

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

На правах рукописи



ФИЛИППОВ АНДРЕЙ ДМИТРИЕВИЧ
РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ
УТЕПЛЯЮЩИХ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ
ИЗ РЕГЕНЕРИРОВАННОГО СЫРЬЯ

Специальность 05.19.01-
«Материаловедение производств текстильной и легкой промышленности»

Диссертация
на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель –
доктор технических наук,
профессор Шустов Ю.С.

Москва 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.....	9
1.1. Особенности получения и сфера применения нетканых материалов.....	9
1.2. Характеристики свойств нетканых материалов.....	13
1.3. Влияние различных факторов на свойства нетканых материалов.....	17
1.4. Тепловые свойства текстильных материалов.....	23
Выводы по главе 1.....	31
ГЛАВА 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕТКАНЫХ УТЕПЛЯЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ.....	33
2.1. Исходные образцы исследуемых нетканых материалов.....	33
2.2. Исследование механических свойств нетканых материалов..	38
2.3. Физические свойства нетканых материалов.....	44
Выводы по главе 2.....	49
ГЛАВА 3. ТЕПЛОЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА ПАКЕТОВ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	51
Выводы по главе 3.....	73
ГЛАВА 4. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОСТОЙКОСТИ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	75
Выводы по главе 4.....	80
ГЛАВА 5. КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА НЕТКАНЫХ ПОЛОТЕН.....	81
5.1. Определение безразмерных показателей качества.....	82
5.2. Определение комплексной оценки показателей качества.....	96
5.3. Расчет комплексной оценки на основе функции желательности.....	98
Выводы по главе 5.....	111

Общие выводы по работе.....	113
Список литературы.....	115
Приложение А	126
Приложение Б	138
Приложение В	140

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы

В соответствии с распоряжением Правительства РФ от 25 января 2018 г. «Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года» необходимо создание инновационной, технико-экономической системы, позволяющей минимизировать количество захораниваемых отходов, максимально обеспечив при этом ресурсосбережение, повторное вовлечение в хозяйственный оборот утилизируемых компонентов отходов в качестве сырья, материалов, изделий, превращение отходов во вторичное сырье для изготовления новой продукции.

В текстильной промышленности очень остро стоит вопрос о возможности вторичного использования шерстяных, хлопчатобумажных, льняных и химических волокон для изготовления различных полотен.

Производство нетканых материалов занимает особое место среди других отраслей текстильной промышленности, так как специфические свойства этих материалов позволяют не только широко их использовать в качестве заменителей тканей, трикотажа, но и создавать полотна с принципиально новыми свойствами.

Важной областью применения нетканых материалов является обувная промышленность, где они применяются для изготовления утеплителей, стелек, внутренних деталей обуви, различных подкладок и прокладок.

Переработка вторичного волокнистого сырья и применение его для производства нетканых материалов позволяет сократить производственные расходы и снизить себестоимость получаемых материалов.

В связи с этим решение вопроса использования отходов текстильного производства в качестве регенерированного сырья для производства нетканых материалов является актуальной и необходимой задачей.

Объект исследования – утепляющие нетканые материалы из регенерированного сырья.

Предмет исследования – уровень качества теплоизоляционных нетканых материалов.

Целью работы является разработка и исследование свойств утепляющих нетканых материалов из регенерированного сырья, а также разработка методологии оценки показателей их качества.

В соответствии с поставленной целью в работе решены следующие задачи:

- 1) спроектированы, разработаны и произведены утепляющие нетканые материалы из регенерированного сырья, способные сохранять свои эксплуатационные свойства в условиях низких температур;
- 2) разработана методология оценки качества нетканых материалов, полученных из регенерированных натуральных и химических волокон;
- 3) проведен обоснованный выбор определяющих показателей качества утепляющих нетканых материалов для обуви;
- 4) исследованы теплофизические показатели разработанных нетканых материалов при моделировании различных температурных условиях в интервале от -25°C до $+5^{\circ}\text{C}$;
- 5) разработаны различные многослойные пакеты нетканых материалов и определены их теплоизоляционные свойства;
- 6) разработаны рекомендации по оптимальному использованию полученных теплоизоляционных материалов с учетом волокнистого состава в соответствии с требованиями условий эксплуатации.

Методы и технические средства исследования решения задач.

В качестве теоретических основ при проведении исследований использовались современные методы оценки качества текстильных материалов, а также численные методы прикладной математики и математической статистики. Для оценки качества разработанных нетканых материалов применялся комплексный метод.

Экспериментальные исследования свойств нетканых утепляющих материалов из регенерированного сырья проводились с использованием стан-

дартных методов в лабораторных и производственных условиях. Оценка теплофизических свойств разработанных нетканых материалов проводилась в условиях моделирования среды с учетом влияния комплекса факторов.

Полученные данные обрабатывались методами математической статистики. Построение функциональных зависимостей осуществлялось методами корреляционно-регрессионного анализа на ЭВМ с использованием Microsoft Excel, Mathcad Professional.

Научная новизна:

Разработаны технические и технологические решения по формированию пакетов нетканых материалов из регенерированных натуральных и химических волокон на основе современных методик исследования и оценки показателей их качества, в том числе:

- получены инновационные нетканые материалы с использованием регенерированных волокон для производства утепляющих материалов в обуви;
- разработаны различные модели пакетов нетканых материалов, позволяющие оценивать уровень физико-механических и теплоизоляционных свойств их;
- получены уравнения регрессий, позволяющие осуществить подбор оптимального волокнистого состава и поверхностной плотности нетканых материалов из различных видов натуральных и химических волокон;
- предложена методика расчета комплексной оценки качества нетканых материалов;

Теоретическая значимость работы заключается в разработке методологии оценки и рационального применения нетканых материалов из регенерированных натуральных и химических волокон в качестве утеплителя.

Практическая значимость работы заключается в:

- использовании разработанной методики оценки качества нетканых утепляющих материалов из регенерированных натуральных и химических волокнами;
- применении методики подбора сырьевого состава и структурных характеристик материалов в соответствии с условиями эксплуатации и требованиями потребителя;
- внедрении разработанных инновационных нетканых материалов в качестве теплоизоляционного слоя для производства утепляющих стелек.

Основные положения, выносимые на защиту:

- 1) новые сведения о свойствах и параметрах нетканых материалов на основе широкого использования регенерированных натуральных и химических волокон;
- 2) обоснование методов оценки и контроля качества утепляющих нетканых материалов из регенерированных волокон;
- 3) исследование теплофизических и потребительских свойств утепляющих нетканых материалов, полученных различными способами соединения и состоящими из различных сочетаний волокнистого материала;
- 4) разработка оптимального волокнистого состава, структуры, технологии производства утепляющих нетканых материалов с использованием регенерированных волокон;
- 5) результаты производственной и эксплуатационной апробации разработанных нетканых материалов и изделий из них (акт внедрения ООО «Группа компаний Русит», патент на изобретение № 2692274).

Апробация работы.

Основные результаты научных исследований докладывались и получили положительную оценку на:

1. Международной научной студенческой конференции «Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности (ИНТЕКС- 2019)» . Москва, РГУ им А.Н. Косыгина.
2. Международного научно-технического симпозиума «Современные инженерные проблемы в производстве товаров народного потребления». Москва. 2019. РГУ им. А.Н. Косыгина.
3. Международной научно-практической заочной конференции «Концепции, теории, методики фундаментальных и прикладных научных исследований в области инклюзивного дизайна и технологий». Москва. 2020. РГУ им. А.Н. Косыгина.
4. Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием «Инновационное развитие техники и технологии (ИНТЕКС-2020)». 2020. РГУ им. А.Н. Косыгина.
5. Круглый стол с международным участием «Актуальные проблемы экспертизы, технического регулирования и подтверждения соответствия продукции текстильной и легкой промышленности». РГУ им. А.Н. Косыгина. 2020.
6. Заседаниях кафедры материаловедения и товарной экспертизы ФГБОУ ВО РГУ им. А.Н. Косыгина, 2018, 2019, 2020, 2021 гг.

Публикации

По теме диссертационной работы опубликовано 12 печатных работ, в том числе 3 статьи в журналах ВАК, получен 1 патент на изобретение.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, пяти глав и общих выводов. Работа выполнена на 140 страницах машинописного текста, содержит 78 рисунков, 20 таблиц, список литературы из 106 наименований, 3 приложения.

ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1. Особенности получения и сфера применения нетканых материалов

В настоящее время нетканые материалы являются важнейшими текстильными продуктами, востребованными в самых различных сферах деятельности. Они используются для производства санитарно-гигиенических изделий, в медицине, в качестве протирачных, фильтрующих, геотекстильных материалов, в агропромышленном секторе, строительстве, автомобилестроении. Широкое распространение нетканые материалы получили для изготовления различного вида одежды и утепляющих материалов. Необходимо отметить, что производство нетканых материалов стремительно развивается, разрабатываются более совершенные технологии, появляются новые виды продукты с улучшенными физическими и технологическими свойствами, с более широкими возможностями практического применения [1-6].

Наиболее востребованными являются обувные и утепляющие нетканые материалы, используемые для изготовления внутренних деталей обуви, таких как различные подкладки, прокладки, задники, стельки, подпятники, утеплители и т.д.

Классификация нетканых материалов и способы их получения представлена на рисунке 1.1 [7].

Для производства нетканых материалов используют различные волокна, а также волокнистые отходы текстильного производства [8]. Для создания комбинированного многослойного материала наряду с неткаными материалами могут использоваться сетки, полимерные материалы, отходы текстильных производств. Для обеспечения устойчивой структуры исходный материал пропитывается различными нитями или склеиваются разнообразными клеевыми материалами (адгезивами).

Нетканые полотна могут вырабатываться как однослойными, так и многослойными.



Рисунок 1.1 - Классификация нетканых материалов и способы их получения

Получение многослойных нетканых материалов производится путем наложения слоев друг на друга, что позволяет вырабатывать полотна различной вариацией толщины.

По способу формирования холста нетканые материалы можно объединить три класса [3]. Это:

- скрепление механическими способами;
- склеивание физико-химическими способами;
- скрепление комбинированными способами.

Вязально-прошивной, иглопробивной и валяльно-войлочный относятся к механическим способам скрепления волокнистого холста.

Для создания вязально-прошивного полотна соединение структурных элементов производится путем провязывания и прошивания нитками волокнистого холста на вязально-прошивной машине.

Иглопробивной способ заключается в прокалывании специальными иглами с зазубринами исходного холста. Прокалывание осуществляется так, что при проникновении игл волокна поверхностного слоя внедряются вглубь холста, что приводит к увеличению плотности и прочности холста.

При вязально-войлочном способе волокнистый холст, содержащий волокна шерсти, подвергается сжатию и смятию в специальных средах и при определенных условиях, что приводит к свойлачиванию холста, то есть очень плотному сцеплению между собой отдельных шерстяных волокон без возможности их растаскивания.

К физико-химическим относятся способы скрепления элементов структуры нетканого полотна с помощью жидких латексных связующих (водные дисперсии синтетических каучуков), или термопластичных, легкоплавких волокон, пленок, нитей, порошков и др.

Нетканые полотна, выработанные с применением физико-химических или комбинированных способов скрепления волокнистого холста, получили название клееные [8].

К комбинированным способам относятся способы, сочетающие два и более перечисленных.

Обувь является защитным барьером между стопой человека и окружающей средой. Она создает условия для обеспечения комфортности и безопасности человека.

В настоящее время мировое производство обуви превышает 11 млрд. пар в год. Почти все ведущие мировые производители обуви – страны Азии, а из Европейских стран – Испания и Италия. Основным производителем обуви является Китай. Мировым лидером по потреблению обуви является США, где на душу населения приходится примерно 5 пар обуви в год. Средний показатель по странам ЕС – 3,1 пары, в России – 1,35 пары. В России выпускается примерно 1 млн. м² нетканых обувных материалов ограниченного ассортимента [9].

Наша страна расположена в ряде климатических поясов от субтропических лесов и пустынь до Арктики, что необходимо учитывать при создании того или

инового вида продукции [10]. Поэтому при создании обуви в первую очередь необходимо учитывать область ее применения и тепловые свойства разрабатываемой модели.

В работе [11] разработана иерархическая классификация современных утепляющих материалов по способу их функционирования: пассивные и активные. Пассивные утеплители имеют низкий коэффициент теплопроводности и высокий коэффициент суммарного теплового сопротивления. К этой группе относятся: натуральный и искусственный мех, различные виды ватина, синтепона. К активным утеплителям относятся современные материалы, способные вмешиваться в сам процесс терморегулирования. По типу терморегуляции активные утеплители делятся на четыре группы: электрообогреваемые, теплоотражающие, фазопереходные материалы и микромодули [11].

Нетканые полотна являются самым распространенным материалом, относящимся к группе пассивных утеплителей. Широкое применение данных материалов в качестве утеплителей связано с экономической составляющей производства: низкой стоимостью исходного первичного и регенерированного сырья, а также хорошими теплозащитными свойствами.

Анализ научно-технической информации в области обувной промышленности показал, что основным направлением отечественных и зарубежных разработок является улучшение эргономических свойств и функциональности обуви путем совершенствования ее конструкции и способов изготовления деталей верха, низа, вкладышей и др. [12- 19].

В последнее время при производстве стелек стали широко использоваться биологически активные химические волокна нового поколения. Это бактерицидные, ароматизированные, дезодорирующие, антиаллергические и другие волокна. Использование этих материалов позволяет устранить дискомфорт, связанный с действием бактерий и грибков. Применение для изготовления деталей обуви материалов из биологически активных сырьевых композиций позволяет снизить утомляемость человека, следовательно, повысить эффективность его труда [9] .

В обувной промышленности наряду с изделиями из кожи, искусственных и синтетических материалов стала широко использоваться войлочная обувь и вставки из войлока, которые обладают рядом замечательных свойств. Обувь из войлока и фетра имеют высокие теплозащитные и гигиенические свойства.

Также для изготовления стелек из нетканых материалов нашли применение отходы текстильных производств (шерсть, лен, хлопок, различные виды химических волокон).

В работе [20] рассмотрена возможность использования нетканых материалов на основе смеси коротких волокон льна, выделяемых из костры и химических волокон, так как общеизвестно, что лен обладает хорошими антисептическими свойствами и не накапливает статического электричества. Наряду с этим, использование отходов, решает вопрос с утилизацией отходов сырья.

В работе [21] были проведены исследования свойств нетканых полотен включаемых в свой состав 50% модифицированного льняного волокна и 50% штапельных волокон – полиэфирных и вискозных. Установлено, рассмотренный материал целесообразно использовать в качестве технического текстиля в многослойных фильтрующих элементах.

1.2. Характеристики свойств нетканых материалов

Нетканые материалы широко вошли в нашу жизнь за счет особых физико-механических и гигиенических свойств. Сырьевой состав нетканых материалов определяется их назначением и эксплуатационными свойствами.

Современные нетканые материалы вырабатываются не только из традиционных шерстяных волокон. Широкое распространение для производства нетканых материалов получили химические волокна - полиэфирные, полипропиленовые, полиамидные.

В ряде работ указывается [22, 23] на вложение в состав войлоков вискозных и полиамидных волокон (до 40%), что значительно повышает износостойкость,

разрывные характеристики данного продукта, однако приводит к ухудшению теплофизических свойств.

Для обеспечения получения качественной продукции необходимо осуществление контроля за производимой продукцией на всех стадиях ее получения. Для этого используется градация уровня качества продукции: первый, второй сорт и несортная продукция. Оценка качества осуществляется в соответствии с ГОСТ 28748 [24] и ГОСТ 23244 [25], в которых приведен перечень физико-механических показателей, указаны виды и число местных дефектов.

В работе [26] было проведено распределение свойств нетканых материалов по иерархическому методу (таблица 1.1), а также предложены методы идентификации качества нетканых материалов.

Таблица 1.1 - Иерархический метод распределения свойств нетканых материалов

Наименование группы свойств	Название свойства
Геометрические свойства	Ширина Длина Толщина
Строение	Пористость Поверхностная плотность Наличие дефектов
Механические свойства	Разрывная нагрузка Деформационные свойства (формоустойчивость) Жесткость
Физические свойства	Капиллярность Водопоглощение Воздухопроницаемость

В работе [27] представлена классификация изделий приводящих к изменению их теплофизических характеристик. Это:

- структурные – волокнистый состав, средняя и поверхностная плотность, пористость, толщина материала, опорная поверхность, поперечное сечение волокон, пространственная ориентация волокон;
- климатические – температура окружающей среды, относительная влажность, скорость движения воздуха, атмосферное давление;

- технологические – условия влажно-тепловой обработки, наличие или отсутствие дублирования деталей, способы соединения деталей и др.;
- эксплуатационные – величина и вид нагрузки, величина избыточного давления, количество стирок.

Исходное сырье для производства войлока характеризуется разнообразием, что в совокупности со сложностью строения как отдельных структурных элементов, так и материала в целом ведет к анизотропности его свойств. Для получения войлока необходимо, чтобы волокна обладали валкоспособностью, которой не обладает ни одно из распространенных химических волокон [7].

В работе [16] приведены данные об устойчивости модифицированных материалов к мокрым обработкам, а также результаты измерения гигиенических и физико-механических свойств (рисунки 1.2, 1.3).

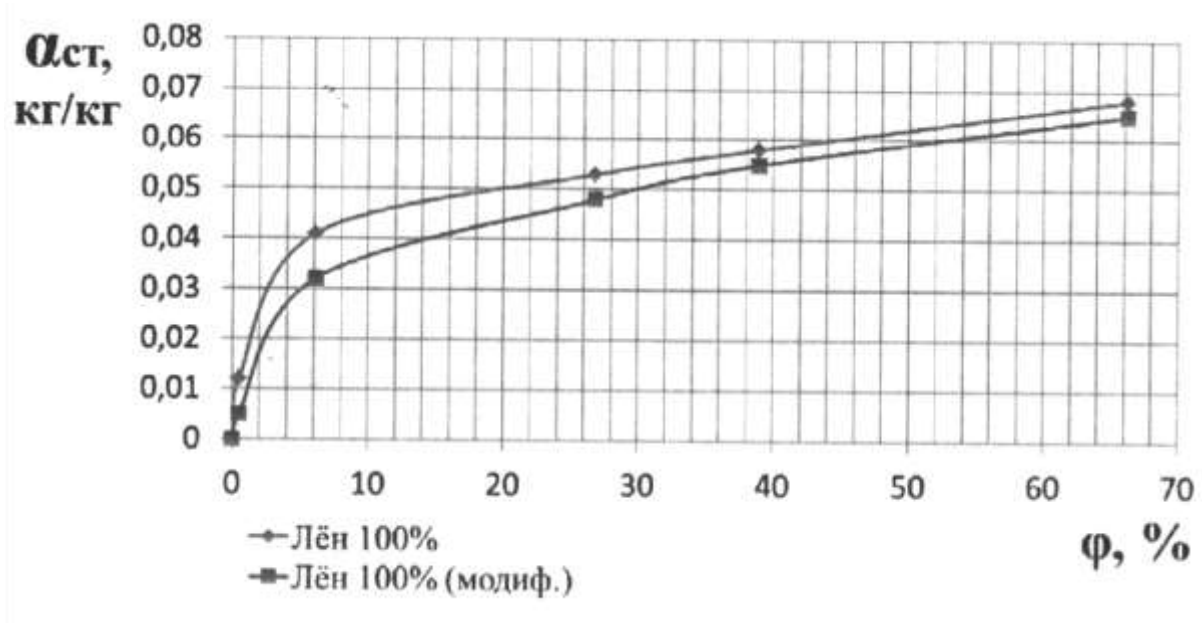


Рисунок 1.2 - Показатели сорбции в льняных образцах

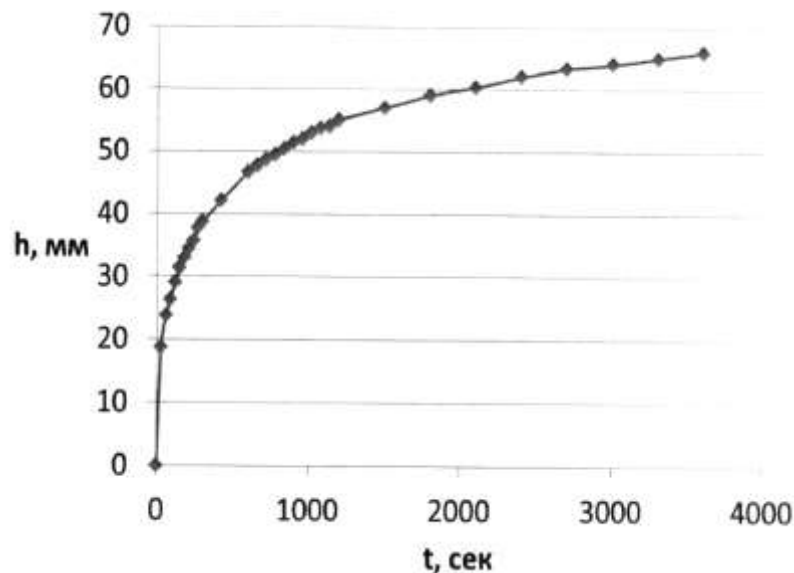


Рисунок 1.3 - Капиллярность в модифицированных льняных текстильных материалах

Якутиной Н.В. [28] было установлено, что модифицированный льняной материал за счет обогащения органическими биологически активными веществами способен защитить организм от перегрева. Он обладает хорошей гигроскопичностью, составляющей 11...14 %, и воздухопроницаемостью, имеющей значения около $70 \text{ дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$. Также данный материал обладает хорошей теплопроводностью, составляющей $0,043 \text{ Вт/кг} \cdot \text{К}$, теплоемкостью, равной $1,15 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$, температуропроводностью, равной $7,48 \text{ м}^2/\text{с}$, капиллярностью, имеющей значения не менее 300 мм, и влагоемкостью не менее 10 г/г. Эти показатели аналогичны показателям необработанных тканей.

Тимошина Ю.А. [29] указывает, что обработка нетканых волокнистых материалов плазменной обработкой ВЧ разрядом пониженного давления позволяет увеличить капиллярность от 1,7 до 5,5 раза. Установлены оптимальные концентрации антибактериального препарата на основе наночастиц серебра для пропитки нетканых материалов $0,07 \text{ г/дм}^3$.

В работе Ермакова В.Ю. [30] установлено, что применение различного оборудования оказывает влияние на свойства материала. Использование для тер-

москрепления каландра Рамиш Кляйневеферс позволяет сохранить наилучшие показатели пористости и воздухопроницаемости, а применение для термообработки агрегата Termoplast-2400 приводит к получения материала с максимальной разрывной нагрузкой и минимальной жесткостью.

В работе Мурашова В.Е. [31] установлен вид математических моделей для определения взаимосвязи разрывной нагрузки и кислородного индекса от плотности прокалывания. Получена математическая зависимость, характеризующая влияние глубины прокалывания и содержания полиэфирных волокон на снижение горючести. В работе был разработан аналитический метод и программа расчета суммарного теплового сопротивления пакета одежды, что способствует сокращению времени и материальные затраты на испытания опытных образцов.

Замышляевой В.В. [32] установлено, что повышение влажности от 65% до 98% вызывает ослабление сил межмолекулярного взаимодействия, что оказывает влияние на способность текстильного материала сопротивляться деформации, так как данный показатель уменьшается. Также было установлено, что при изменении относительной влажности воздуха от 0 до 65% показатели формоустойчивости не ухудшаются, а при влажности 98% изгиб уменьшается на 15-50%.

1.3. Влияние различных факторов на свойства нетканых материалов

Вопросами оценки теплозащитных свойств текстильных материалов занимались многие исследователи [33-45].

На теплозащитные свойства текстильных материалов оказывают влияние исходные материалы, входящие в их состав, их тепловые свойства, воздухо- и паропроницаемость.

Современные материалы могут быть выработаны в виде многослойной конструкции, в которой каждый слой материала выполняет свою функцию. Следовательно, только научно обоснованный подбор материалов в пакеты позволит создать материалы с высокой теплозащитной способностью. [27].

Правильный подбор исходных нетканых материалов, рациональная конструкция пакетов дает возможность сохранить здоровье и работоспособность человека в различных производственных условиях с учетом климатической зоны. В последние годы проведен ряд исследований по выявлению влияния влажности материалов и пакетов одежды на теплофизические свойства [46-56].

Наиболее значимым фактором, оказывающим влияние на теплопроводность волокнистого материала, является пористость. По данным Колесникова П.А. [46] пористость большинства одежных тканей составляет 71...92%. Общеизвестно, что воздух в пододежном пространстве исполняет роль теплоизолятора, что позволяет сохранить тепло, так как чем больше пористость материала, тем выше его теплозащитные свойства. При этом размеры пор не должны превышать 5 мм.

На теплопроводность оказывает влияние его опорная поверхность материала [27]. Полотна с более ровной и гладкой поверхностью имеют более низкое тепловое сопротивление по сравнению с материалами, имеющими рельефную и особенно ворсовую поверхность, что связано с увеличением времени прохождения воздушного потока. Эти материалы имеют пограничный слой на поверхности материала, позволяющий увеличить тепловое сопротивление. Однако при нанесении на поверхность материалов различных покрытий или мембран [57] тепловое сопротивление снижается на 20-50%.

Также на теплопроводность оказывает влияние количество слоев и их прилегание друг к другу. В работе [13] были рассмотрены несколько пакетов материалов. В первом пакете все слои материалов не были скреплены, а во втором пакете два слоя были склеены между собой, в третьем пакете были склеены три слоя.

В результате исследования выявлено, что после склеивания двух слоев тепловое сопротивление пакета уменьшается на 50%, далее уменьшение происходит пропорционально количеству слоев [13]. По результатам исследования выявлено, что с увеличением толщины пакета до 11 мм тепловое сопротивление резко возрастает по линейному закону, дальнейшее увеличение толщины пакета приводит лишь к незначительному увеличению теплового сопротивления, а при толщине

пакета свыше 23 мм увеличение теплового сопротивления прекращается [58]. Полученная в этой работе эмпирическая зависимость представлена в виде

$$R = 0,126 + 0,044 h - 0,000678 h^2$$

где h – толщина пакета

Нелинейный характер зависимости можно объяснить образованием воздушных прослоек между слоями материалов.

Влажность воздуха сильно сказывается на процесс теплообмена в системе «человек-одежда-окружающая среда». Повышение влажности окружающего воздуха приводит к значительному снижению теплозащитных свойств материалов для одежды за счет конденсации влаги [59].

Исследования теплозащитных свойств пакетов одежды показали, что увеличение относительной влажности окружающего воздуха на 2-3% приводит к уменьшению термического сопротивления пакета на 1% [27]. Степень уменьшения теплового сопротивления влажных материалов зависит от их сорбционных свойств [58].

Также большое влияние на теплофизические свойства волокнистых материалов оказывают наличие движущего воздуха (ветра), его скорость и направление. Это влияние объясняется тем, что волокнистые материалы в отличие от твердых однородных тел обладают способностью пропускать через структуру воздух, т.е. являются воздухопроницаемыми.

В результате исследований теплозащитных свойств пакетов одежды было установлено, что воздухопроницаемость тканей практически не оказывает влияние на их тепловое сопротивление, если коэффициент воздухопроницаемости пакетов составляет менее $5-10 \text{ дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ [60]. Иными словами, внутренняя конвекция в материалах в этом случае отсутствует. В том случае если повышается скорость ветра, тепловое сопротивление пакетов одежды снижается их воздухопроницаемости. Наблюдения показали, что увеличение скорости ветра от 0 до 7,5 м/с при-

водит к снижению теплового сопротивления пакетов одежды, имеющих воздухопроницаемость $20 \text{ дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$, на 54%, у пакетов с воздухопроницаемостью $347 \text{ дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ тепловое сопротивление снизилось на 81%.

Установлено, что величина теплового потока с поверхности ткани пропорциональна квадрату скорости ветра. При этом минимальные теплотери с поверхности материала наблюдались под углом 90° к направлению движения воздуха [61, 62], а максимальные – когда ветер дует вдоль поверхности пакета одежды, это связано с охлаждающими действиями ветра. В работе [57] была рассмотрена роль одежды как важнейшего регулятора физиологических процессов, управляющих тепловым режимом человеческого организма, взаимодействие влаги окружающей среды с различными тканями верха в пакетах одежды, установление характеристик, определяющих тепломассообменный процесс и величины, характеризующей теплозащитные свойства многослойных композиций.

Влага, поступающая в слои пакета равномерно распределяется внутри волокна и образует с твердой фазой волокна пространственную решетку. Текстильные материалы по характеру взаимодействия с влагой делятся на гидрофобные и гидрофильные. Механизм взаимодействия влаги с тканями объясняется явлением адсорбции и абсорбции.

Процесс передачи тепла и влаги в материалах связан с изучением молекулярно-кинетических явлений, вызывающих эти процессы. Течение процессов зависит от их структуры и характера связи с ними влаги. К классу дисперсных систем относятся влажные текстильные материалы, в которых частицы дисперсной фазы образуют более или менее жесткие пространственные структуры рассматривают капиллярно-пористые тела, свойства которых определяются молекулярным взаимодействием вещества тела с окружающей средой.

В сухих материалах процесс теплообмена не осложняется явлением влагопереноса и плотности потока тепла выражается законом Фурье [63]

$$q = -\lambda \cdot \Delta t \quad (1.1)$$

где λ – коэффициент теплопроводности, Вт/м·град

Δt – градиент температуры, dt/dn

Во влажных материалах, процесс теплообмена сопровождается переносом массы вещества, и основной закон теплопроводности имеет вид:

$$q = -\lambda \cdot \Delta t + Ji, \quad (1.2)$$

где q – плотность потока тепла, Вт/м²К;

J – удельное теплосодержание или энтальпия вещества переносимого внутри тела;

i – суммарный поток вещества.

При малой влажности перенос вещества происходит за счет диффузии пара, плотность потока которого равна:

$$i = -\epsilon_n \cdot \ln \gamma_b D \Delta P_n \quad (1.3)$$

Считая, что перенос тепла паром происходит путем испарения влаги у более нагретой части поры и последующей конденсации пара на менее нагретой части поры, можно сказать, что теплосодержание пара численно равно удельной теплоте испарения, а коэффициент вязкости для воздуха, находящегося в порах равен 1. Переписывая соотношение (1.1) имеем:

$$q = -\lambda_3 \cdot \Delta t \quad (1.4)$$

где λ_3 - эквивалентный коэффициент теплопроводности, Вт/м·град

$$\lambda_3 = \lambda [1 + \rho \cdot \ln \gamma_b \cdot D / \lambda (dp_n/dt)_n] \quad (1.5)$$

где $(dp_n/dt)_n$ – температурный коэффициент парциального давления пара

Соотношение (1.5) вводится для простейшего механизма переноса вещества. В общем случае перенос вещества осуществляется и с помощью молекулярного переноса пара и перенос жидкости. При этом случае закон теплопроводности приобретает следующий вид:

$$q = -\lambda_3 \cdot \Delta t - J_t \cdot K \cdot \gamma_0 \cdot \delta \cdot \Delta t - J_u \cdot K \cdot \gamma_0 \cdot \Delta U \quad (1.6)$$

где Δt и ΔU – градиент температуры и удельного массосодержания.

При $J_t = J_u$ – перенос тепла отсутствует и коэффициент теплопроводности, определяется из уравнения (1.2). В случае $J_t \neq J_u$ возникает перенос тепла.

Во влажных телах значение истинного коэффициента теплопроводности увеличивается за счет переноса тепла веществом, характеризуемого критерием теплопроводности

$$K_\lambda = \Delta \lambda / \lambda \quad (1.7)$$

Таким образом, критерий теплопроводности указывает на наличие явления массопереноса наблюдаемого только во влажных телах и изменение их теплофизических свойств.

Характеристику теплофизических свойств влажных тел дают величины термических коэффициентов: термоградиентного коэффициента и коэффициента теплопроводности. Коэффициент теплопроводности является основным для большинства материалов, однако при оценке тканей он недостаточно показателен. При оценке теплозащитных свойств материалов одежды более характерной является величина теплового сопротивления, которая позволяет учитывать и толщину материала.

По мнению ряда исследователей [27, 63, 64] нетканые материалы обладающие плотностью более 100 кг/м^2 имеют долю лучистой составляющей не превышает 3...10% от общего потока тепла, прошедшего через материал. В тоже время установлено, что при понижении температуры окружающей среды в условиях спокойного воздуха внутренняя конвекция отсутствует.

В работе [64] экспериментально установлено, что изменение толщины материалов при циклическом сжатии приводит к изменению теплофизических свойств исследуемых объектов. Динамика и величина изменения теплового сопротивления, прежде всего, зависят от волокнистого состава и способа получения материала, то есть микро- и макроструктуры, в меньшей степени от первоначальной толщины материала.

1.4. Тепловые свойства текстильных материалов

Тепловые свойства определяются как отношение материала к действию на них тепловой энергии. Эффективность этих свойств зависит от способности материала взаимодействовать с тепловым потоком. Текстильные материалы характеризуются такими свойствами как теплозащита, теплостойкость, морозостойкость, огнестойкость.

Теплозащитные свойства. Теплозащитные свойства текстильных полотен характеризуются способностью проводить тепло от более нагретой среды к менее нагретой. Основными характеристиками теплопроводности являются [8]:

коэффициент теплопроводности λ [Вт/(м·°C)]:

$$\lambda = \frac{Q \cdot b}{[S \cdot \tau \cdot (T_1 - T_2)]} \quad (1.8)$$

где Q – тепловой поток, Вт; b – толщина полотна, м; S – площадь полотна, м^2 ; τ – время прохождения теплового потока, ч; T_1, T_2 – температура сред, °C;

коэффициент теплопередачи K [Вт/(м² · °C)]:

$$\lambda = \frac{Q}{[S \cdot \tau \cdot (T_1 - T_2)]} \quad (1.9)$$

удельное тепловое сопротивление ρ (м²·°C/ Вт):

$$\rho = \frac{1}{\lambda} \quad (1.10)$$

тепловое сопротивление R (м²·°C/ Вт):

$$R = \frac{b}{K} \quad (1.11)$$

Для текстильных полотен в качестве основной характеристики теплозащитности используют суммарное тепловое сопротивление $R_{\text{сум}}$ (м²·°C/ Вт):

$$R_{\text{сум}} = R_{\text{в}} + R_{\text{м}} + R_{\text{п}} \quad (1.12)$$

где $R_{\text{в}}$ – сопротивление переходу тепла от более теплой среды к внутренней поверхности полотна;

$R_{\text{м}}$ – тепловое сопротивление полотна;

$R_{\text{п}}$ – сопротивление переходу тепла от наружной поверхности полотна в окружающую среду.

На тепловое сопротивление материалов и пакетов материалов существенное влияние оказывает толщина материала, величина воздушной прослойки между слоями материала и скоростью движения воздуха, с их увеличением возрастает

суммарное тепловое сопротивление. С увеличением влажности снижаются теплозащитные свойства материалов[58].

Тепловые свойства текстильных материалов определяют двумя методами: стационарным и регулярным режимами.

По методу стационарного режима [8] определяется тепловая энергия, необходимая для поддержания постоянной разности температур двух сред, разделенных испытуемой пробой. Для проведения испытаний используется прибор, состоящий из нагревателя 1 (рисунок 1.4), разогреваемого до температуры t_1 , и холодильника 2, охлаждаемого водой до температуры t_2 . Между ними помещается испытуемая проба 3. Тепловой поток, создаваемый электрической плитой 4, идет от нагревателя к охлаждающей камере 2. Измерения проводятся вольтметром 5 и амперметром 6. Нагрев электроплиты 4 регулируется реостатом, при этом добиваются постоянства температур t_1 и t_2 , которые измеряются с помощью термопар. После чего проводятся измерения силы тока и напряжения на зажимах нагревателя 1 и вычисляется мощность теплового потока.

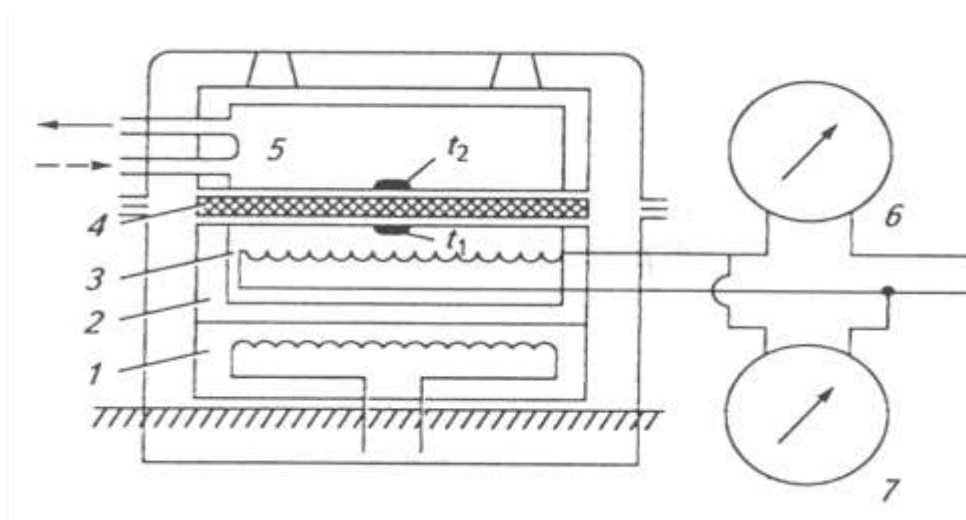


Рисунок 1.4 - Схема прибора для определения теплозащитных свойств изделий методом стационарного режима

Тепловой поток определяется по формуле

$$Q = IU \quad [\text{Вт}] \quad (1.13)$$

Бикалориметр используется для проведения испытаний по методу регулярного режима [8,67,68].

