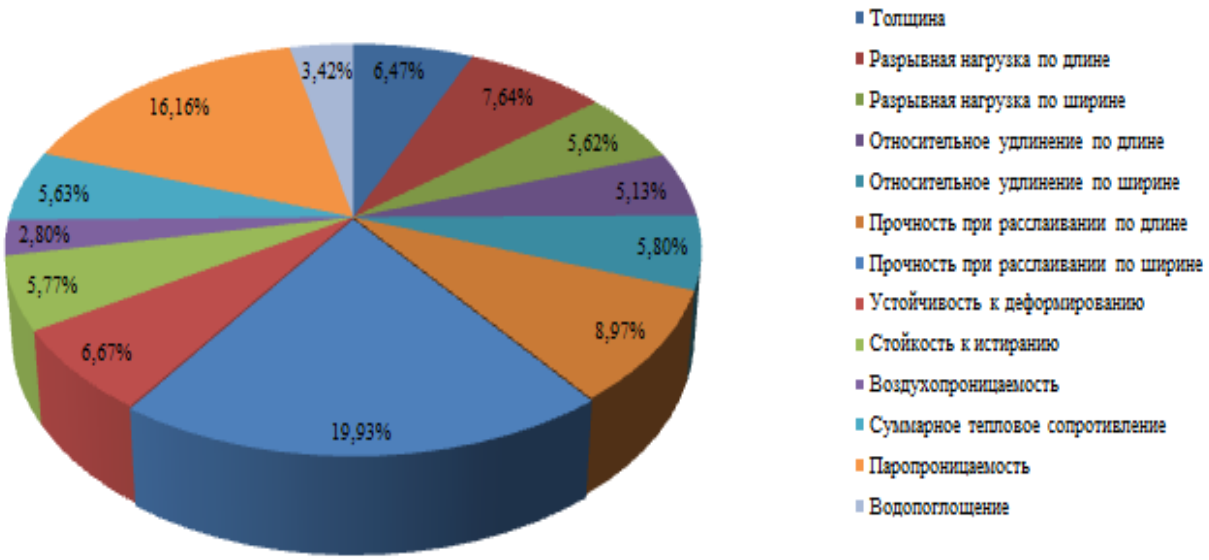

Рисунок 23 – Соотношение показателей образца 1

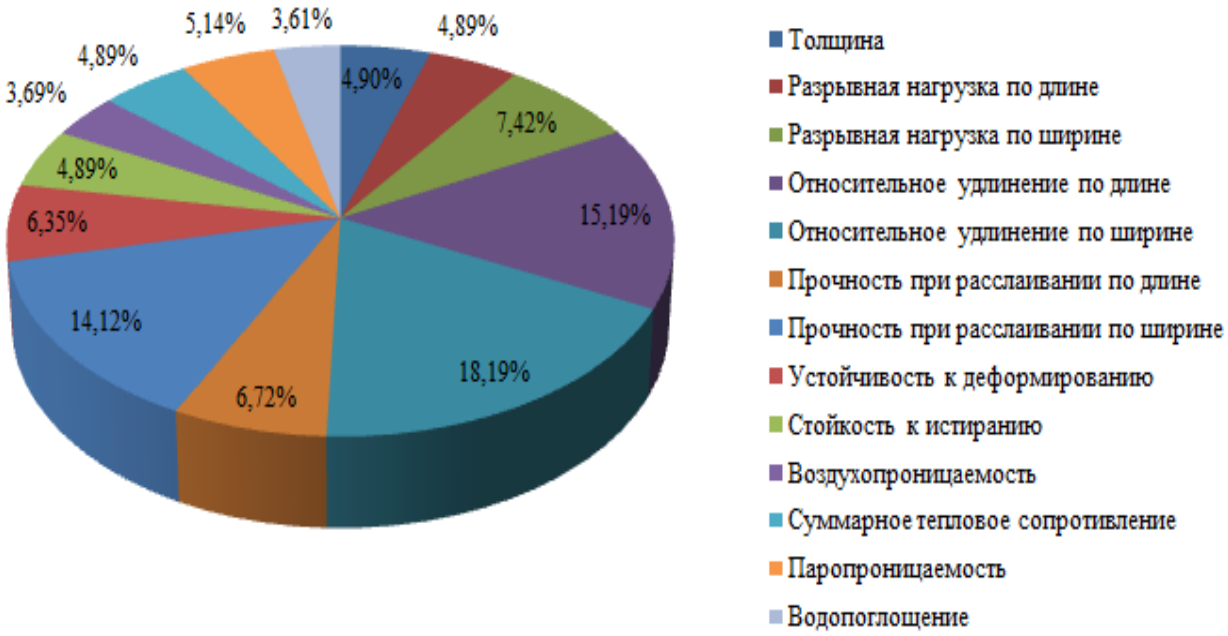

Рисунок 24 – Соотношение показателей образца 2

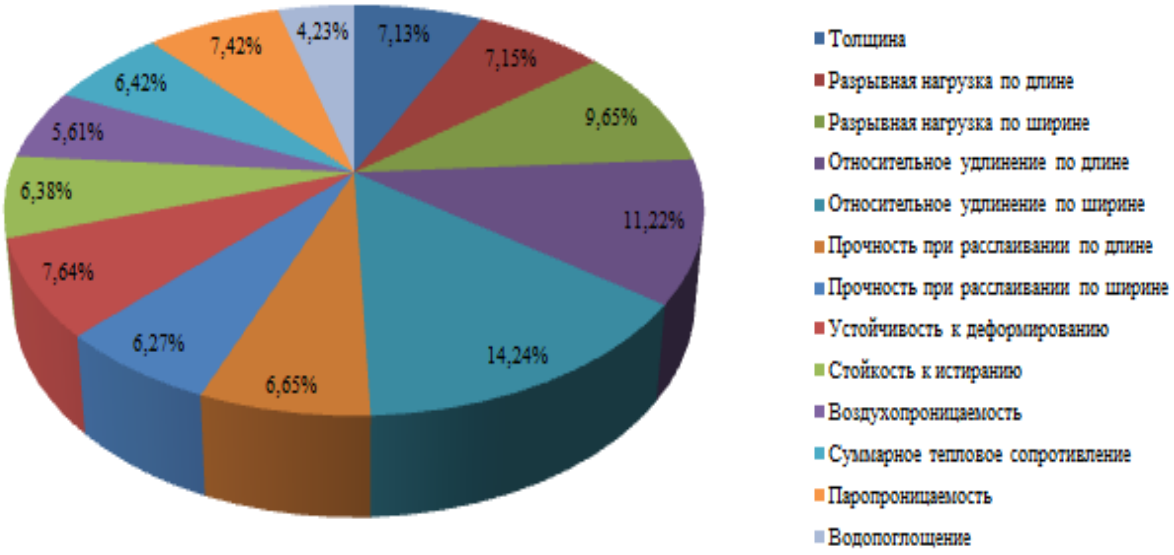

Рисунок 25 – Соотношение показателей образца 3

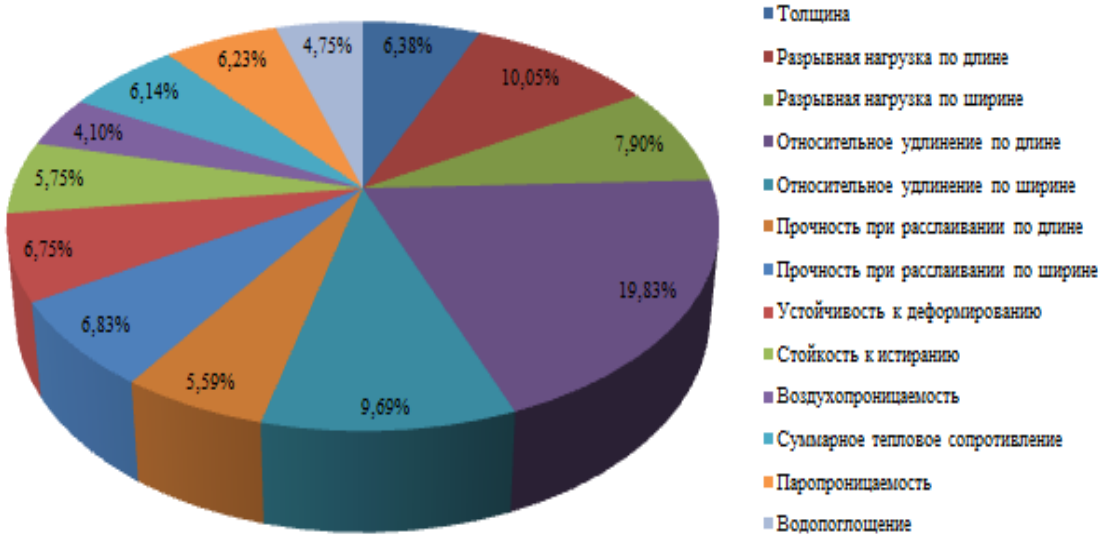

Рисунок 26 – Соотношение показателей образца 4

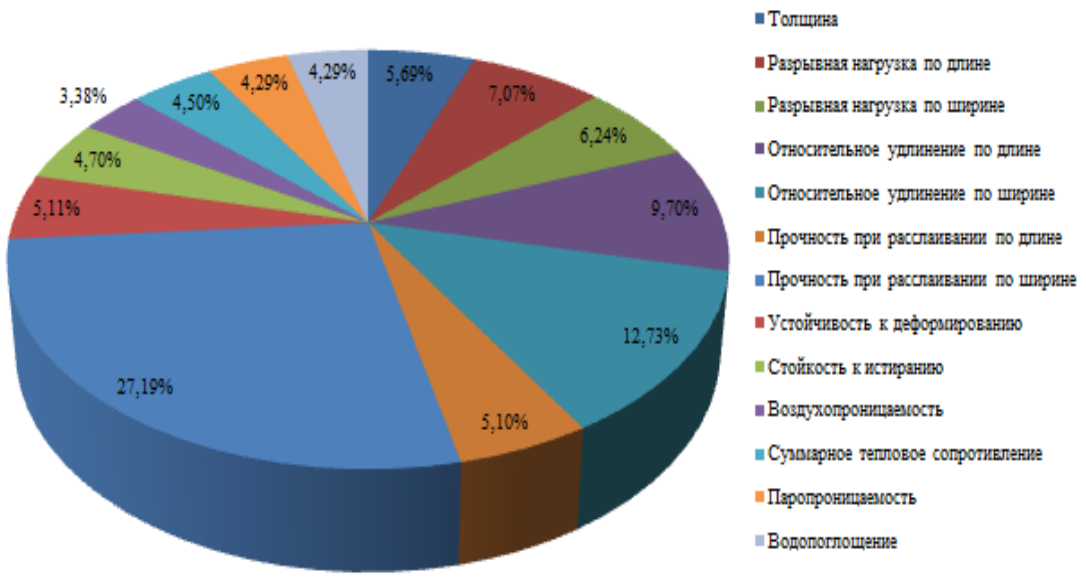

Рисунок 27 – Соотношение показателей образца 5

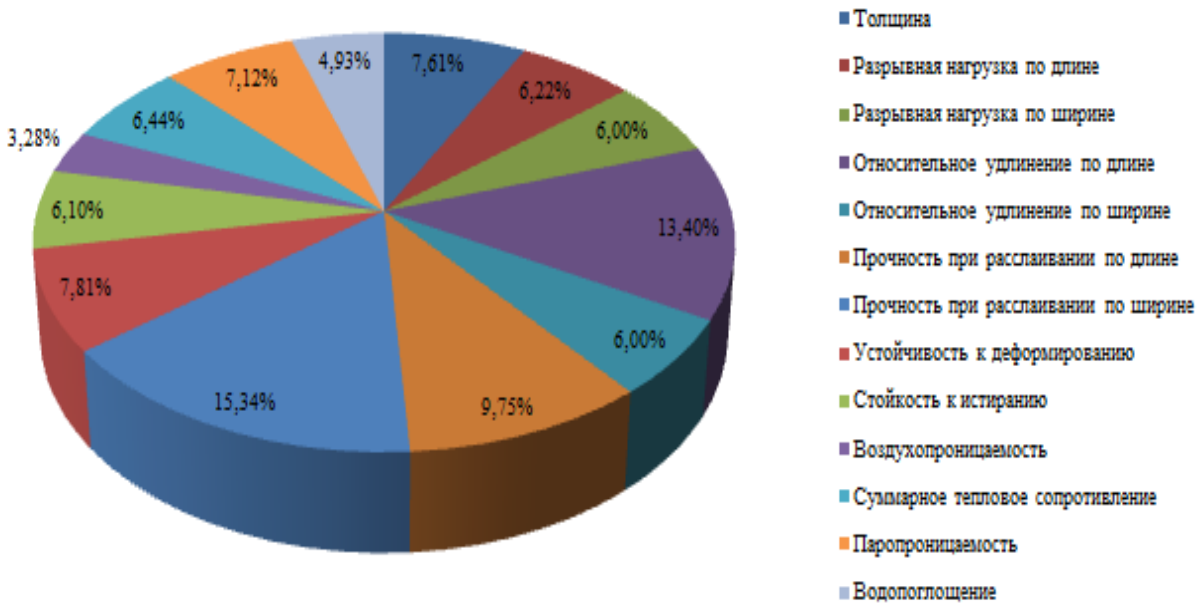

Рисунок 28 – Соотношение показателей образца 6

Рисунок 29 – Соотношение показателей образца 7

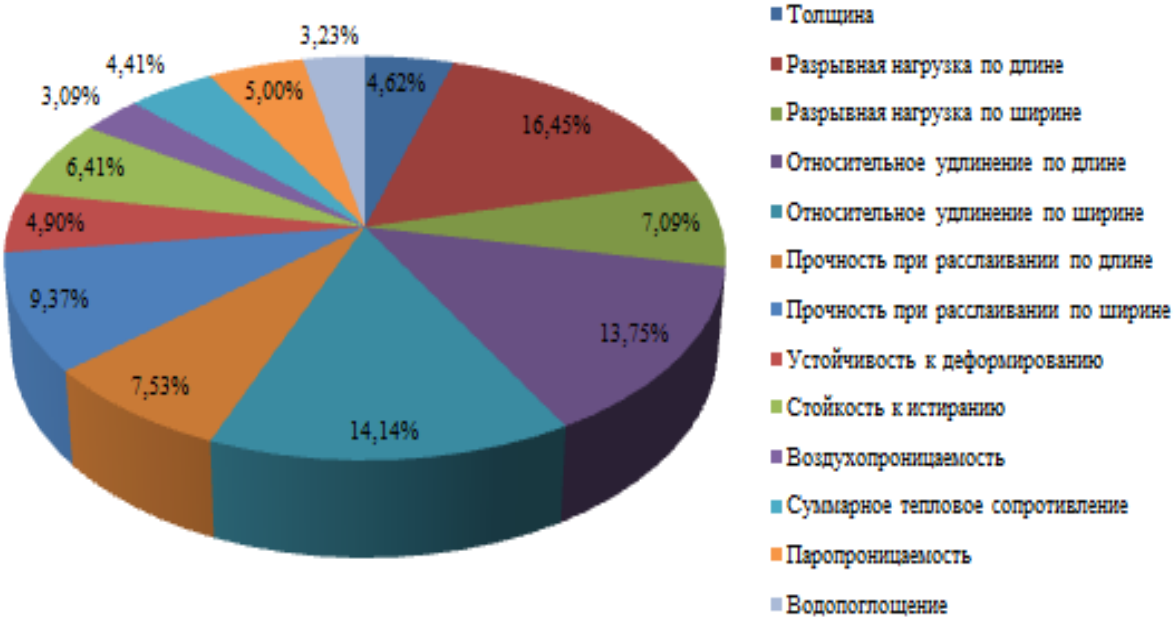

Рисунок 30 – Соотношение показателей образца 9

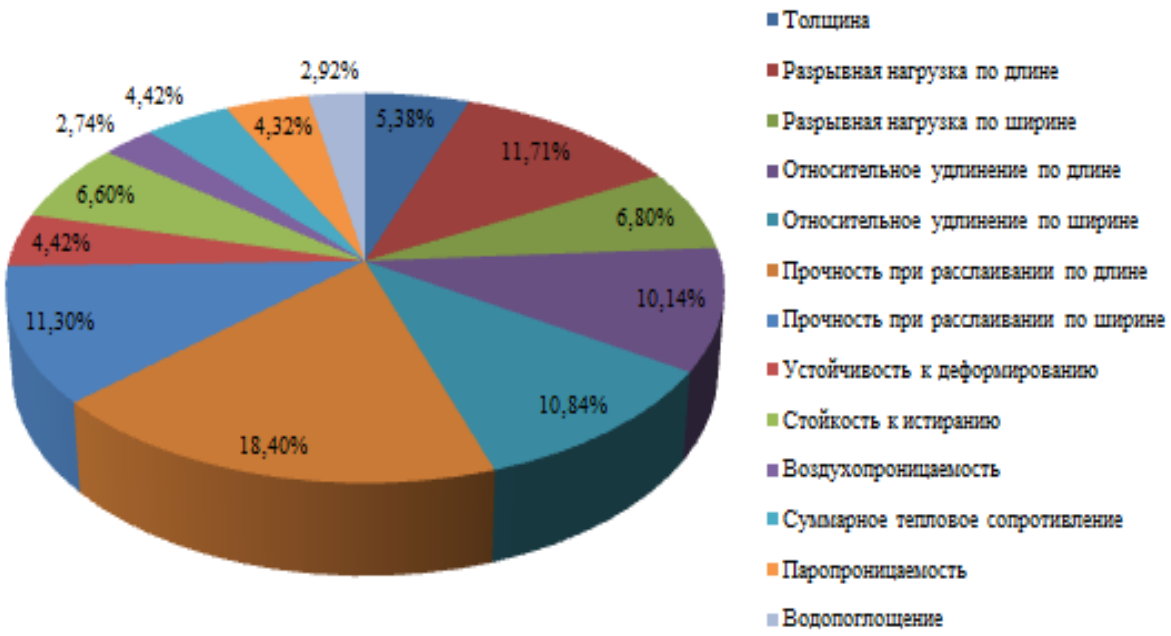

Рисунок 31 – Соотношение показателей образца 10

Вклад (доля в процентах) конкретного показателя в совокупный набор (100%) значимых свойств образца позволяет более эффективно оценивать в целесообразность выбора области применения многослойных утеплителей различного волокнистого состава и структуры.

В перспективе с учетом конкретной области применения при использовании результатов исследований [106] возможно дальнейшее моделирования эффективности при эксплуатации многослойных утеплителей различного волокнистого состава и структуры.

3.2 Составление рекомендаций по рациональному применению образцов многослойных утеплителей различного волокнистого состава и структуры

В настоящее время известно большое количество способов и подходов, позволяющих оценить, спрогнозировать, провести анализ различных явлений и свойств. Этому вопросу посвящено значительное количество научных работ и исследований [143, 161, 168-176].

В работе в соответствии с разработанной методологией оценки и рационального применения многослойных утеплителей различного волокнистого состава и структуры в соответствии с условиями эксплуатации проведен сравнительный анализ при исследовании различных эксплуатационных свойств.

Изучение влияния условий, близких к условиям естественной эксплуатации, на изменение свойств образцов необходимо для анализа и составления рекомендаций по рациональному применению образцов.

Для оценки качества была проведена комплексная оценки образцов многослойных утеплителей различного волокнистого состава и структуры.

Проводился сравнительный комплексный анализ близких по составу, структуре образцов утеплителей различного волокнистого состава и структуры.

В ходе анализа полученных результатов исследований свойств образцов, их оценки различными способами был определен критерий отбора наиболее рациональных для практического использования разработанных образцов утеплителей различного волокнистого состава и структуры - высокие значения комплексной оценки в сочетании результатами сравнения и оценки различных свойств.

После анализа всех полученных данных, были составлены рекомендации по рациональному применению образцов многослойных утеплителей различного

волокнистого состава и структуры в соответствии с условиями эксплуатации, применяя системный подход. Разработанные рекомендации [169] - это итоговая часть методологии оценки и рационального применения.

Система рекомендаций по рациональному применению включает:

а) Рекомендации в соответствии с температурным критерием для теплозащиты в определенных условиях:

1) Образец 10 (**Многофункциональный тип)** многослойного утепляющего материала, содержащего в своем составе волокна верблюжьей шерсти, имеющего лучшие результаты комплексной оценки и высокие механические и теплофизические свойства, можно рекомендовать в качестве утеплителя при использовании изделий при пониженных температурах от минус 20^0С (в том числе в условиях Крайнего Севера и Арктики).

2) Образец 9 (**Многофункциональный тип)** многослойного утепляющего материала, содержащего волокна овечьей шерсти и имеющего высокое значение комплексной оценки, можно рекомендовать в качестве утеплителя при использовании изделий при пониженных температурах от минус 5^0С до минус 20^0С.

3) Образцы 7 и 2 (**Улучшенный тип (2))** многослойных утепляющих материалов, содержащих в своем составе волокна верблюжьей шерсти, также можно рекомендовать для эксплуатации при температурах от минус 5^0С до минус 20^0С, потому что, несмотря на высокий уровень комплексной оценки, они имеют средние теплозащитные свойства.

4) Образец 5 (**Улучшенный тип (2))** утепляющего материала, содержащего в своем составе волокна верблюжьей шерсти, показал высокие значения комплексной оценки, при этом он обладает высокими механическими свойствами. Он может быть рекомендован для эксплуатации при пониженных температурах от минус 5^0С до минус 20^0С.

5) По результатам проведенной оценки образцы 2, 7 и 5 **(Улучшенный тип (2))**, имеющие высокие значения прочности, высокие значения растяжимости и воздухопроницаемости, но средние теплозащитные свойства, рекомендовано

использовать при изготовлении изделий для более теплых климатических поясов. Разработанные утеплители данного типа могут найти рациональное применение в различных областях, в том числе как утепляющие материалы при производстве изделий одежды и обуви.

6) По результатам проведенной оценки наиболее рациональный образец 10, содержащий в своем составе волокна верблюжьей шерсти **(Многофункциональный тип)** рекомендуется для изготовления текстильных изделий для климатических поясов с пониженными значениями температур. Этот лучший рациональный образец, представляющий собой многослойную систему универсального назначения.

б) **Рекомендации** с учетом условий эксплуатации и рациональности использования:

1) Образцы 10 и 9 (**Многофункциональный тип),** а также образец 5 **(Улучшенный тип (2))** рекомендовано использовать в условиях эксплуатации, в которых большое значение имеют толщина, степень водопоглощения утеплителя, в частности как защиту от различных ударных воздействий. Утепляющие материалы будут выполнять демпферные функции, что может найти применение для изделий обувной промышленности.