Он состоит из полого металлического цилиндра 1 (рисунок 1.5, а), на боковой поверхности которого находятся теплоизоляторы 2. Прибор имеет 2 пары термопар, одна внутри 4, а вторая 5 находятся снаружи. На нагретый бикалориметр надевают образец материала 3 и охлаждают его в неподвижном или движущемся воздухе с постоянной температурой. С помощью гальванометра 6 определяют разность температур Δt между термопарами через разные промежутки времени T , и определяют зависимости $\ln \Delta t$ от T (рисунок 1.5,б). Прямолинейный участок АВ, соответствует регулярному режиму теплообмена. Его определяют по формуле:

$$m = \frac{\ln \Delta t_1 - \ln \Delta t_2}{T_2 - T_1} \quad [1/\text{сек}] \quad (1.14)$$

где Δt_1 и Δt_2 – разность температур прибора и воздуха соответственно в моменты времени T_1 и T_2

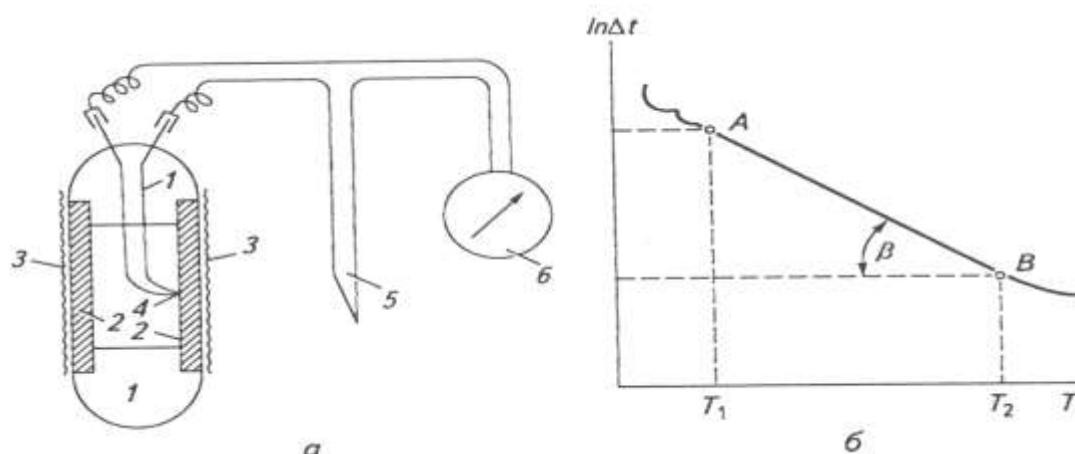


Рисунок 1.5 - Схема бикалориметра (а) и график для определения тепла охлаждения (б)

Рисунок 1.6 - Схема экспериментальной установки для определения теплофизических свойств текстильных материалов

Установка состоит из опорной плиты 1, на которой находятся два холодильника 6 (верхний и нижний) и нагревательный элемент 5, подключенный к источнику питания 8. Время действия источника питания контролируется с помощью секундомера 7. Рассматриваемые материалы 4 диаметром 80 мм располагаются симметрично между холодильниками и нагревателем. Информация об изменениях перепадов температур на образце осуществляется с помощью двух термопар. Вся информация поступает в информационный блок 8. Коэффициент теплопроводности λ определяется из соотношения

$$\lambda = \frac{I U t_0 h}{\sqrt{8\pi e} \cdot 2St_{\max} \Delta T k} \quad (1.16)$$

где I – сила тока; U – напряжение;
 t_0 – время действия источника тока;
 h – толщина пробы;
 $2S$ – полная площадь нагревателя;
 $t_{\max}$ – время, за которое перепад температуры на поверхностях проб достигает максимального значения;
 ΔT – максимальный перепад температуры на поверхности проб;
 k – поправочный коэффициент.

Однако данный прибор можно использовать только для текстильных материалов, имеющих высокую среднюю плотность и небольшую толщину, т.к. тепловое сопротивление тестируемых материалов рассчитывается, как отношение толщины пробы к ее коэффициенту теплопроводности.

В настоящее время современная одежда, как правило, представляет собой многослойный пакет, состоящий из различных видов текстильных материалов. Это может быть ткань, трикотаж, нетканые материалы. Все эти слои имеют разный волокнистый состав, плотность, свойства. Поэтому оценка теплофизиче-

ских свойств и теплообмен между этими материалами представляется достаточно сложной задачей.

Это требует создания новых методов и приборов позволяющих оценивать поведение рассматриваемых материалов в пакетах и их поведение в различных условиях эксплуатации

Наиболее часто для определения суммарного теплового сопротивления применяется прибор ПТС-225, схема которого приведена на рисунке 1.7. [65].

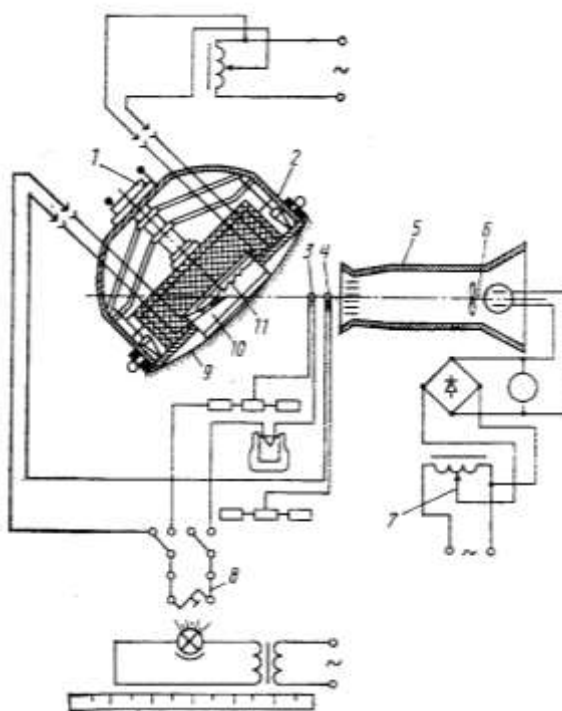


Рисунок 1.7 - Схема прибора ПТС – 225

В работе [66] была предложена концепция формирования комплексного подхода к проектированию изделий в системе «человек-обувь-окружающая среда» начиная от этапа предварительных исследований с целью поиска компромиссного решения между первоначально предложенной идеей и требованиями потребителя до окончательного решения поставленной задачи.

В работе [66] была использована установка позволяющая моделировать величину тепломассообмена в системе «человек – одежда – среда». Для решения

данной задачи предложено представлять тело человека как систему вложенных цилиндров (рисунок 1.8), а пакета – как набора концентрических оболочек окружающих тело.

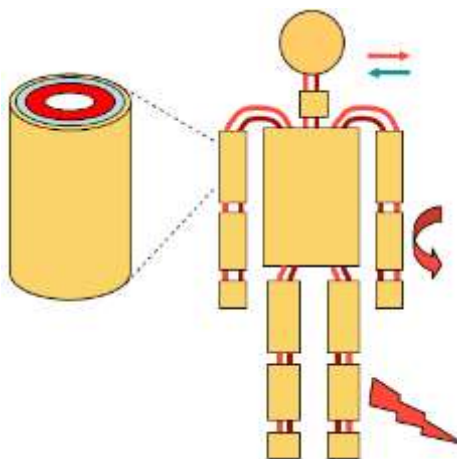


Рисунок 1.8 - Теоретические основы представления тела человека и пакета материалов

Пакет материалов размещается на остоле, имитирующем тело человека. Поддержание постоянной температуры элемента тела обеспечивается автоматизированной системой с учетом особенностей человеческого организма и условий внешнего воздействия на этот пакет как температурных, так влажностных изменений.

С помощью системы термодатчиков осуществляется оценка динамики тепловых потоков в структуре пакета материалов, а также осуществляется анализ температуры, между слоями.

В диссертационной работе Кудринского С.В. [68] разработаны метод и конструкция прибора, позволяющие определять теплопередачу при воздействии низких температур. На рисунке 1.9 представлено устройство, включающее металлическую пластину 1, на поверхность которой с одной стороны прикрепляется испытуемый образец 2, а с другой стороны к пластине присоединен термодатчик 3, на термодатчик сверху устанавливается утепляющая конструкция 4, 5.

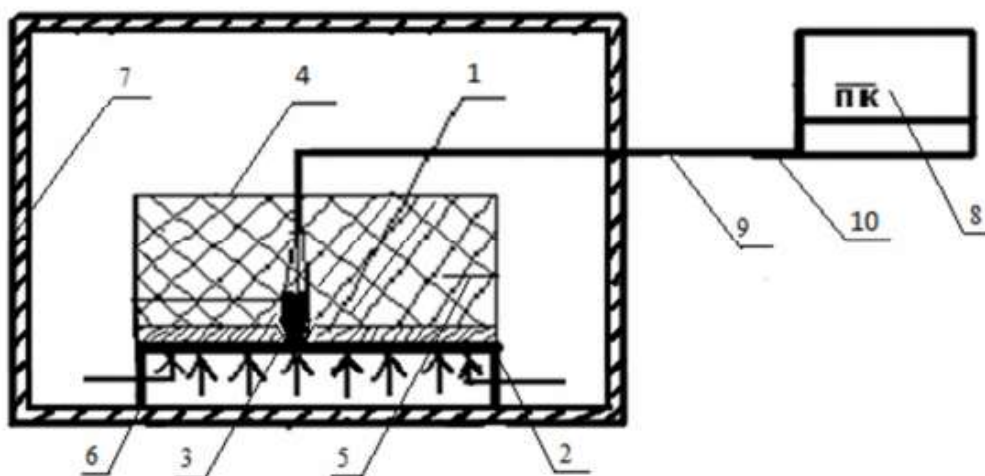


Рисунок 1.9 – Схема устройства для определения теплопередачи текстильных материалов при воздействии низких температур.

Корпус обеспечивает надежную тепловую защиту от воздействия низких температур. Прибор размещен на металлической подставке 6, которая установлена во морозильной камере 7. В процессе измерения фиксируется первоначальная температура, и температура после 10 минут нахождения в морозильной камере. Полученные результаты с помощью USB кабеля поступают на дисплей 8 персонального компьютера.

Выводы по главе 1

1. Оценка теплозащитных свойств текстильных материалов является важным показателем характеризующим способность человека работать в условиях пониженной температуры.

2. Теплозащитные свойства обуви во многом зависят от составляющих ее материалов и от их рационального и обоснованного выбора.

3. Теплостойкость текстильных материалов во многом определяется условиями эксплуатации и изменениями, происходящими в самом материале в течение определенного времени.

4. Проведен анализ методов и современных приборов используемых для определения теплофизических свойств.

5. Целесообразно продолжить работу по получению текстильных материалов обладающих более высокими теплофизическими свойствами, особенно при пониженных температурах.

ГЛАВА 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕТКАНЫХ УТЕПЛЯЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ

2.1. Исходные образцы исследуемых нетканых материалов

В качестве объектов исследования были выработаны 12 образцов нетканых материалов полученных различными способами соединения и состоящими из различных сочетаний волокнистого материала. Данные нетканые материалы предназначены для изготовления утеплителей в зимней обуви.

Технология получения некоторых видов нетканого материала приведена в приложении 1 [69].

1. *Образец 1 - нетканый иглопробивной материал ВИ (РВЛ) 500/10* (рисунок 2.1):

- а) Полиэфирные бикомпонентные волокна 4D * 51 мм белый цвет – 10%;
- б) Волокна регенерированные (шерсть, акриловые волокна, хлопок)- 50%;
- в) Лен № 2 (вытряска), короткие волокна – 25%;
- г) Полиэфирные регенерированные волокна – 15%.



Рисунок 2.1 - Нетканый иглопробивной материал ВИ (РВЛ) 500/10

2. *Образец 2 - нетканый иглопробивной материал ВИ (РВЛ) 700/10* (рисунок 2.2):

- а) Полиэфирные бикомпонентные волокна 4D * 51 мм белый цвет – 10%;

- б) Волокна регенерированные (шерсть, акриловые волокна, хлопок)- 50%;
- в) Лен № 2 (вытряска), короткие волокна – 25%;
- г) Полиэфирные регенерированные волокна – 15%.



Рисунок 2.2 - Нетканый иглопробивной материал ВИ (РВЛ) 700/10

3. Образец 3 - нетканый иглопробивной материал ВИ (РВЛ) 850/25 (рисунок 2.3):

- а) Полиэфирные бикомпонентные волокна 4D * 51 мм белый цвет – 25%;
- б) Волокна регенерированные (шерсть, акриловые волокна, хлопок) - 35%;
- в) Лен № 2 (вытряска), короткие волокна – 25%;
- г) Полиэфирные регенерированные волокна – 15%.



Рисунок 2.3 - Нетканый иглопробивной материал ВИ (РВЛ) 850/25

4. Образец 4 - дублированный нетканый иглопробивной материал ВИ-350 +МП (черный) (рисунок 2.4):

- а) Полиэфирные регенерированные волокна 7D * 64 черное – 100%;

б) Пленка металлизированная 40 мкр.



Рисунок 2.4 -Дублированный нетканый иглопробивной материал ВИ-350 +МП
(черный)

5. Образец 5 - дублированный нетканый иглопробивной материал ВИ (ЧШ) 350+МП (рисунок 2.5):

- а) Полиэфирные бикомпонентные волокна 4D * 51 мм белый цвет – 20%;
- б) Шерсть овечья (цветная темная грубая, полугрубая) – 80%;
- в) Пленка металлизированная 40 мкр.



Рисунок 2.5 - Дублированный нетканый иглопробивной материал ВИ (ЧШ)
350+МП

6. Образец 6 - дублированный нетканый иглопробивной материал ВИ (ЧШ) 1600+МП (рисунок 2.6):

- а) Полиэфирные бикомпонентные волокна 4D * 51 мм белый цвет – 20%;
- б) Шерсть овечья (цветная темная грубая, полугрубая) – 80%;
- в) Пленка металлизированная 40 мкр.



Рисунок 2.6 - Дублированный нетканый иглопробивной материал ВИ (ЧШ)
1600+МП

7. Образец 7 - триплированный нетканый иглопробивной материал ВИ-350 (п/ш)+ лен + МП+ВИ-350 (Ч/Ш) (темный) (рисунок 2.7):

- а) Шерсть овечья (цветная темная грубая, полугрубая) – 75%;
- б) Лен № 2 (вытряска), короткие волокна – 25%;
- в) Полиэфирные регенерированные волокна 7D * 64 черное – 25%;
- г) Пленка металлизированная 40 мкр.



Рисунок 2.7 - Триплированный материал ВИ-350 (п/ш)+ лен + МП+ВИ-350 (Ч/Ш)
(темный)

8. Образец 8 - плотно термоскрепленное ПТ- 800/20 (ЧШ) (рисунок 2.8:

- а) Полиэфирные бикомпонентные волокна 4D * 51 мм белый цвет – 20%;
- б) Шерсть овечья (цветная темная грубая, полугрубая) – 80%.



Рисунок 2.8 - Полотно термоскрепленное ПТ- 800/20 (ЧШ)

9. Образец 9 - полотно термоскрепленное ПТ- 1000/20 (ЧШ) (рисунок 2.9):

- а) Полиэфирные бикомпонентные волокна 4D * 51 мм белый цвет – 20%;
- б) Шерсть овечья (цветная темная грубая, полугрубая) – 80%.



Рисунок 2.9 - Полотно термоскрепленное ПТ- 1000/20 (ЧШ)

10. Образец 10 - полотно термоскрепленное ПТ- 1200/20 (ЧШ) (рисунок 2.10):

- а) Полиэфирные бикомпонентные волокна 4D * 51 мм белый цвет – 20%;
- б) Шерсть овечья (цветная темная грубая, полугрубая) – 80%.



Рисунок 2.10 - Полотно термоскрепленное ПТ- 1200/20 (ЧШ)

11. *Образец 11 - материал многослойный 650(6)* (рисунок 2.11), включает в себя нетканый материал и металлизированную пленку



Рисунок 2.11 - Материал многослойный 650(6)

12. *Образец 12 - материал многослойный 900/2* (рисунок 2.12), включает в себя нетканый материал, трикотажную сетку и металлизированную пленку



Рисунок 2.12 - Материал многослойный 900/2

Рассмотрим поведение выработанных образцов к различным физико-механическим воздействиям.

2.2. Исследование механических свойств нетканых материалов

Механические свойства включают в себя комплекс показателей характеризующих отношение рассматриваемых материалов к действию внешних сил.

Сложность определения механических свойств нетканых материалов заключается в том, что нетканые материалы состоят из различных видов разнонаправленных волокон, а также рассматриваемые материалы включают в себя различные слои неоднородных материалов.

К факторам, характеризующим механические свойства нетканых материалов, относятся: разрывная нагрузка и разрывное удлинение, как по длине, так и по ширине рассматриваемых материалов, раздирающая нагрузка и расслаивание компонентов нетканых материалов [65].

Все рассматриваемые материалы можно разделить на несколько групп:

1 группа. Это иглопробивной нетканый материал, включающий в себя различные виды натуральных волокон (шерсть, хлопок, лен), а также химическое полиэфирное волокно, причем они могут быть как исходные, так и регенерированные (образец 1-3).

2 группа включает дублированный иглопробивной нетканый материал, а также металлизированная пленка (образец 4-6).

3 группа образцов включает в себя термоскрепленное нетканое полотно состоящее из овечьей шерсти и полиэфирного бикомпонентного волокна (образец 7-10).

4 группа представляет многослойный материал состоящий из нетканого материала, металлической пленки, а также включающего в себя трикотажную сетку (образец 11,12).

В таблице 2.1 приведены значения измеряемой толщины нетканых материалов.

Таблица 2.1 - Значения толщины исследуемых образцов

№	Наименование образца	Толщина, мм	Среднее квадратическое отклонение, S , мм	Коэффициент вариации, C_v , %
1	Образец 1	4,02	0,23	5,71
2	Образец 2	5,31	0,49	9,14
3	Образец 3	5,66	0,36	6,40
4	Образец 4	3,55	0,14	5,71
5	Образец 5	3,31	0,15	4,52
6	Образец 6	7,61	0,24	3,16
7	Образец 7	5,73	0,12	2,12
8	Образец 8	6,00	0,47	7,82
9	Образец 9	7,07	0,31	4,34
10	Образец 10	7,30	0,24	3,24

11	Образец 11	5,28	0,24	4,63
12	Образец 12	5,91	0,26	4,33

Наибольшей неровнотой по толщине обладают образцы 1-3, из-за рыхлости нетканого материала, а также образец 8, в остальных случаях коэффициент вариации не превышает 5%.

Разрывные характеристики исследуемых нетканых материалов определялись в соответствии с методикой, указанной в ГОСТ Р 29104.4 [70]. Для испытаний применялась универсальная испытательная система «Инстрон» серии 4411.

В таблице 2.2 приведены значения разрывной нагрузки образцов исследуемых образцов нетканых материалов (Н).

Таблица 2.2 - Разрывная нагрузка исследуемых образцов

№	Наименование образца	По длине			По ширине		
		X _{ср} , Н	S, Н	C _v , %	X _{ср} , Н	S, Н	C _v , %
1	Образец 1	78,97	5,51	6,98	86,01	15,68	18,23
2	Образец 2	66,43	8,51	11,67	135,37	13,51	9,98
3	Образец 3	92,61	3,08	3,32	52,76	4,51	8,55
4	Образец 4	31,37	3,84	12,24	57,14	20,64	35,51
5	Образец 5	87,47	9,76	11,16	45,45	6,28	13,81
6	Образец 6	56,06	3,30	5,89	45,30	4,25	9,38
7	Образец 7	38,99	4,29	11,11	27,46	2,12	7,71
8	Образец 8	73,16	11,64	15,91	52,59	5,59	10,62
9	Образец 9	79,68	4,20	5,27	65,01	5,65	8,69
10	Образец 10	62,23	5,64	9,06	47,74	2,90	6,07
11	Образец 11	59,55	4,70	7,89	30,66	2,47	8,07
12	Образец 12	108,88	8,73	8,02	46,26	3,11	6,73

На рисунке 2.13 приведены диаграммы разрывных нагрузок рассматриваемых нетканых материалов

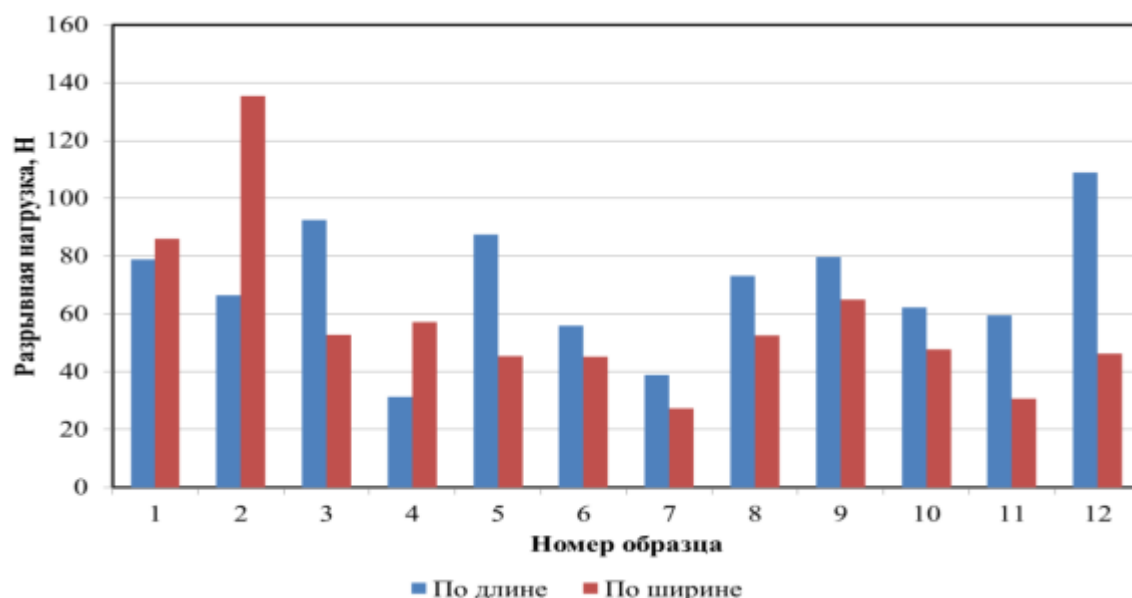


Рисунок 2.13 – Разрывная нагрузка нетканых материалов

Значение разрывной нагрузки варьируется в достаточно широком диапазоне от 135 Н до 28 Н по ширине материала и от 109 Н до 31 Н по длине, причем для некоторых образцов разница показаний по длине и ширине весьма значительная. Например, для образцов 2,12 эти значения отличаются почти в 2 раза, что необходимо учитывать при изготовлении и раскрое готового продукта [71].

В таблице 2.3 приведены значения разрывного удлинения образцов нетканых материалов (мм) (ГОСТ Р 29104.4) [70].

Таблица 2.3 - Значения разрывного удлинения исследуемых образцов

№	Наименование образца	По длине			По ширине		
		X_{cp} , мм	S , мм	C_v , %	X_{cp} , мм	S , мм	C_v , %
1	Образец 1	125,95	9,55	7,58	129,25	9,79	7,58
2	Образец 2	93,38	11,47	12,28	88,33	16,37	18,53
3	Образец 3	69,17	7,25	10,50	101,35	9,87	9,73
4	Образец 4	141,54	16,21	11,45	54,72	18,25	33,35
5	Образец 5	90,96	8,43	9,27	147,97	32,24	21,79
6	Образец 6	69,88	3,52	5,03	115,66	6,51	5,63
7	Образец 7	81,60	5,34	6,55	108,19	7,26	6,71
8	Образец 8	50,97	3,15	6,19	45,45	4,76	10,46
9	Образец 9	71,57	2,76	3,86	41,24	3,50	8,48
10	Образец 10	42,98	1,55	3,60	61,68	5,07	8,23
11	Образец 11	99,39	4,19	4,22	147,38	9,80	6,65
12	Образец 12	107,54	9,34	8,69	138,59	7,34	5,29

Причем расхождение удлинения образцов по длине и ширине не имеют такой большой разницы, чем по разрывной нагрузке, за исключением образцов 4, 6.

На рисунке 2.14 приведены диаграммы значений разрывного удлинения нетканых материалов

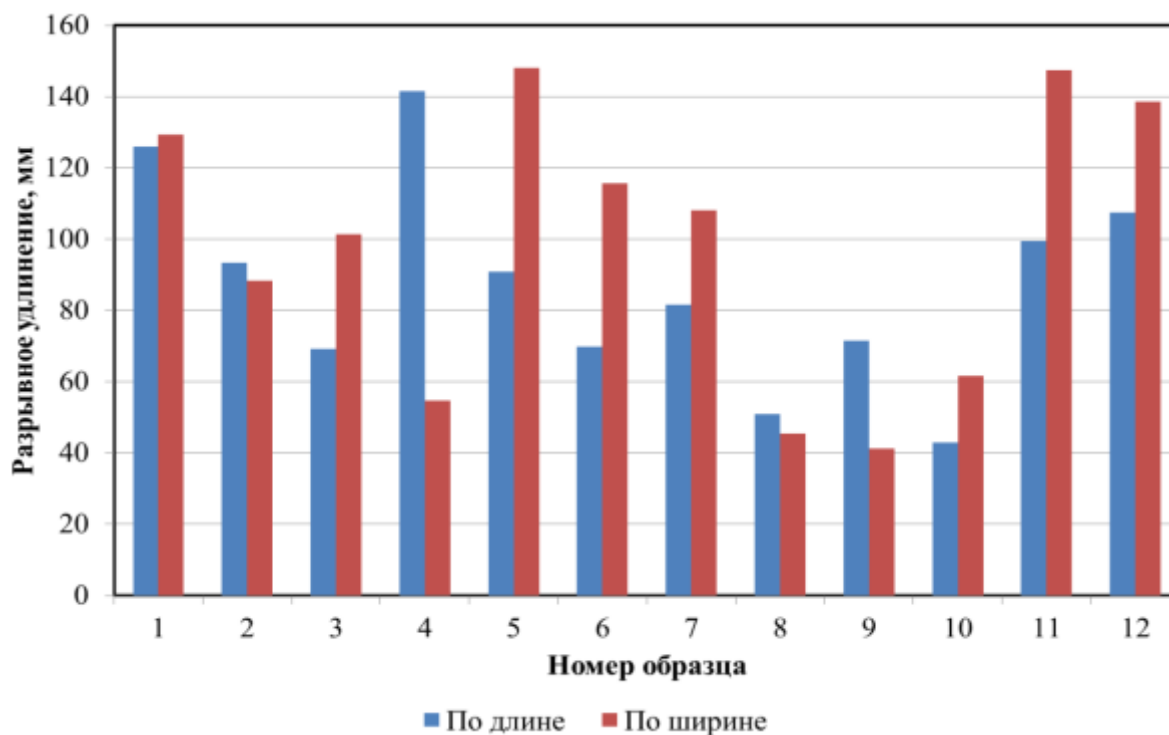


Рисунок 2.14 – Разрывное удлинение нетканых материалов

Стойкость к расслаиванию является важным показателем, характеризующим многослойный нетканый материал. Для проведения испытаний использовалась методика приведенная в ГОСТ Р 29104. [70]. Исследования проводились на универсальной испытательной системе «Инстрон» серии 4411.

В таблице 2.4 приведены значения нагрузки при расслаивании образцов нетканых материалов (Н).

Таблица 2.4 – Нагрузка при расслаивании исследуемых образцов

№	Наименование образца	По длине			По ширине		
		X _{ср} , Н	S, Н	C _v , %	X _{ср} , Н	S, Н	C _v , %
1	Образец 1	6,41	0,51	6,85	5,63	0,59	9,99
2	Образец 2	4,31	0,31	5,41	4,45	0,39	7,53
3	Образец 3	5,95	0,73	12,3	5,43	0,44	6,79
4	Образец 4	24,41	0,83	2,23	29,88	1,34	3,44
5	Образец 5	3,92	0,66	19,55	3,04	0,51	20,98
6	Образец 6	18,44	1,27	5,89	18,24	1,25	5,84
7	Образец 7	-	-	-	-	-	-
8	Образец 8	4,31	0,31	5,41	4,45	0,39	7,53
9	Образец 9	5,95	0,73	12,3	5,43	0,44	6,79
10	Образец 10	24,41	0,83	2,23	29,88	1,34	3,44
11	Образец 11						
	1 слой	13,21	2,03	8,02	19,02	1,18	4,16
	2 слой	19,58	1,54	4,04	23,64	4,21	12,41
	3 слой	32,34	0,72	3,69	71,35	1,24	12,18
12	Образец 12						
	1 слой	8,04	1,58	5,17	7,64	0,97	5,12
	2слой	24,51	1,34	1,98	9,29	0,63	2,13
	3 слой	5,08	0,97	6,45	4,01	0,76	8,15
	4 слой -	7,19	1,17	6,01	6,25	0,81	9,18

В таблице 2.5 приведены значения раздирающей нагрузки образцов нетканых материалов (Н).

На рисунке 2.15 приведены диаграммы раздирающей нагрузки нетканых материалов

Таблица 2.5 - Раздирающая нагрузка исследуемых образцов, Н

№	Наименование образца	По длине			По ширине		
		X _{ср} , Н	S, Н	C _v , %	X _{ср} , Н	S, Н	C _v , %
1	Образец 1	62,18	8,65	9,13	62,18	6,15	14,98
2	Образец 2	30,78	3,74	13,82	53,72	1,24	6,73
3	Образец 3	33,18	4,15	5,47	56,16	1,65	5,3
4	Образец 4	25,74	5,42	14,39	37,94	2,92	32,26
5	Образец 5	25,64	6,14	13,31	38,04	3,64	10,56
6	Образец 6	205,16	13,86	8,04	220,02	16,36	6,13
7	Образец 7	114,36	12,33	13,26	110,78	14,83	4,46
8	Образец 8	165,12	18,35	18,06	179,5	20,85	7,37
9	Образец 9	285,1	22,48	7,42	197,28	24,98	6,44
10	Образец 10	197,88	11,94	11,21	175,02	14,44	12,82
11	Образец 11	38,96	4,51	10,04	63,18	7,01	14,82
12	Образец 12	205,66	16,74	10,17	213,46	19,24	13,48

Наибольшей раздирающей нагрузкой обладает образец 9, а также образцы 6, 10, 12.

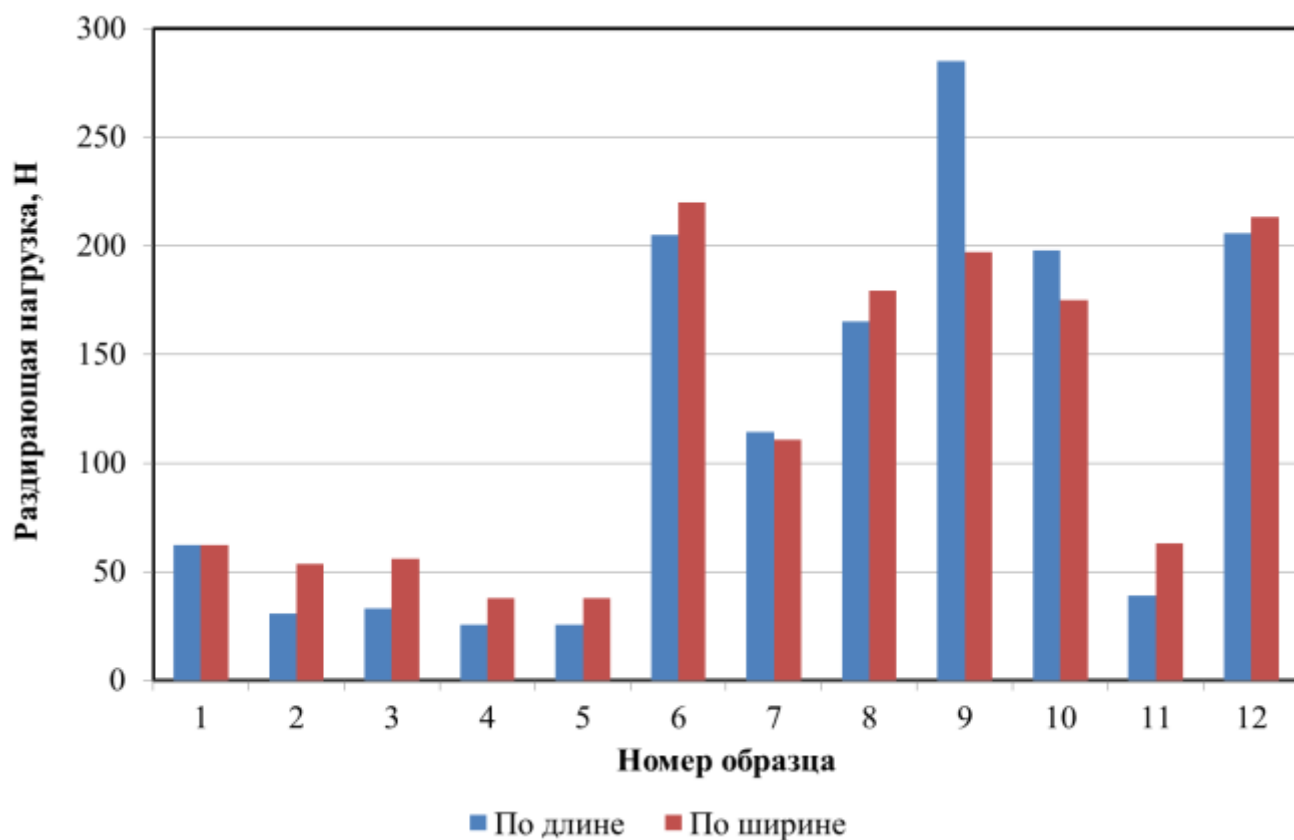


Рисунок 2.15 – Раздирающая нагрузка нетканых материалов

2.3. Физические свойства нетканых материалов

К физическим свойствам нетканых материалов относится их поведение при контакте с различными условиями окружающей среды. К этим свойствам относятся способность материалов поглощать и пропускать воздух и влагу, пар, тепло [65].

Воздухопроницаемость - это способность текстильного материала пропускать через себя воздух [65]. При постоянном перепаде давления, создаваемого в приборе, воздухопроницаемость зависит от пористости, толщины материала, а

также от многослойности рассматриваемого пакета материалов. На воздухопроницаемость нетканых материалов существенно влияют их влажность и температура окружающей среды [65].

Для определения воздухопроницаемости использовался прибор ВПТМ-2. Причем, в связи с тем, что пакеты состоят из различных составляющих (нетканый материал и металлизированная пленка) определение воздухопроницаемости осуществлялось с двух сторон.

Паропроницаемость B_h характеризует способность нетканых материалов пропускать через себя водяные пары.

$$B_h = A / F \cdot T$$

где A – убыль массы воды (мг), время T (сек), F - площадь образца (м^2).

Для определения паропроницаемости используется метод стаканчиков. В данном случае стакан с водой плотно накрывают исследуемым материалом и помещают в кондиционную камеру с относительной влажностью 60% и температурой 20° С. Коэффициент паропроницаемости B_h определяется количеством водяных паров проходящих через 1 м^2 материала за 1 с. В связи с тем, что площадь образцов и время испытаний для всех образцов одинаковая, то величина паропроницаемости будет зависеть от расстояния между исследуемым материалом и уровнем воды в стакане. Следовательно, чем меньше это расстояние, тем паропроницаемость меньше.

Гигроскопичность W_r (%) определяется отношением массы воды в материале после 4 ч нахождения в эксикаторе с относительной влажностью воздуха 100%.

$$W_r = (m_s - m_c) / m_c \cdot 100$$

где m_s – масса пробы, выдержанной в эксикаторе, г;

m_c – масса сухого образца, г.

Водопоглощаемость B_{ϵ} , (%) определяется по формуле.

$$B_{\epsilon} = (m_{\epsilon} - m_c) / m_c * 100$$

где m_{ϵ} – масса пробы после замачивания в воде, г;

m_c – масса образца до замачивания (сухого), г.

Результаты исследования приведены в таблице 2.6 и рисунках 2.16-2.19.