2) Образец 1 (**Улучшенный тип (1))** и образце 4 **(Улучшенный тип (3**)) утепляющих материалов показали средние значения комплексной оценки. Эти образцы обладают высокими теплозащитными свойствами, но по отдельным единичным показателям имеют низкие результаты. Образцы 1 и 4 рекомендовано использовать в качестве слоев при изготовлении многослойных утеплителей различного волокнистого состава и структуры многофункционального типа, применяемых в различных областях, в том числе при производстве одежды и в обувной промышленности.

Выводы по третьей главе

1. Определен набор свойств в соответствии с областью применения и проведена комплексная оценка, в результате которой определены рациональные образцы многослойных утепляющих материалов.

2. Комплексная оценка разработанных утеплителей различного волокнистого состава и структуры, в том числе содержащих в своем составе волокна шерсти верблюда, регенерированные волокна, подтвердила актуальность производства и использования этих текстильных материалов.

3. Результаты комплексной оценки показали целесообразность замены волокон овечьей шерсти волокнами верблюжьей шерсти при производстве многослойных утеплителей различного волокнистого состава.

4. В результате проведения анализа при использовании системного подхода определены наиболее рациональные образцы с улучшенными теплозащитными свойствами.

5. На основании экспериментальных данных и разработанной методологии оценки и рационального применения создана система практических рекомендаций, позволяющая оптимально проводить выбор разработанных утепляющих материалов в соответствии с различными условиями эксплуатации.

6. Составленные рекомендации направлены на формирование нового ассортимента многослойных утеплителей различного волокнистого состава и структуры, полученных при использовании волокон верблюжьей шерсти.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработана концепция получения текстильных материалов различного волокнистого состава и структуры, включающая создание типизации утеплителей, разработку технологических решений использования волокон шерсти верблюда, а также технического решения по комбинированию слоев различных функциональных групп в соответствии с типизацией утеплителей, направленная на развитие сегмента современных утепляющих текстильных материалов, в том числе с позиций ресурсосбережения.

2. Обоснованы предложенные техническое и технологическое решения использования отходов производств - верблюжьей шерсти, при разработке новых многофункциональных утепляющих материалов с улучшенными эксплуатационными свойствами.

3. Доказана практическая значимость разработанного нового ассортимента многослойных утепляющих материалов различного волокнистого состава и структуры, включающий натуральные и химические волокна, а также отходы производств, в том числе и регенерированные волокна.

4. Предложена концепция оценки качества утепляющих нетканых материалов различных структур в зависимости от вида, состава и компоновки, включающая этапы попарного сравнения и итоговую комплексную оценку свойств.

5. Предложена методика оценки устойчивости теплозащитных свойств утепляющих материалов различного волокнистого состава и структуры в процессе эксплуатации, позволяющая формировать их ассортимент.

6. Исследована динамика суммарного теплового сопротивления разработанных образцов вследствие воздействия внешних факторов при эксплуатации, которая показала целесообразность выбора материалов и компонентов для получения утеплителей с использованием верблюжьей шерсти, регенерированных волокон.

7. Предложен комплексный подход к оценке разработанных утеплителей различного волокнистого состава и структуры, что позволяет определить наиболее рациональные образцы с улучшенными теплофизическими свойствами.

8. Обоснована практическая значимость разработанных рекомендаций, направленных на формирование ассортимента многослойных утеплителей различного волокнистого состава и структуры, полученных с использованием отходов производств - верблюжьей шерсти.

9. На основании экспериментальных данных и разработанной методологии оценки качества предложена система практических рекомендаций по оптимальному подбору и рациональному применению разработанных утепляющих материалов в соответствии с условиями эксплуатации.

Рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы

1. Предлагаемые концептуальные подходы к разработке и оценке качества новых утепляющих материалов могут применяться на предприятиях текстильной и легкой промышленности.

2. Вопросы разработки многослойных утеплителей различного волокнистого состава при использовании различных отходов производств и потребления требуют своего дальнейшего развития с учетом появления новых перспективных технологий и материалов.

3. Необходимо дальнейшее обобщение исследований, изложенных в настоящей диссертации, для формирования единой методологии разработок с целью проектирования различных текстильных материалов с позиций ресурсосбережения и экологической безопасности.

4. Предлагаемые теоретические подходы и экспериментальные результаты рекомендуется использовать при разработке новых, совершенствовании известных технологий изготовления текстильных материалов.

5. Результаты работы рекомендуется использовать, развивать в учебных и научно-исследовательских процессах профильных высших учебных заведений при подготовке специалистов в сфере технологий производства изделий текстильной и легкой промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Roif Expert [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании. - Режим доступа: https://businesstat.ru/catalog/id8915 (дата обращения: 07.01.2023).