Таблица 2.6 - Значения физических свойств исследуемых образцов

№	Наименование образца	Воздухопроницаемость, B , $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$		Паропроницаемость, B_h , $\text{мг}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$		Гигроскопичность, W_{ϵ} , %	Водопоглощение, B_{ϵ} , %
		Со стороны нетканого материала	Со стороны пленки	Со стороны нетканого материала	Со стороны пленки		
1	Образец 1	253,0	-	23,67	-	5,06	67,5
2	Образец 2	196,4	-	28,67	-	8,56	77,4
3	Образец 3	167,0	-	13,67	-	7,86	97,5
4	Образец 4	128,6	91,7	15,64	8,67	3,32	86,5
5	Образец 5	150,3	107,3	24,12	13,67	5,49	99,8
6	Образец 6	127,0	78,2	13,81	8,67	6,37	99,2
7	Образец 7	137,4	131,7	23,67	15,7	4,97	86,3
8	Образец 8	77,0	-	13,67	-	8,96	85,6
9	Образец 9	56,3	-	23,67	-	9,95	96,9
10	Образец 10	42,5	-	33,67	-	10,99	99,4
11	Образец 11	104,5	91,6	29,12	8,67	5,58	83,2
12	Образец 12	106,1	93,0	29,12	13,67	7,75	75,7

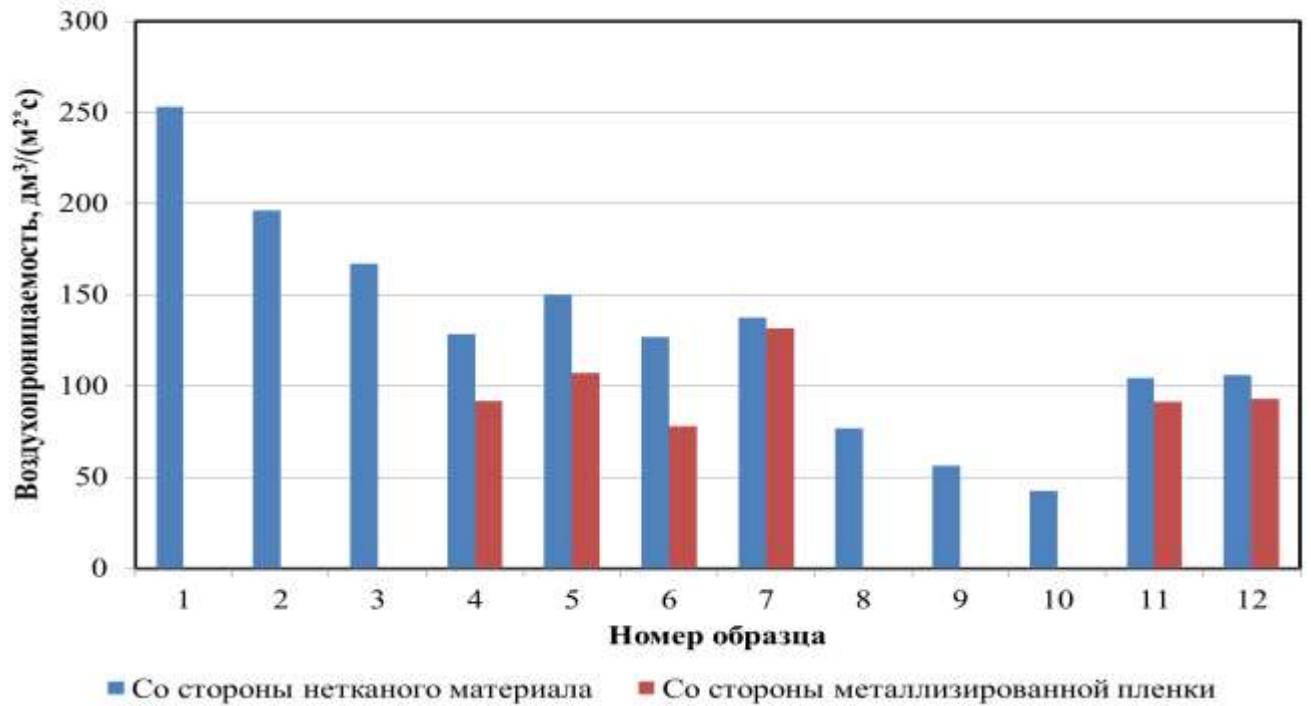


Рисунок 2.16 – Воздухопроницаемость образцов

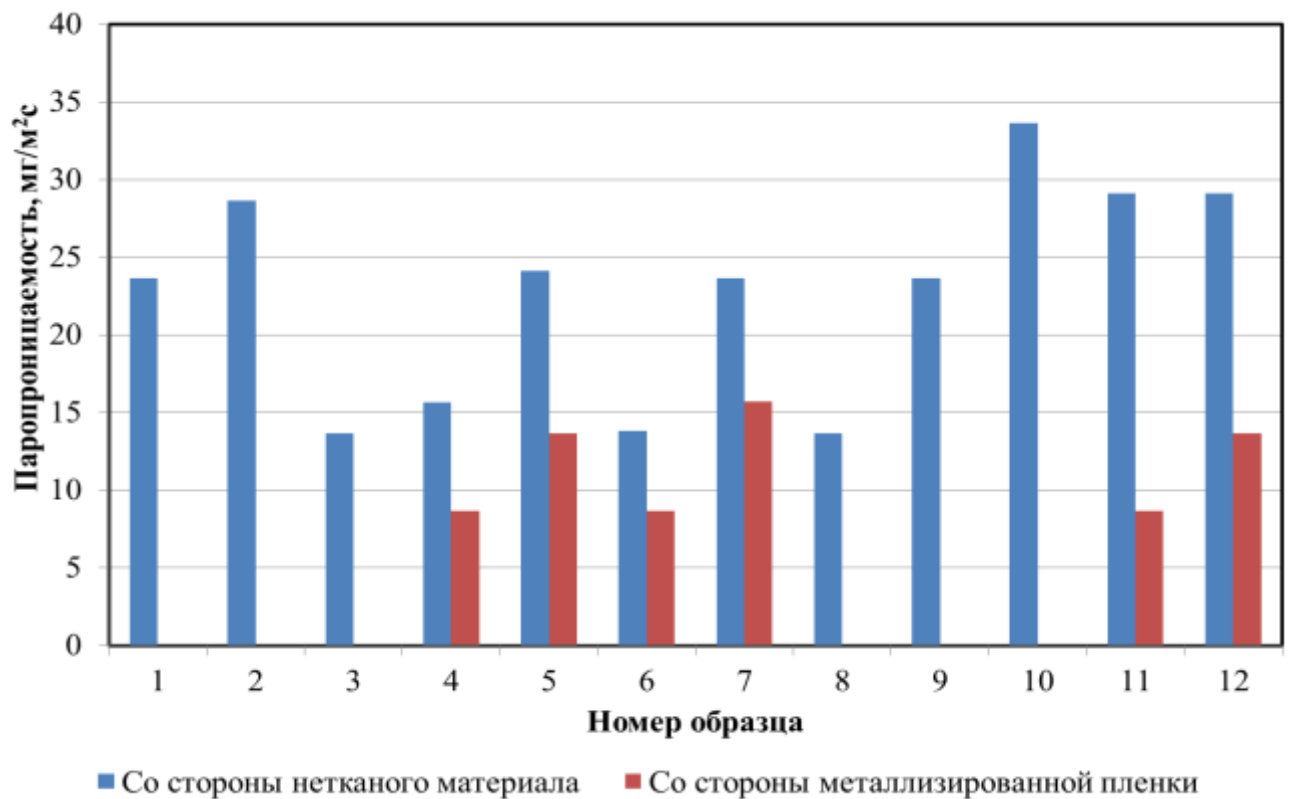


Рисунок 2.17 – Паропроницаемость образцов

В связи с тем, что в ряде образцов присутствует металлизированная пленка, были проведены исследования воздухо- и паропроницаемости материалов с одной

и другой сторон. Наилучшими результатами по воздухопроницаемости обладают образцы 1 и 8. В тоже время в некоторых материалах имеющих металлическую пленку воздух достаточно хорошо проходит с обеих сторон.

В тоже время для ряда материалов 6, 9, 10 невозможно было определить воздухопроницаемость из-за недостаточного давления в приборе ВПТМ-2.

Наибольшей паропроницаемостью обладают образцы 10, 2. Также паропроницаемость зависит от расположения и вида перфорации на металлической пленке.

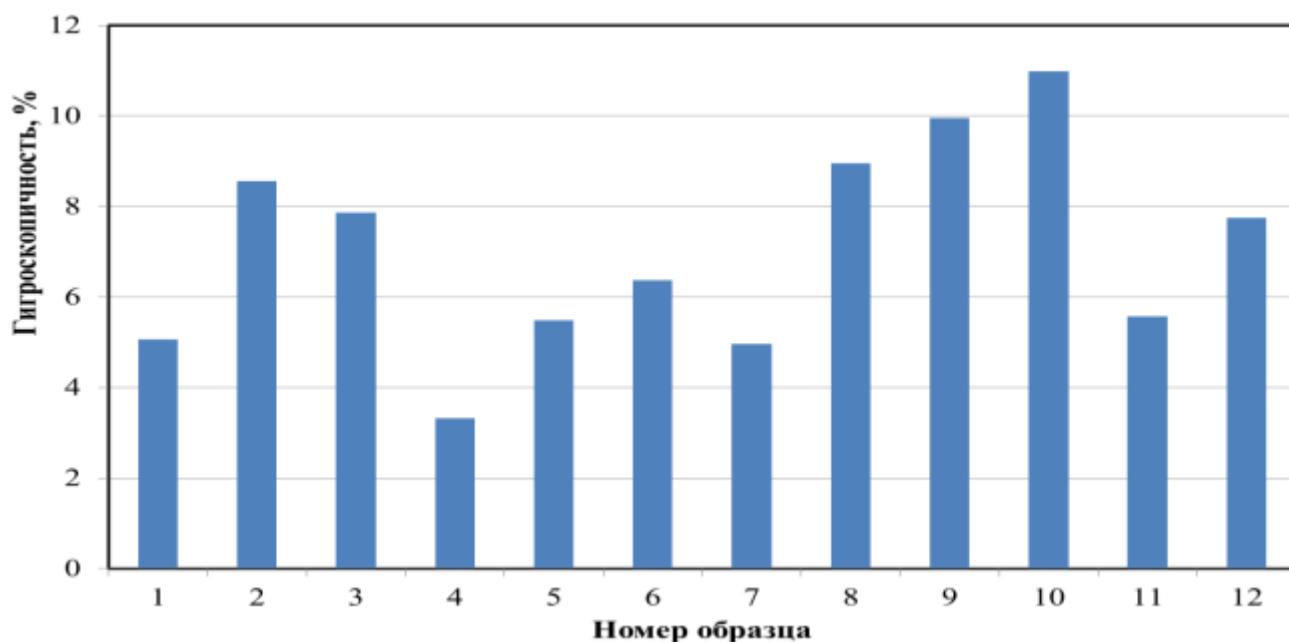


Рисунок 2.18 – Гигроскопичность образцов

Наибольшей гигроскопичностью обладают образцы 6 и 8, так как в их составе до 80% шерсти.

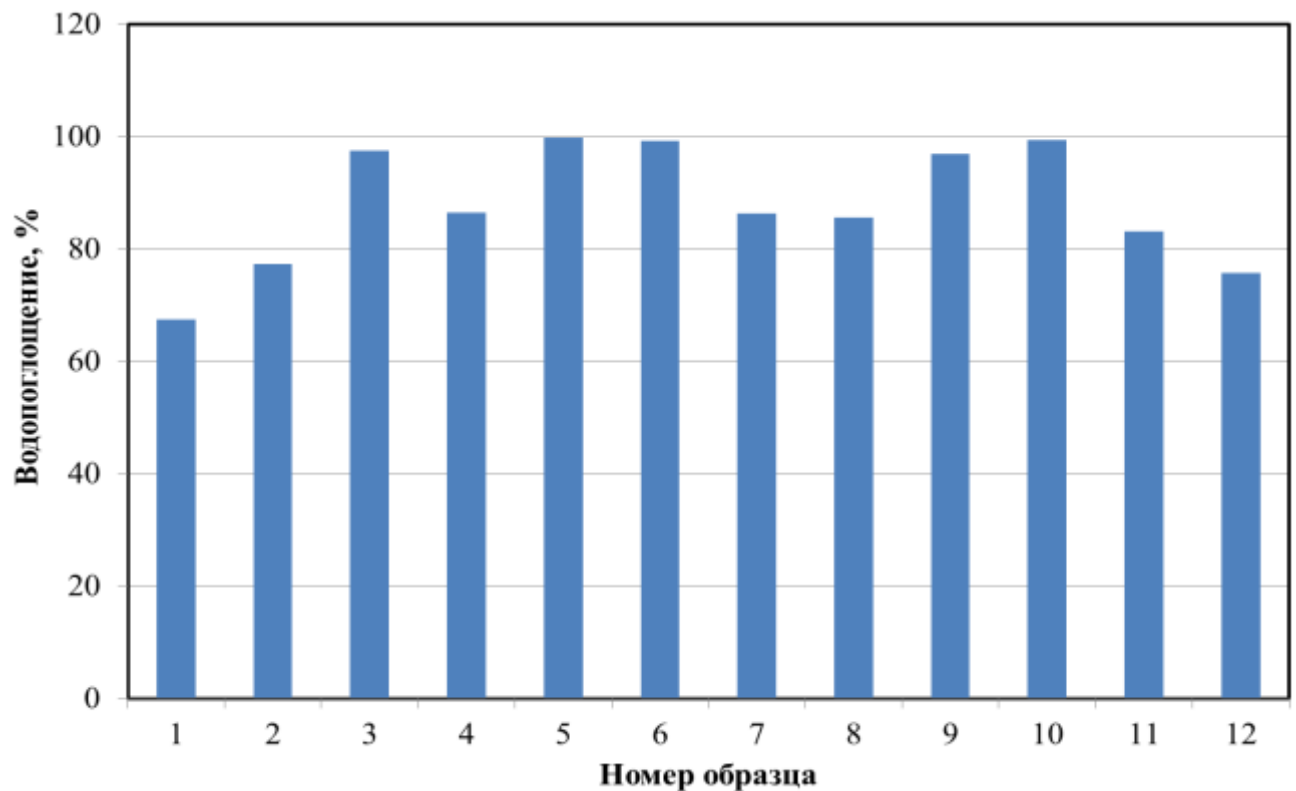


Рисунок 2.19 – Водопоглощение образцов

Практически все образцы, кроме 8 обладают достаточно высоким водопоглощением.

Выводы по главе 2

1. Для исследования физико-механических свойств нетканых материалов используемых в качестве утепляющих стелек были выработаны 12 образцов нетканых материалов.

2. Образцы отличались между собой способом получения с помощью иглопробивной технологии, путем термоскрепления, а также путем получения многослойного материала.

В состав нетканых материалов входили различные компоненты: натуральные волокна - овечья шерсть, как исходная, так и регенерированная, отходы хлопка, короткие волокна льна. А также полиэфирное бикомпонентные и регенериро-

ванные волокна различного процентного соотношения, а также в состав некоторых образцов были включены металлические перфорированные пленки и трикотажная сетка.

3. Проведены исследования по ряду механических показателей, таких как разрывная нагрузка и разрывное удлинение, расслаивание и раздирающая нагрузка, а также определены физические свойства нетканых материалов – воздухо- и паропроницаемость, гигроскопичность и водопоглощение.

4. В зависимости от способа получения механические свойства нетканых образцов ведут себя по-разному, и чем плотнее материал, тем выше его механические свойства. Наличие металлической пленки позволяет значительно повысить механические характеристики рассматриваемых материалов.

5. Воздухопроницаемость нетканого материала зависит от ее плотности и чем она меньше, тем выше воздухопроницаемость, тогда как гигроскопичность и влагопоглощение больше зависит от наличия натуральных волокон (хлопка, льна, шерсти) в составе смеси.

ГЛАВА 3. ТЕПЛОЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА ПАКЕТОВ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ

При создании той или иной обуви необходимо учитывать три основных фактора: организм человека, условия внешней среды и комфортность обуви [72].

Нетканые материалы из всех видов текстильных материалов, как выше было сказано, обладают наибольшей пористостью. Причем поры располагаются как между волокнами и внутри них. Поэтому теплопроводность этих материалов, как правило, имеет достаточно сложную форму и зависит от многих факторов.

В связи с этим, коэффициент теплопроводности текстильных материалов будет складываться из нескольких составляющих. Это способность материала передавать тепловую энергию за счет волокон и воздуха, находящихся в материале, а также путем конвекции теплового излучения [73].

Важным показателем, характеризующим теплопроводность нетканых материалов является его структура, и в первую очередь пористость материала, причем, чем меньше эта величина, тем лучше сохраняется теплостойкость изделия, однако если повышается разреженность материала, т.е. увеличивается пористость вступает в работу процесс конвекции.

Тепловые свойства обуви характеризуются показателями теплового сопротивления пакетов материала. В первую очередь это характеризуется теплопроводностью рассматриваемого пакета материалов, а также температурой окружающей среды. Теплопроводность материалов неодинакова и сильно колеблется в зависимости от используемого материала, количества применяемых слоев, условий эксплуатации.

В процессе эксплуатации между человеком и окружающей средой осуществляется непрерывный обмен тепловой энергией. Причем значения этой величины будет зависеть от разности температуры окружающей среды и вида утепляющего материала, и, как следствие, человек вынужден использовать больше энергии для обеспечения заданного теплового баланса.

В работе [10] приведена оценка теплоощущений носчиков обуви при различном времени охлаждения. Результаты исследований подтверждают, что предельно допустимая критическая температура стопы должна быть 25-29 °С [15].

Основными характеристиками нетканых материалов, оказывающими влияние на теплопроводность, являются волокнистый состав, пористость рассматриваемого материала, его толщина, количество слоев и его компоненты. Наиболее значимым показателем определяющим теплопроводность волокнистого материала, является пористость, так как чем больше пористость материала, тем выше его теплостойкость. Нанесение дополнительных покрытий ведет к изменению теплового сопротивления материала.

Для определения теплового сопротивления в работе был использован прибор ПТС-225 (рисунок 1.7) [56].

Исследования проводились на вышеизложенных образцах в сухом, влажном состоянии и после 5 стирок (таблица 3.1 рисунок 3.1).

Таблица 3.1 - Тепловое сопротивление исследуемых материалов
на приборе ППС-225

№	Наименование образца	Поверхностная плотность, г/м ²	Суммарное тепловое сопротивление в сухом виде, м ² •°С/Вт	Суммарное тепловое сопротивление во влажном состоянии, м ² •°С/Вт	Суммарное тепловое сопротивление после 5 стирок, м ² •°С/Вт
1	Образец 1	472	0,31	0,17	0,21
2	Образец 2	1328	0,33	0,14	0,20
3	Образец 3	722	0,31	0,09	0,08
4	Образец 4	327	0,35	0,12	0,14
5	Образец 5	477	0,28	0,13	0,15
6	Образец 6	872	0,29	0,16	0,21
7	Образец 7	1128	0,31	0,10	0,16
8	Образец 8	638	0,43	0,09	0,11
9	Образец 9	355	0,3	0,16	0,18
10	Образец 10	955	0,34	0,13	0,19
11	Образец 11	766	0,33	0,09	0,09
12	Образец 12	772	0,24	0,14	0,12

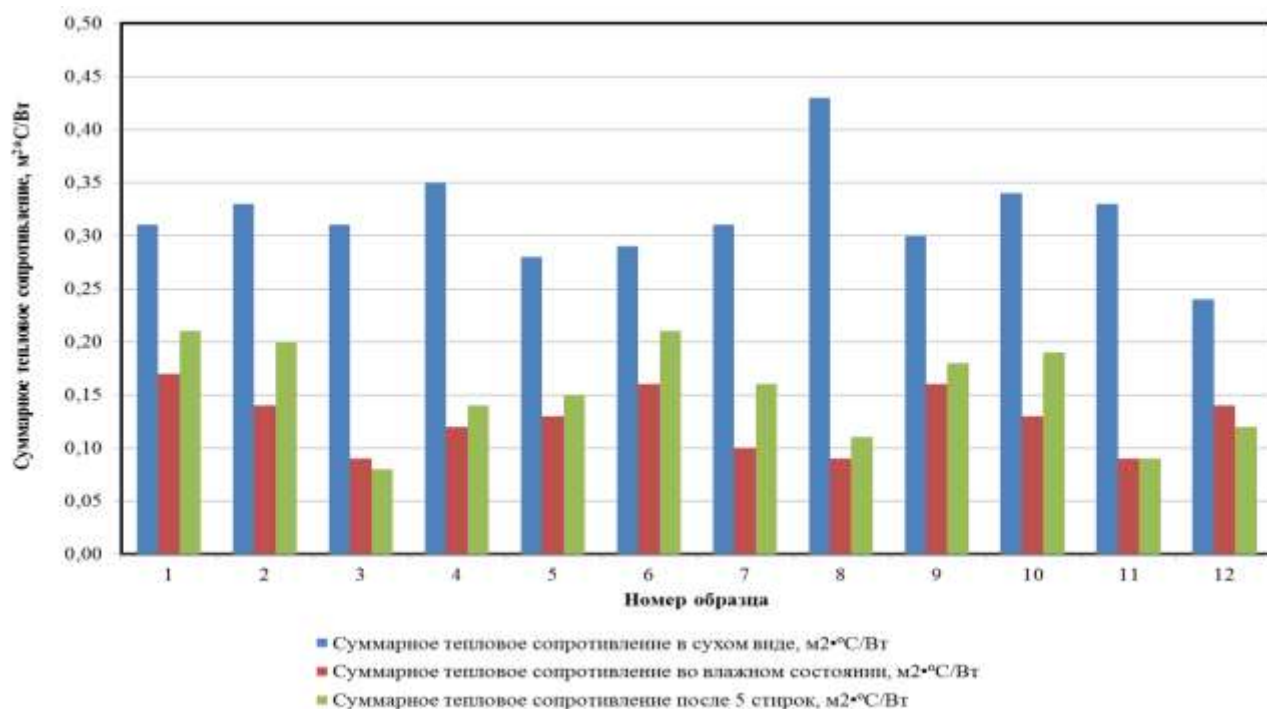


Рисунок 3.1 - Диаграмма распределения суммарного теплового сопротивления

В процессе эксплуатации необходимо оценивать не только суммарное тепловое сопротивление, но и составляющие его компоненты.

В зависимости от характера тепловой направленности различают следующие виды теплообмена [74].

Теплопроводность – характеризует процесс передачи тепловой энергии при непосредственном воздействии тел с разной температурой.

Конвекция – это передача тепловой энергии в движущейся среде при разности температур.

Тепловое излучение – теплообмен, включает переход внутренней энергии тела в энергию излучения, с последующей передачей этой энергии другому телу.

При ламинарном режиме перенос теплоты осуществляется посредством как теплопроводности, так и за счет конвекции. При турбулентном режиме тепло переносится только за счет конвекции, причем интенсивность теплоотдачи в этом случае выше, чем при ламинарном течении.

Теплоотдача текстильных материалов характеризуется величиной передачи тепла из пододежного слоя в окружающую среду. Данный показатель характери-

зуются не только теплопроводностью исследуемого материала, но и ее теплоотдачей, включающей перенос тепла с поверхности материала в воздушную среду и процессом конвекции.

Интенсивность конвективного теплообмена (или теплоотдачи) характеризуется *коэффициентом теплоотдачи α , Вт/(м²·°К)*, который показывает, количество теплоты проходящей в единицу времени через единицу поверхности исследуемого материала при разности температур в 1 °К [73]:

$$\alpha = Q/[S (T_m - T_c)],$$

где T_m – температура поверхности материала, °К;

T_c – температура газовой среды, °К.

Теплоперенос через волокнистые материалы зависит от температуры окружающей среды и от структуры материала.

Для решения данного вопроса была использована оригинальная экспериментальная установка [67].

Экспериментальная установка разработана на основе современного подхода к моделированию теплообмена человека [73-75]. Ее чувствительным элементом является цилиндр нагретый до постоянной температуры $t_{эм}$, при которой воспроизводятся условия теплообмена человека с окружающей средой. Тепло генерируется и накапливается в цилиндре, после чего рассеивается в окружающую среду (рисунок 3.2).



Рисунок 3.2 - Экспериментальная установка

Для реализации этого принципа использован цилиндрический элемент (рисунок 3.3) с измерителем температуры и внутренним источником тепла. Цилиндр нагревают до температуры тела (t_b) при моделировании процессов теплообмена в реальных условиях, или более высокой температуры при моделировании условий теплообмена в лабораторных условиях. Поддержание температуры t_b , а также измерение тепловых потоков в образце, экспериментальная установка оснащена управляющим элементом, коммутируемой с ПЭВМ.

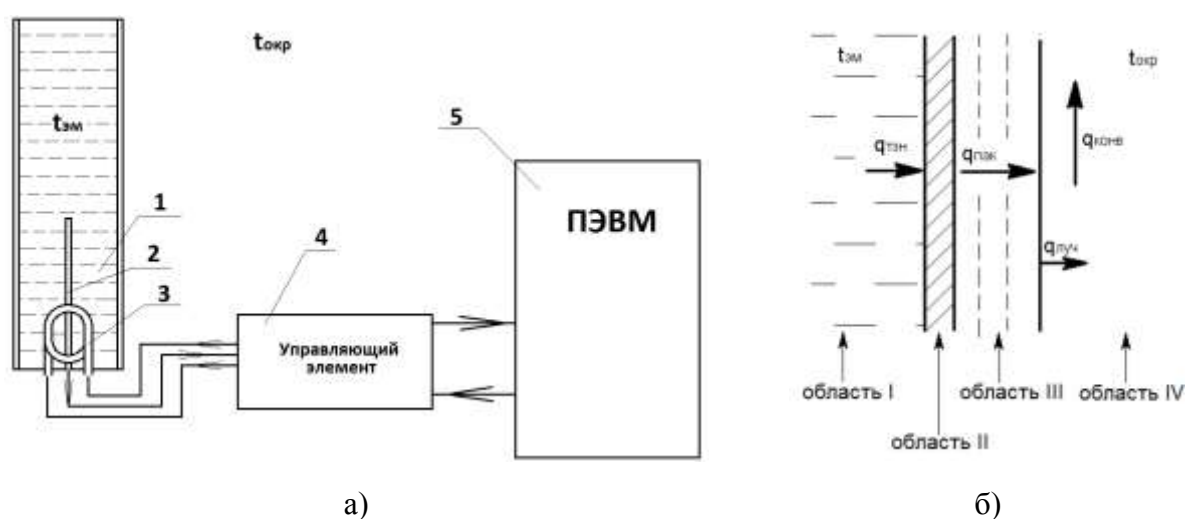


Рисунок 3.3 - Схемы экспериментальной установки (а)
и процесса эксперимента (б),

где 1 – цилиндрический элемент;

2 – измеритель температуры;

3 – внутренний источник тела;

4 - управляющий элемент;

5 – компьютер

Для поддержания постоянной температуры, управляющий элемент подает в объем цилиндра (область I) тепло с плотностью потока ($q_{ТЭН}$), которое рассеивается в окружающую среду (область IV, рис. 3.3 б), через боковую поверхность цилиндра (область II) и расположенный на ней образец (область III). Механизмами теплоотдачи выступают конвекция ($Q_{конв}$) и тепловое излучение ($Q_{луч}$).

В процессе эксперимента измеряют: расхода воздуха за счет естественной конвекции (R , кг/м³), величины температур воздуха ($t_{кон}$, °C) концентратора и окружающей среде ($t_{окр}$, °C). По этим данным вычисляют конвективную теплоотдачу (3.1):

$$Q_{конв} = Rc(t_{кон} - t_{окр}) \quad (3.1)$$

где: c – средняя теплоемкость воздуха;

Для оценки лучистой составляющей теплоотдачи (3.2) дополнительно измеряют температуру поверхности образца ($T_{п-обр}$, K):

$$Q_{луч} = \sigma \varepsilon F \left(\left[\frac{T_{п-обр}}{100} \right]^4 - \left[\frac{T_{окр}}{100} \right]^4 \right) \quad (3.2)$$

где: σ – постоянная Стефана-Больцмана;

ε – степень черноты излучающей поверхности;

F – площадь поверхности образца.

По итогам эксперимента составляют уравнение теплового баланса (3.3), выполнение которого свидетельствует о правильности полученных данных:

$$Q_{общ} = Q_{конв} + Q_{изл} \quad (3.3)$$

По значениям результатам этих исследований рассчитываются коэффициенты лучистой ($\alpha_{конв}$) (3.4) и конвективной ($\alpha_{луч}$) теплоотдачи (3.5):

$$\alpha_{конв} = \frac{Q_{конв}}{F(T_{п-обр} - T_{окр})} \quad (3.4)$$

$$\alpha_{изл} = \frac{Q_{изл}}{F(T_{п-обр} - T_{окр})} \quad (3.5)$$

Экспериментальные исследования исследуемых образцов материалов проведены для условий пониженных температур воздуха $t_b \approx 0 \div -20$ °С. Результаты исследований приведены в таблице 3.2.

Балансовое уравнение (3.3) выполняется для всех образцов. Обобщая полученные данные, отметим, что лучистая составляющая теплоотдачи преобладает над конвективной. Диапазоны значений составляют: $\alpha_{конв}=1,34 \div 6,28$ Вт/(м·°К); $\alpha_{луч}=1,34 \div 6,79$ Вт/(м·°К).

Таблица 3.2 - Результаты экспериментальных исследований

Наименование образца	$t_{\text{мод}}$	Общая теплоотдача $Q_{\text{общ}}$	Конвективная теплоотдача $Q_{\text{конв}}$	Лучистая составляющая теплоотдачи $Q_{\text{луч}}$
Образец 1	2	50	19	31
	-6,5	84,3	35,6	48,7
	-13,5	103,7	44,3	59,4
	-23	114,7	48,1	66,6
Образец 2	2	52,2	24,6	27,6
	-6,8	74,2	34,5	39,7
	-13,6	85	38,1	46,9
	-20,7	93,7	43,1	50,6
Образец 3	1,4	47,8	21,3	26,5
	-6,8	79,5	35,2	44,3
	-14,5	83	37,8	45,2
	-21,6	96,1	41,5	54,6
Образец 4 (металлизированная пленка внутри)	0,5	45,3	19,2	26,1
	-7,9	67,9	31,5	36,4
	-13,7	81	38,2	42,8
	-21,6	90,7	41,8	48,9
Образец 4 (металлизированная пленка снаружи)	0,5	45,2	22,1	23,1
	-7,9	77,2	37,9	39,3
	-13,7	73,5	34,8	38,7
	-21,6	73,1	38,9	34,2
Образец 5 (металлизированная пленка внутри)	1,4	42,7	25,5	17,2
	-6,5	82,1	36,9	45,2
	-13,9	105,9	42,5	63,4
	-22,8	114,3	44	70,3
Образец 5 (металлизированная пленка снаружи)	1,4	47,9	22,7	25,2
	-6,5	61,9	33,5	28,4
	-13,9	76	41,7	34,3
	-22,8	83,2	45,2	38
Образец 6 (металлизированная пленка внутри)	2,9	57,5	16	41,5
	-6,1	89,1	35,5	53,6
	-14,1	101,3	38,9	62,4
	-21,3	115	48,3	66,7
Образец 6 (металлизированная пленка снаружи)	2,9	33,2	15,2	18
	-6,1	64,6	27,5	37,1
	-14,1	92,8	44,5	48,3
	-21,3	101,1	45,9	55,2
Образец 7 (металлизированная пленка внутри)	1,3	44	18,5	25,5
	-6,8	70,6	35,6	35
	-13,7	86,6	38,5	48,1

Наименование образца	$t_{\text{мод}}$	Общая теплоотдача $Q_{\text{общ}}$	Конвективная теплоотдача $Q_{\text{конв}}$	Лучистая составляющая теплоотдачи $Q_{\text{луч}}$
	-22,2	96,5	43,3	53,2
Образец 7 (металлизированная пленка снаружи)	1,3	46,3	22,1	24,2
	-6,8	67,7	31,3	36,4
	-13,7	79,1	37,9	41,2
	-22,2	91,4	44,7	46,7
Образец 8	0,8	52,1	27,1	25
	-7	69,9	32,1	37,8
	-13,6	88,3	36,4	51,9
	-21,1	95,1	37	58,1
Образец 9	0,8	51	22,3	28,7
	-7	68,3	28,6	39,7
	-13,6	77,2	32,1	45,1
	-21,1	87	36,4	50,6
Образец 10	0,9	43,4	18,4	25
	-6,8	67,6	29,8	37,8
	-14,7	95,5	42,7	52,8
	-21,1	106,4	48,3	58,1
Образец 11 (металлизированная пленка внутри)	1,3	44	18,5	25,5
	-6,8	66,2	31,2	35
	-13,7	87,6	39,7	47,9
	-22,2	96,4	43,2	53,2
Образец 11 (металлизированная пленка снаружи)	1,3	46,3	22,1	24,2
	-6,8	64,9	31,3	33,6
	-13,7	79,1	37,9	41,2
	-22,2	91,4	44,7	46,7
Образец 12	1,6	46,2	21,1	25,1
	-7	71,3	36,5	34,8
	-13,7	87,1	40,7	46,4
	-21,1	99,4	44,8	54,6

На рисунках 3.4 - 3.20 приведены графики зависимости теплоотдачи исследуемых материалов от моделируемой температуры.

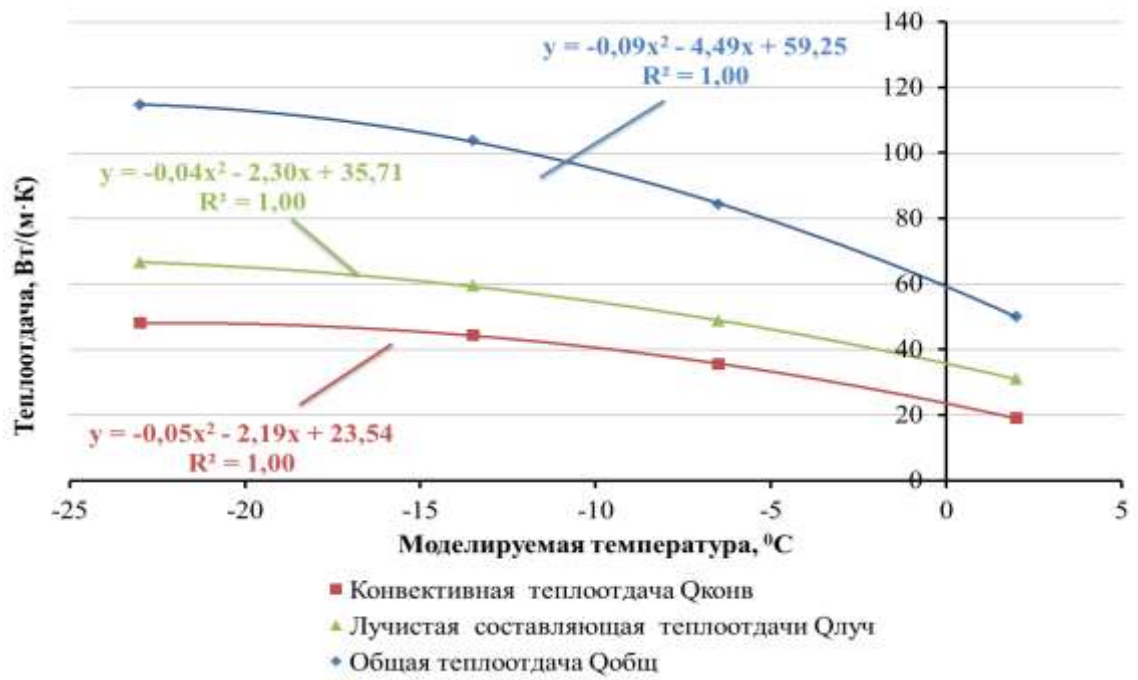


Рисунок 3.4 - График зависимости теплоотдачи от изменения температуры образца 1

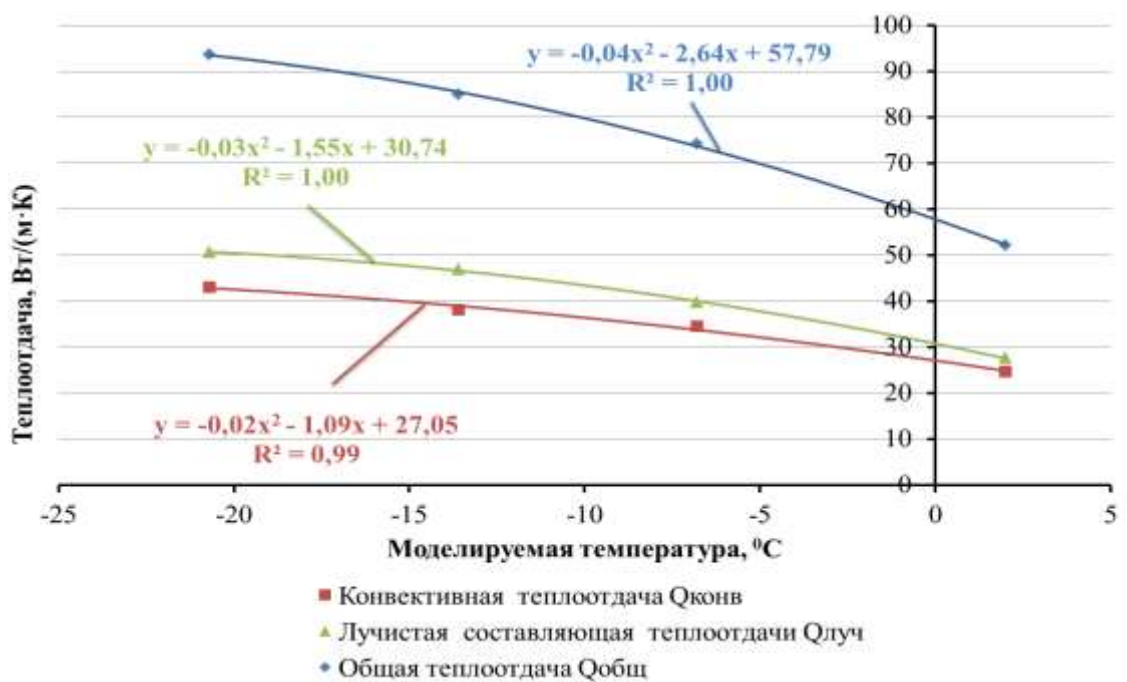


Рисунок 3.5 - График зависимости теплоотдачи от изменения температуры образца 2

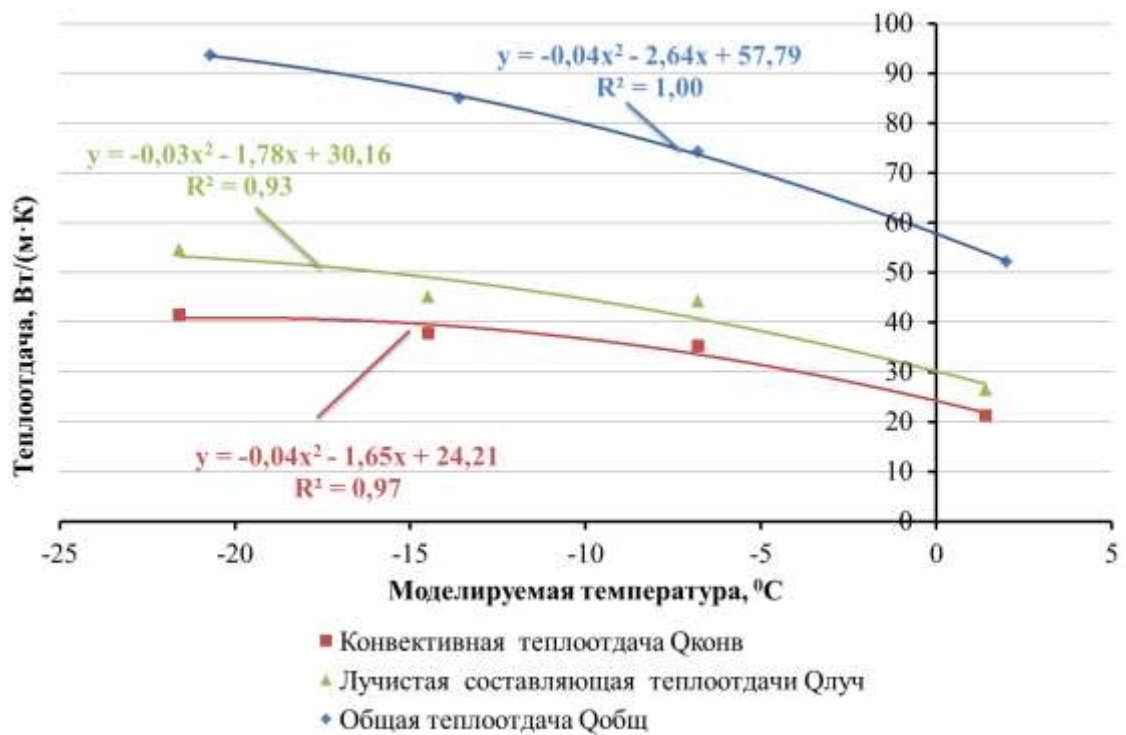


Рисунок 3.6 - График зависимости теплоотдачи от изменения температуры образца 3

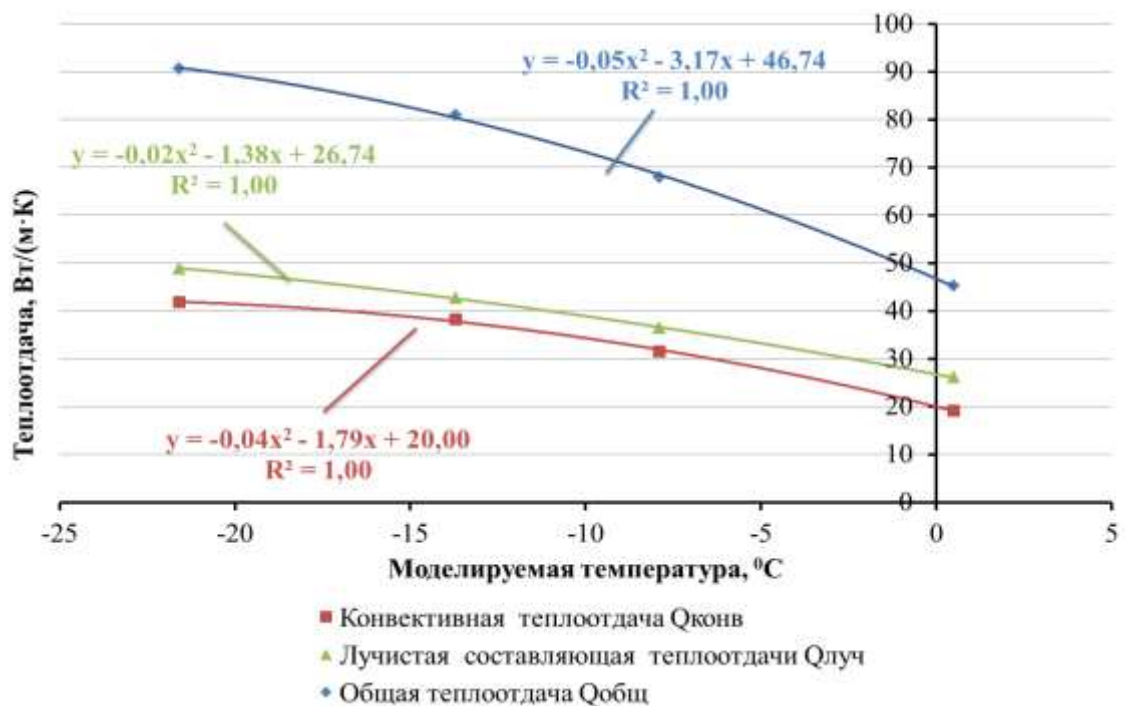


Рисунок 3.7 - График зависимости теплоотдачи от изменения температуры образца 4 (металлизация внутрь)

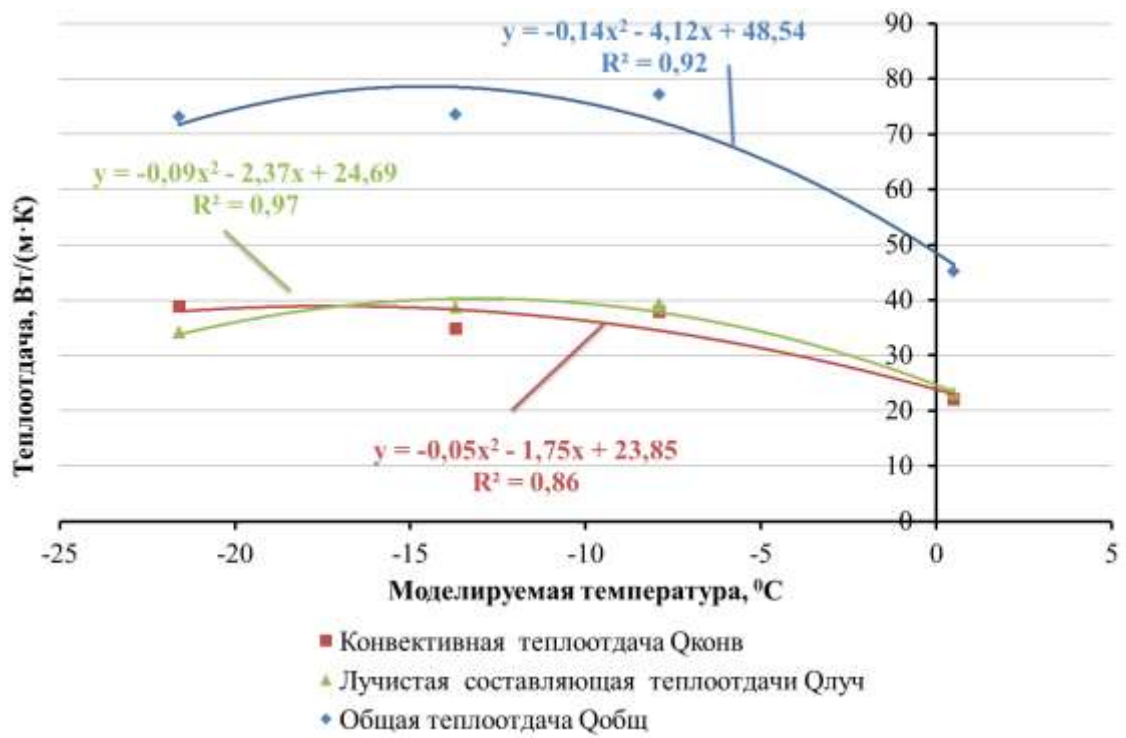


Рисунок 3.8 - График зависимости теплоотдачи от изменения температуры образца 4 (металлизация наружу)

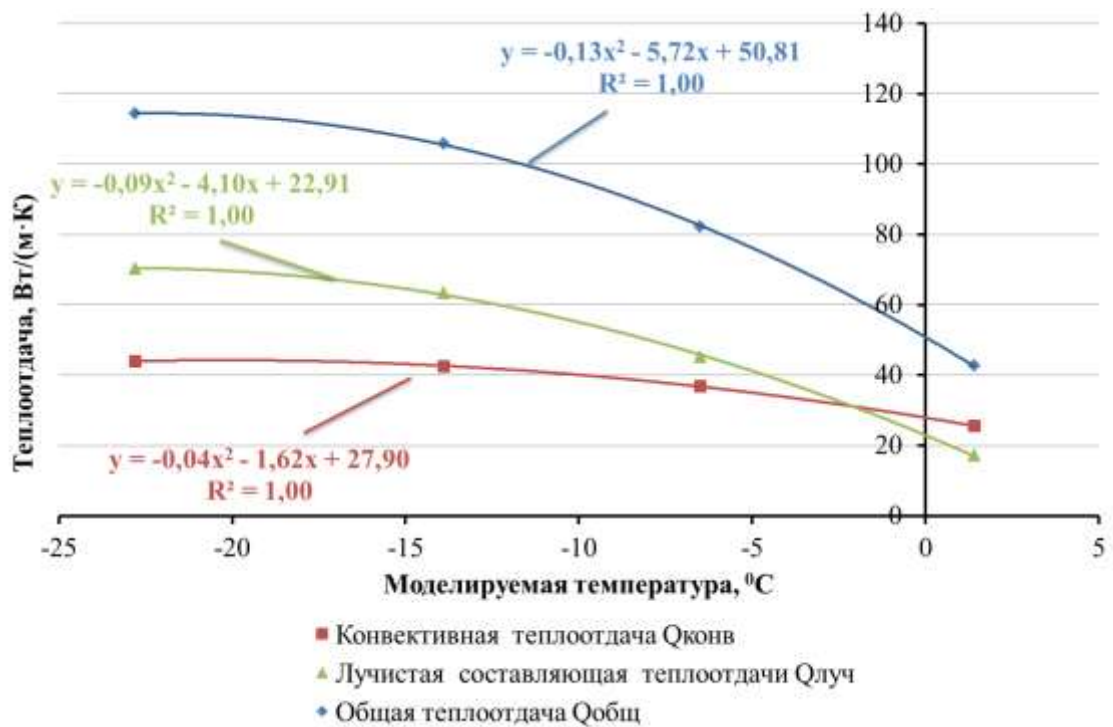


Рисунок 3.9 - График зависимости теплоотдачи от изменения температуры образца 5 (металлизация внутрь)

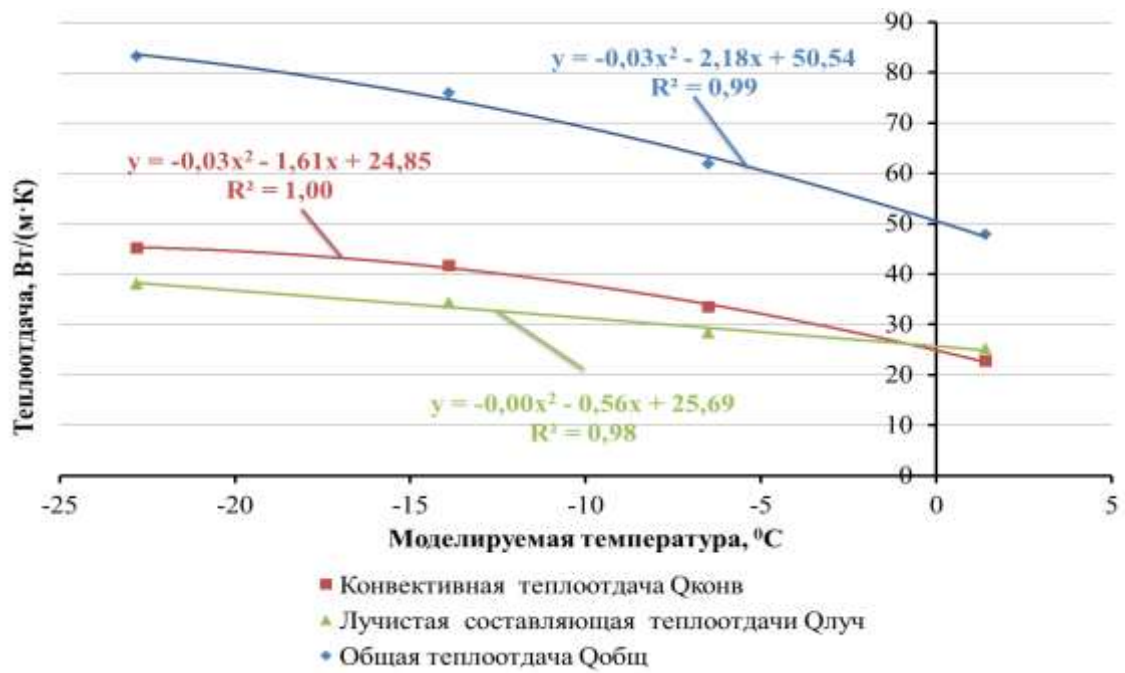


Рисунок 3.10 - График зависимости теплоотдачи от изменения температуры образца 5 (металлизация наружу)

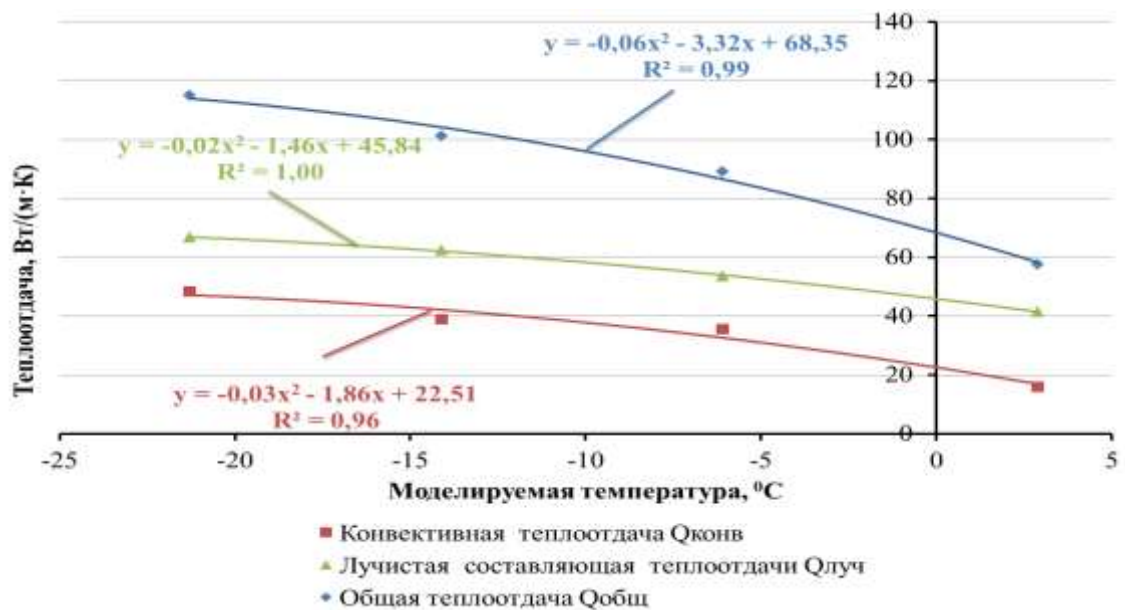


Рисунок 3.11 - График зависимости теплоотдачи от изменения температуры образца 6 (металлизация внутрь)

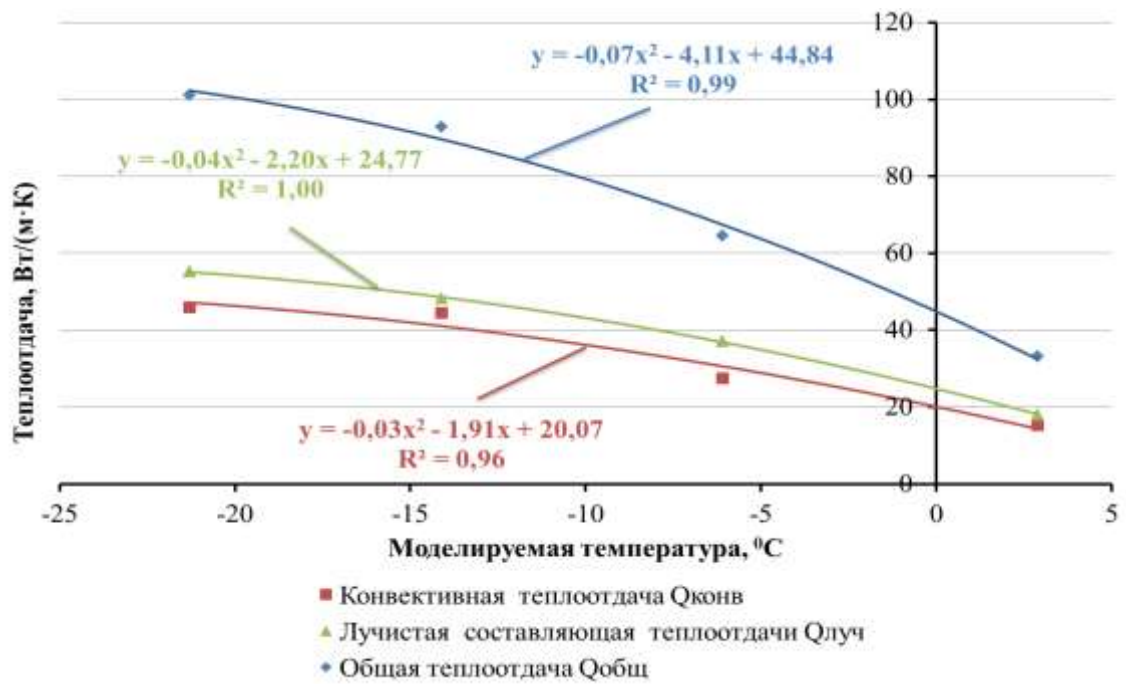


Рисунок 3.12 - График зависимости теплоотдачи от изменения температуры образца 6 (металлизация наружу)

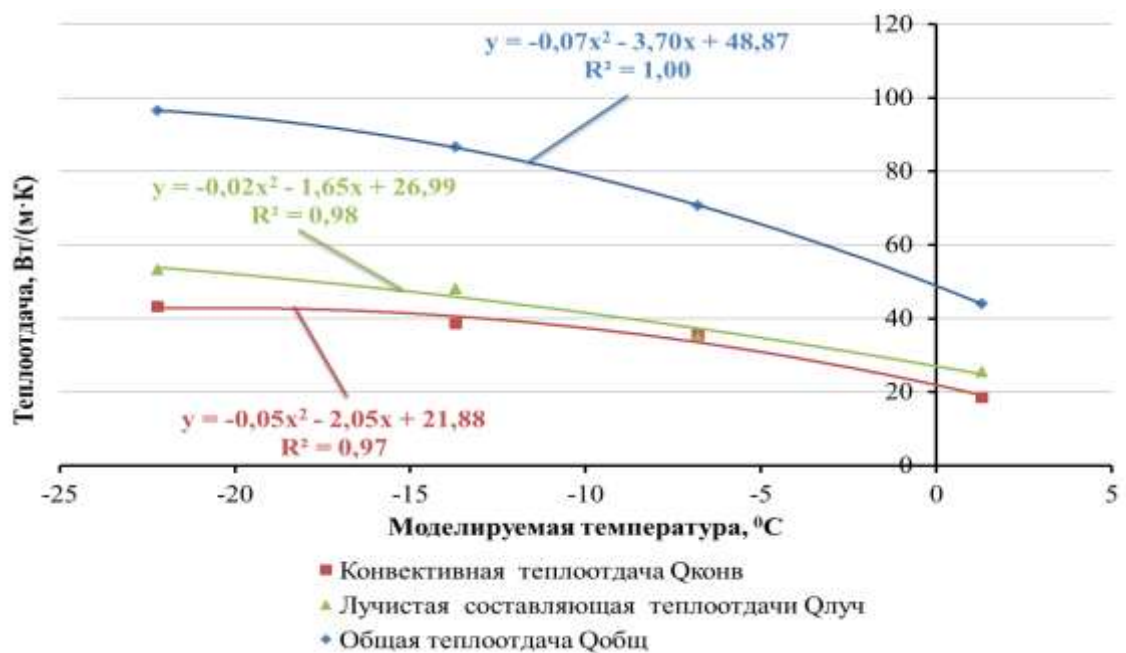


Рисунок 3.13 - График зависимости теплоотдачи от изменения температуры образца 7 (металлизация внутрь)

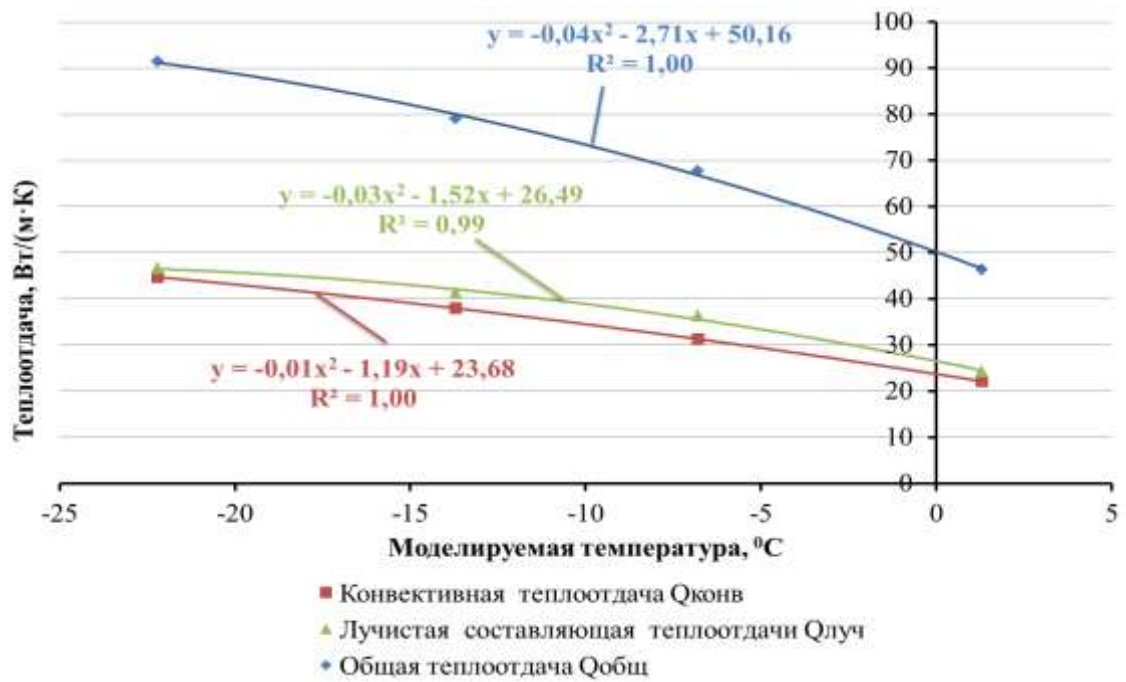


Рисунок 3.14 - График зависимости теплоотдачи от изменения температуры образца 7 (металлизация наружу)

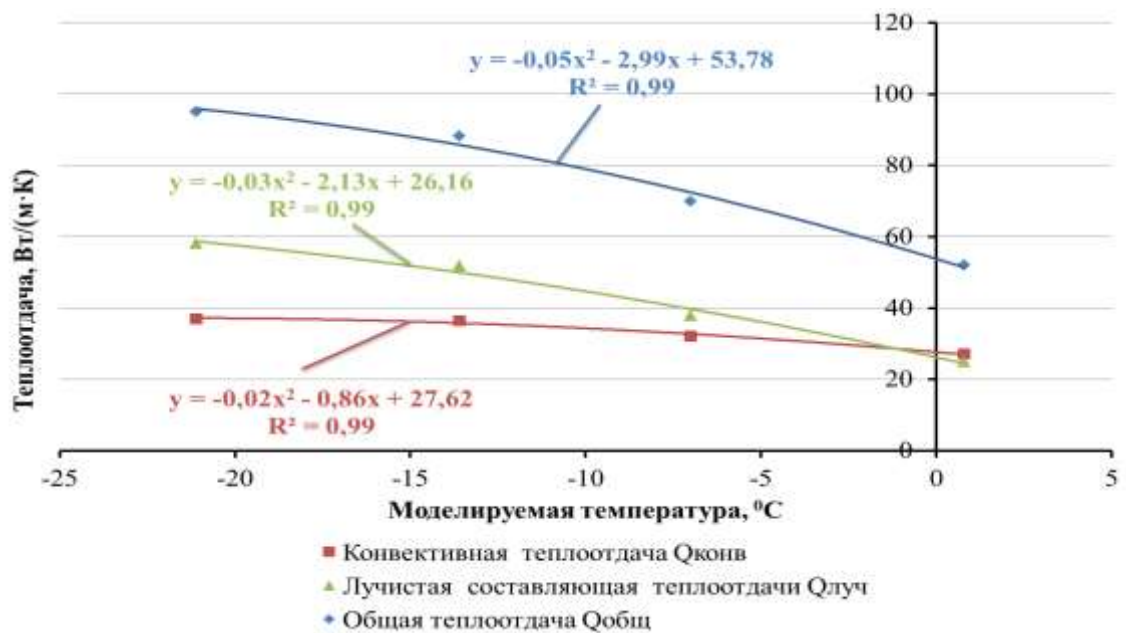


Рисунок 3.15 - График зависимости теплоотдачи от изменения температуры образца 8

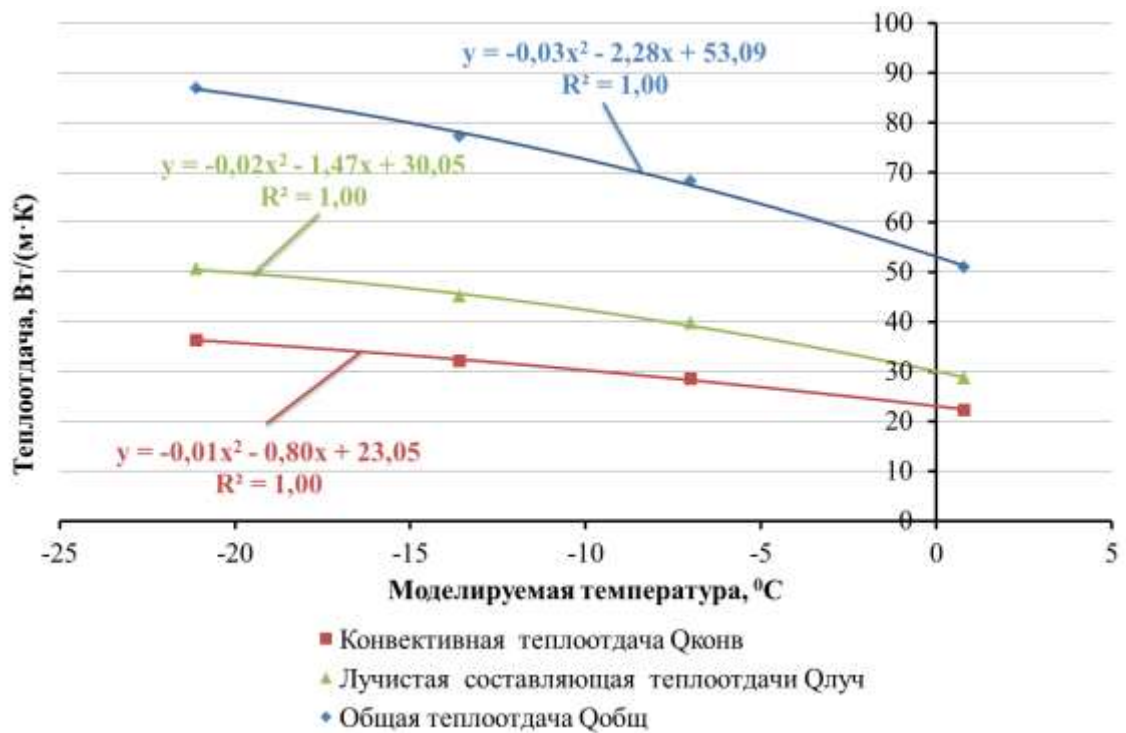


Рисунок 3.16 - График зависимости теплоотдачи от изменения температуры образца 9

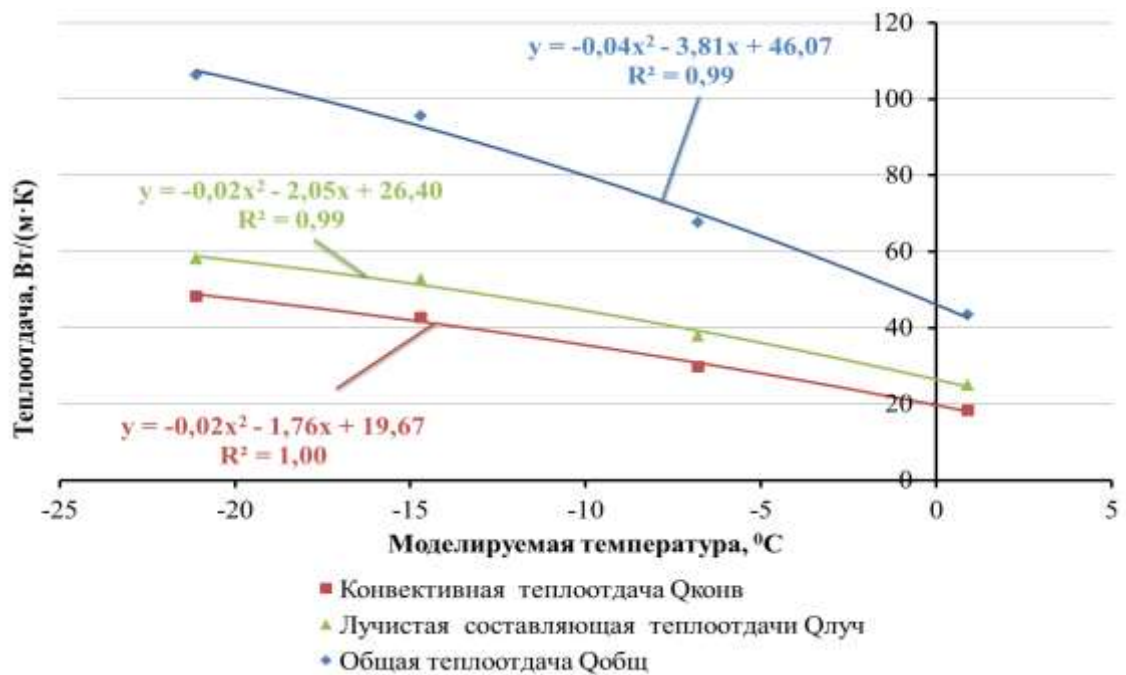


Рисунок 3.17 - График зависимости теплоотдачи от изменения температуры образца 10

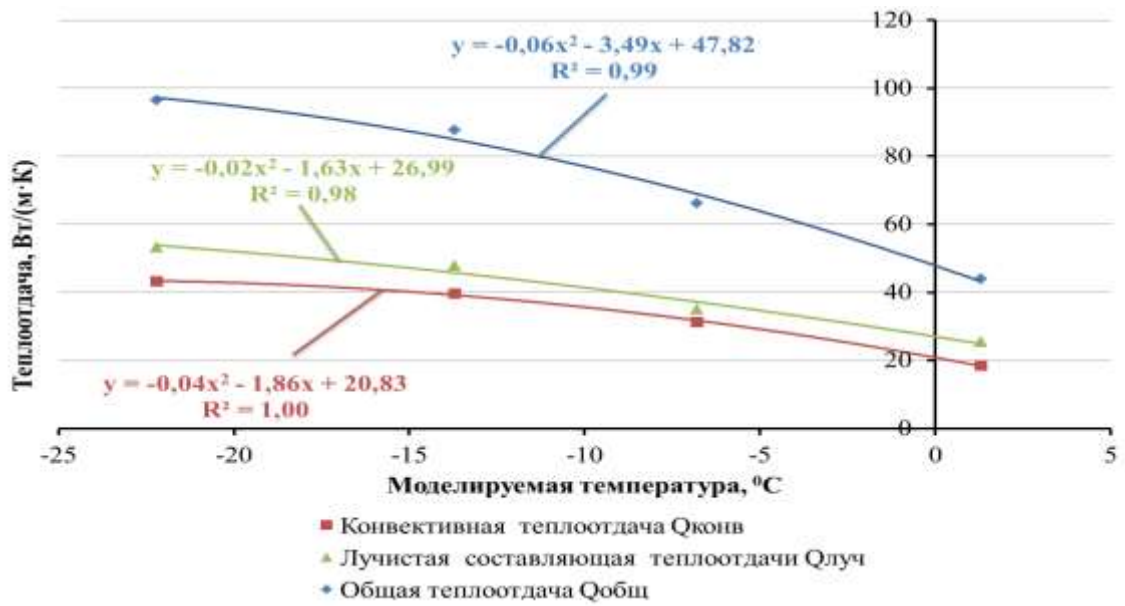


Рисунок 3.18 - График зависимости теплоотдачи от изменения температуры образца 11 (металлизация внутрь)

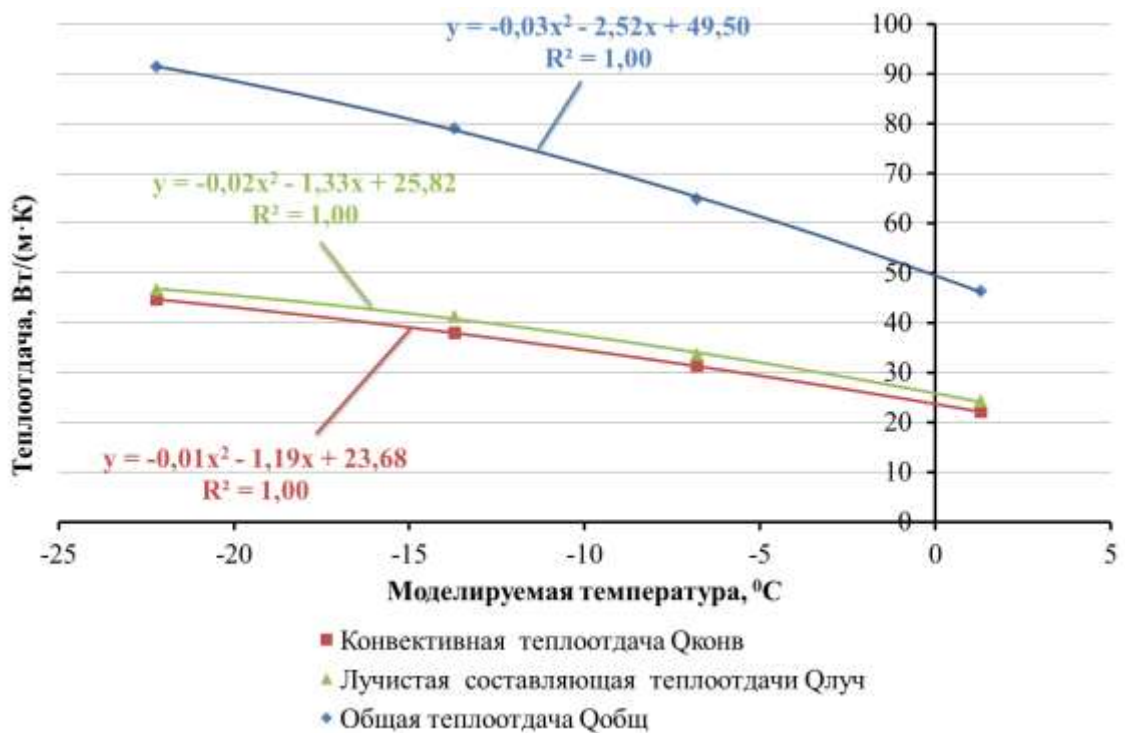


Рисунок 3.19 - График зависимости теплоотдачи от изменения температуры образца 11 (металлизация наружу)

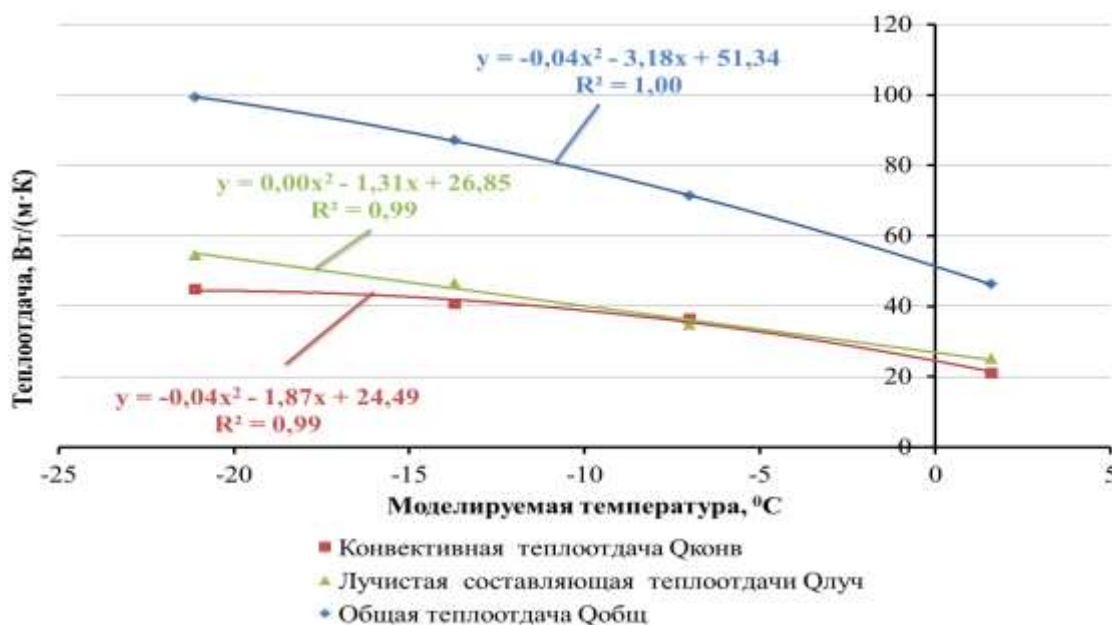


Рисунок 3.20 - График зависимости теплоотдачи от изменения температуры образца 12

Все вышеприведенные материалы можно разделить на 4 группы:

где группа №1 – образцы 1,2,3 – обычные иглопробивные нетканые материалы;

группа №2 – образцы 8,9,10 – полотно нетканое термоскрепленное;

группа №3 – образцы 4,5,6,7 – нетканое полотно с металлизированной пленкой;

группа №4 – образцы 11,12 – нетканый многослойный нетканый материал.

Материалы группы №3 имеют металлизированную и волокнистую поверхности, теплофизические свойства которых существенно отличаются в зависимости от того с какой стороны находится металлизированная пленка, с чем и связано поведение этих материалов в процессе эксплуатации. Известно, что металлы хорошо отражают тепло (степень черноты поверхности $\varepsilon_{\text{м}} = 0,04 \div 0,1$), а волокнистые материалы напротив хорошо его поглощают ($\varepsilon_{\text{вм}} = 0,77 \div 0,95$). Уровень теплозащитных свойств рассматриваемых волокнистых материалов зависит от толщины нетканого материала и металлизированного слоя (коэффициенты теплопроводности $\lambda_{\text{м}} = 70 \div 250$ Вт/(м·°K) и $\lambda_{\text{вм}} = 0,04 \div 0,053$ Вт/(м·°K). При плотном контакте этих поверхностей с телом человека будут

формироваться условия повышенной теплоотдачи за счет высокой теплопроводности металлов. При менее плотном контакте между ними будет возникать контактное сопротивление теплопередаче, усиленное отражением.

В работе [10] было рассмотрено влияние низких температур на человеческий организм. Установлено, что травматическому воздействию холода в первую очередь подвергаются ноги человека. Поэтому при изготовлении обуви, особенно при холодных условиях эксплуатации, необходимо оценивать ее теплозащитные свойства.

Одним из важнейших условий использования зимней обуви является правильный выбор материалов, которые позволяют регулировать процесс теплообмена и сохраняя заданный тепловой баланс организма [76- 81].