2. Рынок нетканых материалов в России [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании. - Режим доступа: https://tebiz.ru/mi/rynok-netkanykh-materialov-v-rossii (дата обращения: 15.01.2020).

3. Ульвачева, Л.А. Анализ ассортимента и разработка классификации многослойных текстильных материалов / Л.А. Ульвачева, В.И. Бесшапошникова, И.Н. Жагрина, Е.А. Кирсанова // Дизайн и технологии. - 2014. - № 44 (86). - С. 71-78.

4. Кричевский, Г.Е. Нано-, био-, химические технологии в производстве нового поколения волокон, текстиля и одежды: монография / Г.Е. Кричевский. - М.: Известия, 2011. - 528 с.

5. Березненко, Н.П. Возможности использования многослойных многофункциональных текстильных композитов / Н.П. Березненко, В.И. Власенко, С.И. Ковтун // Волокнистые материалы XXI век: сб. науч. тр. Международной конференции. - Санкт-Петербург, 2005. - С. 87-91.

6. Севостьянов, А.Г. Механическая технология текстильных материалов: учебник / А.Г. Севостьянов. - М.: Легпромбытиздат, 1989. - 509 с.

7. Кирюхин, С.М. Текстильное материаловедение: учебное пособие / С.М. Кирюхин, Ю.С. Шустов. - М.: КолосС, 2011. - 360 с.

8. Лопаткина, С.В. Изучение прочности крепления слоев многослойных утеплителей / С.В. Лопаткина, Ю.С. Шустов, А.В. Курденкова // Актуальные проблемы экспертизы, технического регулирования и подтверждения соответствия продукции текстильной и легкой промышленности: сб. науч. тр.

2-го Круглого стола с международным участием / РГУ им. А.Н. Косыгина. - Москва, 2022. - С. 6-10.

9. Бесшапошникова, В.И. Способ повышения прочности клеевого соединения текстильных материалов / В.И. Бесшапошникова, А.М. Волкова // Эргодизайн как инновационная технология проектирования изделий и предметно-пространственной среды: инклюзивный аспект: сб. науч. тр. / РГУ им. А.Н. Косыгина. - Москва, 2019. - С. 62-65.

10. Ясинская, Н.Н. Расчет прочности адгезионного соединения при формировании слоистых текстильных материалов / Н.Н. Ясинская, Н.В. Скобова, А.Н. Бизюк // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. - 2019. - Т. 42 (№ 1). - С. 52-54.

11. Пат. 1610408 Российская Федерация. Способ определения сцепляемости клеевого соединения текстильных материалов и устройство для его осуществления / Кузьмичев В.Е., Ефанов С.Г.; заявл. 20.06.1988; опубл. 30.11.1990.

12. Куликова, Т.В. Повышение прочности клеевых соединений текстильных материалов для производства швейных изделий / Т.В. Куликова, Н.Е. Ковалева, В.И. Бесшапошникова и др. // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. - 2008. - № 5(311) - С. 76-78.

13. ГОСТ 28780-90. Клеи полимерные. Термины и определения. - М.: Издательство стандартов, 1991. - 15 с.

14. Шустов, Ю.С. Текстильное материаловедение: лабораторный практикум / Ю.С. Шустов, С.М. Кирюхин. - М.: ИНФРА-М, 2016. - 341 с.

15. Давыдов, А.Ф. Техническая экспертиза продукции текстильной и легкой промышленности: учебное пособие / А.Ф. Давыдов, Ю.С. Шустов, А.В. Курденкова, С.Б. Белкина. - М.: ИНФРА-М., 2014. - 384 с.

16. ГОСТ Р ИСО 11224-2014. Материалы текстильные. Формирование и скрепление полотна в нетканых материалах. Словарь. - М.: Издательство стандартов, 2014. - 8 с.

17. ГОСТ 16430-83. Полотна нетканые. Термины и определения. - М.: Издательство стандартов, 1983. - 5 с.

18. ГОСТ 28367-94. Мех искусственный трикотажный. Общие технические условия. - М.: Издательство стандартов, 1994. - 15 с.

19. ГОСТ 25562-82. Мех искусственный трикотажный. Термины и определения. - М.: Издательство стандартов, 1982. - 15 с.

20. ГОСТ 12023-2003. Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения толщины. - М.: Издательство стандартов, 2003. - 11 с.

21. ГОСТ 8845-87. Полотна и изделия трикотажные. Методы определения влажности, массы и поверхностной плотности. - М.: Издательство стандартов, 1987. - 8 с.

22. ГОСТ 3811-72. Материалы текстильные. Ткани, нетканые полотна и штучные изделия. Методы определения линейных размеров, линейной и поверхностной плотностей. - М.: Издательство стандартов, 1972. - 15 с.

23. ГОСТ 15902.3-79. Полотна нетканые. Методы определения прочности. - М.: Издательство стандартов, 1979. - 8 с.

24. ГОСТ 9913-90. Материалы текстильные. Методы определения стойкости к истиранию. - М.: Издательство стандартов, 1990. - 10 с.

25. ГОСТ 12088-77. Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения воздухопроницаемости. - М.: Издательство стандартов, 1977. - 9 с.

26. ГОСТ 3816-81. (ИСО 811-81). Полотна текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств. - М.: Издательство стандартов, 1998. - 29 с.

27. ГОСТ 20489-75. Материалы для одежды. Метод определения суммарного теплового сопротивления. - М.: Издательство стандартов, 1975. - 10 с.

28. Кобляков, А.И. Лабораторный практикум по текстильному материаловедению / А.И. Кобляков, Г.Н. Кукин, А.И. Соловьев и др. - М.: Легпромбытиздат, 1986. - 344 с.

29. Разумеев, К.Э. Проектирование шерстяной гребенной ленты и пряжи на основе инструментального определения свойств немытой шерсти: монография / К.Э. Разумеев. - М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2005. - 246 с.

30. Разумеев, К.Э. Проектирование свойств чистошерстяной камвольной пряжи с целью повышения ее качества и снижения обрывности в прядении: дисс… канд. техн. наук: 05.19.03 / Разумеев Константин Эдуардович. - М.: 1984. - 164 с.

31. Разумеев, К.Э. Методы проектирования шерстяной гребенной ленты и пряжи на основе инструментального определения свойств немытой шерсти: дис. … докт. техн. наук: 05.19.02 / Разумеев Константин Эдуардович. - М., 2003. - 327 с.

32. Чикалев, А.И. Производство и переработка продукции животноводства: учебник / А.И. Чикалев, Ю.А. Юлдашбаев. - М.: ИНФРА-М., 2019. - 188 с.

33. Разумеев, К.Э. Повышение качества продукции овцеводства и звероводства: монография / Разумеев К.Э., Трухачев В.И., Балакирев Н.А., Юлдашбаев Ю.А. - М., 2021. - 280 с.

34. Разумеев, К.Э. Производство фасонной пряжи / К. Э. Разумев, Т. Н. Кудрявцева. - М., 2005. - 240 с.

35. Разумеев, К.Э. Особенности шерсти редких видов животных / Разумеев К.Э. // Текстильная промышленность. - 2000. - №3. - С. 47-49.

36. Карро, Е.В. Разработка метода проектирования пряжи с вложением козьего пуха на основе инструментального определения свойств сырья: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.19.02 / Карро Елена Викторовна. - М., 2007. - 16 с.

37. Разбродин, А.В. Исследование термического сопротивления и тепловой расчет стеганых одеял с различными наполнителями: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.19.02 / Разбродин Андрей Валентинович. - М., 2006. - 20 с.

38. Производство шерсти в России [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании. - Режим доступа: https://tass.ru/ekonomika/18870031 (дата обращения: 30.09.2023).

39. Кукин, Г.Н. Текстильное материаловедение. Исходные текстильные материалы: учебник для вузов / Г.Н. Кукин, А.Н. Соловьев. - М.: Легкая промышленность и бытовое обслуживание, 1985. - 216 с.

40. Кукин, Г.Н. Текстильное материаловедение (волокна и нити): учебник для вузов / Г.Н. Кукин, Л.Н. Соловьев, Л.И. Кобляков. - М.: Легпромбытиздат, 1989. - 352 с.

41. Макарова, Т.А. Текстильное материаловедение / Т.А. Макарова, Л.В. Потапова. - М: МТИ, 1986. - 173 с.

42. Сичевой, Д.В. Разработка метода идентификации волокон шерсти для оптимизации технологии камвольного прядения: дис. … канд. техн. наук: 05.19.01 / Сичевой Дмитрий Владимирович. - М., 2022. - 199 с.

43. ГОСТ 30702-2000. Шерсть. Торговая сельскохозяйственно-промышленная классификация. - М.: Издательство стандартов, 2001. - 19 с.

44. Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО) [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании. - Режим доступа: http://www.fao.org (дата обращения: 30.09.2023).

45. Баймуканов, А. Продуктивное и племенное верблюдоводство: учебник /А. Баймуканов, В.И. Трухачев, Д.А. Баймуканов, Ю.А. Юлдашбаев и др. - СПб., 2023. - 300 с.

46. Baimukhanv, D.A. Breeding and genetic monitoring of dromedary group camels of south Kazakhstan population / D.A. Baimukhanv D.A., A. Baimukhanv, M. Tokhanov, YU.A. Yuldashbaev // Bulletin of the National academy of sciences of Republic of Kazakhstan. - 2016. - №5. - P.14-27.

47. Баймуканов, Д.А. Концепция развития продуктивного и племенного верблюдоводства Республики Казахстан на 2021-2030 годы / Д.А. Баймуканов, Ю.А. Юлдашбаев, К.Ж. Исхан // Аграрная наука. - 2020. - № 7-8. - С. 52-60.

48. Якимова, В. Импортозамещение [Электронный ресурс] / В. Якимова //Официальный сайт. - Режим доступа: https://vestnikapk.ru/articles/importozameshchenie/kuda-idet-karavan (дата обращения: 30.09.2023).

49. ГОСТ 5108-77. Шерсть верблюжья немытая классированная. Технические условия. - М.: Издательство стандартов, 1993. - 6 с.

50. Wiedemann, S.G. Reducing the environmental impact of clothing through industrial, scalable closed-loop recycling: Life cycle assessment of a recycled wool-blend sweater [Электронный ресурс] / S.G. Wiedemann, L. Biggs, S.J. Clarke, S.J. Russell // Официальный сайт организации. - Режим доступа: https://doi.org/10.3390/su14031081(дата обращения: 28.08.2023).

51. Семенова, А.В. Особенности технологических свойств пряжи, выработанной из шерсти представителей семейства верблюдовых / А.В. Семенова, М.В. Горбачева // Известия ВУЗов. Технология легкой промышленности. - 2019. - Т. 6. № 34. - С. 31-35.

52. Оюунзаяа, Э. Разработка технологии производства пряжи с использованием верблюжьей шерсти для получения высококачественных трикотажных изделий: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.19.02 / Энхжаргалын Оюунзаяа. - Иваново, 2005. -16 с.

53. Яворовская, Е.А. Изготовление пакета материалов из шерсти и нетканых материалов для производства войлочной одежды / Е.А. Яворовская, Г.М. Тойчубекова, Г.П. Зарецкая // Всероссийская научно-практическая конференция: сб. материалов / РГУ им. А.Н. Косыгина. - Москва, 2020. - Т.4. - С. 228-232.

54. Олдырева, А.С. Способы повышения климатической устойчивости войлочной обуви / А.С. Олдырева, И.Н. Леденева // Кожевенно-обувная промышленность. - 2013. - №1. - С. 26-27.

55. Олдырева, А.С. Разработка методики повышения климатической устойчивости обуви из войлока: дис. … канд. техн. наук: 05.19.05 / Олдырева Анастасия Сергеевна. - М., 2013. - 135 с.

56. Бектемирова, Л.С. Влияние вида отделки на структуру процесса изготовления деталей одежды из войлока / Л.С. Бектемирова, Г.П. Зарецкая, М.И. Алибекова // Естественные и технические науки. - 2012. - № 6. - С. 566-570.

57. Кирсанова, Е.А. Многокомпонентные системы современных материалов для отделки швейных изделий / Е.А. Кирсанова // Дизайн и технологии. - 2009. - №13(55). - С. 84-89.

58. Белицкая, О.А. Исследование влияния трибоэлектрических свойств обувных материалов на комфортность и электростатическую безопасность обуви: дис. … канд. техн. наук: 05.19.06 / Белицкая Ольга Александровна. - М., 2006. - 159 с.

59. Леденев, М.О. Совершенствование методики проектирования технологических процессов сборки обуви с верхом из войлока с применением компьютерных технологий: дис. … канд. техн. наук: 05.19.05 / Леденев Максим Олегович. - М., 2011. - 270 с.

60. Татарчук, И.Р. Оптимизация процесса разработки ассортимента специальной обуви / И.Р. Татарчук, А.А. Никитин, Ю.В. Бошкарева, В.В. Хлынов, В.А. Фукин, В.В. Костылева // Дизайн и технологии. - 2009. - №13(55). - С.29-30.

61. Зарицкий, Б.П. Разработка метода изготовления формоустойчивой обуви с верхом из войлока на подкладке из мембранных материалов: дис. … канд. техн. наук: 05.19.05/ Зарицкий Богдан Петрович. - М., 2017. - 263 с.

62. Бринк, И.Ю. Метод оценки теплоизоляционных свойств спецобуви / И.Ю. Бринк, О.А. Каплиева, И.Н. Леденева // Кожевенно-обувная промышленность. - 2008. - №4. - С. 40-41.

63. Рыбакова, О.Н. Исследование теплофизических свойств войлока как материала для верха обуви / О.Н. Рыбакова, И.Н. Леденева // Кожевенно-обувная промышленность. - 2007. - №6. - С. 48-49.

64. Леденева, И.Н. Исследование механических свойств войлока как материала для верха обуви / И.Н. Леденева, О.Н. Рыбакова, С.П. Рыков, А.П. Жихарев // Кожевенно-обувная промышленность. - 2008. - №1. - С. 36-37.

65. Леденева, И.Н. Обувь из материалов с хаотичной структурой: перспективы улучшения эргономических характеристик / И.Н. Леденева // Современные инженерные проблемы в производстве товаров народного

потребления: сб. науч. трудов Международного научно-технического симпозиума / РГУ им. А.Н. Косыгина. - Москва, 2019. - Т.1. - С. 87-93.

66. Филатова, Е.В. Экологизация потребления - тренд современной моды / Е.В. Филатова, В.В. Лагутина // Экологические проблемы региона и пути их разрешения: сб. науч. тр. - Омск, 2018. - С. 146-151.

67. Ташменов, Р.С. Исследования свойств регенерированного пряденного волокна для производства пневмомеханической пряжи высокого качества / Р.С. Ташменов // Известия ВУЗов. Технология легкой промышленности. - 2015. - № 36 - С.144-149.

68. Мурашова, В.Е. Разработка ресурсосберегающей технологии иглопробивного нетканого материала из термостойких волокон: дис. … канд. техн. наук: 05.19.02 / Мурашова Валерия Евгеньевна. - М., 2008. - 179 с.

69. Ильяшева, Е.В. Экологическая проблема качества текстильных изделий при формировании среды «Человек-одежда» / Е.В. Ильяшева // Формирование предметно-пространственной среды современного города: Архитектура. Строительство. Дизайн: сб. материалов Всероссийской научно-практической конференции. - Магнитогорск, 2015. - С. 96-100.

70. Xiaocheng, Z. Rapid separation and determination of fiber content from waste cotton and polyester blends / Z. Xiaocheng, Z. Yan, T. Weiguo // Journal of Textile Research. - 2022. - №43(07). - P. 1-8.

71. Краснова, А.В. О показателе экологичности в определении качества обуви / А.В. Краснова, И.Н. Леденева, В.В. Костылева // Инновационное развитие техники и технологий в промышленности (Интекс-2022): сб. материалов Всероссийской научной конференции / РГУ им. А.Н. Косыгина. - Москва, 2022. - Т. 2. - С. 68-70.

72. Fletcher, K. Sustainable Fashion and Textiles / K. Fletcher // Design Journeys. - London, Earthscan, 2008. - 239 p.

73. Ningbo, Ch. An Overview of Functional Textiles for Managing Personal Thermal and Humidity Comfort / C. Ningbo, M. Dongyang, W. Xianfeng // Journal of Textile Research. - 2022. - №43 (10). - P. 200-208.

74. Qingqing, N. Advances in Antibacterial Fabrics / N. Qingqing, Z. Qinghong, Y. Jingxuan // Journal of Textile Research. - 2022. - №43(06). - P. 197-205.

75. Versinina, A.V. Microclimateparameters in the space under multilayer childrens clothes / A.V. Versinina, E.A. Kirsanova // Fiber chemistry. - 2020. - T. 51. № 5. - P. 392-396.

76. Sevostyanov, P.A. Dry and viscous friction, statistical factors, fluctuation-dissipation theorem, and features of their manifestation during relaxtion of fibrous materials / P.A. Sevostyanov, T.A. Samoilova, M.L. Tikhomirova // Fiber chemistry. - T. 51. № 6. - 2020. - P. 449-451.

77. Besshaposhnicova, V.I. Influence of low temperatures on the performance properties of membrane fabrics for clothing / V.I. Besshaposhnicova, N.A. Klimova, N.V. Besshaposhnicov // Fiber chemistry. - T. 52. № 1. - 2020. - P. 59-62.

78. Yakovleva , O.I. Needle-punched non-woven fabric with silver nanoparticles from natural silk fiber waste / O.I. Yakovleva, E.U. Sashina // Fiber chemistry. - T. 52. № 3. - 2020. - P. 214-218.

79. Martsenyuk, V.V. Carbon compositions for heat and sound insulation in the conditions of the far north and the Arctic / V.V. Martsenyuk., N.S. Lukicheva, A.A. Lysenko // Fiber chemistry. - T. 52. № 4. - 2020. - P. 239-246.

80. Nikitina, L.N. Directions for stimulation of innovative development of light industry enterprises on the basis of the use of chemical / L.N. Nikitina, C. Yuan, P.A. Shikov // Fiber chemistry. - T. 52. № 4. - 2020. - P. 263-268.

81. Осина, Т.М. Разработка пакетов материалов для защиты стопы от воздействия низких температур: автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.19.01/ Осина Татьяна Матвеевна. - Казань, 2012. - 17 с.

82. Зарицкий, Б.П. Оптимальный выбор пакетов материалов для повышения формоустойчивости обуви из войлока / Б.П. Зарицкий, И.Н. Леденева, Л.И. Гинзбург // Дизайн и технологии. - 2016. - №55. - С. 28-32.

83. Михайлова, И.Д. Разработка метода обоснования выбора пакетов материалов обуви для защиты стопы от воздействия низких температур: дис. … канд. техн. наук: 05.19.01 / Михайлова Инна Дмитриевна. - Шахты, 2006. - 195 с.

84. Лебедева, Е.О. Исследование и разработка пакета специальной теплозащитной одежды с повышенной устойчивостью к ветру: дис. … канд. техн. наук: 05.19.04 / Лебедева Елена Олеговна. - Шахты, 2006. - 175 с.

85. Бессонова, Н.Г. Разработка методов и исследование теплофизических свойств текстильных материалов и пакетов при действии влаги и давления: автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.19.01 / Бессонова Наталья Геннадьевна. - М., 2005. - 24 с.

86. Литвиненко, Г.Е. Изменение теплозащитных свойств в пакетах одежды под влиянием влажности окружающей среды: дис. … канд. техн. наук. - Киев, 1976. - 228 с.

87. Разумеев, К.Э. Аналитические исследования формул теплового баланса человеческого организма для последующего расчета термического сопротивления стеганых одеял / К.Э. Разумеев, А.В. Разбродин // Известия ВУЗов. Технология легкой промышленности. - 2006. - № 2(89) - С. 139-144.

88. Разумеев, К.Э. Единицы измерения и экспериментальная оценка теплозащитных свойств текстильных материалов / К.Э. Разумеев, А.В. Разбродин, Б.В. Юдин // Известия ВУЗов. Технология легкой промышленности. - 2009. - Т. 4. № 2 - С. 29-34.

89. Бекмурзаев, Л.А. Проектирование изделий с объемными материалами: монография / Л.А. Бекмурзаев. - Шахты: ЮРГУЭС, 2001. - 201 с.

90. Бринк, И.Ю. Развитие производства пуховой одежды / И.Ю. Бринк // Известия ВУЗов. Технология легкой промышленности. - 1991. - Т.34. № 1. - С. 77-80.

91. Реестр патентов на изобретения РФ [Электронный ресурс] // Официальный сайт. - Режим доступа: http://www.freepatent.ru (дата обращения: 04.11.2020).

92. Бекмурзаев, Л.А. Исследование материалов и проектирование швейных изделий на базе композиционных систем: монография / Л.А. Бекмурзаев. - Шахты: ГОУ ВПО «ЮРГУЭС», 2009. - 125 с.

93. Трещалин, М.Ю. Нетканые материалы на основе химических волокон и короткого льняного волокна / М.Ю. Трещалин, Ю.М. Трещалин // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. - 2019. - №6. - С. 51-55.

94. Немирова, Л.Ф. Исследование свойств нетканых полотен вязально-прошивного способа производства, содержащих в своем составе модифицированные волокна льна / Л.Ф. Немирова, С.Н. Литунов, С.Ш. Ташпулатов и др. // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. - 2019. - №6. - С.182-185.

95. Бессонова, Н.Г. Теплофизические свойства материалов для изделий легкой промышленности: монография / Н.Г. Бессонова, А.П. Жихарев. - М.: МГУДТ, 2007. - 119 с.

96. Жихарев, А.П. Влияние факторов окружающей среды на материалы легкой промышленности: монография / А.П. Жихарев. - Казань: КГТУ, 2011. - 231 с.

97. Мухамеджанов, Г.К. Новые отечественные нетканые материалы для промышленного применения и спецодежды / Г.К. Мухамеджанов // Технический текстиль. - 2006. - №1. - С.14.

98. Родэ, С.В. Установка для измерения теплопроводности материалов легкой промышленности / С.В. Родэ, Е.Ю. Шампаров, И.Н. Жагрина // Дизайн и технологии. - 2015. - №46. - С. 72-76.

99. Шампаров, Е.Ю. Измерение вкладов теплопроводности и теплового излучения в перенос тепла в среде / Е.Ю. Шампаров, И.Н. Жагрина, С.В. Родэ // Дизайн и технологии. - 2017. - №57. - С. 79-85.

100. Кутателадзе, С.С. Основы теории теплообмена / С.С. Кутателадзе. - М.: Атомиздат, 1979. - 416 с.

101. Makgaffin, R. Model' teplovogo komforta cheloveka i maneken / R. Makgaffin // Obshchestvo avtomobil'nykh inzhenerov, Inc., 2002. - 17 p.

102. Kuklane, K. Nedel'nyy test s modelirovaniyem potootdeleniya s ispol'zovaniyem teplovoy modeli stopy / K. Kuklane, I. Kholmer, G. Gisbrekht //

Materialy Tret'yego mezhdunarodnogo soveshchaniya po teplovym ispytaniyam manekenov ЗIMM. - 1999. - P. 106-113.

103. Farrington, R.B. Use of a Thermal Manikin to Evaluate Human Thermoregulatory Responses in Transient, Non-Uniform, Thermal Environments / R.B. Farrington, P. Rugh, D. Bharathan // SAE International, 2004.

104. Абрамов, А.В. Развитие научных основ и разработка методов оценки эксплуатационной эффективности теплозащитной одежды для людей с ограниченными возможностями: дис. … докт. техн. наук: 05.19.01/ Абрамов Антон Вячеславович. - Кострома, 2017. - 435 с.

105. Рыкова, Е.С. Концепция формирующих принципов в системе «Человек-обувь-окружающая среда» / Е.С. Рыкова, О.А. Медведева // Дизайн и технологии». - 2019. - №72. - С.34-38.

106. Лопаткина, С.В. и др. Математическая модель процессов теплообмена в системе «Стопа-обувь-окружающая среда» / А.В. Абрамов, М.В. Родичева, Ю.С. Шустов, А.Д. Филиппов, С.В. Лопаткина // Дизайн и технологии. - 2019.- № 74 (116). - С. 84-88.

107. Абрамов, А.В. Экспериментальный комплекс для оценки эксплуатационной эффективности пакетов материалов современной теплозащитной одежды / А.В. Абрамов, Ю.С. Шустов, М.В. Родичева, Т.Н. Ветрова // Дизайн и технологии . - 2019. - №70. - С. 65-72.

108. Кружнова, А.А. Тепловая проницаемость утепляющего материала при различной степени сжатия / А.А. Кружнова, Е.В. Обинякина, Е.Ю. Шампаров, И.Н. Жагрина // Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности (Интекс-2017): сб. материалов Всероссийской научной конференции / ФГБОУ ВО МГУДиТ. - Москва, 2017. - С. 209-211.

109. Черунова, И.В. Защитные свойства спецодежды в условиях нефтедобычи / И.В. Черунова, И.В. Куренова, Л.А. Осипенко и др. // Швейная промышленность. - 2011. - №3. - С. 14-15.

110. Рахимова, Г. И. Современные высокотехнологичные полимерные волокнистые материалы / Г.И. Рахимова, А.А. Насыбуллина, Р.М. Галялутдинова

// Вестник Казанского технологического университета. - 2014.- Т. 17. №18. - С. 81-83.

111. Кудринский, С.В. Разработка методов оценки показателей безопасности и качества тканей для специальной одежды работников нефтяных комплексов в условиях морских шельфов: дис. … канд. техн. наук: 05.19.01/ Кудринский Сергей Владимирович. - М., 2019. - 165 с.

112. Трещалина, А.В. Совершенствование методов расчета и оценки свойств нетканых текстильных материалов теплоизоляционного назначения: автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.19.01 / Трещалина Анна Владимировна. - Кострома, 2009. - 16 с.

113. Жмакин, Л.И. Полимерные и текстильные материалы в установках солнечной энергетики: монография / Л.И. Жмакин, Н.М. Шарпар. - М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2021. - 200 с.

114. Sharpar, N.M. Issledovaniye teployemkosti tekstil'nykh materialov / N.M. Sharpar, L.I. Zhmakin, Z.N. Osmanov // Fiber chemistry. - 2017. - Т. 48. № 6. - P. 515-518.

115. Sharpar, N.M. Eksperimental'noye opredeleniye prodol'noy sostavlyayushchey koeffitsiyenta vozdukhopronitsayemosti tekstil'nykh materialov / N.M. Sharpar, L.I. Zhmakin, Z.N. Osmanov // Fiber chemistry. - 2017. - Т. 49. №1. - P. 60-63.

116. Жихарев, А. П. Разработка методов и исследование материалов для одежды и обуви в широком интервале температур / А.П. Жихарев. - М.: МТИЛП, 1980. - 24 с.