В качестве объектов исследования для изготовления утепляющего слоя для обуви были выбраны образцы № 4, 5, 7, 11, 12 (см. Главу 2), состоящие из разных компонентов [82].

Для определения тепловых свойств поток воздуха, проходящий сквозь образец, нагревался до 100 °С. Далее проводилось измерение температуры материала. Результаты измерений приведены в таблице 3.3 на рисунках 3.21-3.22.

Таблица 3.3 - Тепловые свойства исследуемых материалов

Время остывания образца со стороны нетканого материала, с	Температура образца со стороны нетканого материала, °С	Время остывания образца со стороны металлизированной пленки, с	Температура образца со стороны металлизированной пленки, °С
Образец 4			
0	43,8	0	46,1
37	36,8	40	42,9
70	34,6	67	38,2
110,2	30,0	91	35,4
123,4	26,4	145	33,9
		187	26,6
Образец 5			
0	44,0	0	47,0
55	36,0	58,0	38,6
73,8	33,7	80,8	36,9
93,6	26,4	94,6	35,2
-	-	137,2	34,2
-	-	155,2	26,6

Образец 7			
0	52,4	0	50,8
145	40,3	88,6	43,0
197,2	36,6	135,4	39,6
250	34,6	189,4	36,6
269,8	33,66	211,6	34,8
317,2	26,4	361,0	26,6
Образец 11			
0	46,4	0	45,6
57	42,5	95,8	42,8
92,8	37,2	143,8	38,9
137,2	33,7	191,8	37,2
187,6	26,4	253,6	35,1
-	-	307,6	26,6
Образец 12			
0	50,4	0	51,7
93,4	40,9	145	40,3
155,2	37,5	208	38,2
205	33,8	272,8	37,3
248,8	26,4	370,6	35,7
-	-	446,2	35,0
-	-	508,0	26,6

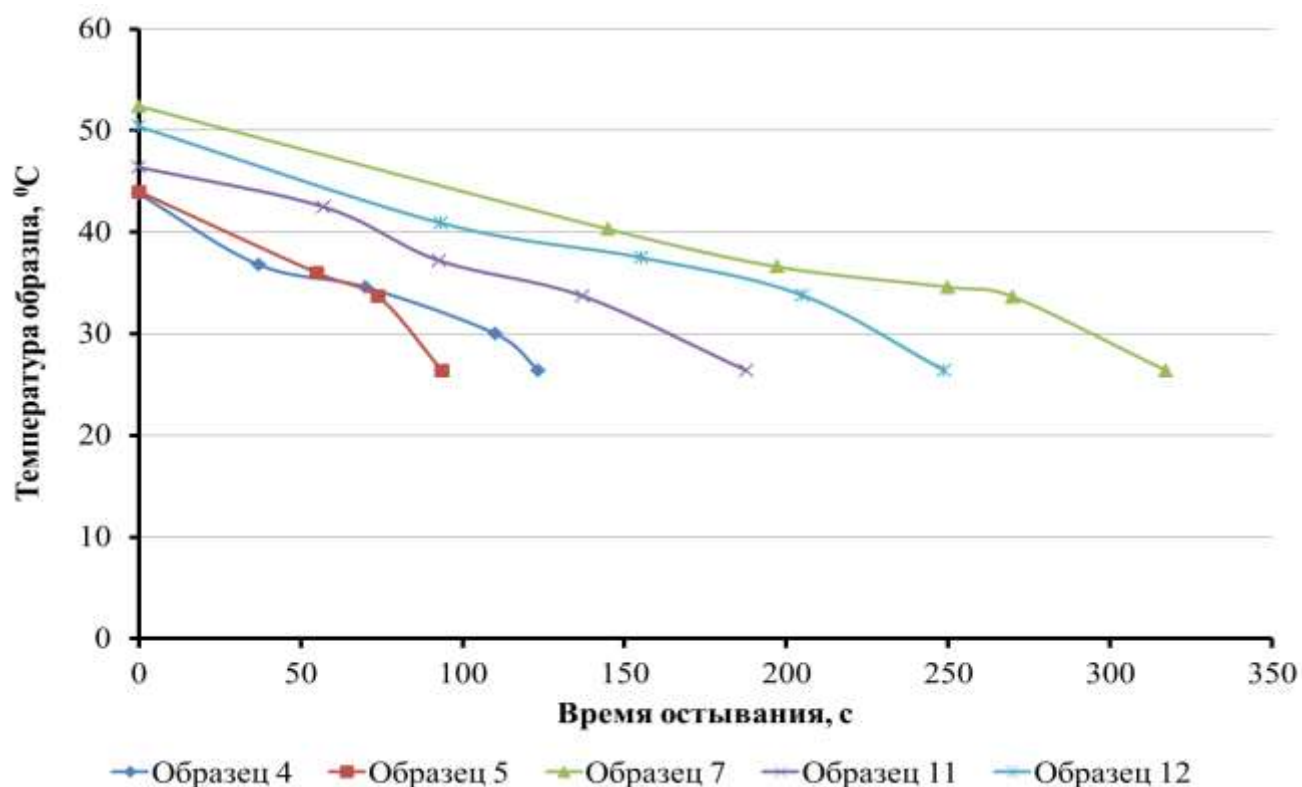


Рисунок 3.21 – Зависимость температуры образцов со стороны нетканого материала от времени их остывания

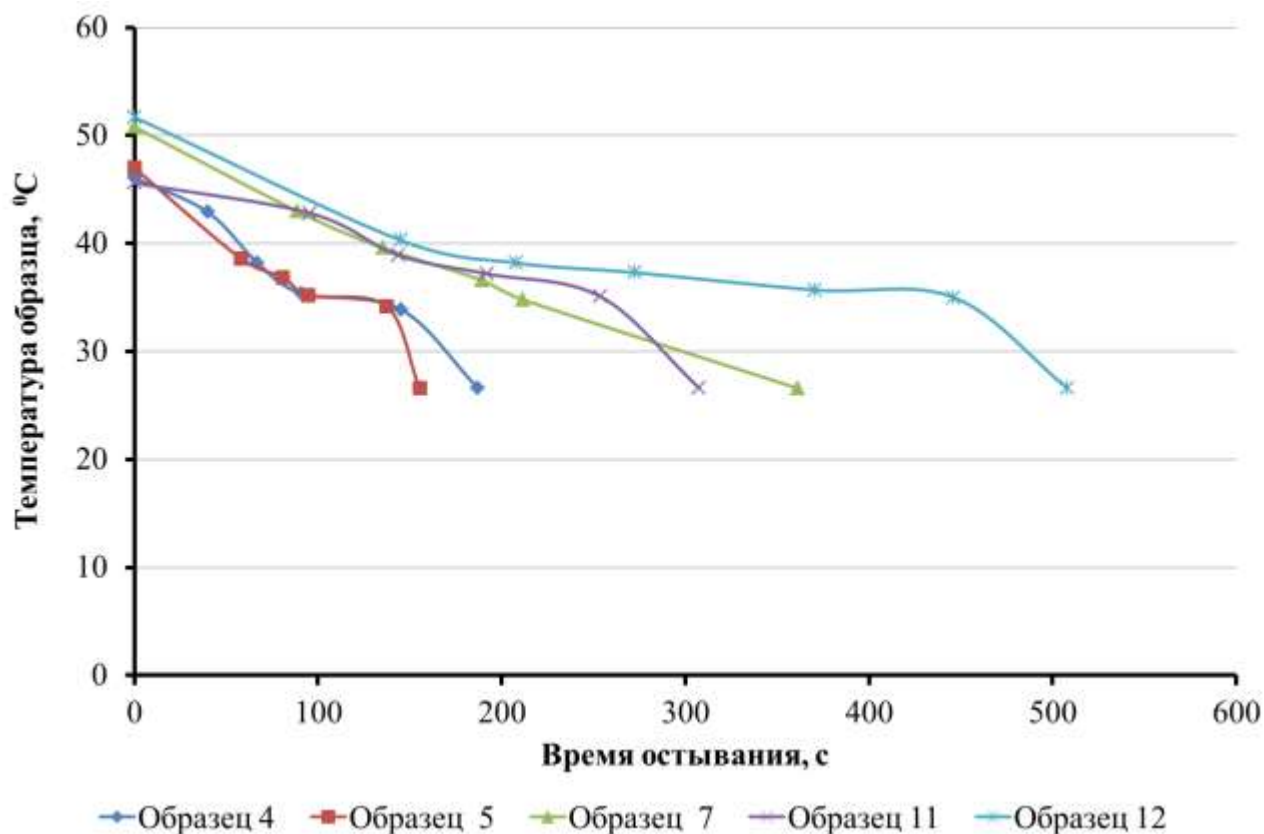


Рисунок 3.22 – Зависимость температуры образцов со стороны металлизированной пленки от времени их остывания

Интенсивность снижения температуры и ее величина зависят от наличия металлизированной пленки.

Температура образца со стороны металлизированной пленки имеет более низкие значения и более высокую интенсивность снижения по сравнению со стороной, имеющей на поверхности нетканый материал.

У образца 4, состоящего из 1 слоя металлизированной пленки и 2 слоев нетканого материала различной толщины, наблюдается более низкий темп охлаждения. Это связано с тем, что нетканые материалы, составляющие образец и расположенные по обе стороны металлизированной пленки, сохраняют температуру более длительное время, так как при формировании полотен образуется воздушная прослойка.

Полотна 4 и 5, состоящие из 2 слоев, обладают наиболее низкими значениями температуры при нагреве, которая снижается наиболее интенсивно при остывании образцов.

В работе были проведены измерения температуры на поверхности образцов, на расстоянии 2 см от поверхности и внутри образцов, скрепленных в форме цилиндра с диаметром 20 см [82].

Результаты определения температуры образцов при различных условиях воздействия температуры приведены в таблице 3.4 и на рисунках 3.23, 3.24.

Таблица 3.4 - Результаты определения температуры образцов в различных условиях

Наименование образца	На поверхности образца	На расстоянии 2 см от поверхности образца	Внутри образца, скрепленного в форме цилиндра
Со стороны нетканого материала			
Образец 4	44,2	39,6	41,4
Образец 5	44,4	39,9	42,6
Образец 7	59,8	52,2	55,8
Образец 11	46,8	38,2	38,6
Образец 12	50,8	44,3	49,8
Со стороны металлизированной пленки			
Образец 4	41,4	39,5	40,8
Образец 5	47,3	42,5	44,9
Образец 7	51,1	41,3	48,9
Образец 11	45,9	40,2	43,9
Образец 12	52,0	46,3	48,9

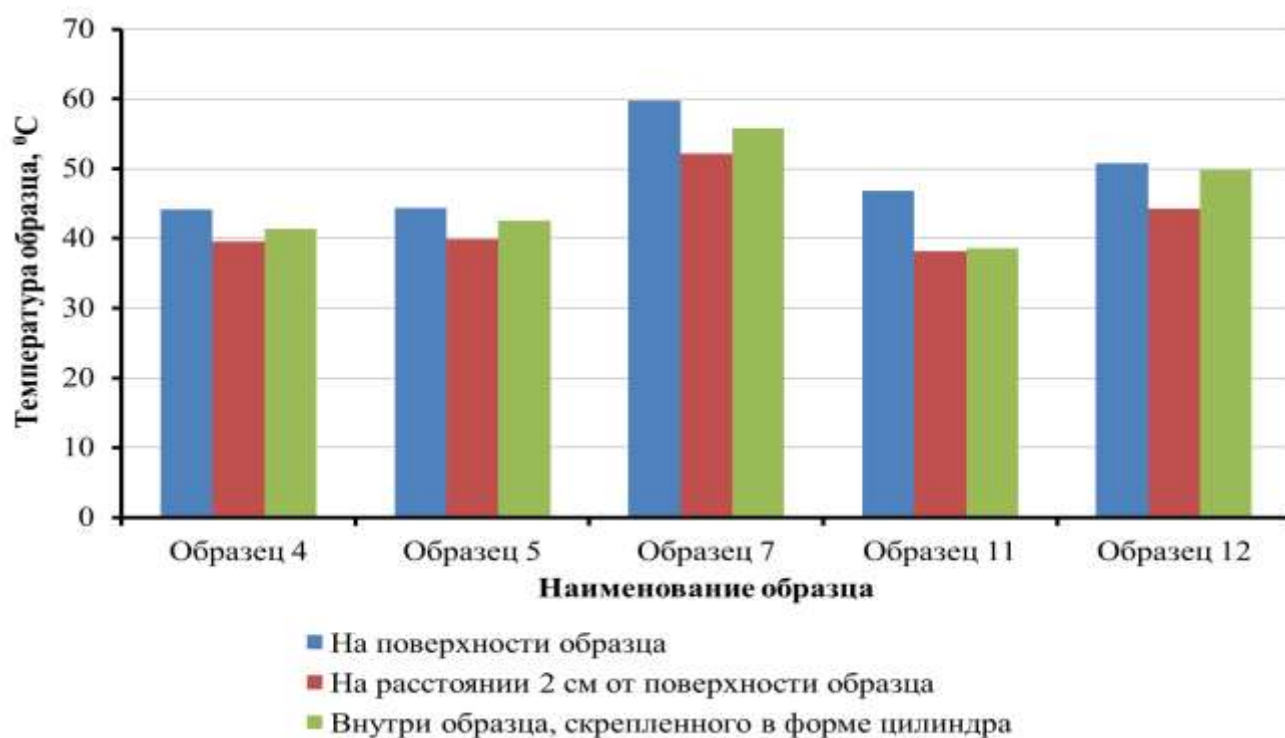


Рисунок 3.23 – Сравнение результатов определения температуры образцов со стороны нетканого материала в различных условиях

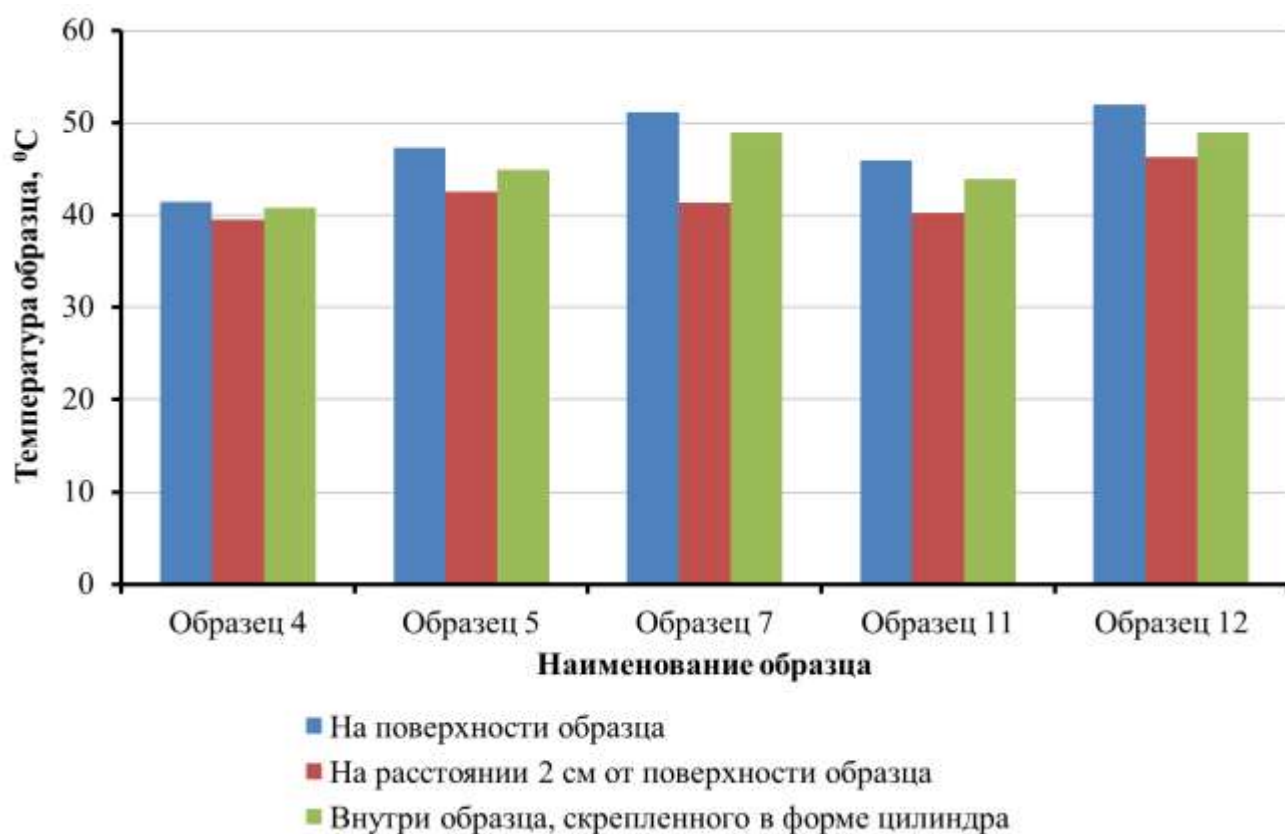


Рисунок 3.24 – Сравнение результатов определения температуры образцов со стороны металлизированной пленки в различных условиях

Самая высокая температура наблюдается непосредственно на поверхности образцов. Температура теплового потока внутри нагретого образца сохраняется более длительное время, и имеют достаточно высокие значения. Наименьшее значение наблюдается на расстоянии 2 см от поверхности.

Выводы по главе 3

1. Важным показателем, характеризующим микроклимат внутри обуви, особенно в холодное время являются теплозащитные свойства нетканых материалов.

2. Установлено, что на теплопроводность нетканых материалов оказывают влияние волокнистый состав, пористость рассматриваемого материала, его толщина, количество слоев и его компоненты.

3. Для определения тепловых характеристик использована экспериментальная установка позволяющая моделировать температуру тела человека, а также определять температуру нетканого материала на внутренней поверхности рас-

сматриваемого материала, соприкасаемого с моделью тела человека, и внешней поверхностью.

4. В процессе исследования определены общая теплоотдача, а также ее составляющие – конвективная и лучистая. На основании полученных данных построены зависимости конвективной, лучистой и общей теплоотдачи в зависимости от изменения температуры в интервале от -25°C до $+5^{\circ}\text{C}$.

5. Установлено, что нетканые материалы, имеющие с одной стороны металлизированную поверхность, имеют существенно отличающиеся по уровню теплофизические свойства. Металлы хорошо отражают тепло, а волокнистые материалы напротив хорошо его поглощают. Уровень теплозащитных свойств волокнистых материалов выше, чем выше толщина металлизированной поверхности. При плотном контакте этих поверхностей с телом человека будут формироваться условия повышенной теплоотдачи за счет высокой теплопроводности металлов. При менее плотном контакте между ними будет возникать контактное сопротивление теплопередаче, усиленное отражением.

6. Образцы, состоящие из слоя металлизированной пленки и нескольких слоев нетканого материала различной толщины, имеют более низкий темп охлаждения, так как нетканые материалы, составляющие образец и расположенные по обе стороны металлизированной пленки, сохраняют температуру более длительное время, так как при формировании полотен образуется воздушная прослойка.

7. Приведены исследования времени остывания рассматриваемых образцов на расстоянии 2 см от поверхности в зависимости от составляющих его компонентов. Установлено, что температура сохраняется более длительное время и имеет более высокие значения для образца 4 состоящего из двухслойного нетканого между которыми находится металлическая пленка.

ГЛАВА 4. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОСТОЙКОСТИ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Утепляющие стельки должны обладать малой воздухопроницаемостью и высокими теплозащитными свойствами. Утепляющий слой должен обладать достаточной толщиной и высокими упругими свойствами.

Важным показателем, характеризующим свойства нетканых материалов, является оценка падения температуры между внешним и внутренними слоями материала.

Для решения данного вопроса в работе была использована установка, представленная в главе 3 (рис.3.2).

Исследуемый образец в форме цилиндра соприкасается с нагревательным элементом, имитирующим тело человека и его температуру на поверхности $T_{\text{тела}}$. Окружающая среда обозначается как $T_{\text{окр}}$ (рисунок 4.1).

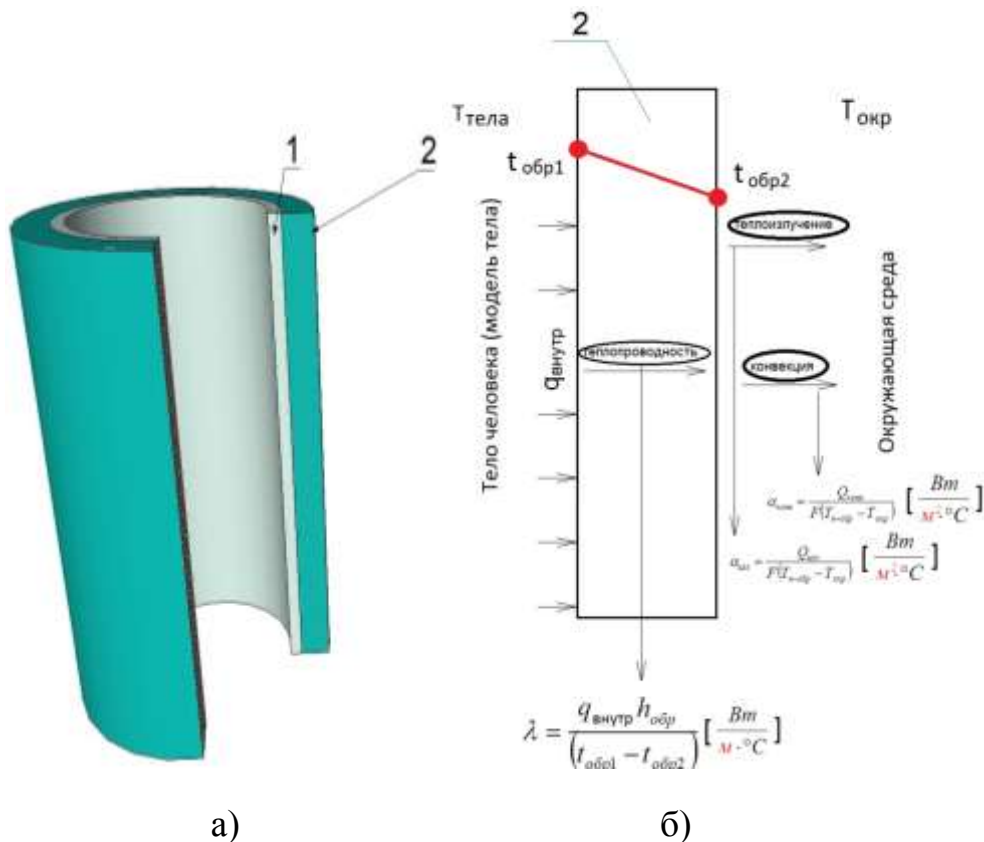


Рисунок 4.1 - Схема прохождения теплового потока сквозь исследуемый образец

При прохождении тепла сквозь нетканый материал наблюдается его потеря, которая будет зависеть от температуры окружающей среды.

Как видно из рисунка 4.1 (б), при теплопередаче от модели тела к окружающей среде происходит разложение этого тепла на конвективную и лучевую более подробно было рассмотрено в главе 3). Рассмотрим возможность определения теплопроводности от разности температур внутренней и наружной среды.

Для построения зависимости необходимо иметь следующие показатели:

$t_{\text{окр}}$ – температура окружающей среды;

$t_{\text{тр}}$ – температура установки;

$Q_{\text{внутр}}$ – тепло, затрачиваемое установкой на поддержание температуры $t_{\text{тр}}$;

$q_{\text{внутр}}$ – плотность теплового потока с поверхности установки;

h – толщина образца;

$t_{\text{обр 1}}$ – температура на внутренней поверхности образца;

$t_{\text{обр 2}}$ – температура на внешней поверхности образца;

$\Delta t_{\text{мат}}$ – разность температур по обе стороны образца;

$t_{\text{мат}}$ – температура материала (среднее между $t_{\text{внутр}}$ и $t_{\text{внешн}}$);

λ – теплопроводность образца

В качестве примера рассмотрим образец 1 (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Результаты испытаний образца 1

Образец 1									
$t_{\text{окр}}$	$t_{\text{тр}}^*$	$Q_{\text{внутр}}^*$	$q_{\text{внутр}}$	h	$t_{\text{обр 1}}^*$	$t_{\text{обр 2}}^*$	$\Delta t_{\text{мат}}$	$t_{\text{мат}}$	λ
$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	Вт	Вт/м ²	мм	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	Вт/м К
2	32	68	180	4,8	29,4	14,2	15,2	21,8	0,057
-6,5	32	99	263	4,8	29,1	8,2	20,9	18,7	0,061
-13,5	32	119	316	4,8	29,0	4,7	24,3	16,9	0,063
-23	32	154	408	4,8	29,0	-0,7	29,7	14,2	0,066

* - параметр задается в начале эксперимента;

** - параметр измеряется в процессе эксперимента;

площадь поверхности элемента тела $F = 0,377$ м.

Методика определения теплопроводности нетканого материала приведена на рисунке 4.2.

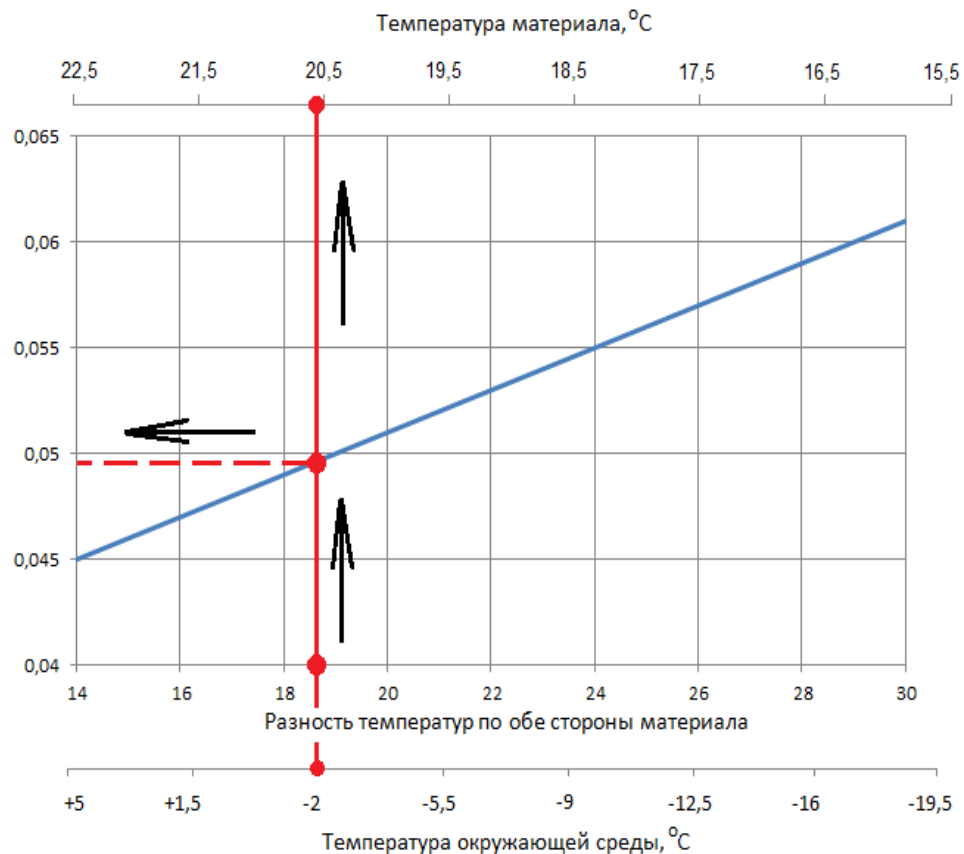


Рисунок 4.2 - Методика определения теплопроводности нетканого материала

Для определения теплопроводности материала необходимо знать температуру окружающей среды, температуру материала и на основании полученной зависимости становится возможным определение теплопроводности рассматриваемого материала.

На рисунках 4.3-4.6 приведены графики изменения теплопроводности в зависимости от температуры окружающей среды.

Как видно из графиков, теплопроводность имеет линейную зависимость, и она возрастает с понижением температуры.

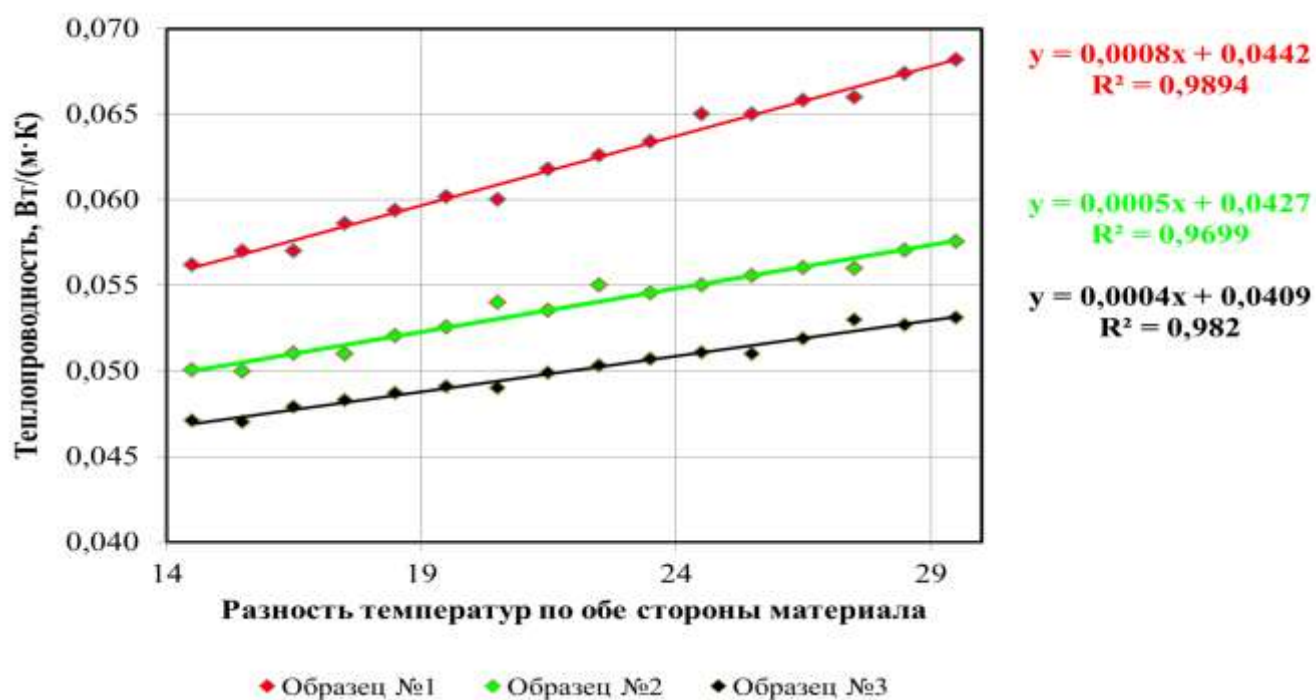


Рисунок 4.3 - Графики зависимости определения теплопроводности
для образцов №1, 2, 3

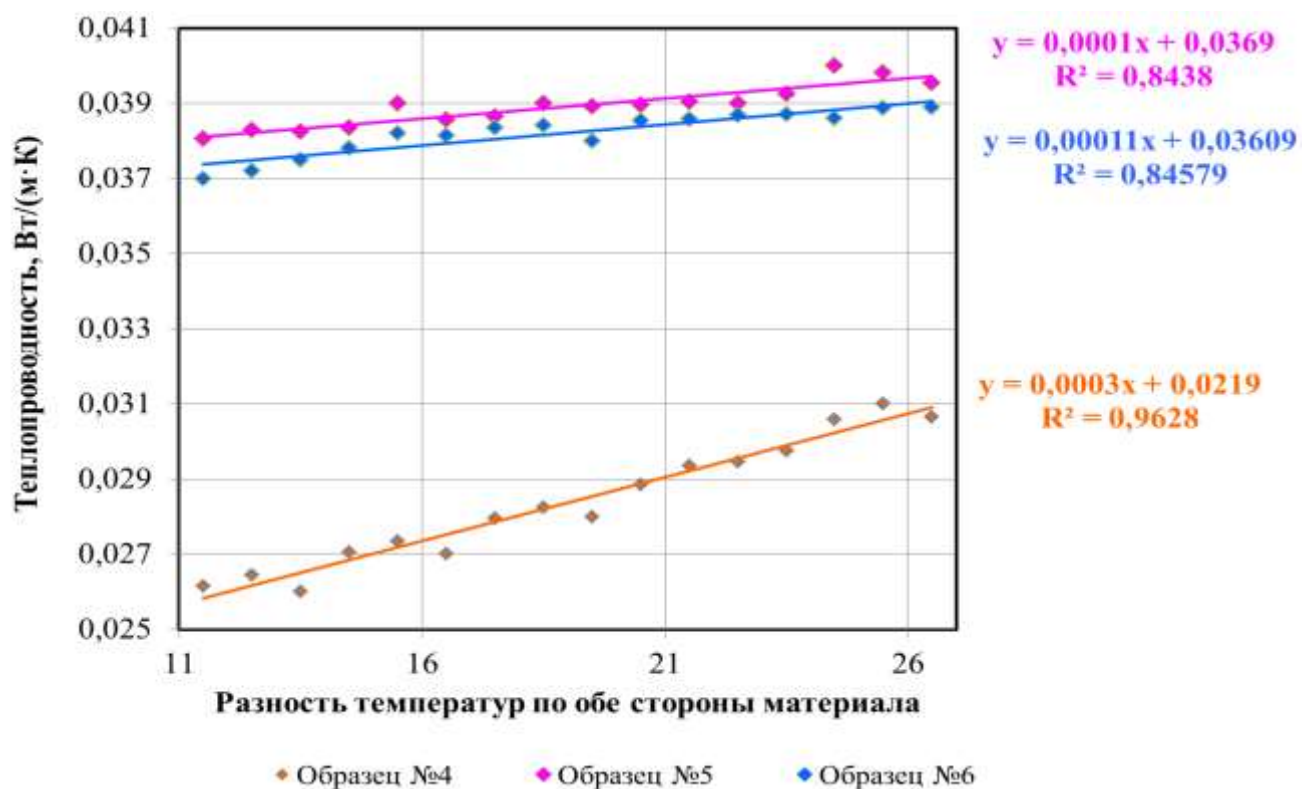


Рисунок 4.4 - Графики зависимости определения теплопроводности
для образцов № 4, 5, 6

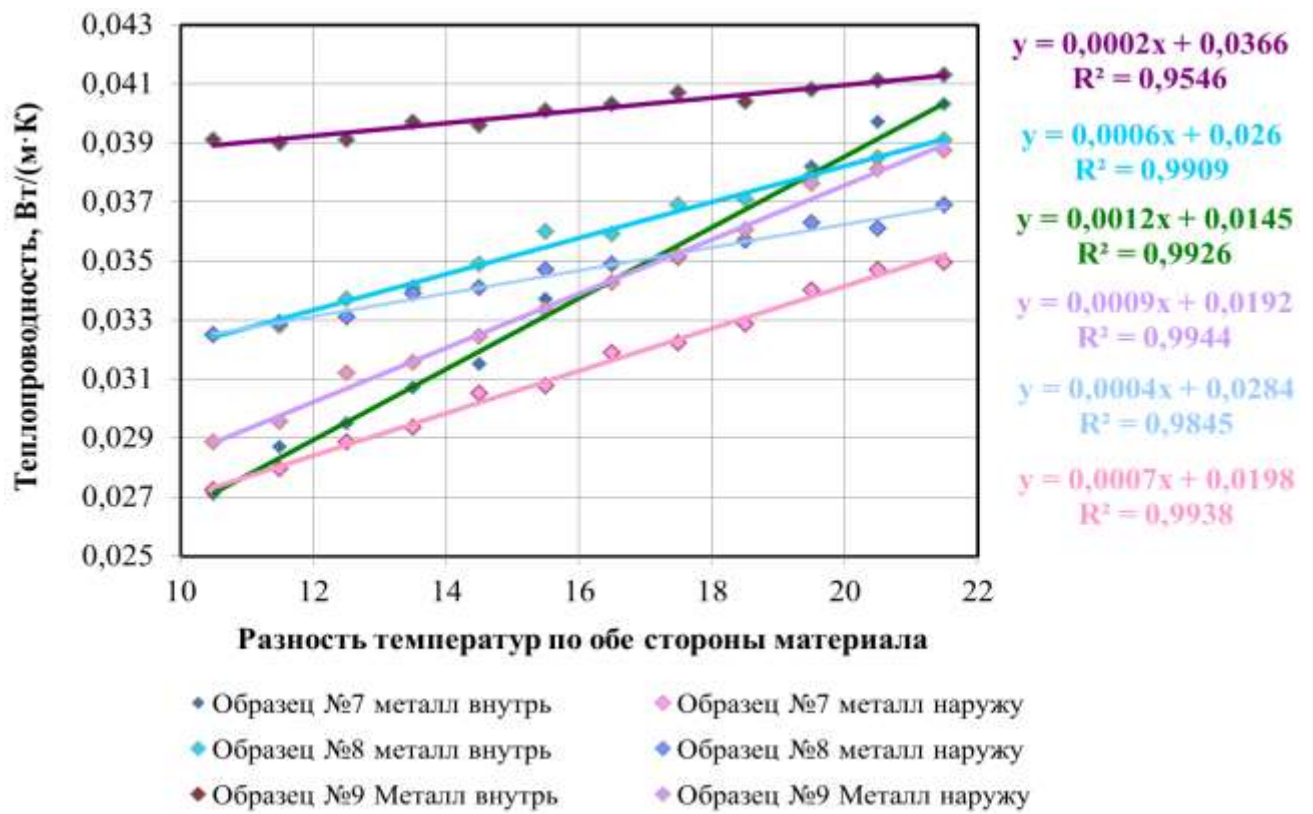


Рисунок 4.5 - Графики зависимости определения теплопроводности
для образцов № 7, 8, 9

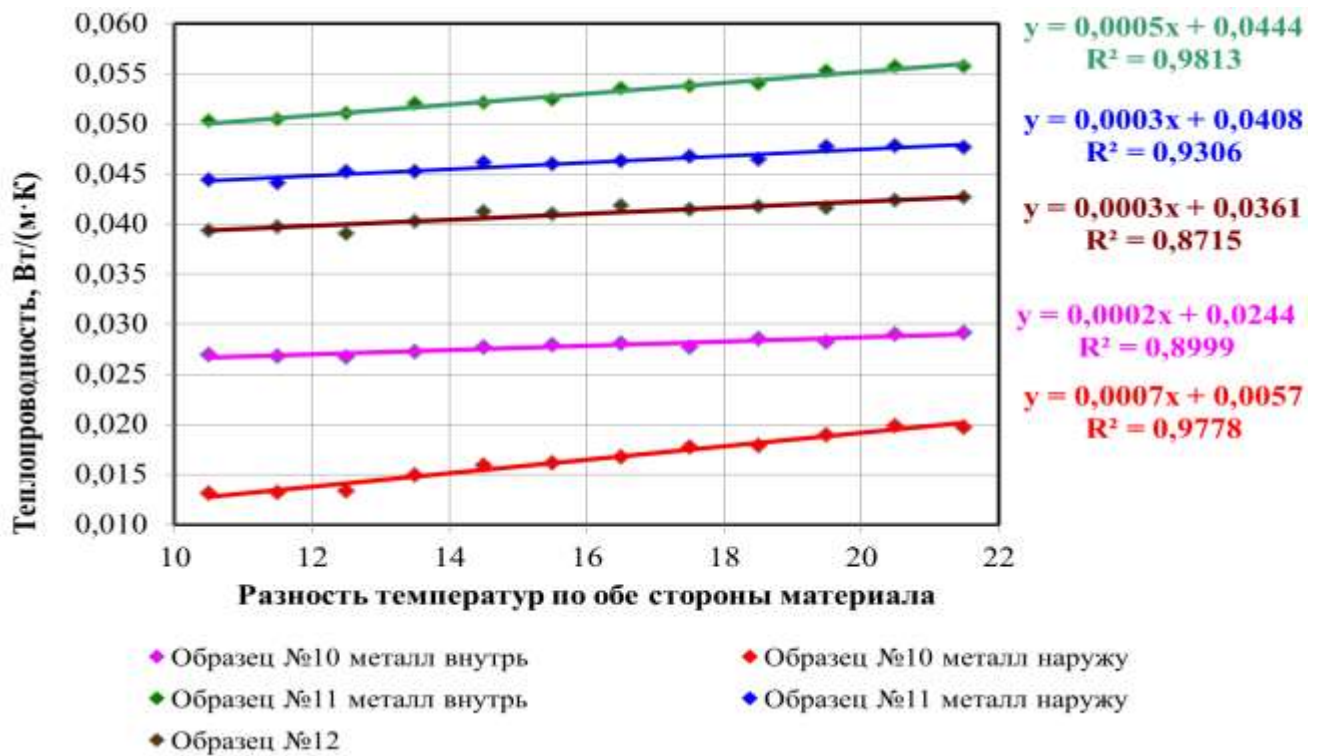


Рисунок 4.6 - Графики зависимости определения теплопроводности
для образцов № 10, 11, 12

Из рисунков 4.3-4.6 видно, что теплопроводность зависит от разности температур между внутренней и наружной поверхностью материала, толщиной материала, а также от состава и способа получения данного материала.

При использовании металлизированной пленки падение температуры между наружной и внутренней поверхностью нетканого материала значительно снижается, причем наблюдается разница, с какой стороны будет находиться эта пленка. Во всех случаях эти зависимости имеют линейный вид.

Выводы по главе 4

1. Предложена методика определения теплообмена между телом человека и окружающей средой различных нетканых материалов в зависимости от разности температур по обе стороны материала.

2. Установлено, что теплопроводность нетканых материалов с понижением внешней температуры возрастает по линейной зависимости. Причем теплопроводность зависит от поверхностной плотности, текстильных материалов используемых в виде наполнителей и технологии получения данного нетканого материала.

3. Теплопроводность нетканых материалов изменяется в зависимости от того с какой стороны находится металлизированная пленка. Теплопроводность нетканого материала имеющего металлическую пленку внутри выше, чем материал с металлической пленкой наружу.

ГЛАВА 5. КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА НЕТКАНЫХ ПОЛОТЕН

В ГОСТ 15465 приводится определение термина качества: «Качество продукции – это совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением» [83].

Вопросами оценки качества текстильных материалов занимались многие российские и иностранные ученые - Кирюхин С.М., Соловьев А.Н., Окрепилов В.В., Шор Я.Б., Гусев Б.Н., Исикава К, Лapidус В.А., Адлер Ю.П., Варковецкий В.Н. и др. [84-106].

Существуют различные методы определения показателей качества. К наиболее распространенным из них относятся [84]:

1. *Экспертный метод.* Суть, которого заключается в привлечении для оценки качества рассматриваемого материала специалистов – экспертов обладающих достаточными знаниями в данной области. В результате предварительного опроса каждым экспертом определяется ранговая (наиболее значимая) оценка рассматриваемого материала. Причем наиболее значимому фактору присваивается наивысший 1 ранг, а наименьший $R = n$. Каждый эксперт фиксирует свои оценки независимо друг от друга. Впоследствии вычисляется коэффициент согласия (конкордации). Полученные фактические значения сравниваются с табличными, и если фактические значения больше табличных, то результаты согласованности высокие, таким образом, значимость предложенных показателей соответствуют ранговым оценкам.

2. *Дифференциальный метод.* Используется для оценки качества отдельных показателей по безразмерным показателям.

Часто при оценке качества рассматриваемого материала используется *балловая оценка качества*. Как правило, наиболее часто используются четыре варианта: отлично, хорошо, удовлетворительно и плохо. Иногда используются и промежуточные результаты: 2,5, 3,5, 4,5. Преимущество балловых оценок заключается в простоте и наличии нулевой оценки качества. К недостатку данной систе-

мы относится то, что близкие показатели качества могут значительно отличаться в ранговом выражении.

Относительные показатели качества являются безразмерными дискретными показателями. Они определяются отношением размерного показателя качества исследуемого материала к базовому значению рассматриваемого показателя. При отсутствии норматива за величину базового показателя используется лучший показатель для данного материала.

Показатели желательности характеризуются безразмерным значениями, которые изменяются в пределах от нуля до единицы.

Наиболее часто используется *комплексная оценка показателя качества*, которая обобщает показатели.

5.1. Определение безразмерного показателя качества

Для расчета комплексной оценки исходные размерные результаты каждого показателя были переведены в безразмерные [74].

Для расчета безразмерного показателя исходные значения показателей качества сведены в таблицу 5.1.

В таблице 5.2 приведены значения относительных показателей качества данных образцов.

Таблица 5.1 - Исходные показатели качества

Но мер об- раз ца	Тол- щина, мм	Раз- рыв- ная нагруз- ка по длине, Н	Разрыв- ная нагрузка по ши- рине, Н	Разрыв- ное удли- нение по длине, мм	Разрывное удлинение по ши- рине, мм	Раздира- ющая нагрузка по длине, Н	Раздира- ющая нагрузка по ши- рине, Н	Суммарное тепловое со- противле- ние, Вт/(м*с)	Воздухо- проница- емость, дм ³ /(м ² *с)	Паро- прони- цае- мость, мг/м ² с	Гиг- роско- ско- пич- ность %	Во- допо- гло- ще- ние, %
1	4,02	78,97	86,01	125,95	129,25	62,18	62,18	0,31	353,0	23,67	5,06	67,5
2	5,31	66,43	135,37	93,38	88,33	30,78	53,72	0,33	196,4	28,67	8,56	77,4
3	5,66	92,61	52,76	69,17	101,35	33,18	56,16	0,31	167,0	13,67	7,86	97,5
4	3,55	31,37	57,14	141,54	54,72	25,74	37,94	0,35	128,6	8,67	5,32	86,5
5	3,31	87,47	45,45	90,96	147,97	25,64	38,04	0,28	150,3	13,67	3,49	99,8
6	7,61	56,06	45,3	69,88	115,66	205,16	220,02	0,29	27,0	8,67	19,4	99,2
7	5,73	38,99	27,46	81,6	108,19	114,36	110,78	0,31	137,4	23,67	4,97	86,3
8	6,00	73,16	52,59	50,97	45,45	165,12	179,5	0,43	377,0	13,67	14,0	35,6
9	7,07	79,68	65,01	71,57	41,24	285,1	197,28	0,3	0,0	23,67	3,95	96,9
10	7,30	62,23	47,74	42,98	61,68	197,88	175,02	0,34	0,0	33,67	3,99	99,4
11	5,28	59,55	30,66	99,39	147,38	38,96	63,18	0,33	104,5	8,67	5,58	83,2
12	5,91	108,9	46,26	107,54	138,59	205,66	213,46	0,24	106,1	13,67	7,75	75,7

Таблица 5.2 - Относительные показатели качества

Но- мер об- раз- ца	Тол- щина	Разрыв- ная нагруз- ка по длине	Разрыв- ная нагрузка по ши- рине	Разрыв- ное удли- нение по длине	Разрывное удлинение по ширине	Раздира- ющая нагрузка по длине	Раздира- ющая нагрузка по ширине	Суммарное тепловое сопротив- ление	Возду- хопро- ницае- мость	Паро- про- ница- емост ь	Гигро- роско- ско- пич- но-сть	Во- допо- гло- ще- ние
1	1,21	2,52	3,13	2,93	3,13	2,43	1,64	1,29	13,07	2,73	1,45	1,90
2	1,60	2,12	4,93	2,17	2,14	1,20	1,42	1,38	7,27	3,31	2,45	2,17
3	1,71	2,95	1,92	1,61	2,46	1,29	1,48	1,29	6,19	1,58	2,25	2,74
4	1,07	1,00	2,08	3,29	1,33	1,00	1,00	1,46	4,76	1,00	1,52	2,43
5	1,00	2,79	1,66	2,12	3,59	1,00	1,00	1,17	5,57	1,58	1,00	2,80
6	2,30	1,79	1,65	1,63	2,80	8,00	5,80	1,21	1,00	1,00	5,55	2,79
7	1,73	1,24	1,00	1,90	2,62	4,46	2,92	1,29	5,09	2,73	1,42	2,42
8	1,81	2,33	1,92	1,19	1,10	6,44	4,73	1,79	13,96	1,58	4,00	1,00
9	2,14	2,54	2,37	1,67	1,00	11,12	5,20	1,25	0,00	2,73	1,13	2,72
10	2,21	1,98	1,74	1,00	1,50	7,72	4,61	1,42	0,00	3,88	1,14	2,79
11	1,60	1,90	1,12	2,31	3,57	1,52	1,67	1,38	3,87	1,00	1,60	2,34
12	1,79	3,47	1,68	2,50	3,36	8,02	5,63	1,00	3,93	1,58	2,22	2,13

Для этого используются следующие формулы:

для позитивного показателя

$$q = X / X_{\text{б}} \quad (5.1)$$

для негативного показателя

$$q = X_{\text{б}} / X \quad (5.2)$$

где X – дифференциальная размерная оценка показателя качества исследуемого материала;

$X_{\text{б}}$ – значение размерного базового показателя качества, за который принимаются наилучшие значения показателя качества исследуемых материалов.

$$X_{\text{б}} = X / X_{\text{max}} \quad (5.3)$$

$$X_{\text{б}} = X_{\text{min}} / X \quad (5.4)$$

Для определения весомости показателей были построены круговые диаграммы. Для этого приведенные доли того или иного компонента пересчитываются в проценты (рисунки 5.1-5.12).



Рисунок 5.1 - Процентное соотношение показателей качества образца 1

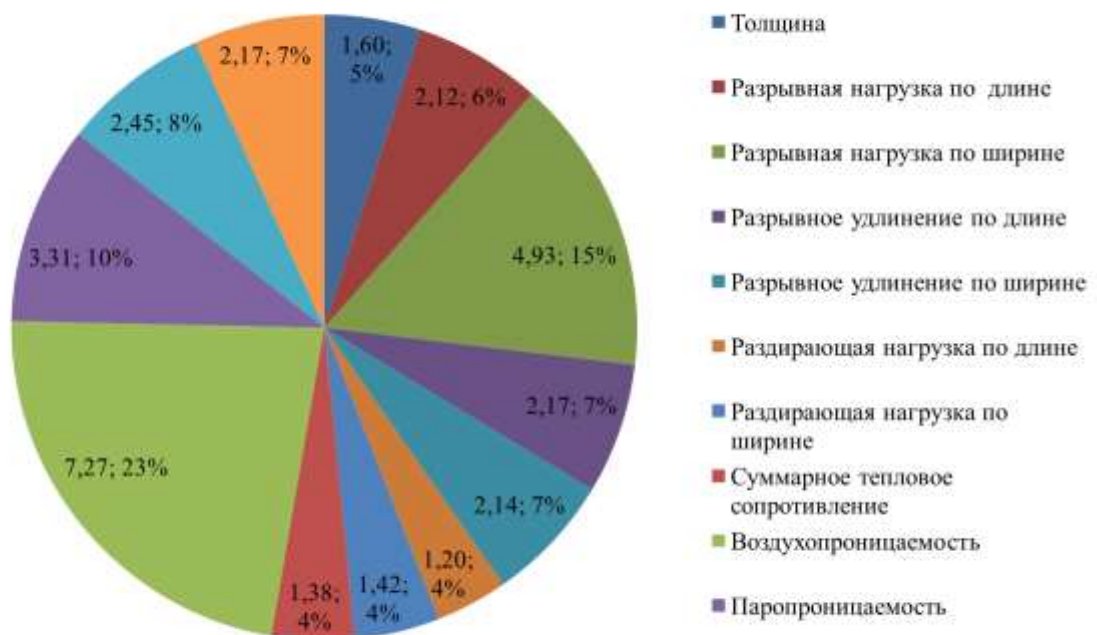


Рисунок 5.2 - Процентное соотношение показателей качества образца 2



Рисунок 5.3 - Процентное соотношение показателей качества образца 3

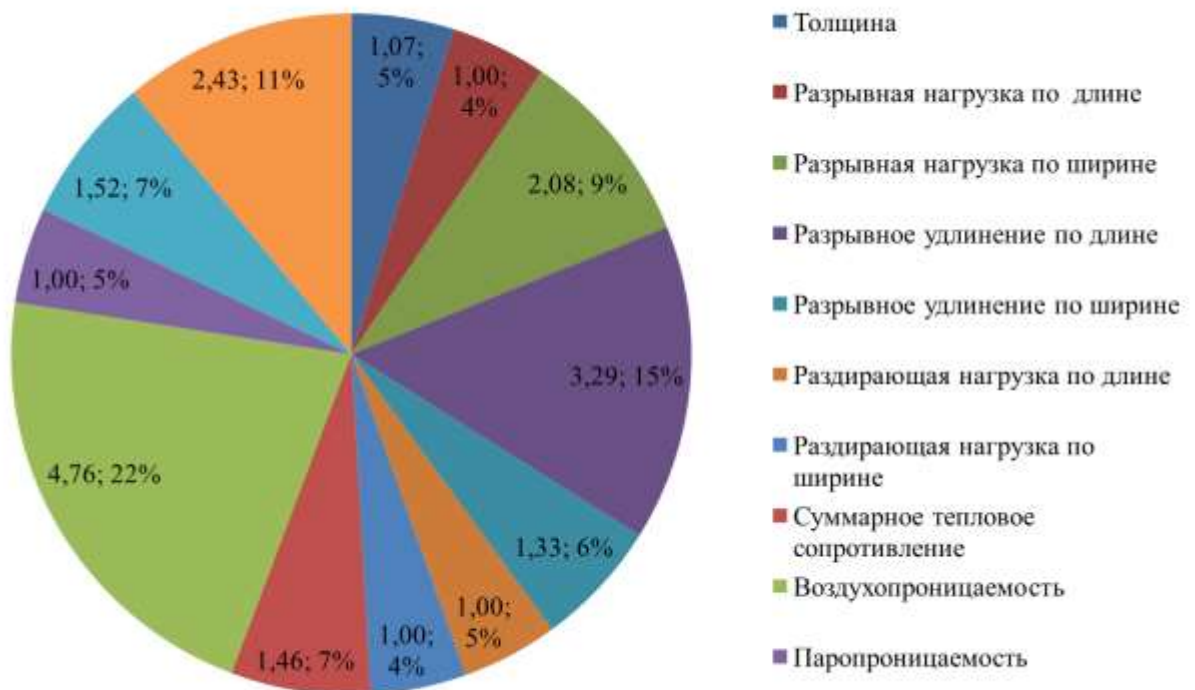


Рисунок 5.4 - Процентное соотношение показателей качества образца 4



Рисунок 5.5 - Процентное соотношение показателей качества образца 5



Рисунок 5.6 - Процентное соотношение показателей качества образца 6



Рисунок 5.7 - Процентное соотношение показателей качества образца 7

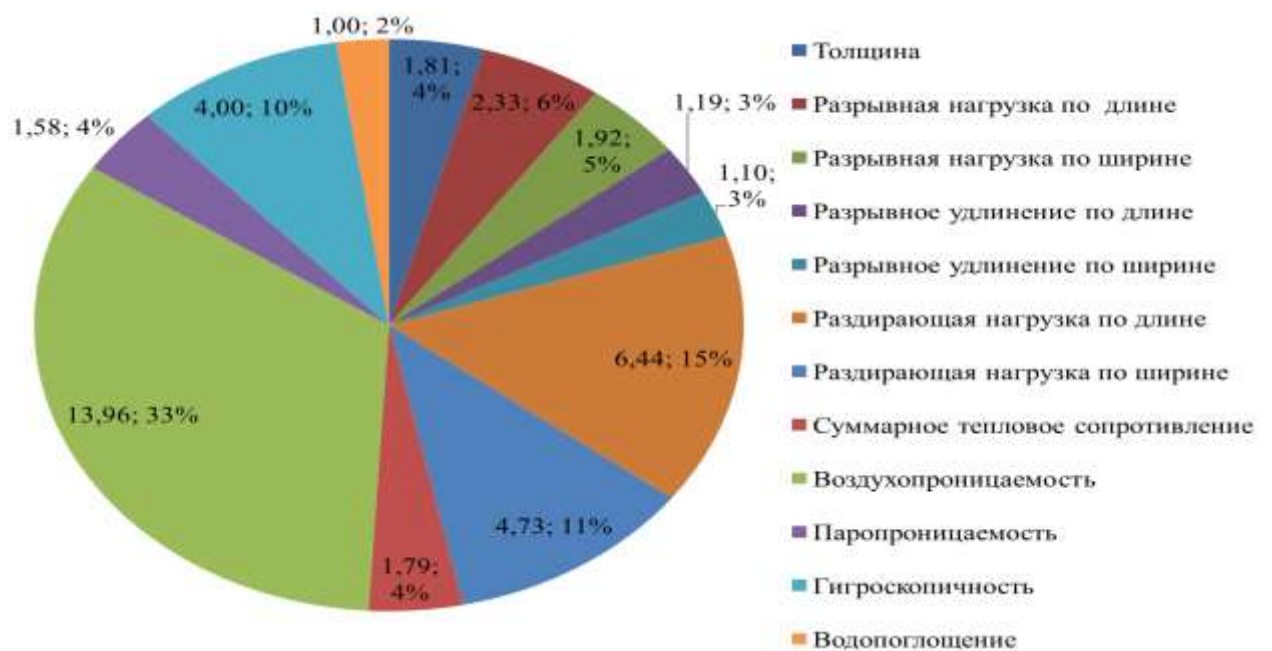


Рисунок 5.8 - Процентное соотношение показателей качества образца 8

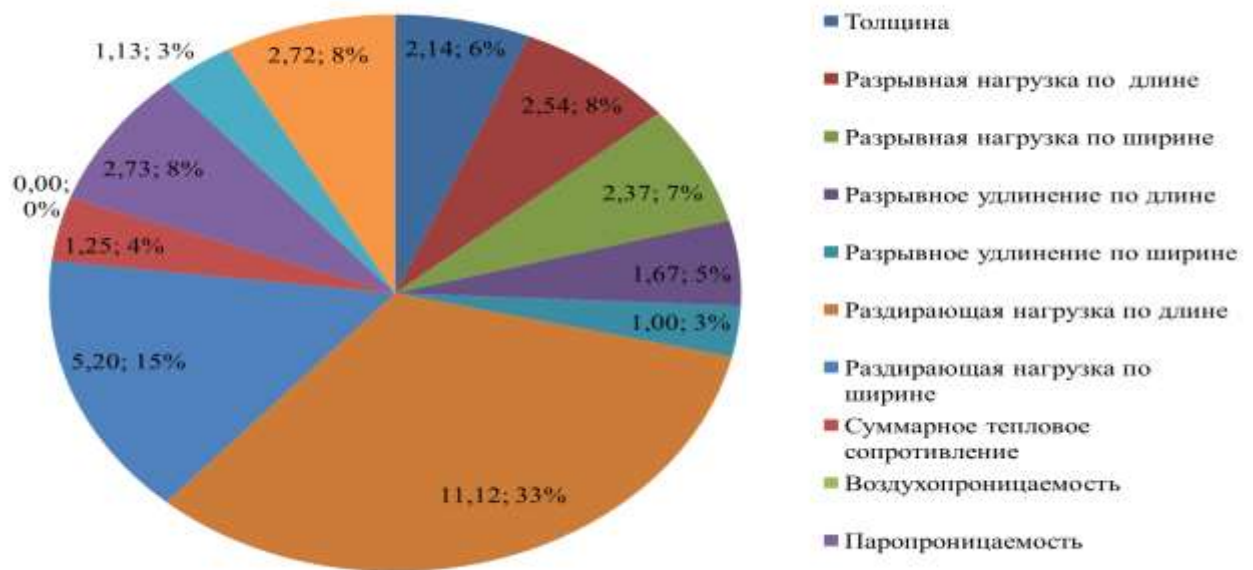


Рисунок 5.9 - Процентное соотношение показателей качества образца 9

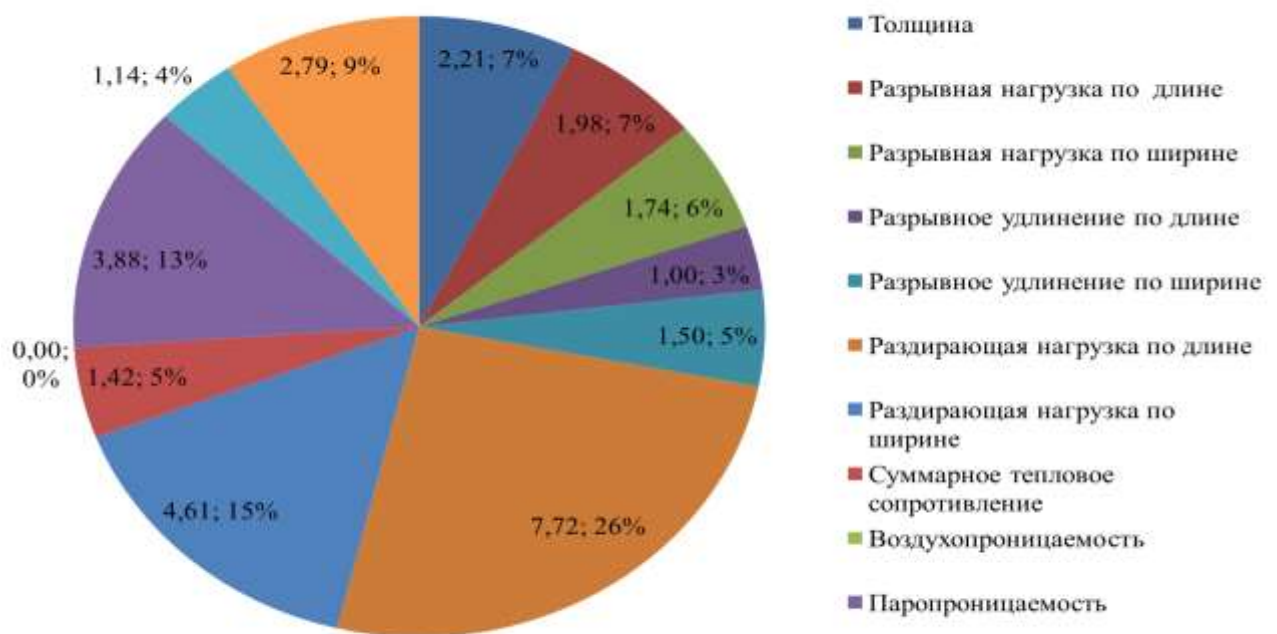


Рисунок 5.10 - Процентное соотношение показателей качества образца 10

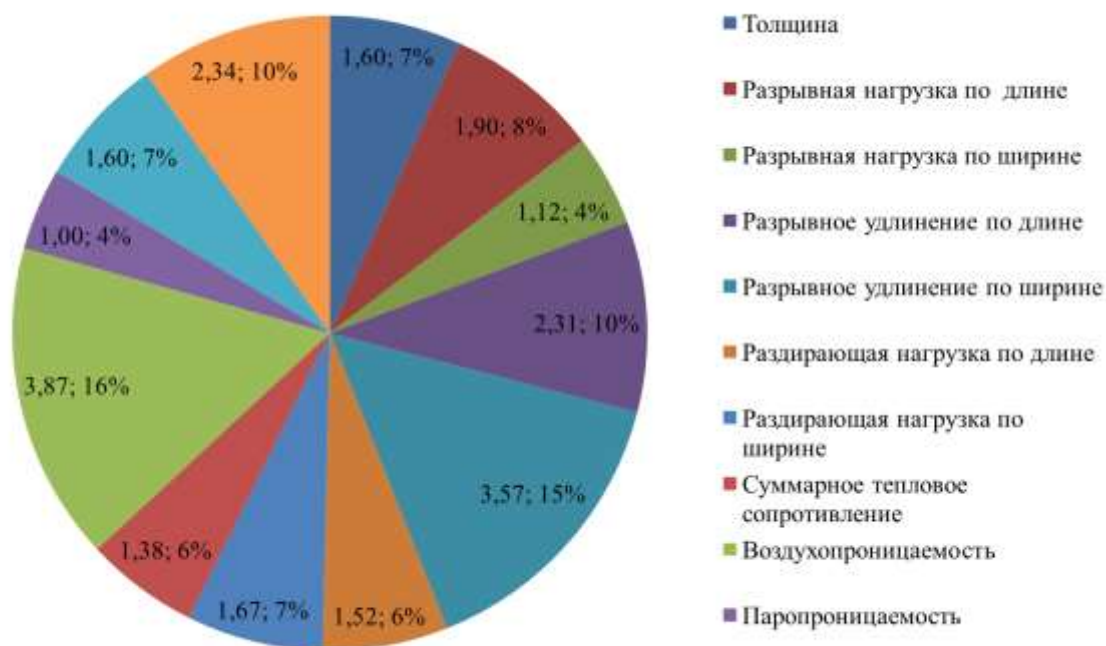


Рисунок 5.11 - Процентное соотношение показателей качества образца 11



Рисунок 5.12 - Процентное соотношение показателей качества образца 12

За коэффициент весомости примем величину показателя в долях от 1.

Коэффициенты весомости приведены в таблице 5.3.

Результаты расчета уровней качества образцов приведены в таблице 5.4.

Уровень качества образца вычисляется на основе суммы площадей секторов диаграммы каждого показателя, и именуется как комплексный средне взвешенный показатель именуемого здесь средним взвешенным круговым показателем Q . Его расчет осуществляется по формуле

$$Q = \sqrt{\sum_{i=1}^n \alpha_i r_i} \quad (5.5)$$

где n – число относительных показателей качества;

α_i - коэффициент весомости;

r_i – значение i -го показателя.

Таблица 5.3 - Весомость показателей качества

Но- мер об- раз- ца	Тол- щи- на	Разрыв- ная нагруз- ка по длине	Разрывная нагрузка по ши- рине	Разрыв- ное удли- нение по длине	Разрывное удлинение по ширине	Раздира- ющая нагрузка по длине	Раздираю- щая нагрузка по ширине	Суммарное тепловое сопротив- ление	Возду- хопро- ницае- мость	Паро- про- ница- емость	Гиг- роскп ич- ность	Во- допо- гло- ще- ние
1	0,03	0,07	0,08	0,08	0,08	0,07	0,04	0,04	0,35	0,07	0,04	0,05
2	0,05	0,06	0,15	0,07	0,07	0,04	0,04	0,04	0,23	0,1	0,08	0,07
3	0,06	0,11	0,07	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,22	0,06	0,08	0,1
4	0,05	0,04	0,09	0,15	0,06	0,05	0,04	0,07	0,22	0,05	0,07	0,11
5	0,04	0,11	0,07	0,08	0,14	0,04	0,04	0,05	0,22	0,06	0,04	0,11
6	0,06	0,05	0,05	0,05	0,08	0,22	0,16	0,03	0,03	0,03	0,16	0,08
7	0,06	0,04	0,03	0,07	0,09	0,16	0,1	0,05	0,18	0,09	0,05	0,08
8	0,04	0,06	0,05	0,03	0,03	0,15	0,11	0,04	0,33	0,04	0,1	0,02
9	0,06	0,08	0,07	0,05	0,03	0,33	0,15	0,04	0	0,08	0,03	0,08
10	0,07	0,07	0,06	0,03	0,05	0,26	0,15	0,05	0	0,13	0,04	0,09
11	0,07	0,08	0,04	0,1	0,15	0,06	0,07	0,06	0,16	0,04	0,07	0,1
12	0,05	0,09	0,04	0,07	0,09	0,21	0,15	0,03	0,11	0,04	0,06	0,06

Таблица 5.4 - Расчет уровня качества образцов

Но мер об- раз ца	Тол- щина	Раз- рыв- ная нагру- зка по длине	Разрыв- ная нагрузка по ши- рине	Разрыв- ное удлине- ние по длине	Разрыв- ное удлине- ние по ширине	Разди- рающая нагрузка по длине	Раздира- ющая нагрузка по ши- рине	Суммарное тепловое сопротив- ление	Возду- хопро- ницае- мость	Паро- прони- цае- мость	Гиг- роск- пич- ност ь	Водо- допо- погло- ще- ние	Сум ма
1	0,04	0,18	0,25	0,23	0,25	0,17	0,07	0,05	4,58	0,19	0,06	0,09	2,48
2	0,08	0,13	0,74	0,15	0,15	0,05	0,06	0,06	1,67	0,33	0,20	0,15	1,94
3	0,10	0,32	0,13	0,10	0,22	0,06	0,07	0,06	1,36	0,09	0,18	0,27	1,73
4	0,05	0,04	0,19	0,49	0,08	0,05	0,04	0,10	1,05	0,05	0,11	0,27	1,59
5	0,04	0,31	0,12	0,17	0,50	0,04	0,04	0,06	1,22	0,09	0,04	0,31	1,71
6	0,14	0,09	0,08	0,08	0,22	1,76	0,93	0,04	0,03	0,03	0,89	0,22	2,12
7	0,10	0,05	0,03	0,13	0,24	0,71	0,29	0,06	0,92	0,25	0,07	0,19	1,75
8	0,07	0,14	0,10	0,04	0,03	0,97	0,52	0,07	4,61	0,06	0,40	0,02	2,65
9	0,13	0,20	0,17	0,08	0,03	3,67	0,78	0,05	0,00	0,22	0,03	0,22	2,36
10	0,15	0,14	0,10	0,03	0,07	2,01	0,69	0,07	0,00	0,50	0,05	0,25	2,02
11	0,11	0,15	0,04	0,23	0,54	0,09	0,12	0,08	0,62	0,04	0,11	0,23	1,54
12	0,09	0,31	0,07	0,18	0,30	1,68	0,84	0,03	0,43	0,06	0,13	0,13	2,06

Уровни качества образцов приведены на рисунке 5.13.

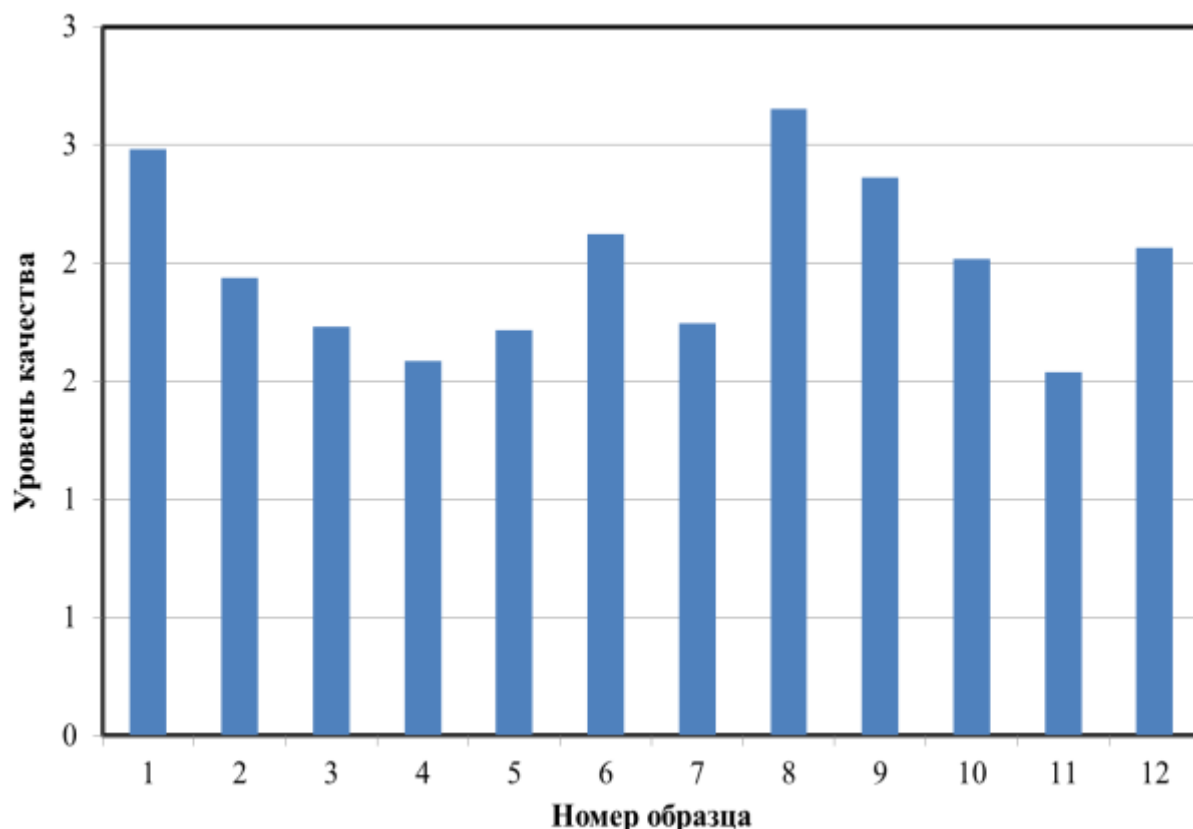


Рисунок 5.13 – Уровни качества образцов

По результатам расчета наилучшим является образец 8 - полотно термоскрепленное ПТ- 800/20 (ЧШ), имеющий наибольший уровень качества, на втором месте образец 2, далее образец 9. Наихудшим является образец 11 - материал многослойный 650(6), у которого уровень качества наименьший.

В таблице 5.5 приведены данные распределения уровня качества по градациям. Для этого введем интервал градаций качества, равный размаху варьирования уровней качества, разделенному на количество градаций качества. Таким образом, за нижнюю границу принимаем минимальное значение уровня качества, а за верхнюю – минимальное значение, просуммированное с интервалом границы качества.

Таблица 5.5 - Градации уровней качества

Градация качества	Баллы	Границы уровней качества	Образцы
«Отлично»	5	2,38-2,65	1, 8
«Хорошо»	4	2,10-2,37	6, 9
«Удовлетворительно»	3	1,82-2,09	2, 10, 12
«Плохо»	2	1,54-1,81	3, 4, 5, 7, 11

Таким образом, образцы 1, 8 с градацией «отлично» можно рекомендовать для изготовления утеплителей для обуви, в то время как образцы 3, 4, 5, 7, 11 нуждаются в доработке.

5.2. Определение комплексной оценки показателей качества

Для подсчета комплексных показателей качества, применяют следующие формулы [106]:

Средняя арифметическая комплексная оценка

$$K_j = \sum_{i=1}^n Z_{ji} \cdot \gamma_i \quad (5.6)$$

где Z_{ji} – безразмерная величина i -го показателя качества;

γ_i – коэффициент весомости i -го показателя качества;

n – число показателей качества.

Средняя геометрическая комплексная оценка

$$G_j = \prod_{i=1}^n Z_{ji}^{\gamma_i} \quad (5.7)$$

Средняя гармоническая комплексная оценка

$$H_j = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{\gamma_i}{Z_{ji}}} \quad (5.8)$$

Для расчета используем данные таблицы 5.1. Результаты расчета приведены в таблице 5.6 и на рисунке 5.14.