117. Obendorf, S.R. Heat Transfer Characteristics of Nonwoven Insulating Materials Obendorf / S.R. Obendorf, J.P. Smith // Journal of the Textile Institute. - 1986. - Т.56. №11. - P. 691-696.

118. Жихарев, А.П. Развитие научных основ и разработка методов оценки качества материалов для изделий легкой промышленности при силовых,

температурных и влажностных воздействиях: дис. … докт. техн. наук: 05.19.01/ Жихарев, Александр Павлович. - М., 2003. - 374 с.

119. Бессонова, Н. Г. Оценка комфортности одежды с различными утеплителями / Н.Г. Бессонова // Дизайн и Технологии. - 2018. - №64(106). - С. 67-70.

120. Пат. 2527314 Российская Федерация. Способ определения теплозащитных свойств материалов и пакетов одежды / Чижик М.А., Долгова Е.Ю , Иванцова Т.М.; заявитель и патентообладатель Омский государственный институт сервиса. - № 2012155407; заявл. 19.12.12; опубл. 27.08.14. Бюл. № 24. - 6 с.

121. Советников, Д.А. Исследование теплозащитных свойств нетканых утеплителей в пакетах одежды / Д.А. Советников, В.Ю. Мишаков, Е.А. Кирсанова, Ю.М. Трещалин // Дизайн и технологии. - 2016. - № 56 (98). - С. 73-79.

122. Ермакова, И. А. Гигиена одежды: учебное пособие / И.А. Ермакова. - Владивосток: ВГУЭС, 2006. - 94 с.

123. Бессонова, Н.Г. Разработка методов и исследование теплофизических свойств текстильных материалов и пакетов при действии влаги и давления: дис. … канд. техн. наук: 05.19.01 / Бессонова Наталья Геннадьевна. - М., 2005. - 151 с.

124. Farnworth, B. A. Numerical Model of the Combined Diffusion of Heat and Water Vapor Through Clothing / B. A. Farnworth // Textile Research Journal. - 1986. - Т.56. № 11. - P. 653-665.

125. Li, Y. Mathematical Simulation of Heat and Moisture Transferin a Human-Clothing-Environment System / Y. Li, B.V. Holcombe // Textile Research Journal. - 1999. - Т. 68. № 6. - P. 389-397.

126. Шустов, Ю.С. Исследование комплексного тепломассообмена в материалах для изготовления обуви / Ю.С. Шустов, А.В. Абрамов, М.В. Родичева, А.Д. Филиппов // Дизайн и Технологии. - 2020. - №78(120) - С. 60-65.

127. Мертвищев, Ю.И. Использование химических волокон в валяльно-войлочном производстве / Ю.И. Мертвищев. - М.: «Легкая индустрия», 1967. - 352 с.

128. Семенова, А.Н. Исследование свойств валяной обуви, содержащей синтетические волокна: дис… канд. техн. наук.- М., 1974. - 188 с.

129. Делль, Р.А. Гигиена одежды / Р.А. Делль, Р.Ф. Афанасьева, З.С. Чубарова. - М.: Легпромбытиздат, 1991. - 160 с.

130. Колесников, П.А. Влияние воздухопроницаемости материалов и пакетов одежды при различной скорости ветра на их тепловое сопротивление / П.А. Колесников, Е.Я. Лейбман // Труды ЦНИИШП. - 1966. - Сб. №14. - С.112-124.

131. Горшкова, Р.И. Сравнительная характеристика теплозащитных свойств одежды и теплового состояния человека, находящегося в покое и движении, при различных скоростях ветра и температуре воздуха / Р.И. Горшкова // Труды ЦНИИШП. - 1972. - Сб. № 21. - С. 3-8.

132. Белоусов, В.П. Теплозащитные свойства обуви: учебное пособие / В.П. Белоусов. - М.: Изд. ВЗМИ, 1982.

133. Прохоров, В.Т. Особенности защиты человека от воздействия низких температур: монография / В.Т. Прохоров. - Шахты: издательство ЮРГУЭС, 2008. - 316 с.

134. Филиппов, А.Д. Разработка структуры и исследование свойств утепляющих нетканых материалов из регенерированного сырья: дис. … канд. техн. наук: 05.19.01 / Филиппов, Андрей Дмитриевич. - М., 2021. - 140 с.

135. Лопаткина, С.В. Исследование механических свойств нетканых материалов для обуви / С.В. Лопаткина, Ю.С. Шустов, А.В. Курденкова // Концепции, теория, методики фундаментальных и прикладных научных исследований в области инклюзивного дизайна и технологий: сб. науч. тр. Международной научно-практической заочной конференции / РГУ им. А. Н. Косыгина. - Москва, 2020. ч. 1. - С. 12-16.

136. Лопаткина, С.В. Исследование механических свойств материалов, используемых для создания утеплителей различного волокнистого состава / С.В. Лопаткина, А.В. Курденкова // Международная научная конференция, посвященная 110-летию со дня рождения профессора А.Г. Севостьянова: сб. науч. тр. / РГУ им. А. Н. Косыгина. - Москва, 2020. ч.1. - С. 279-281.

137. Лопаткина, С.В. Изучение влияния структурных характеристик на эксплуатационные свойства пакетов нетканых утеплителей / С.В. Лопаткина // Инновационные текстильные технологии: тезисы докладов I Всероссийской научной студенческой конференции с международным участием / РГУ им. А. Н. Косыгина. - Москва, 2020. - С. 40.

138. Лопаткина, С.В. Исследование устойчивости к многократному сжатию многослойных утеплителей / С.В. Лопаткина, Ю.С. Шустов Ю.С. // Теория и практика экспертизы, технического и подтверждения соответствия продукции: сборник научных трудов по материалам Круглого стола с международным участием / РГУ им. А. Н. Косыгина. - Москва, 2021. - С. 5-7.

139. Лопаткина, С.В. Исследование износа пакетов нетканых материалов / С.В. Лопаткина, Ю.С. Шустов // Актуальные проблемы экспертизы, технического регулирования и подтверждения соответствия продукции текстильной и легкой промышленности: сб. науч. тр. Круглого стола с международным участием / РГУ им. А. Н. Косыгина. - Москва, 2021. - С. 39-42.

140. Белкина, С.Б. Лабораторное моделирование изнашивания костюмных тканей: дис. … канд. техн. наук: 05.19.01 / Белкина Светлана Борисовна. - М., 1985. - 218 с.

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

142. Стефанова, Е.Б. Исследование влияния поверхностной плотности и условий циклического промерзания на устойчивость к истиранию специальных водоотталкивающих текстильных материалов / Е.Б. Стефанова, И.В. Черунова // Инженерный вестник Дона. - 2019. - №9. - С. 1-11.

143. Шустов, Ю.С. Методы подобия и размерности в текстильной промышленности / Ю.С. Шустов. - М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2002. - 191с.

144. Перепелкин, К.Е. Методы исследования свойств текстильных материалов / К.Е. Перепелкин, М.Н. Иванов, А.В. Куличенко А.В. и др. - Л.: ЛИТЛП, 1988. - 69 с.

145. Курденкова, А.В. Разработка методов прогнозирования физико-механических свойств хлопчатобумажных тканей после действия различных факторов износа: автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.19.01/ Курденкова Алла Вячеславовна. - М., 2006. - 23 с.

146. Лопаткина, С.В. Исследование воздухопроницаемости пакетов нетканых материалов / С.В. Лопаткина // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (Инновации-2020): сб. материалов Международной научно-технической конференции / РГУ им. А. Н. Косыгина. - Москва, 2020. - ч. 2. - С. 105-107.

147. Рекк, Е.В. Сравнительная оценка тканей, применяющихся для очистки воздуха от пыли в вентиляционных фильтрах / Е.В. Рекк // Отопление и вентиляция. - 1934. - №4. - С.10-15.

148. Флоринский, Б.О. О скорости прохождения воздушного потока через ткани / Б.О. Флоринский // Техническая физика. - 1936. -Т.6. Вып.№ 5. - С.22-24.

149. Нечушкина, Е.А. Разработка метода прогнозирования паропроницаемости текстильных материалов: дис. … канд. тех. наук: 05.19.01 / Нечушкина Елена Алексеевна. - М., 2010. - 226 с.

150. Луньков, М.А. Оценка паропроницаемости текстильных материалов / М.А. Луньков, А.В. Куличенко // Дизайн. Материалы. Технология. - 2007. - № 2(3). - С. 122 -126.

151. Филиппов, А.Д. Исследование гигроскопических свойств утепляющих материалов для обуви / А.Д. Филиппов, Ю.С. Шустов // Сб. науч. тр., посвященный 75-летию кафедры Материаловедения и товарной экспертизы / РГУ им. А. Н. Косыгина. - Москва, 2019. - С. 71 -74.

152. Шарпар, Н.М. Исследование воздействия температурно-влажностных условий на паропроницаемость текстильных материалов / Н.М. Шарпар, Л.И. Жмакин, З.Н. Османов: Вторые международные Косыгинские чтения, приуроченные к 100-летию РГУ им. А. Н. Косыгина: сб. науч. тр. Международного научно-технического симпозиума / РГУ им. А. Н. Косыгина. - Москва, 2019. - Т. 2. - С. 51-55.

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

154. Жихарев, А.П. Теоретические основы и экспериментальные методы исследований для оценки качества материалов при силовых, температурных и влажностных воздействиях: монография / А.П.Жихарев. - М.: ИИЦ МГУДТ, 2003. - 327 с.

155. Жихарев, А.П. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности / А.П. Жихарев, Д.Г. Петропавловский, С.К. Кузин, В.Ю. Мишаков. - М.: Издательский центр Академия, 2004. - 448 с.

156. Бузов, Б.А. Исследование материалов для одежды в условиях пониженных температур / Б.А. Бузов, А.А. Никитин. - М.: Легпромиздат, 1985. - 221 с.

157. Абрамов, А.В. Методика определения теплозащитных свойств текстильных материалов /А.В. Абрамов, Ю.С. Шустов // Сб. науч. тр., посвященный 75-летию кафедры Материаловедения и товарной экспертизы / РГУ им. А. Н. Косыгина. - Москва, 2019. - С. 216-219.

158. Дерябина, А.И. Исследование теплового сопротивления нетканых материалов при циклическом сжатии / А.И. Дерябина, Л.Н. Лисиенкова // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. - 2017. - №2. - С. 189-192.

159. Казанцева, Л.Б. Сравнительная физиолого-гигиеническая оценка теплозащитных свойств зимней одежды / Л.Б. Казанцева, Р.Ф. Афанасьева // Труды ЦНИИШП. - 1966.- Сб. №14. - С. 7-12.

160. ГОСТ 15467. Управление качеством продукции. Основные понятия, термины, определения. - М.: Издательство стандартов, 1967. - 19 с.

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. Соловьев, А.Н. Оценка качества и стандартизация текстильных материалов / А.Н. Соловьев, С.М. Кирюхин. - М.: Изд-во «Легкая индустрия», 1974. - 248 с.

163. Бузов, Б. А. Управление качеством продукции: конспект лекций / Б.А. Бузов. - МГУДТ, 2000. - 60 с.

164. Ishikawa, K. Guide to Quality Control / K. Ishikawa // Asian Productivity Organization. - Tokyo, - 1976.

165. Исикава, К. Японские методы управления качеством: сокр. пер. с англ. / К. Исикава; под. ред. А. В. Гличева. - М: Экономика, 1988. - 214 с.

166. Чернышева, Г.М. Разработка методов оценки качества и надежности льняных и полульняных парусин: дис. … канд. тех. наук: 05.19.01/ Чернышева Галина Михайловна. - М., 2006. - 254 с.

167. Мавряшин, А. А. Разработка метода сравнительной оценки качества и надежности плащевых тканей: дис. … канд. тех. наук: 05.19.01 / Мавряшин Алексей Александрович. - М., 2013. - 198 с.

168. Лопаткина, С.В. Комплексная оценка многослойных утеплителей различного волокнистого состава / С.В. Лопаткина, Ю.С. Шустов, А.В. Курденкова // Дизайн и технологии. - 2020. - № 75 (117). - С. 55-58.

169. Лопаткина, С.В. Оценка уровня качества многослойных утепляющих материалов / С.В. Лопаткина, Ю.С. Шустов, А.В. Курденкова А.В. и др. // Дизайн и технологии. - 2022. - № 89 (131). - С. 75-79.

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

171. Веников, В.А. Теория подобия и моделирования / В.А. Веников. - М.: Высшая школа, 1986. - 479 с.

172. Шустов, Ю.С. Прогнозирование паропроницаемости текстильных материалов и пакетов из них / Ю.С. Шустов, Е.А. Нечушкина // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. - 2011. - № 7. - С.43-46.

173. Шустов, Ю.С. Разработка методов прогнозирования физико-механических свойств хлопчатобумажных тканей / Ю.С. Шустов, А.В. Курденкова. - М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2006. - 208 с.

174. Бесшапошникова, В. И. Планирование и организация эксперимента в легкой промышленности: учебное пособие / В.И. Бесшапошникова. - М.: ИНФРА, 2019. - 224 с.

175. Шапкин, А.С. Математические методы и модели исследования операций: учебник / А.С. Шапкин, Н.П. Мазаева. - М.: Дашков и К, 2005. - 400 с.

176. Трещалин, Ю.М. Применение критериев подобия для анализа эффективного коэффициента теплопроводности нетканых полотен / Ю.М. Трещалин, Э.А. Хамматова // Вестник казанского технологического университета. - 2016. - Т.19. №6. - С. 83-88.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(справочное)

Технологическое оборудование

Клеевой способ соединения слоев утепляющих материалов:

Порошковая дублирующая машина Santex.