Таблица 5.6 - Результаты расчета комплексной оценки качества образцов

Номер образца	Средняя арифметическая комплексная оценка	Средняя геометрическая комплексная оценка	Средняя гармоническая комплексная оценка
1	6,16	4,25	3,11
2	3,76	3,16	2,69
3	2,99	2,57	2,28
4	2,52	2,14	1,83
5	2,94	2,49	2,09
6	4,51	3,71	2,93
7	3,05	2,73	2,42
8	7,03	5,03	3,46
9	5,58	-	-
10	4,07	-	-
11	2,37	2,18	2,00
12	4,26	3,65	3,09

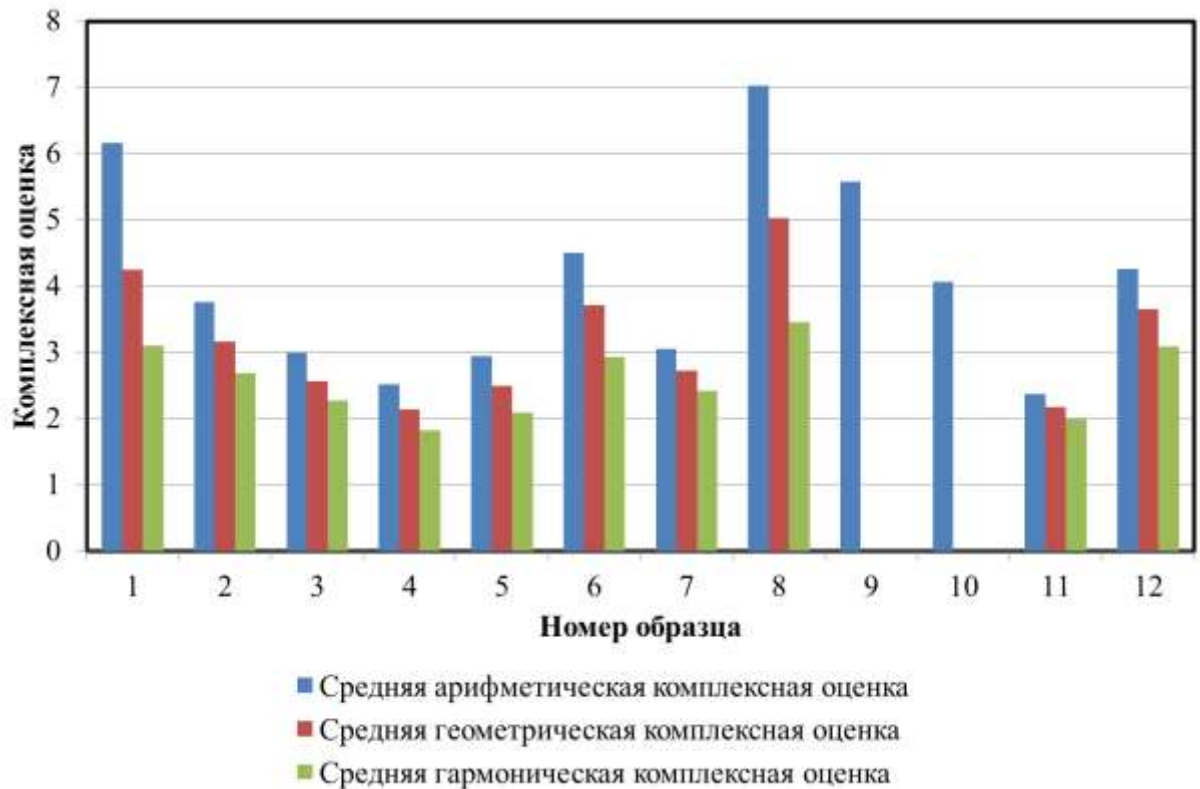


Рисунок 5.14 – Комплексная оценка качества образцов

По результатам расчета комплексных оценок видно, что наилучшим является образец 8, а наихудшим - образец 11.

5.3. Расчет комплексной оценки на основе функции желательности

Показатели желательности – это безразмерные характеристики качества, изменяющиеся в пределах от 0 до 1.

Вычисляют показатели желательности d с помощью вспомогательных безразмерных показателей y по формулам:

$$d = \exp\left(-\frac{1}{y}\right) \quad (5.9)$$

где $0 < y < \infty$;

$$d = \exp[-\exp - y] \quad (5.10)$$

где $-\infty < y < \infty$.

Весь интервал значений функции желательности разбивается на ряд промежутков (градации качества): плохое качество, удовлетворительное, хорошее и отличное [84].

Внутри трех основных промежутков – плохое, удовлетворительное и хорошее качество – выбираются базовые точки, соответствующие граничным значениям качества. Е. Харригтон предложил для этих точек значения 0,37; 0,63; 0,80 соответственно [102].

Для расчета используем фактические результаты испытаний, приведенные в таблице 5.1.

Размерные значения x натуральных показателей качества пересчитываются в безразмерные вспомогательные показатели y по формуле:

$$y = a_0 + a_1 x$$

Результаты расчета коэффициентов приведены в таблице 5.7.

Таблица 5.7 - Результаты расчета коэффициентов

a_1	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,4	0,0	0,1	0,2	0,1
a_0	-2,0	-0,7	-0,2	-0,8	-0,7	0,4	0,0	-3,7	0,7	-0,5	-0,1	-1,2

В таблице 5.8 приведены относительные показатели качества.

В таблице 5.9 и на рисунках 5.15 – 5.26 приведены показатели желательности.

Таблица 5.8 - Относительные показатели качества

Но- мер об- раз- ца	Тол- щина	Раз- рывная нагруз- ка по длине	Разрывная нагрузка по ши- рине	Разрыв- ное удли- нение по длине	Разрывное удлинение по ширине	Раздира- ющая нагрузка по длине	Раздираю- щая нагрузка по ширине	Сум- марное тепло- вое со- про- тивле- ние	Возду- хопро- ницае- мость	Паро- про- ница- емость	Гиг- роскп ич- ность	Водопо- глощение
1	1,3	2,8	2,6	3,6	3,6	1,2	1,2	2,0	4,0	2,8	1,0	2,4
2	2,3	2,3	4,2	2,5	2,2	0,8	1,0	2,4	2,5	3,5	1,8	3,0
3	2,6	3,5	1,5	1,6	2,7	0,8	1,1	2,0	2,3	1,4	1,7	4,1
4	0,9	0,7	1,7	4,2	1,1	0,7	0,7	2,7	1,9	0,7	1,1	3,5
5	0,7	3,2	1,3	2,4	4,2	0,7	0,7	1,4	2,1	1,4	0,7	4,2
6	4,2	1,8	1,3	1,7	3,1	3,1	4,2	1,6	1,0	0,7	4,2	4,2
7	2,7	1,0	0,7	2,1	2,9	1,9	2,1	2,0	2,0	2,8	1,0	3,5
8	2,9	2,6	1,5	1,0	0,8	4,7	4,9	4,2	4,9	1,4	3,0	0,7
9	3,8	2,9	1,9	1,7	0,7	4,2	3,8	1,8	0,7	2,8	0,8	4,0
10	3,9	2,1	1,4	0,7	1,4	3,0	3,3	2,5	0,7	4,2	0,8	4,2
11	2,3	2,0	0,8	2,7	4,2	0,9	1,2	2,4	1,7	0,7	1,2	3,3
12	2,8	4,2	1,3	3,0	3,9	3,1	4,1	0,7	1,7	1,4	1,6	2,9

Таблица 5.9 - Расчет показателей желательности

Но мер об- раз ца	Тол- щина	Раз- рыв- ная нагру зка по длине	Разрыв- ная нагрузка по ши- рине	Разрыв- ное удлине- ние по длине	Разрыв- ное удлине- ние по ширине	Разди- рающая нагрузка по длине	Раздира- ющая нагрузка по ши- рине	Суммарное тепловое сопротив- ление	Возду- хопро- ницае- мость	Паро- прони- цае- мость	Гиг- роск- пич- ност ь	Водо допо по- гло- ще- ние
1	0,46	0,70	0,68	0,76	0,76	0,43	0,42	0,60	0,78	0,70	0,38	0,66
2	0,65	0,65	0,79	0,67	0,64	0,27	0,37	0,65	0,67	0,75	0,58	0,71
3	0,68	0,75	0,52	0,54	0,69	0,29	0,39	0,60	0,64	0,49	0,55	0,78
4	0,33	0,24	0,55	0,79	0,42	0,24	0,24	0,69	0,59	0,24	0,40	0,75
5	0,24	0,73	0,46	0,66	0,79	0,24	0,24	0,50	0,62	0,49	0,24	0,79
6	0,79	0,58	0,46	0,55	0,73	0,73	0,79	0,54	0,35	0,24	0,79	0,79
7	0,69	0,38	0,24	0,62	0,71	0,59	0,62	0,60	0,60	0,70	0,38	0,75
8	0,71	0,68	0,52	0,36	0,30	0,81	0,82	0,79	0,82	0,49	0,72	0,24
9	0,77	0,71	0,59	0,56	0,24	0,79	0,77	0,57	0,24	0,70	0,29	0,78
10	0,78	0,62	0,48	0,24	0,48	0,72	0,74	0,67	0,24	0,79	0,29	0,79
11	0,65	0,60	0,29	0,69	0,79	0,32	0,43	0,65	0,55	0,24	0,42	0,74
12	0,70	0,79	0,47	0,72	0,77	0,73	0,78	0,24	0,55	0,49	0,54	0,71

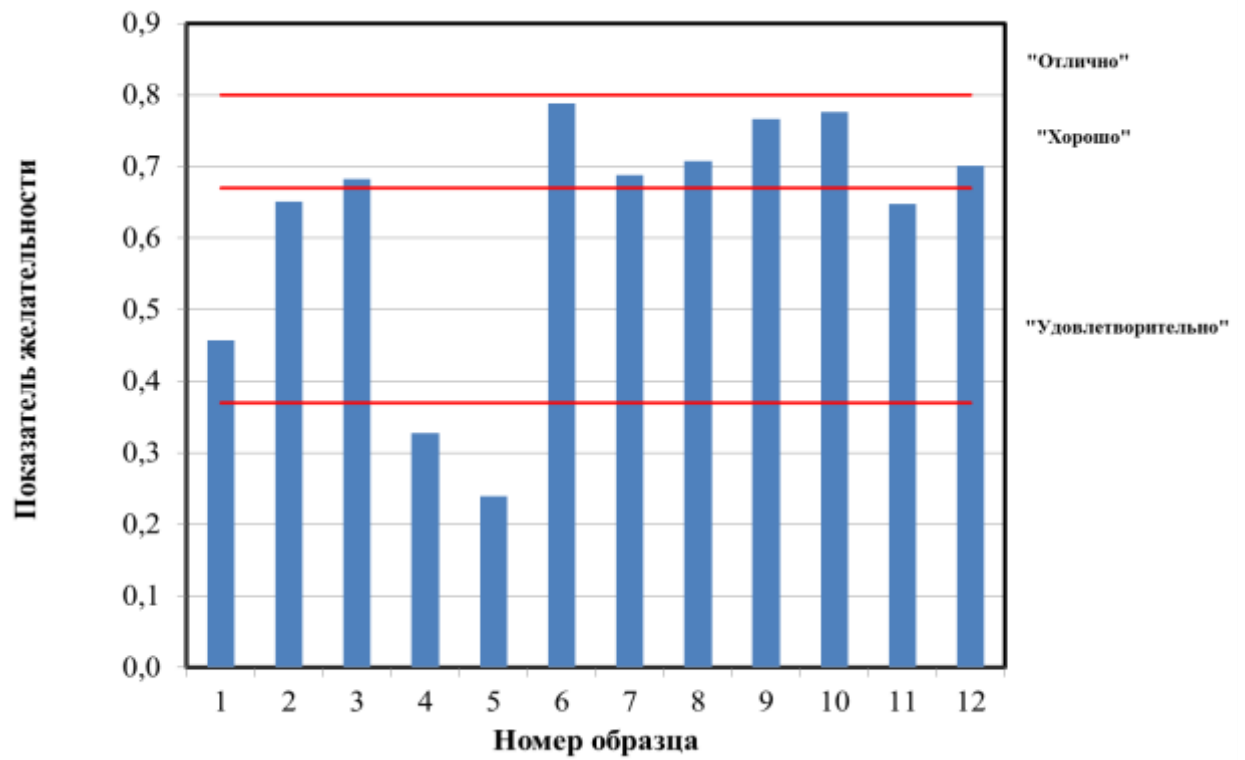


Рисунок 5.15 - Толщина образцов

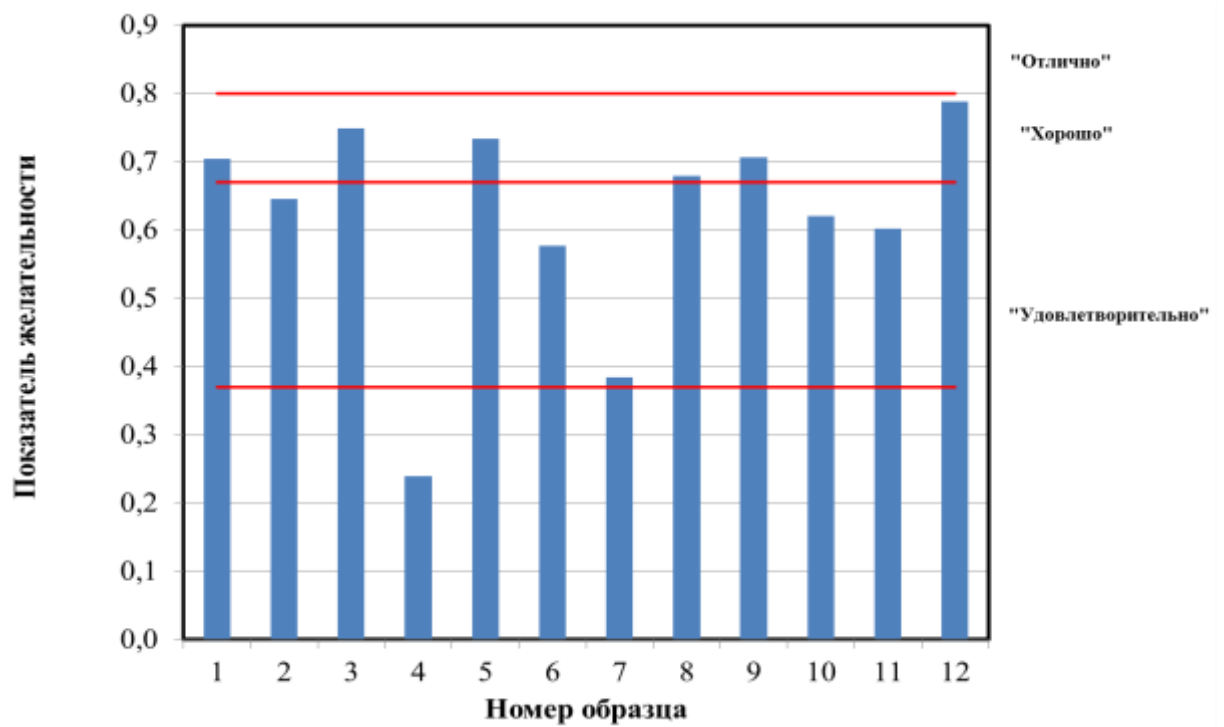


Рисунок 5.16 - Разрывная нагрузка по длине образцов

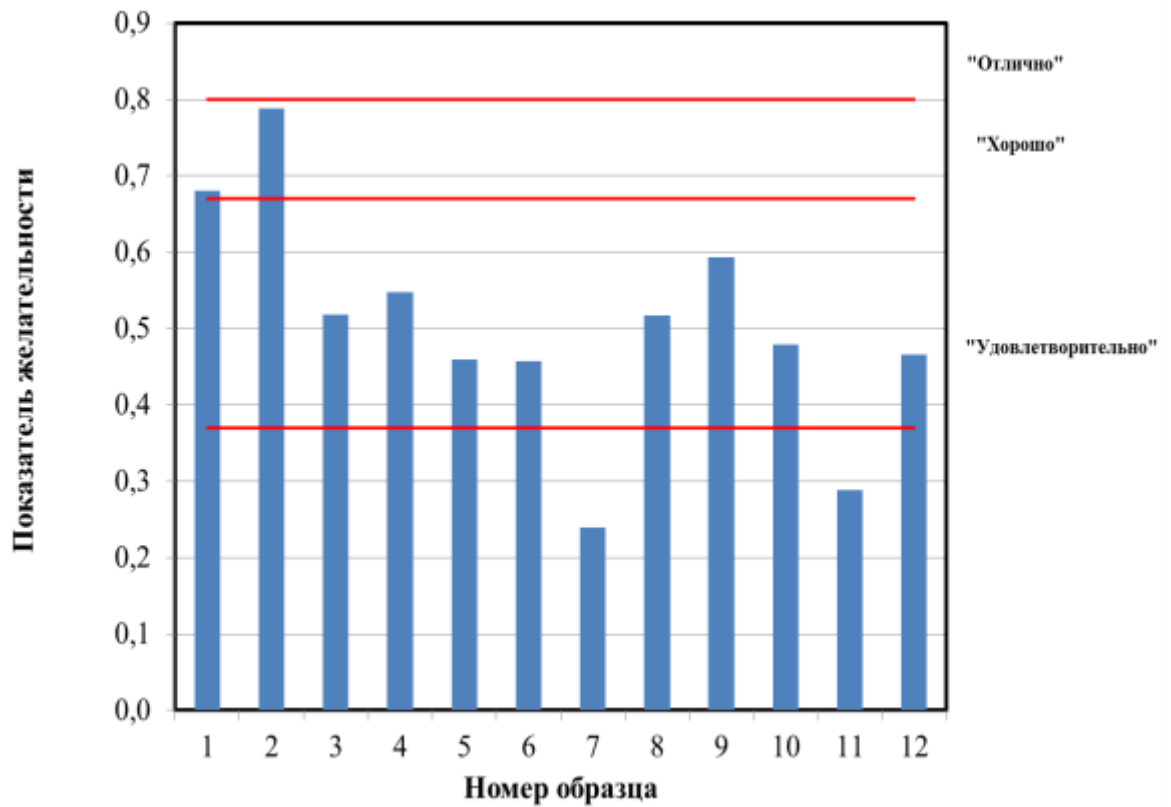


Рисунок 5.17 - Разрывная нагрузка по ширине образцов

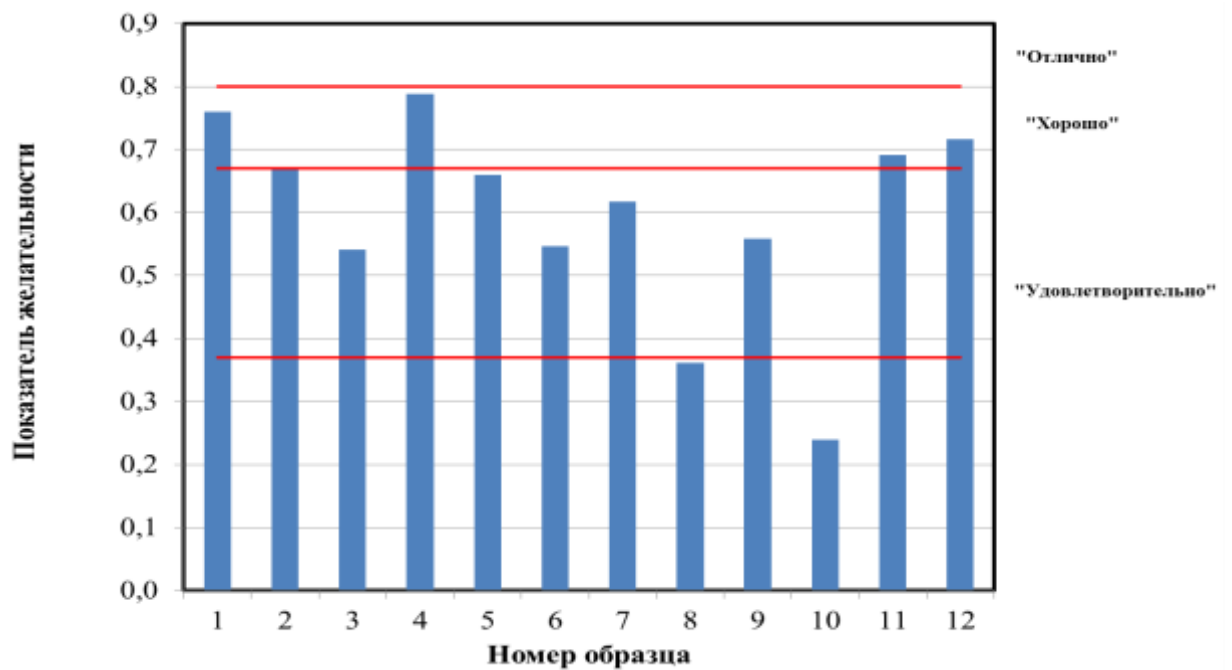


Рисунок 5.18 - Разрывное удлинение по длине образцов

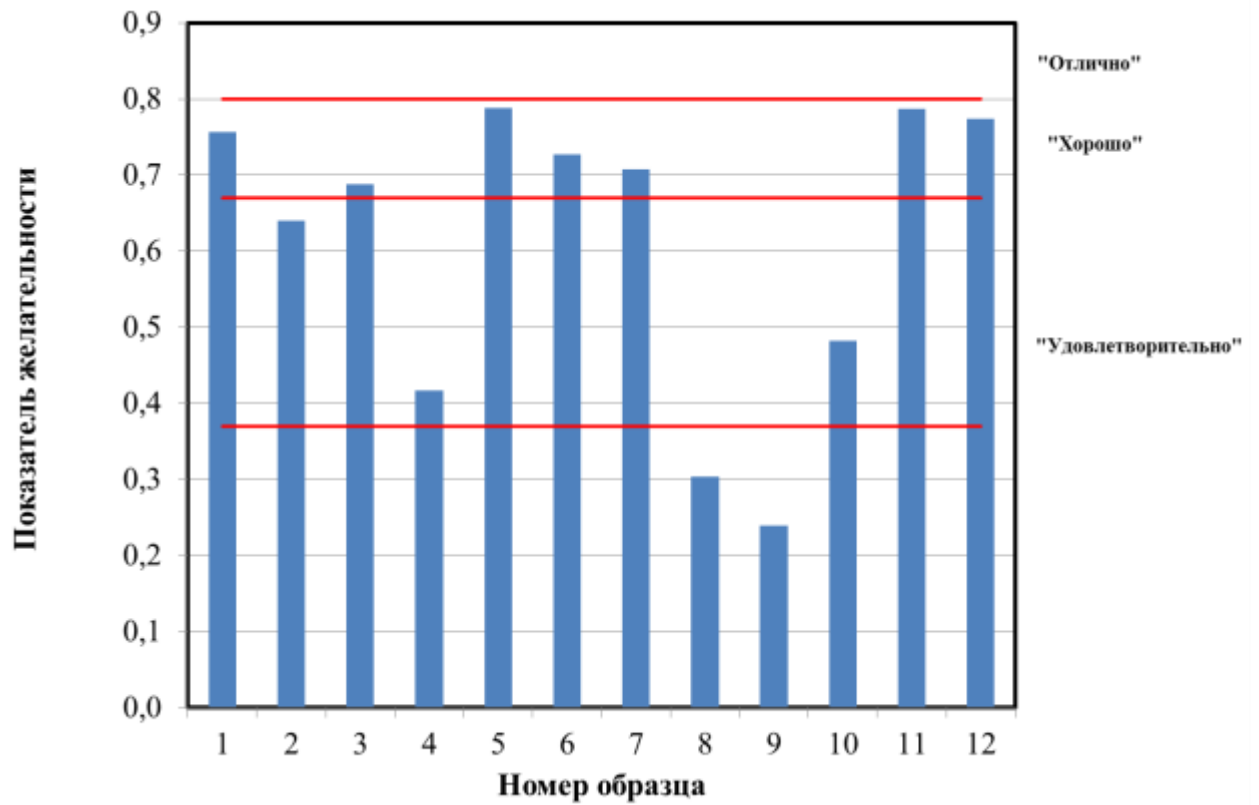


Рисунок 5.19 - Разрывное удлинение по ширине образцов

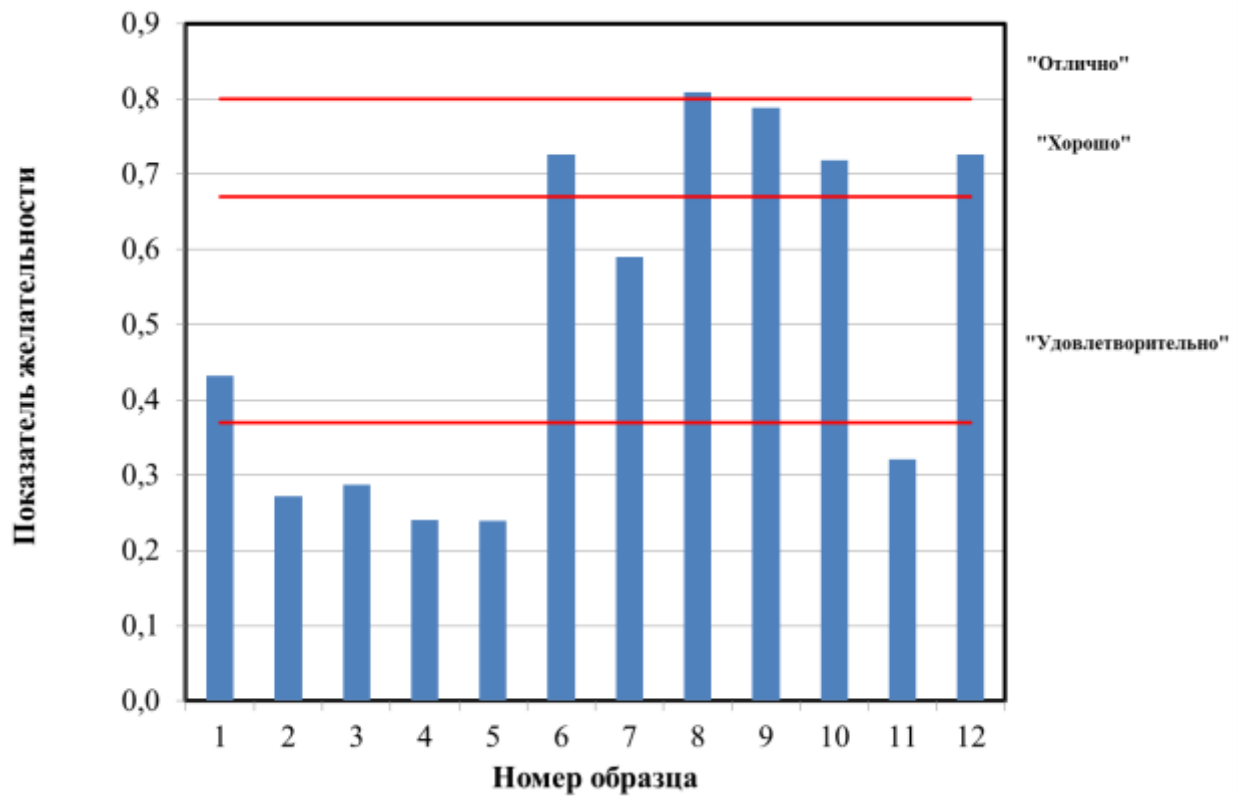


Рисунок 5.20 - Раздирающая нагрузка по длине образцов

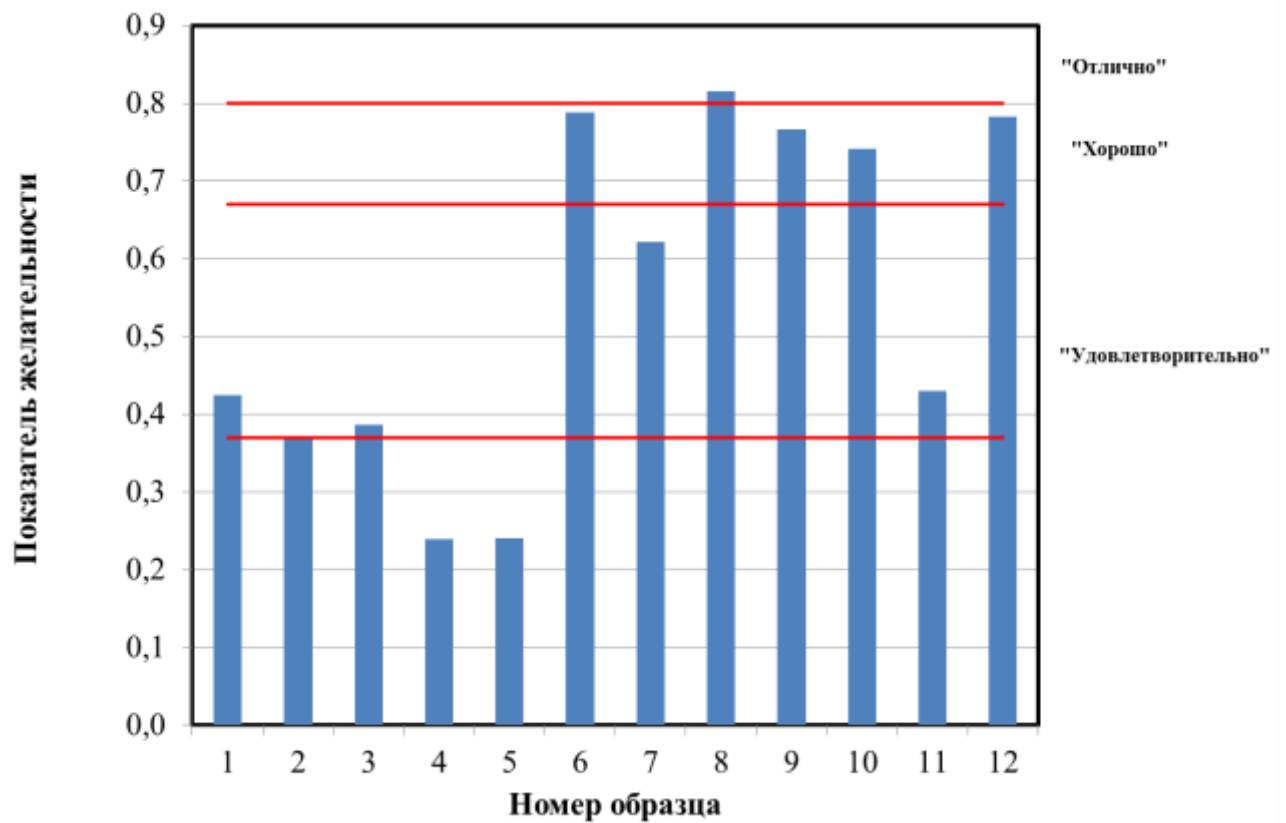


Рисунок 5.21 - Раздирающая нагрузка по ширине образцов

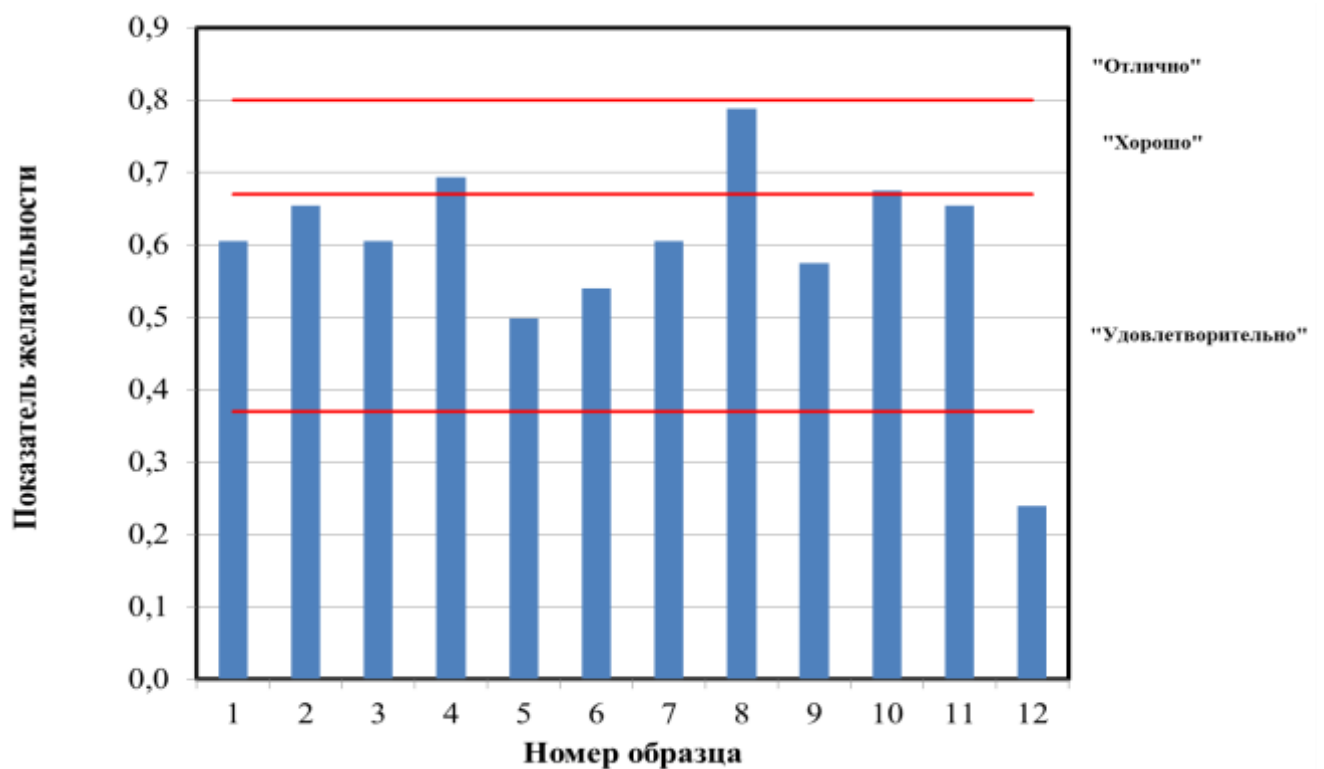


Рисунок 5.22 - Суммарное тепловое сопротивление образцов

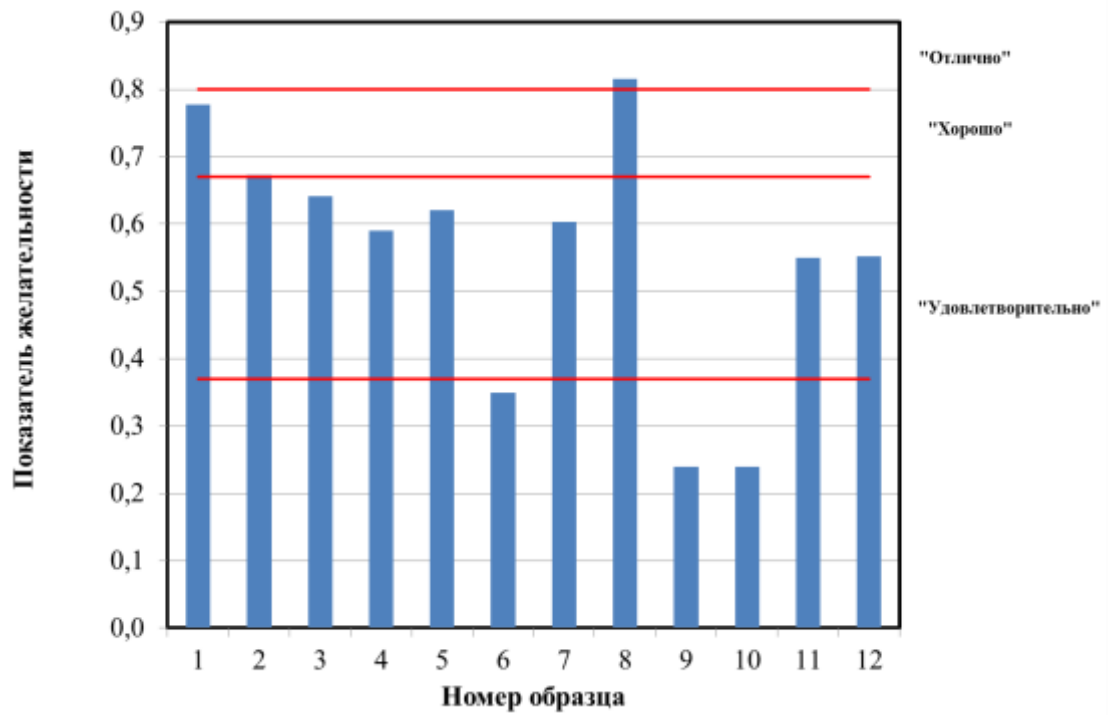


Рисунок 5.23 - Воздухопроницаемость образцов

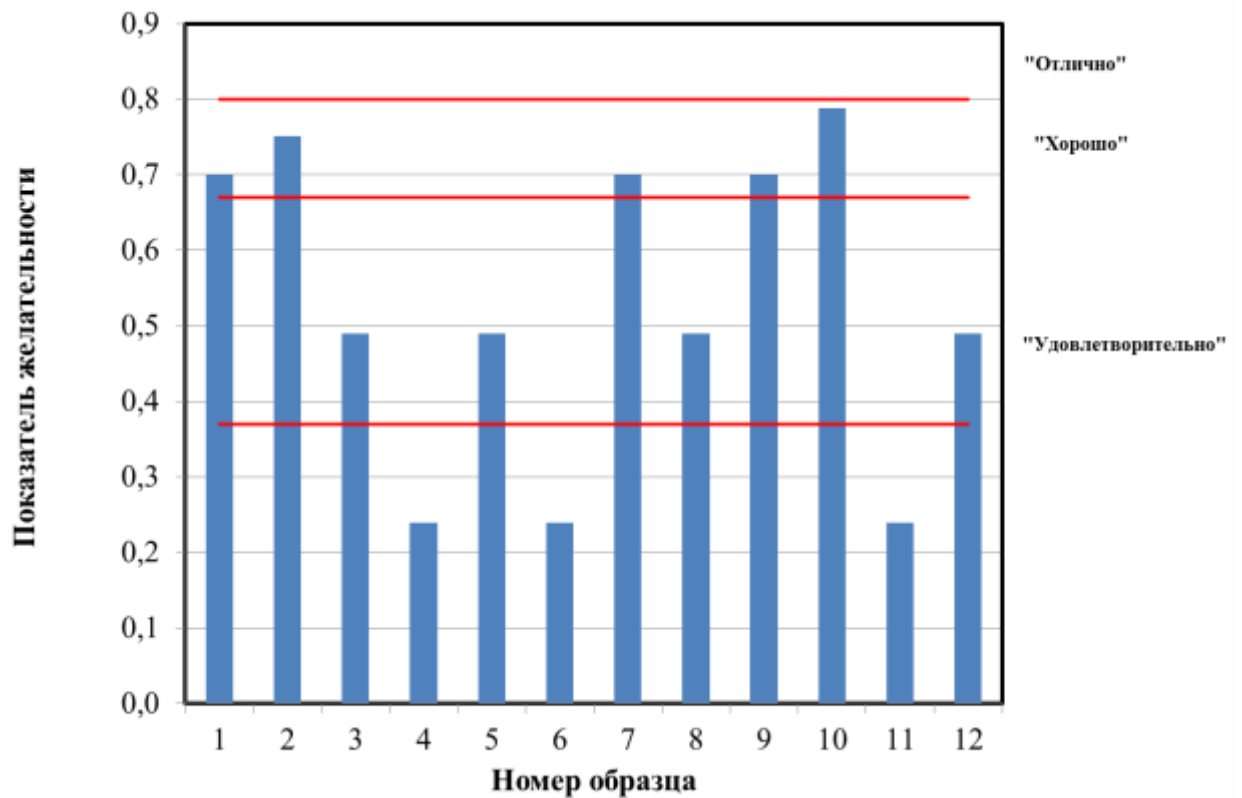


Рисунок 5.24 - Паропроницаемость образцов

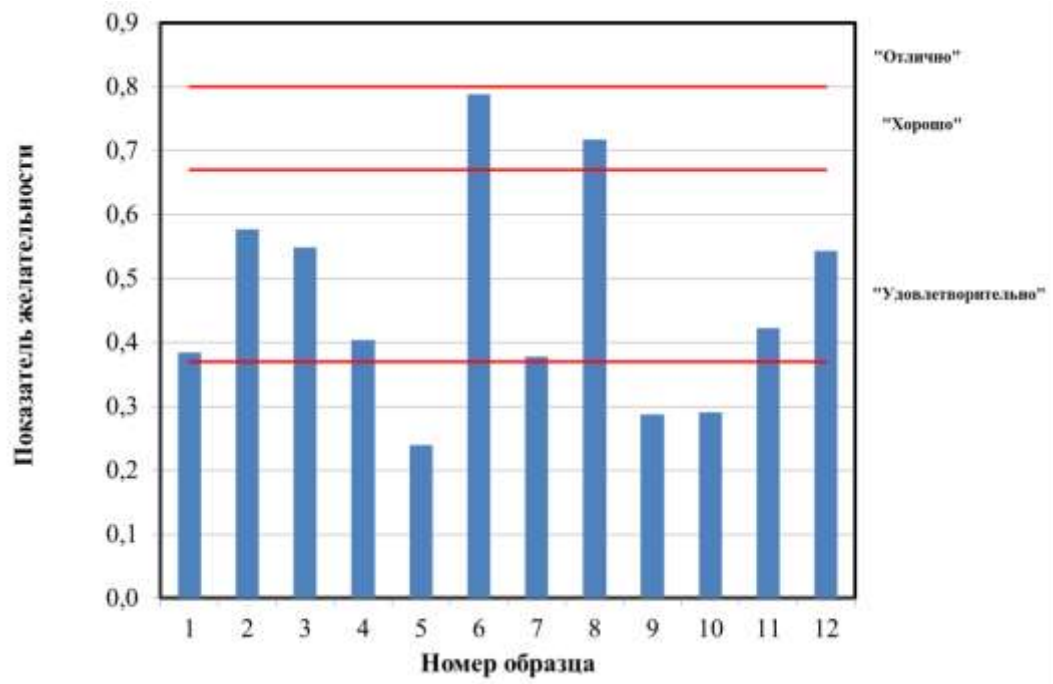


Рисунок 5.25 - Гигроскопичность образцов

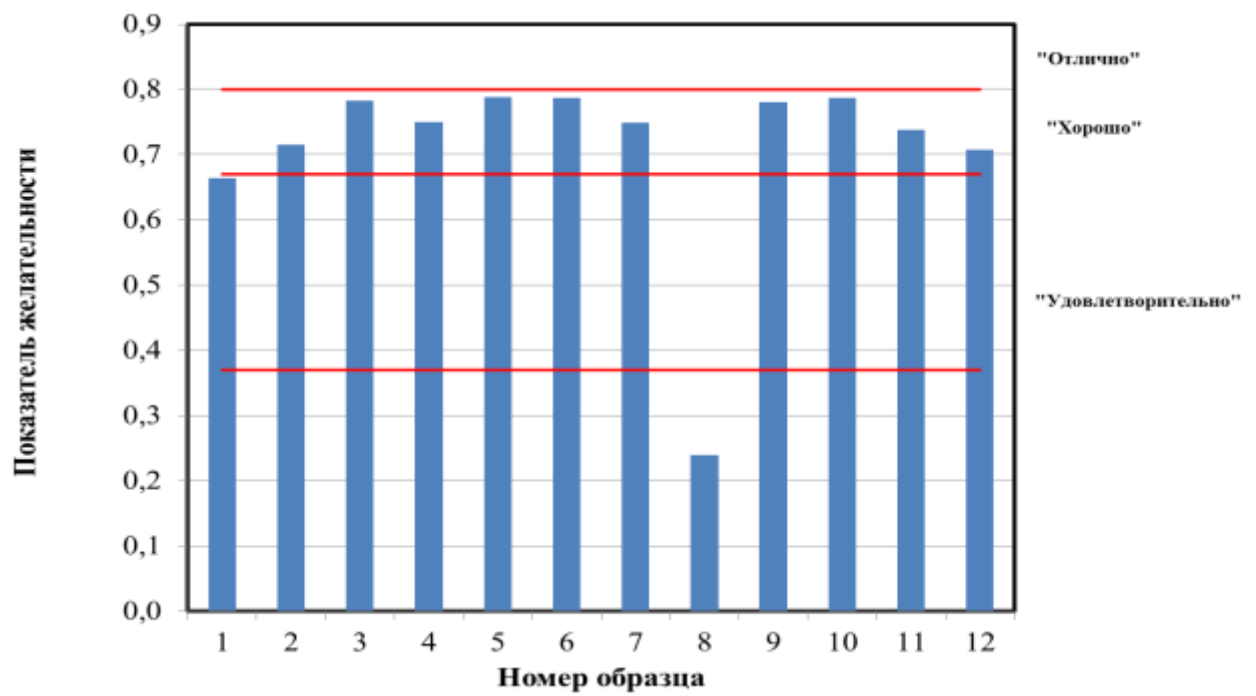


Рисунок 5.26 - Водопоглощение образца

В таблице 5.10 приведены градации качества образцов по 5-ти балльной шкале.