Иглопробивной способ получения и соединения слоев нетканых материалов:

а) машина щипально-замасливающая - щз-140-ш2;

б) механизированный расходный лабаз - лрм-40;

в) машина чесальная - ч-11-200ш;

г) преобразователь прочеса - пп - (Руссит);

д) агрегат иглопробивной - Asselin -2500.

В качестве примера приводятся некоторые параметры для полученного многослойного образца 10 на иглопробивном агрегате Asselin:

-ширина набивки игольницы -2,2м;

-подающий стол- 8м/мин;

-вытяжные валы- 8,2м/мин;

-глубина прокола-12мм;

-количество ударов игольной плиты- 400уд/мин.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(обязательное)

Образцы разработанных утеплителей

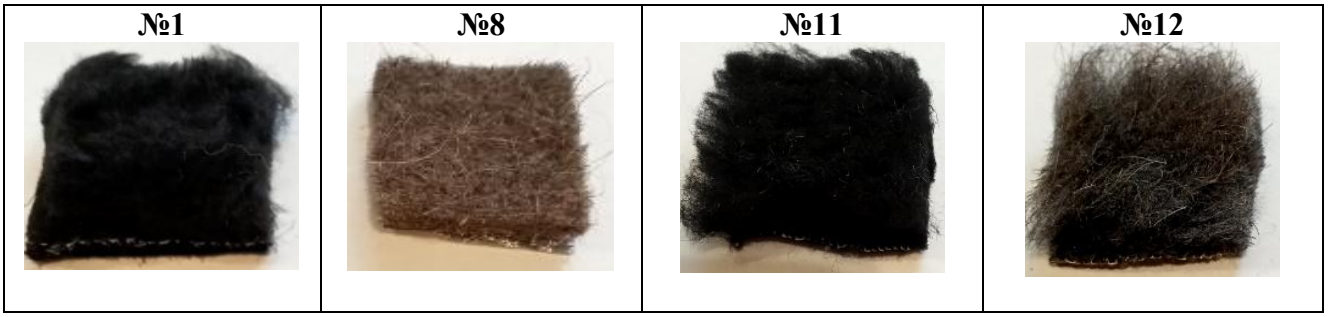

Рисунок Б.1 – Двухслойные образцы и компоненты

Рисунок Б.2 – Трехслойные образцы

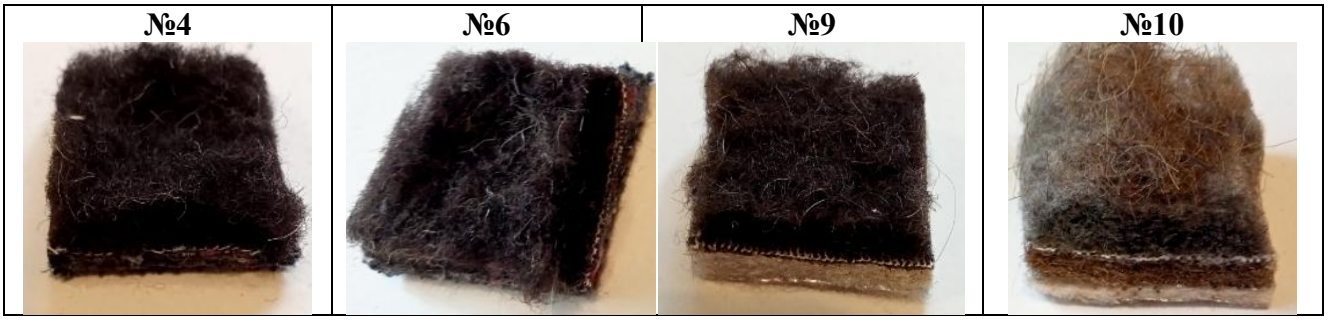

Рисунок Б.3 – Многослойные образцы

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(справочное)

Стандартизированное описание методики

ООО «Группа компаний «Русит»

УТВЕРЖДАЮ:
Коммерческий директор

_____Филиппов А.Д.

МНОГОСЛОЙНЫЕ УТЕПЛИТЕЛИ

Методика проведения многократных мокрых обработок

Стандарт организации
СТО 86721737-78-2023
(Вводится впервые)

Дата введения: 2023-09-01

Пушкино
2023

Предисловие

Сведения о стандарте

1. РАЗРАБОТАН ООО «Группа компаний «Русит» совместно с ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина».
Исполнитель: С.В. Лопаткина.

2. ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

1 Область применения

1.1 Данный стандарт организации распространяется на многослойные (не менее трех слоев) утеплители различного волокнистого состава и структуры, в том числе содержащие волокна шерсти верблюда (от 20 до 100%), полиэфирные волокна; выработанные комбинированным способом (иглопробивным и клеевым) и содержащие искусственный мех на трикотажной основе с высотой ворса от 12 до 25 мм, нетканые иглопробивные материалы, полимерную металлизированную пленку толщиной 20-120 мкм., применяемые для защиты человека от пониженной температуры, в том числе для обувных материалов, при реализации различных видов деятельности (за исключением специзделий и материалов для изготовления средств индивидуальной защиты); и устанавливает методику определения оценки устойчивости теплозащитных свойств многослойных утеплителей в процессе многократных мокрых обработок (стирка и барабанная сушка) проб (образцов).

1.2 Степень устойчивости теплозащитных свойств многослойных утеплителей оценивают по изменению значений суммарного теплового сопротивления после процесса многократных мокрых обработок.

1.3 Требования данного стандарта распространяются на сотрудников, аттестованных на право проведения испытаний в данной области.

1.5. Стандарт разработан в соответствии с требованиями ГОСТ 20489-75.

2 Нормативные ссылки

В стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

-ГОСТ 20489-75 Материалы для одежды. Метод определения суммарного теплового сопротивления;

-ГОСТ 12023 Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения толщины;

-ГОСТ 3811-72 Материалы текстильные. Ткани, нетканые материалы и штучные изделия. Методы определения линейных размеров, линейной и поверхностной плотностей;

-ГОСТ ISO 6330 Материалы текстильные. Методы домашней стирки и сушки для испытаний;

-ГОСТ 10681-75 Материалы текстильные. Климатические условия для кондиционирования и испытания проб и методы их определения.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины ГОСТ 20489, а также следующие термины и определения:

3.1 многослойный утеплитель - многослойный текстильный материал, обеспечивающий теплозащиту материалов и изделий (за исключением специзделий и материалов для изготовления средств индивидуальной защиты).

4 Отбор и подготовка образцов (проб)

4.1 Проводят испытания на двух пробах многослойного утеплителя, отобранных от разных полотен.

4.2 Для пробы размером (400 х 600) мм определяют значения суммарного теплового сопротивления по ГОСТ 20489 (применяют ГОСТ 3811 - для определения поверхностной плотности) с учетом:

-предварительного кондиционирование проб,

-проведения испытаний в условиях: относительная влажность (65±2)%, температура (20 ± 2)°С.

4.3 Пробу помещают в специальный чехол, изготовленный из малоусадочных материалов с разреженным видом структур, размеры которого не должны препятствовать свободным перемещениям пробы внутри.

4.4 Для фиксации пробы в чехле используют ручной сметочный стяжной шов на расстоянии 500 мм от края.

5 Испытательное оборудование и материалы

5.1. Прибор по типу ПТС-225 (ГОСТ 20489), для контроля толщины проб используют контактное устройство по ГОСТ12023.

5.2 Стиральная автоматическая машина (тип - А) с горизонтальным расположением барабана, которая будет обеспечивать параметры процесса стирки в соответствии с ГОСТ ISO 6330;

5.3 Сушильная машина для использования со стиральной машиной типа А (ГОСТ ISO 6330).

5.4 Другие материалы для мокрой обработки в соответствии с ГОСТ ISO 6330:

- моющие средства - порошок стиральный универсальный;

- балласт (в случае необходимости).

6 Проведение многократных циклов (стирка и барабанная сушка)

6.1 Подготовительные действия

Подготавливают необходимое количество балласта для обеспечения загрузки бака стиральной машины с учетом ее технических характеристик.

6.2 Проведение мокрой обработки в течение 5 циклов (стирка и сушка).

6.2.1 В бак стиральной машины загружают подготовленные пробы и балласт (в случае необходимости).

6.2.2 Автоматическую стиральную машину заправляют стиральным порошком.

6.2.3 Устанавливают и контролируют следующие параметры обработки проб в автоматической стиральной машине:

- время стирки - 30 мин.;

- температура стирки - (40 ± 3)°С;

- модуль ванны (1:30);

- количество циклов полоскания - 5;

- время отжима - 5 мин;

- скорость вращения - 500 об/мин.

6.3 Высушивание пробы (сушка)

6.3.1 После завершения каждого цикла мокрой обработки в стиральной машине проводят высушивание пробы в сушильной машине барабанного типа (при температуре 40 °С).

6.3.2 После окончания процедуры высушивания пятого цикла стирки-сушки удаляют ручные стежки, фиксирующие чехол с пробой.

6.3.3 Пробу после извлечения из чехла выдерживают в расправленном виде на ровной горизонтальной поверхности не менее 24 часов в стандартных климатических условиях по ГОСТ 10681.

7 Визуальный осмотр

7.1 Визуальный осмотр проводится на горизонтальной поверхности в расправленном виде.

7.2 Выделяют критерий визуального осмотра наличие (отсутствие) деформации пробы.

7.3 Изменение размеров после многократной мокрой обработки по длине и ширине не должно превышать 2%.

8 Определение теплозащитных свойств

8.1 Значения суммарного теплового сопротивления пробы многослойного утеплителя после проведения 5 циклов (стирка-сушка) определяют по ГОСТ 20489 и п.4.2.

8.2 Устойчивость теплозащитных свойств многослойных утеплителей к процессу ухода при многократной мокрой обработке определяют по изменению значений суммарного теплового сопротивления.

8.3 Устойчивость теплозащитных свойств многослойных утеплителей к процедурам ухода признают достаточной, когда снижение теплозащитных свойств после воздействия многократной мокрой обработки не превышает 5 %.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
(обязательное)

Данные для проведения комплексной оценки

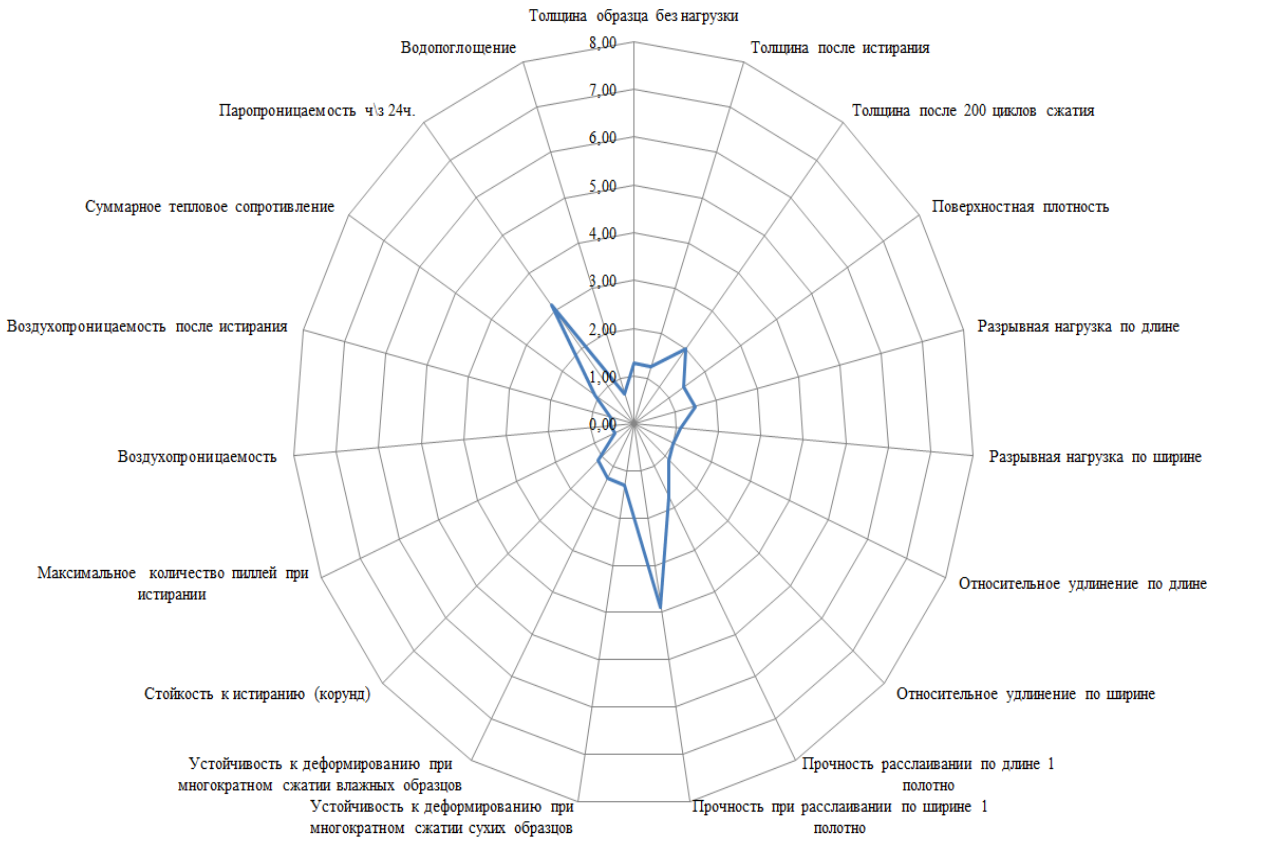

Рисунок Г.1 – Графическое изображение относительных показателей

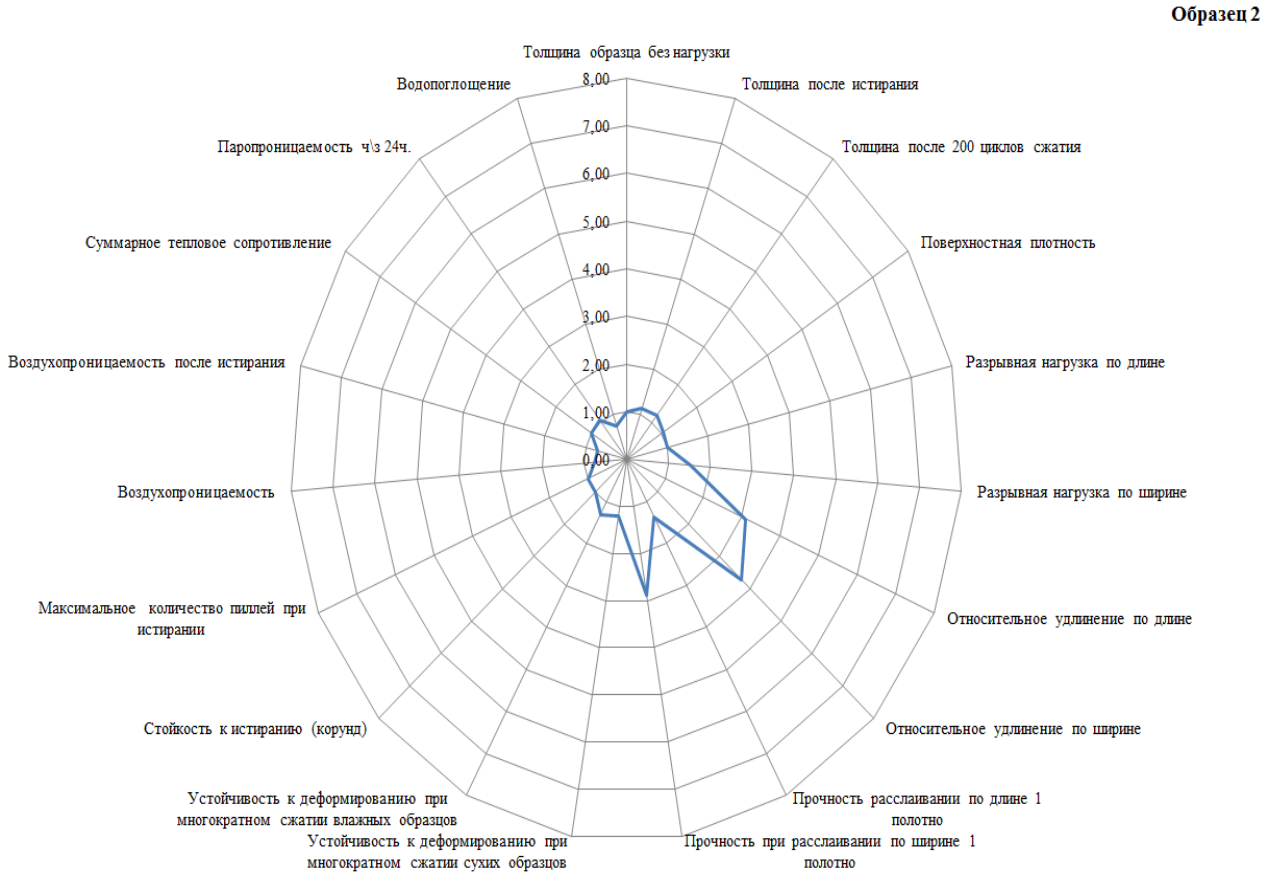

Рисунок Г.2 – Графическое изображение относительных показателей

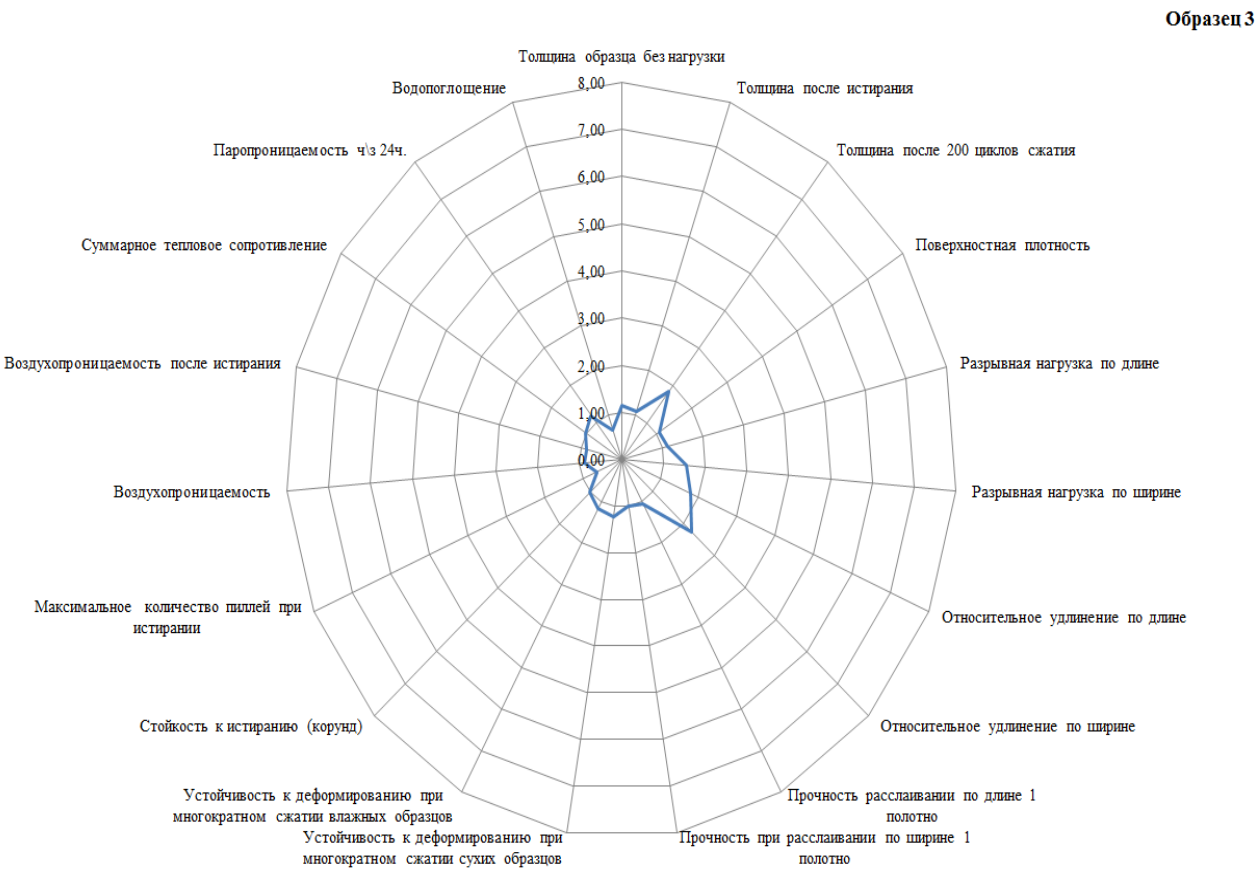

Рисунок Г.3 – Графическое изображение относительных показателей

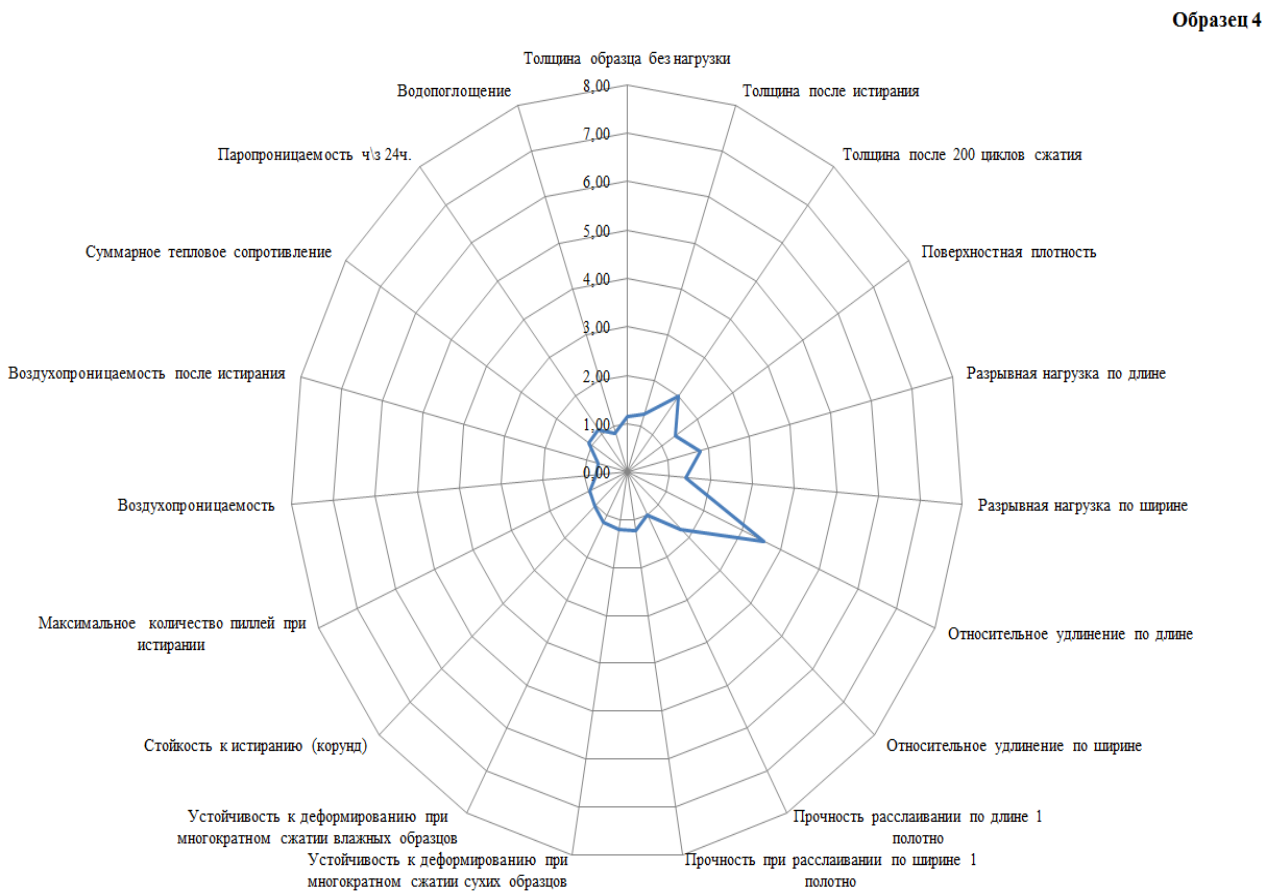

Рисунок Г.4 – Графическое изображение относительных показателей

Рисунок Г.5 – Графическое изображение относительных показателей

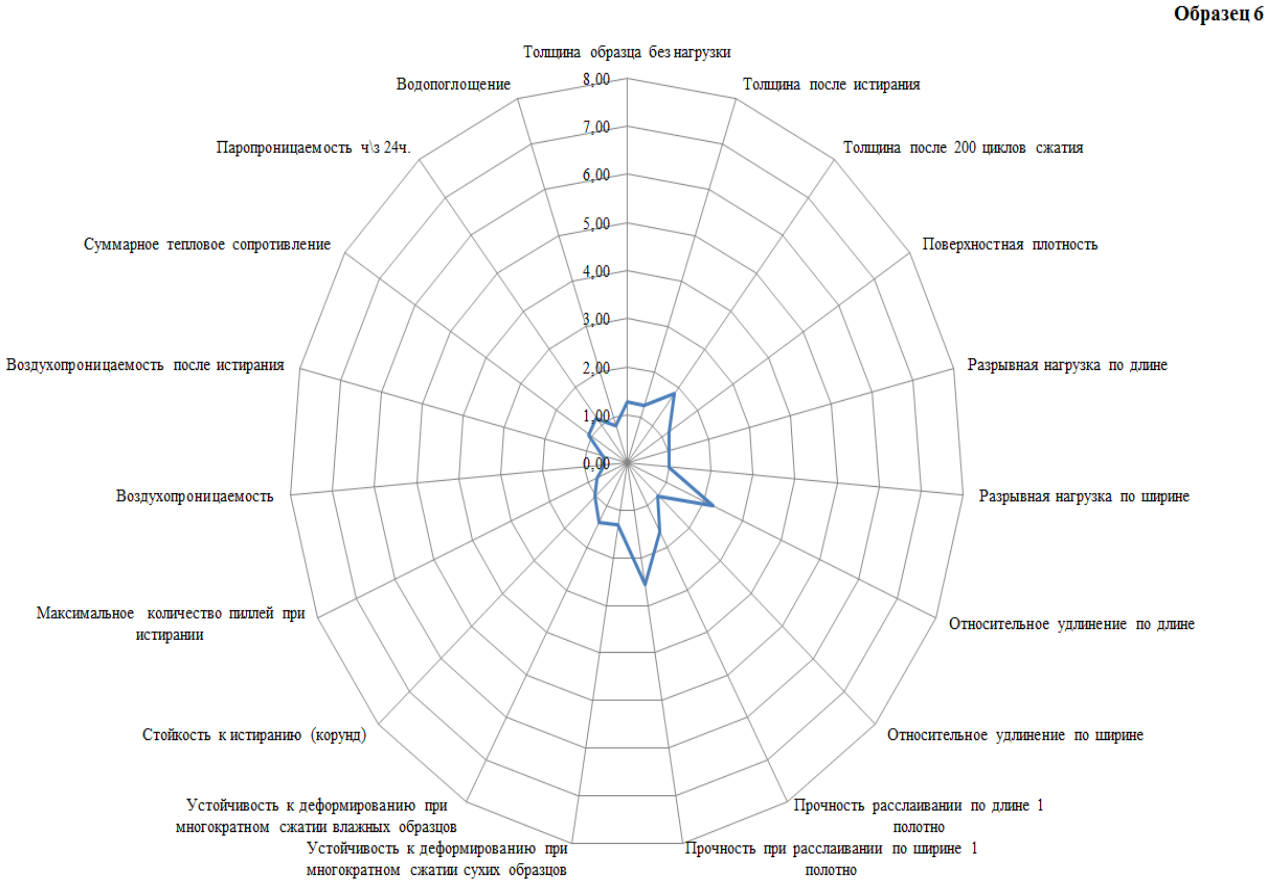

Рисунок Г.6 – Графическое изображение относительных показателей

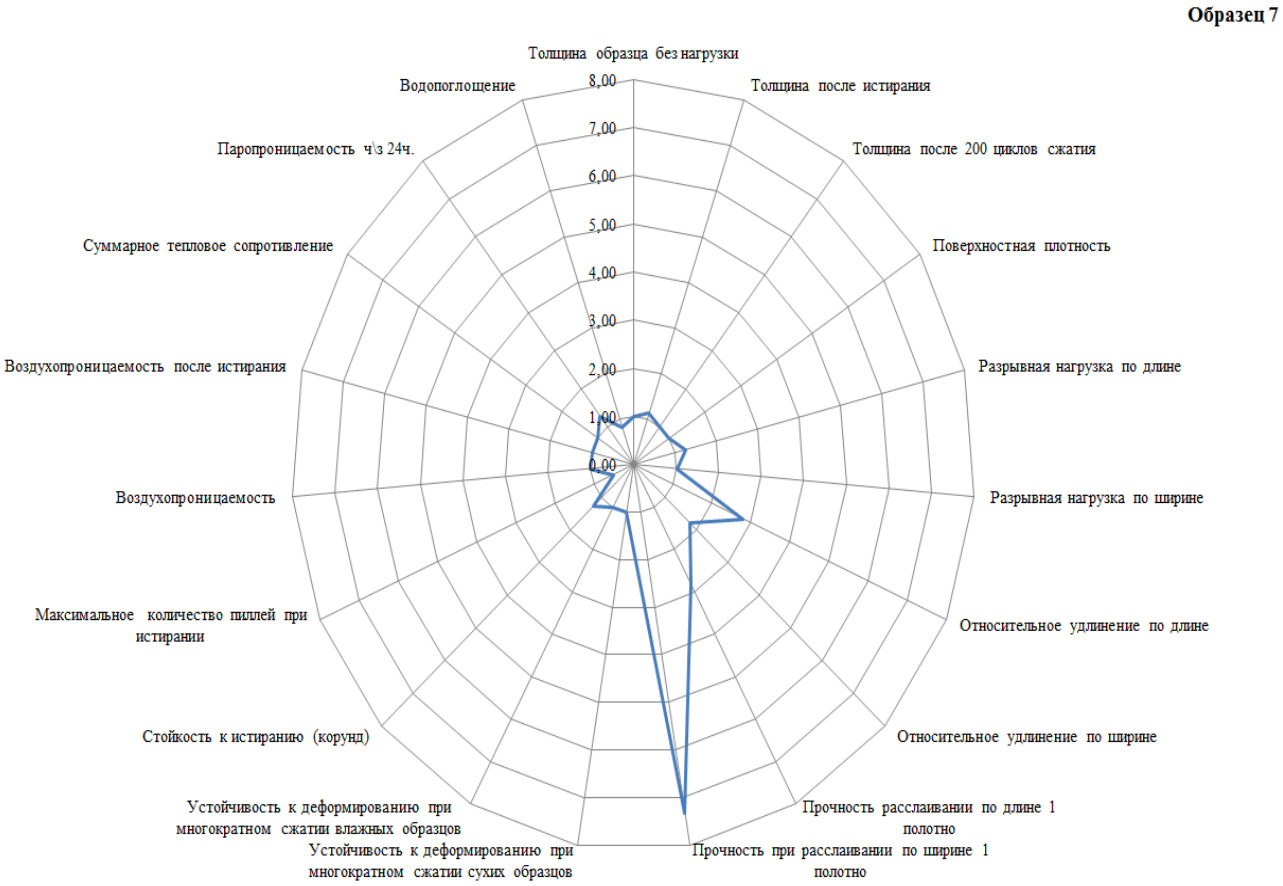

Рисунок Г.7 – Графическое изображение относительных показателей

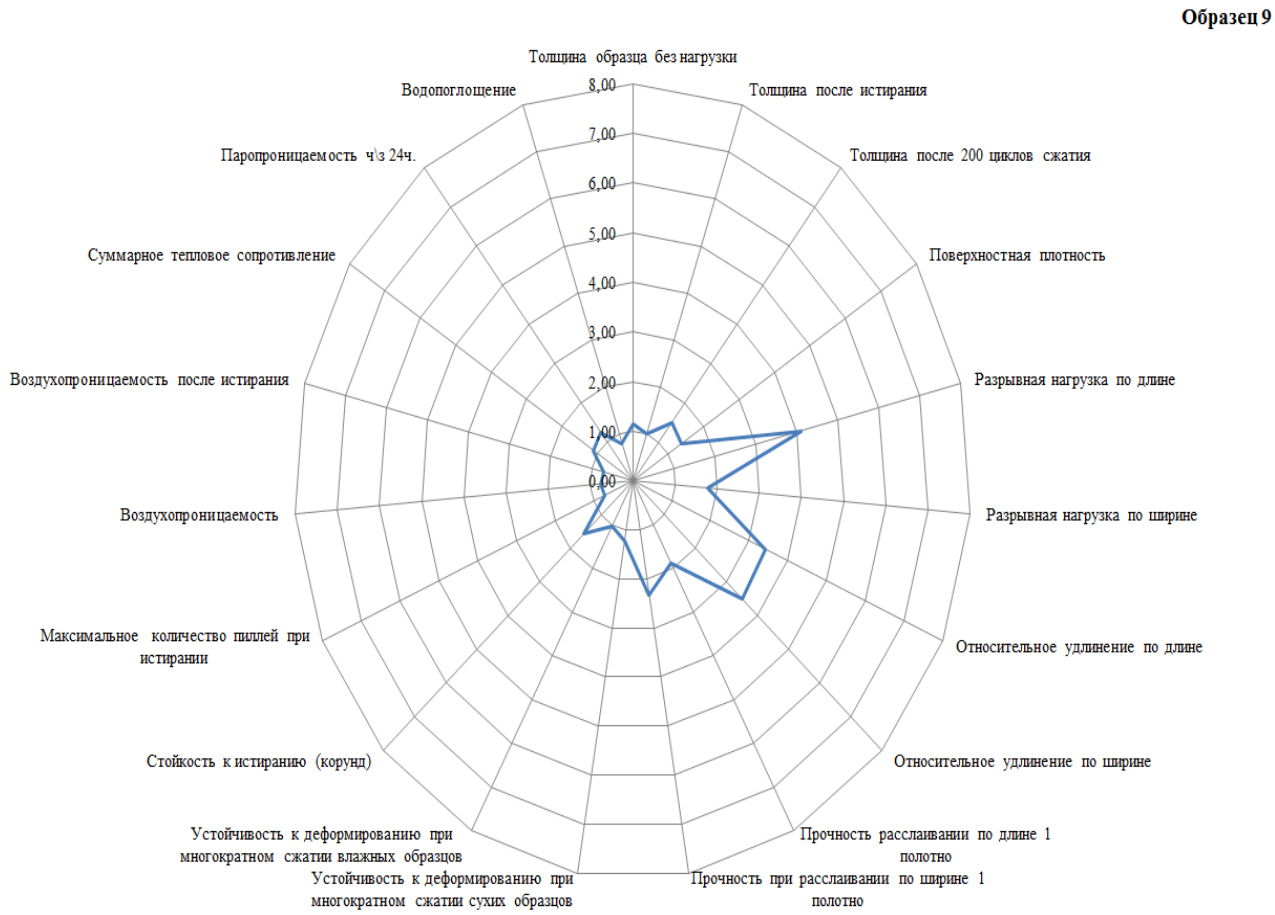

Рисунок Г.8 – Графическое изображение относительных показателей

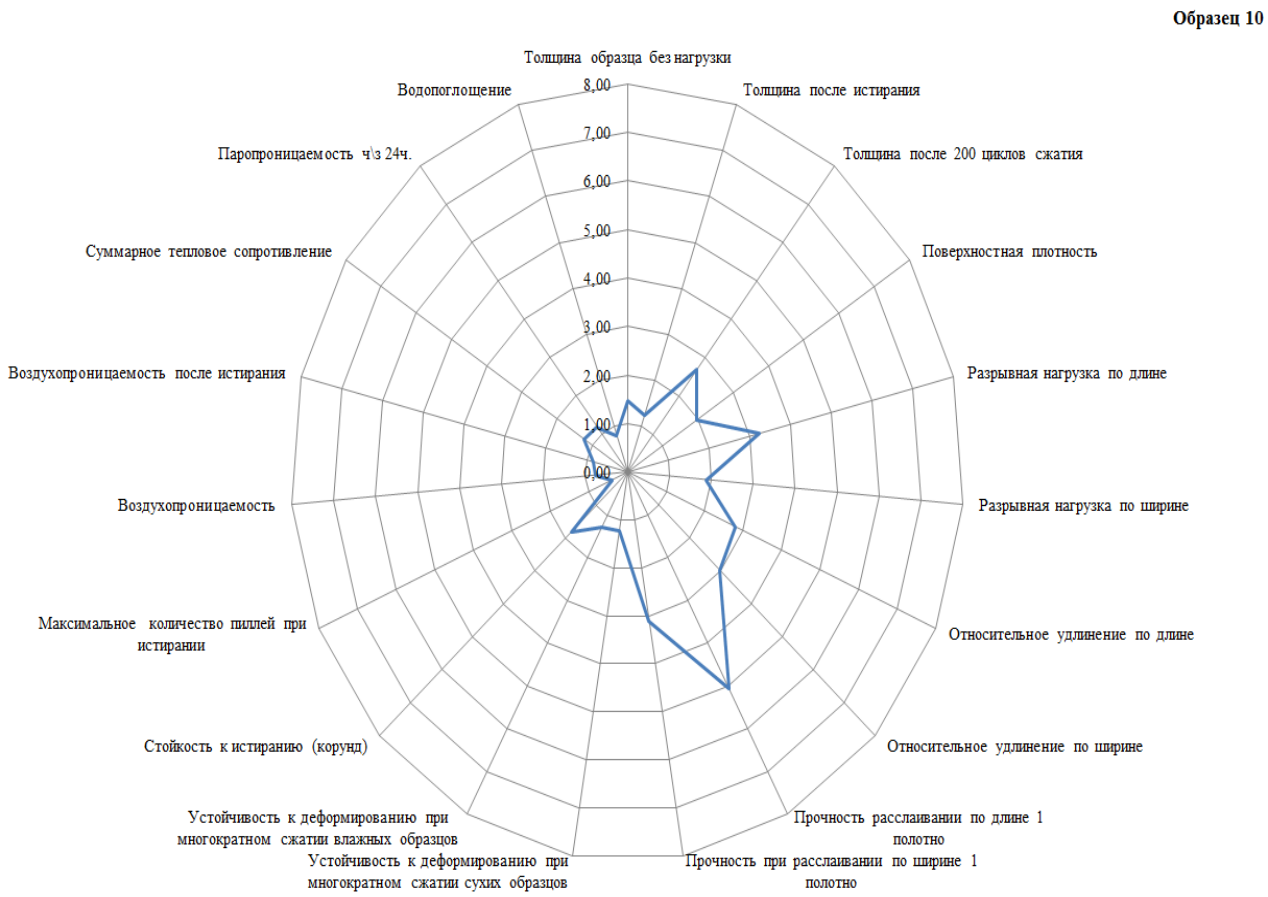

Рисунок Г.9 – Графическое изображение относительных показателей

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
(обязательное)

Акт внедрения

ООО «Группа компаний «Русит»

РУСИТ
ГРУППА КОМПАНИЙ

141201, РФ, Московская обл., г. Пушкино, ул. Октябрьская, дом 57,
ЗДАНИЕ АДМИНИСТР. АДМИНИСТР, офис 26
ИНН/КПП 5038109736/503801001
ОГРН 1145038009170
Расчетный счет 40702810900006107087
в Филиале № 7701 Банка ВТБ (ПАО) г. Москва
БИК 044525745, Корсчет 30101810345250000745
Тел: +7-495-374-73-55
[illegible]
www.gk-rusit.ru

«30» сентября 2023г.

Акт внедрения
результатов диссертационной работы Лопаткиной С.В.

ООО «ГК «Русит» в данном акте подтверждает внедрение в своей деятельности методики оценки устойчивости теплозащитных свойств многослойных утепляющих материалов, содержащуюся в разработанном стандарте, которые предложены в диссертационной работе Лопаткиной Светланы Викторовны на соискание звания кандидата технических наук. В диссертационной работе «Разработка многослойных утеплителей различного волокнистого состава и структуры» предложена эффективная методология оценки и рационального применения многослойных утеплителей различного волокнистого состава и структуры, позволяющая нашей компании более рационально формировать ассортимент многослойных утеплителей различного волокнистого состава и структуры на основании полученных практических научно-обоснованных рекомендаций.

Учредитель Филиппов Д.И.

Диссертант Лопаткина С.В.