Градация качества	Показатель желательности, d
«Отлично» - 5	$\geq 0,80$
«Хорошо» - 4	$\geq 0,63$
«Удовлетворительно» - 3	$\geq 0,37$
«Плохо» - 2	$< 0,37$

Пятибалльная шкала предусматривает не достаточно точную оценку по градациям качества, так как интервал варьирования баллов составляет 1. Для более точной оценки проведем пересчет уровней качества показателей желательности в балльные оценки с меньшим интервалом варьирования. Для установления уравнения корреляционной зависимости построим график зависимости баллов от показателей желательности. Таким образом, можно получить баллы с точностью до десятых единиц, что позволит оценить качество образцов с более высокой точностью.

Для определения градаций качества с более точной 5-ти балльной шкалой, построим график зависимости баллов от показателей желательности (рисунок 5.27). На графике точками обозначены точки с координатами: x – показатели желательности, y – баллы. Для этого каждый интервал, соответствующий градациям качества, был разделен на 10 равных частей.

В таблице 5.11 приведены баллы с учетом более точной градации.

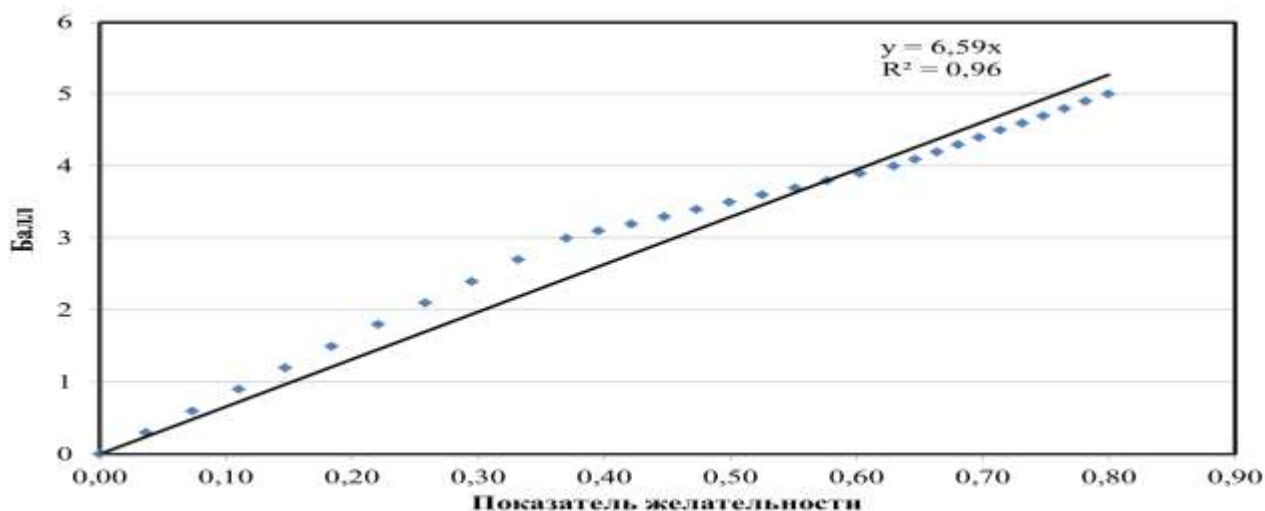


Рисунок 5.27 - График зависимости градаций качества от баллов

Таблица 5.10 - Градации качества образцов

Но- мер об- раз- ца	Тол- щина	Раз- рывная нагруз- ка по длине	Разрывная нагрузка по ши- рине	Разрыв- ное удли- нение по длине	Разрывное удлинение по ширине	Раздира- ющая нагрузка по длине	Раздираю- щая нагрузка по ширине	Суммарное тепловое сопротив- ление	Возду- хопро- ницае- мость	Паро- про- ница- емость	Гиг- роскп ич- ность	Во- допо- гло- ще- ние
1	3	4	4	4	4	3	3	3	4	4	3	3
2	3	3	4	3	3	2	2	3	3	4	3	4
3	4	4	3	3	4	2	3	4	3	3	3	4
4	2	2	3	4	3	2	2	3	3	2	3	4
5	2	4	3	3	4	2	2	3	3	3	2	4
6	4	3	3	3	4	4	4	3	2	2	4	4
7	4	3	2	3	4	3	3	4	3	4	3	4
8	4	4	3	2	2	5	5	3	5	3	4	2
9	4	4	3	3	2	4	4	3	2	4	2	4
10	4	3	3	2	3	4	4	4	2	4	2	4
11	3	3	2	4	4	2	3	3	3	2	3	4
12	4	4	3	4	4	4	4	2	3	3	3	4

Таблица 5.11 - Градации качества образцов

Но- мер об- раз- ца	Тол- щина	Раз- рывная нагруз- ка по длине	Разрывная нагрузка по ши- рине	Разрыв- ное удли- нение по длине	Разрывное удлинение по ширине	Раздира- ющая нагрузка по длине	Раздираю- щая нагрузка по ширине	Суммарное тепловое сопротив- ление	Возду- хопро- ницае- мость	Паро- про- ницае- мость	Гиг- роско- ско- пич- ность	Во- допо- гло- ще- ние
1	3,0	4,6	4,5	5,0	5,0	2,8	2,8	4,0	5,1	4,6	2,5	4,4
2	4,3	4,3	5,2	4,4	4,2	1,8	2,4	4,3	4,4	5,0	3,8	4,7
3	4,5	4,9	3,4	3,6	4,5	1,9	2,5	4,0	4,2	3,2	3,6	5,2
4	2,2	1,6	3,6	5,2	2,7	1,6	1,6	4,6	3,9	1,6	2,7	4,9
5	1,6	4,8	3,0	4,3	5,2	1,6	1,6	3,3	4,1	3,2	1,6	5,2
6	5,2	3,8	3,0	3,6	4,8	4,8	5,2	3,6	2,3	1,6	5,2	5,2
7	4,5	2,5	1,6	4,1	4,7	3,9	4,1	4,0	4,0	4,6	2,5	4,9
8	4,7	4,5	3,4	2,4	2,0	4,5	4,9	5,2	5,2	3,2	4,7	1,6
9	5,1	4,7	3,9	3,7	1,6	5,2	5,1	3,8	1,6	4,6	1,9	5,1
10	5,1	4,1	3,2	1,6	3,2	4,7	4,9	4,4	1,6	5,2	1,9	5,2
11	4,3	4,0	1,9	4,6	5,2	2,1	2,8	4,3	3,6	1,6	2,8	4,9
12	4,6	5,2	3,1	4,7	5,1	4,8	5,2	1,6	3,6	3,2	3,6	4,7

Таким образом, можно отметить, что используя данную методику расчета можно оценить готовую продукцию по различным показателям и тем самым определить наиболее вероятную область применения данных образцов.

Выводы по главе 5

1. Предложена круговая диаграмма распределения единичного показателя на свойства готовой продукции.
2. Круговая диаграмма позволяет оценить влияние каждого показателя на совокупный продукт, тем самым моделировать изменение свойств готовой продукции исходя из условий эксплуатации и области применения.
3. Установлена весомость и определены уровни качества каждого показателя рассматриваемых образцов.
4. По результатам расчета итоговой оценки уровней качества наилучшими образцами являются образцы 8, 9, 1, а наихудшими 4, 11.
5. Расчеты градации уровней качества в 5 пятибалльной системе позволили оценить образцы 1 и 8 на «отлично», тогда как образцы 3, 4, 5, 7, 11 нуждаются в доработке.
6. Расчет комплексной оценки показателей качества по средней арифметической, средней геометрической и средней гармонической показал, что наилучшим образцом является образец 8, а наихудшим образец 11.
7. Расчет комплексной оценки на основе функции желательности позволяет определить область применения рассматриваемых образцов.
8. В случае необходимости сохранения повышенных тепловых и прочностных свойств в сочетании с воздухопроницаемостью, наилучшим будем образец 8, так как у него по данным показателям наивысшие баллы. Образец можно рекомендовать для изготовления обуви для климатических поясов с пониженными температурами.
9. Образец 12 обладает низким тепловым сопротивлением, но высокой прочностью по длине. Низкая прочность по ширине компенсируется высокой рас-

тяжიმостью. Обувь с таким утеплителем рекомендуется для более теплых климатических поясов.

10. При выборе области применения с необходимостью высокой растяжимости и проницаемости материалов рекомендуется использовать образец 1.

11. Образец 6 рекомендуется использовать в условиях, где важна толщина образцов, высокая гигроскопичность и водопоглощение. Например, в качестве утеплителя обуви специального назначения, защищающей от ударов. В этом случае утеплитель выполняет функцию демпфера.

12. Образцы 4 и 11 не рекомендуется использовать из-за низкой прочности и паропроницаемости.

ОБЩИЕ ВЫВОодЫ ПО РАБОТЕ

1. Предложено решение рационального использования регенерированного сырья из различных видов натуральных и химических волокон при изготовлении утепляющих нетканых материалов.

2. Разработана технология получения многослойных утепляющих нетканых материалов с различным сочетанием компонентов, включающих первичные и вторичные натуральные и химические волокна в различном процентном соотношении.

3. Исследования физико-механических свойств рассматриваемых пакетов материалов позволили выявить образцы, обладающие высокими механическими, теплофизическими свойствами, а также воздухопроницаемостью и гигроскопичностью. Так наименьшей воздухопроницаемостью обладают термоскрепленные нетканые полотна ПТ1000,1200, также они обладают наименьшей гигроскопичностью, а наибольшей воздухопроницаемостью и гигроскопичностью обладают образцы ВИ 500, 700, 850.

4. Разработана методика определения теплоизоляционных свойств утепляющих нетканых материалов в зависимости от разности температур на внутренней и внешней поверхностях образцов.

5. Получены теплофизические характеристики различных многослойных нетканых материалов, позволяющие оценить свойства полотна в зависимости от изменения температуры окружающей среды в интервале от -25 °С до +5 °С.

6. Установлено, что образцы, состоящие из нескольких слоев нетканых материалов различной толщины и металлизированной пленки, имеют более низкую динамику охлаждения, что способствует более долгому сохранению заданной температуры в готовом изделии.

7. Разработана методика комплексной оценки, позволяющая оценить влияние совокупности единичных показателей на качество нетканых материалов, что позволяет определить область применения готовой продукции.

8. На основании полученных экспериментальных результатов даны рекомендации по оптимальному подбору разработанных нетканых материалов в соответствии с требованиями условий эксплуатации.

9. Проведена и подтверждена производственная и эксплуатационная проверка применяемых нетканых материалов для изготовления утепляющих стелек.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сергеевков А.П., Корягин В.И. Нетканые материалы на пути прогресса. Сборник научных трудов. Актуальные проблемы проектирования и технологии нетканых материалов. М.: МГТУ им.А.Н.Косыгина, 2010.- 112 с.
2. Анисимова В.А., Болоненко Н.Е., Бондарчук М.М. Инновационные разработки компании DILOGROUP в области иглопробивного оборудования. Сборник научных трудов международной научной конференции, посвященной 110-летию со дня рождения проф. А.Г.Севостьянова. Ч.1., М.: РГУ им. А.Н.Косыгина, 2020. С.49-52.
3. Мухамеджанов Г.К., Тюменев Ю.Я. К вопросу о классификации и терминологии нетканого технического текстиля. Ж. Технический текстиль. №13, 2006.
4. Мухамеджанов Г.К. Новые отечественные нетканые материалы для промышленного применения и спецодежды. Ж. Технический текстиль. №14, 2006.
5. Мезенцева Е., Иванов В. 2020: Нетканые материалы прогноз для легпрома. Ж. Вестник текстильлегпрома. 2020 С. 68-73.
6. Оборудование и технологии производства нетканых материалов в России и за рубежом. Ж. Технический текстиль. №37, 2017. С.18-24.
7. Рыбакова О.Н. Оценка и моделирование формовочных свойств верха обуви и войлока. Дис... канд. техн. наук.- МГУДТ 2009
8. Кирюхин С. М., Шустов Ю.С. Текстильное материаловедение. – М.: КолосС, 2011. – 360 с.
9. Братченя Л.А., Толочкова О.Н. Современные достижения в производстве нетканых материалов для обувной промышленности. Сборник научных трудов. Актуальные проблемы проектирования и технологии нетканых материалов. М.: МГТУ им.А.Н.Косыгина, 2010.- 112 с.

10. Особенности защиты человека от воздействия низких температур: монография [текст] / В.Т. Прохоров и др.; под общей редакцией проф. В.Т. Прохорова. – Шахты: издательство ГОУ ВПО «ЮРГУЭС», 2008.- 316 с.
11. Климанова Н.А., Микрюкова О.Н., Ковалева Н.Е., Бесшапошникова В.И., Кирсанова Е.А. Разработка классификации современных утепляющих материалов на основе анализа ассортимента. Ж. Дизайн и технологии. №69, 2019. С.65-71
12. Петрова И.Н., Андросова В.Ф. Ассортимент, свойства и применение нетканых материалов. М.: Легпромиздат, 1991.
13. Осина Т.М. Разработка пакетов материалов для защиты стопы от воздействия низких температур. Автореферат дис... канд. техн. наук.- Казань, 2012.- 17 с.
14. Рыкова Е.С., Медведева О.А. Концепция формообразующих принципов в системе «человек-обувь-окружающая среда». Ж. Дизайн и технологии. №72, 2019. С.34-39.
15. Михайлова И.Д. Разработка метода обоснования выбора пакетов материалов обуви для защиты стопы от воздействия низких температур. Дис... канд. техн. наук. Шахты. 2006. 195 с.
16. Иванова М.Н. Формирование свойств пакетов материалов для повышения комфортности обуви. Дис... докт. техн. наук. Ленинград. ЛИТЛП. 1983. 375 с.
17. Молчанов В.В. Проект по выводу на рынок утеплителей нового поколения отечественного производства. Научно-производственное партнерство: Взаимодействие науки и текстильных предприятий и новые сферы применения текстиля. Москва. 2018. С.133-143.
18. Леденева И.Н. Обувь и материалы с хаотичной структурой: перспективы улучшения эргономических характеристик. Сборник трудов. Современные инженерные проблемы в производстве товаров народного потребления. Москва. РГУ им. А.Н.Косыгина. 2019. Ч.1. С 87-93

19. Зарицкий Б.П., Леденева И.Н., Гинзбург Л.И. Оптимальный выбор пакетов материалов для повышения формоустойчивости обуви из войлока. Ж Дизайн и технологии. 2016. №55. С. 28-32.
20. Трещалин М.Ю. Трещалин Ю.М. Нетканые материалы на основе химических волокон и короткого льняного волокна. Ж. Известия вузов Технология текстильной промышленности. 2019. №6. С.51-55.
21. Немирова Л.Ф., Литунов С.Н., Ташпулатов С.Ш., Муминова У.Т., Жолисбаева Р.О. Исследование свойств нетканых полотен вязально-прошивного способа производства, содержащих в своем составе модифицированные волокна льна. Ж. Известия вузов Технология текстильной промышленности. 2019. №6. С.182-185.
22. Семенова А.Н. Исследование свойств валяной обуви, содержащей синтетические волокна. Дис... канд. техн. наук.- МТИЛП, 1974.
23. Мертвищев Ю.И. Использование химических волокон в валяльно-войлочном производстве. М.: «Легкая индустрия», 1967.
24. ГОСТ 28748. Полотна нетканые махровые. Общие технические требования.
25. Полотна вязально-прошивные хлопчатобумажные и смешанные бытового назначения. Определения сортности.
26. Лысова М.А. Развитие методов проектирования и оценивания качества нетканых полотен бытового назначения. Дис... канд. техн. наук.- Кострома, КГТУ, 2013
27. Бессонова Н.Г., Жихарев А.П. Теплофизические свойства материалов для изделий легкой промышленности. – ИИЦ МГУДТ, 2007. – 118 с.
28. Якутина Н.В. Исследование свойств модифицированных льняных тканей, обеспечивающих улучшение гигиенических и экологических показателей. Дис... канд. техн. наук.- М.: МГУДТ, 2015
29. Тимошин Ю.А. Разработка трикотажных и нетканых волокнистых материалов с антибактериальными свойствами Дис... канд. техн. наук.- Казань. 2014

30. Ермаков В.Ю. Разработка технологии многослойных регенерируемых фильтровальных нетканых материалов для очистки воздуха. Дис... канд. техн. наук.- МГТУ. 2008
31. Мурашов В.Е. Разработка ресурсосберегающей технологии иглопробивного нетканого материала из термостойких волокон. Дис... канд. техн. наук.- МГТУ. 2008
32. Замышляева В.В. Разработка методов оценки и исследование формоустойчивости клеевых соединений одежды. Дис... канд. техн. наук.- КГТУ. 2013
33. Бартенев Г.М. Тепловые свойства и методы измерения теплового расширения, теплоемкости и теплопроводности полимеров. М.: Легкая индустрия. 1963.- 64 с.
34. Белоусов В.П. Теплозащитные свойства обуви. М.: Легкая индустрия. 1982. – 234 с.
35. Жихарев А. П. Разработка методов и исследование материалов для одежды и обуви в широком интервале температур. Автореф....дисс. канд. наук. М.: МТИЛП. 1980.- 24 с.
36. Бессонова Н.Г. Разработка методов и исследование теплофизических свойств текстильных материалов и пакетов при действии влаги и давления. Автореф....дисс. канд. наук. М.: МГУДТ. 2005.- 24 с.
37. Бузов Б.А., Никитин А.А. Исследование материалов для одежды в условиях пониженных температур. М.: Легпромиздат, 1985. – 221 с.
38. Вишневский С.А. Разработка методов определения, исследования и прогнозирования теплопереносных свойств обувных материалов. Дисс... канд. техн. наук. Каунас. 1994.- 184 с.
39. Жихарев А.П. Развитие научных основ и разработка методов оценки качества материалов для изделий легкой промышленности при силовых, температурных и влажностных воздействиях. Дисс... докт. техн. наук. М.: МГУДТ 2004.- 374 с.
40. Лебедева Л.Д., Кедров Л.В. Определение теплозащитных свойств обуви. Ж. Кожевенно-обувная промышленность. 1975. № 3. С. 53-55.

41. Янкевич В.И. Перенос тепла через воздухопроницаемые материалы. Ж. Известия вузов. Технология легкой промышленности. 1971. №1. С. 104-108.
42. Петропавловский Д.Г., Рыков С.П. К вопросу о выборе эффективных показателей деформационных свойств обувных материалов. Сборник научных трудов посвященных 75-летию кафедры материаловедения и товарной экспертизы. М.: РГУ им. А.Н.Косыгина, 2019. – С.112-115.
43. Филиппов А.Д, Шустов Ю.С., Курденкова А.В., Буланов Я.И. Исследование механических свойств нетканых материалов для обуви. Сборник научных трудов международного научно-технического симпозиума «Современные инженерные проблемы в производстве товаров народного потребления» Международного Косыгинского Форума «Современные задачи инженерных наук». М. РГУ им.А.Н.Косыгина, 2019. Часть 2. С. 162-167.
44. Белицкая О.А. Анализ перспективности разработки обуви со специальными защитными свойствами. Современные инженерные проблемы в производстве товаров народного потребления. М.: РГУ им. А.Н.Косыгина, 2019. Часть 1. С. 25-29.
45. Разбродин А.В. Исследование термического сопротивления и тепловой расчет стеганых одеял с различными наполнителями. Автореф....дисс. канд. наук. М.: МГТУ им. А.Н.Косыгина. 2006.- 20 с.
46. Колесников П.А. Основы проектирования теплозащитной одежды. М.: Легкая индустрия. 1971, 112 с.
47. Андреев Д.А. Научное обоснование комплекса показателей для гигиенической оценки современных текстильных изделий детского ассортимента. Дис. канд. мед. наук. - М: РАМН. 2004. - 150 с.
48. Давыдов А.Ф., Демократова Е.Б., Елазили Е.И. Разработка методики определения паропроницаемости нетканых объемных утеплителей из синтетических волокон. // Химические волокна №3. - 2013. - С. 38-40.
49. Дедов А.В. Водно- и воздухопроницаемость иглопробивного материала. // Химические волокна №5. - 2008. - С. 47-49.

50. Луньков М.А., Куличенко А.В. Оценка паропроницаемости текстильных материалов. // Дизайн. Материалы. Технология. № 2(3). – 2007. – С. 122 – 126.
51. Моксина А.Е., Светлов Ю.В. Термовлажностные свойства хлопковых и шерстяных тканей, содержащие химические волокна// Химические волокна №1. - 2014. - С. 52-56.
52. Нечушкина Е.А. Разработка метода прогнозирования паропроницаемости текстильных материалов: Дис... канд. тех. наук. М.: МГУДТ, 2010. – 226 с.
53. Кокина Д. С. Совершенствование процесса и методов проектирования одежды сотрудников отряда специального назначения: Дис... канд. тех. наук. М.: РГУ им. А.Н.Косыгина, 2019. – 264 с.
54. Молькова И.В. Разработка пакетов материалов для одежды специального назначения и исследование их теплозащитных свойств. Дис. ... канд. техн. наук – Иваново, ИГТУ. 2004
55. Сорокина Д. Н. Разработка и исследование специальной теплозащитной одежды с теплоаккумулирующим материалом. Дис. ... канд. техн. наук - Шахты, 2012.- 178 с.: ил.
56. Лебедева Е. О. Исследование и разработка пакета специальной теплозащитной одежды с повышенной устойчивостью к ветру Дис. ... канд. техн. наук - Шахты, 2006. - 217 с.
57. Obendorf S.R., Smith J.P. Heat Transfer Characteristics of Nonwoven Insulating Materials // Journal of the Textile Institute. 1986. Vol.56. No.11. P. 691-696.
58. Делль Р.А., Афанасьева Р.Ф., Чубарова З.С. Гигиена одежды. М.: Лег-промбытиздат. 1991. 160 с.
59. Замотаев н.п. Теплофизические характеристики влажных тканей и пакетов одежды. Дис... канд. тех. наук. Иваново. ИГТА. 1967.
60. Колесников П.А., Лейбман Е.Я. Влияние воздухопроницаемости материалов и пакетов одежды при различной скорости ветра на их тепловое сопротивление. Труды ЦНИИШП. 1966. Сб.14. С.112-124.
61. Lamb G.E.R. Heat and Water Vapor Transport in Fabrics Under Ventilated Condition//Textile Research Journal. 1992.Vol.62. No. 7. P.387-392.

62. Stuart I. M., Denby E,F, Wind Induced Transfer of Water and Heat Through Clothing// Textile Research Journal. 1983.Vol.53. No. 11. P.655-660.

63. Литвиненко Г.Е. Изменение теплозащитных свойств в пакетах одежды под влиянием влажности окружающей среды. Дис... канд. техн. наук.- Киев. КТИЛП. 1976

64. Дерябина А.И., Лисиенкова Л.Н. Исследование теплового сопротивления нетканых материалов при циклическом сжатии. Ж. Известия вузов Технология текстильной промышленности №2. 2017. С. 189-192.

65. Текстильное материаловедение: лабораторный практикум. Под редакцией Шустова Ю.С. и др.- М.:ИНФРА-М, 2016. – 341 с.

66. Рыкова Е.С., Медведева О.А. Концепция формирующих принципов в системе «человек-обувь-окружающая среда». Ж.Дизайн и технологии» 2019. №72. С.34-38

67. Абрамов А.В. Развитие научных основ и разработка методов оценки эксплуатационной эффективности теплозащитной одежды для людей с ограниченными возможностями. Дисс... докт. техн. наук. – Кострома. КГУ. 2017.

68. 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 – М. РГУ, 2019.

69. Патент на изобретение РФ 2637354 Текстильный многослойный материал для верхней части зимних сапог /Алексеев Г.А., Родовниченко С.П., Филиппов Д.И. – заяв.02.08.2016, опубл. 04.12.2017. бюл.№34

70. ГОСТ Р 29104.4-91. Ткани технические. Методы определения разрывной нагрузки и удлинение при разрыве.

71. Филиппов А.Д. Исследование механических свойств нетканых материалов различного волокнистого состава. Сборник научных трудов Международной научной конференции, посвященной 110 – летию со дня рождения проф. А.Г.Севостьянова. Часть 2 – М.: РГУ им. А.Н.Косыгина, 2020. С.38-41

72. Афанасьева Р.Ф. Гигиенические основы проектирования одежды для защиты от холода. М.: Легкая индустрия, 1977.-136 с.

73. Oplib.ru/random/view/1252056/ Характеристики теплофизических свойств текстильных материалов
74. Луканин В.Н., Шатров М.Г. и др. Теплотехника. М.: Высшая школа, 2002. - 671 с.
75. Cropper P. C. Simulating the effect of complex indoor environmental conditions on human thermal comfort [Text] / T. Yang, M. J. Cook, D. Fiala, R. Yousaf // Conference «Building Simulation Eleventh International», – 2009, – P. 1367-1373.
76. Farrington R.B. Use of a Thermal Manikin to Evaluate Human Thermoregulatory Responses in Transient, Non-Uniform, Thermal Environments [Text] / R.B. Farrington, P. Rugh, D. Bharathan, R. Burke // SAE International, – 2004, – 8p.
77. Holopinen R. A human thermal model for improved thermal comfort [Text] / R. Holopinen // Kuopio, – 2012, – 150 P.
78. Корнюхин И.П., Кононов А.М., Дульнев С.Г., Короткова Н.А. Экспериментальное определение коэффициента теплопроводности текстильных материалов // Известия вузов. Технология легкой промышленности. 1990. №2 С.25-28.
79. Гущина К.Г. и др. Эксплуатационные свойства материалов для одежды и методы оценки их качества. – М.: Легкая и пищевая промышленность. 1984. 312 с.
80. Жихарев А.П., Петропавловский Д.Г., Кузин С.К., Мишаков В.Ю. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности.- М.: Академия. 2004. 448 с.
81. Янкевич В.И. Перенос тепла через воздухопроницаемые материалы. Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 1971. №1. С.104-108.
82. Филиппов А.Д., Шустов Ю.С. Исследование тепловых свойств утепляющих материалов для обуви. Сборник научных трудов посвященных 75-летию кафедры материаловедения и товарной экспертизы. М.: РГУ им. А.Н.Косыгина, 2019. – С.54- 61.
83. ГОСТ 15467 Управление качеством продукции. Основные понятия, термины, определения.

84. Соловьев А.Н., Кирюхин С. М. Оценка качества и стандартизация текстильных материалов. - М.: Изд-во «Легкая индустрия», 1974 – 248 с.
85. Соловьев А.Н., Кирюхин С.М. Оценка и прогнозирование качества текстильных материалов – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 215 с.
86. Всеобщее управление качеством: учебник для вузов / О. П. Глудкин, Н. М. Горбунов, А. И. Гуров, Ю. В. Зорин; под ред. О. П. Глудкина. – М.: Радиои-связь, 1999. – 600 с.
87. Rampersad, H. K. Total Quality Management: An Executive Guide to Continuous Improvement. – Berlin-Heidelberg: Springer Verlag, 2001. – 190 p.
88. Управление качеством. Том 1. Основы обеспечения качества; под об-щей ред. проф. В. Н. Азарова – М.: МГИЭМ, 1999. – 326 с.
89. Управление качеством. Том 2. Принципы и методы всеобщего руко-водства качеством; под общей ред. проф. В. Н. Азарова – М.: МГИЭМ, 2000. – 356 с.
90. Лapidус, В. А. Всеобщее качество (TQM) в российских компаниях. – М.: ОАО «Типография «Новости», 2000. – 432 с.
91. Ishikawa K. Guide to Quality Control. Tokyo, Asian Productivity Organi- zation, 1976.
92. Ishikawa K. What is Total Quality Control? The Japanese Way. London, Prentice Hall, 1985.
93. Исикава К. Японские методы управления качеством / Сокр. пер. с англ. / Под. Ред. А. В. Гличева. — М: Экономика, 1988. – 214 с.
94. Федюкин В. К. Управление качеством процессов / СПб.: Питер, 2005. – 202 с.
95. Свиткин, М. З., Мацута, В. Д., Рахлин, К. М. Менеджмент качества и обеспечение качества продукции на основе международных стандартов ИСО. – СПб.: Изд-во СПб картфабрика ВСЕГЕИ, 1999. - 403 с.
96. Фокс, М. Дж. Введение в обеспечение качества: Модуль RRC № 415 d; пер. с англ. под общей ред. проф. В. Н. Азарова – М.: Фонд «Европейский центр по качеству», 1999. – 108 с.

97. Фокс, М. Дж. Принципы и методы всеобщего руководства качеством. Модуль RRC № 416 с; пер. с англ. под общей ред. проф. В. Н. Азарова – М.: Фонд «Европейский центр по качеству». 1999. – 142 с.
98. Адлер, Ю. П., Полховская, Т. М., Нестеренко, П. А. Управление качеством (Часть 1. Семь простых методов): учебное пособие. – М.: Стандарты и качество, 2001. – 170 с.
99. Статистические методы повышения качества; под ред. Хитоси Кумэ; пер. с англ. и дополнение Ю. П. Адлера, Л. А. Конаревой — М.: Финансы и статистика, 1990. — 304 с.
100. Шиндовский, Э., Шюрц, О. Статистические методы управления качеством: Контрольные карты и планы контроля. – М.: Мир, 1976. – 597 с.
101. Асгальдов Г.Г., Райхман Э.П. Комплексная оценка качества продукции. // Измерение качества продукции. Вопросы квалитметрии / под редакцией проф. Гличева А.В. // М., Издательство стандартов, 1971, с. 46-68.
102. Варковецкий М.М. Количественные измерения качества продукции в текстильной промышленности. // М., Легкая индустрия, 1976,- с. 104.
103. Войтоловский В.Н., Окрепилов В.В. Управление качеством и сертификация в промышленном производстве. СПб. Из-во СПбТУЭФ, 1992, - с.165.
104. Мавряшин А. А. Разработка метода сравнительной оценки качества и надежности плащевых тканей. Дис... канд. тех. наук. М.:, МГУТУ им. К.Г.Разумоского, 2013.- 198 с.
105. Шор Я.Б. Статистические методы оценки качества продукции. Сборник «Измерение качества продукции». М. Изд-во Стандарты, 1971.- 215 с.
106. Чернышева Г.М. Разработка методов оценки качества и надежности льняных и полульняных парусин. Дис... канд. тех. наук. Москва. МГТУ. 2006.

Приложения

Заправочные параметры выработки экспериментальных образцов

В рамках данной работы было выработано двенадцать экспериментальных образцов теплоизолирующих материалов, различающихся волокнистым составом, толщиной, поверхностной плотностью, количеством и комбинацией слоев. В качестве примера приведены заправочные характеристики некоторых образцов.

Структурные показатели экспериментальных образцов.

Образец 1 (11) (650/06).

1 слой: спанбонд.

2 слой: металлизированная пленка (далее МП).

3 слой: войлок иглопробивной ВИ-200 (П/Э).

4 слой: металлизированная пленка (далее МП).

5 слой: войлок иглопробивной ВИ-450/06 (П/Ш).

Образец 2 (12) (900).

1 слой: сетка трикотажная.

2 слой: металлизированная плёнка (далее МП).

3 слой: войлок иглопробивной ВИ – 400 (П/Э).

4 слой: металлизированная плёнка (далее МП).

5 слой: войлок иглопробивной ВИ – 500 (П/Ш).

Образец 3 (4).

1 слой: металлизированная пленка (далее МП).

2 слой: войлок иглопробивной ВИ(РВ) – 350.

Образец 4 (7).

1 слой: войлок иглопробивной ВИ-350 (ПШ).

2 слой: металлизированная пленка (далее МП).

3 слой: войлок иглопробивной ВИ-350 (П/Ш).

Образец 5 (5).

1 слой: металлизированная пленка (далее МП).

2 слой: войлок иглопробивной ВИ-350 (Ч/Ш).

Волокнистый состав образцов и характеристики слоев комбинированного материала.

Образец 1.

1 – слой: спанбонд 100 % ПЭ 20гр/м².

2 – слой: металлизированная пленка ПЭ-П-СП 40х1600 толщиной 40 мкм и поверхностной плотностью 40 г/м², на которую в условиях вакуума нанесено покрытие из алюминия.

3 – слой: войлок иглопробивной ВИ – 200 (П/Э):

- состав: п/э волокно 7De*64mm Normal A (белое) - 100 %;

- цвет – белый;

- поверхностная плотность - 200 г/м².

4 – слой: металлизированная пленка ПЭ-П-СП 40х1600 толщиной 40 мкм и поверхностной плотностью 40 г/м², на которую в условиях вакуума нанесено покрытие из алюминия.

5 – слой: войлок иглопробивной ВИ – 450 (П/Ш):

- состав: п/э волокно 4De*51mm LM 110C TI Корея - 6 %;

шерсть свалок светлый (отходы Пушкинского текстиля) - 60 %;

п/э волокно 7De*64mm Normal A (белое) = 34 %;

- поверхностная плотность - 450 г/м².

Образец 2.

1 – слой: основовязаная трикотажная сетка арт. K95-160 поверхностной плотностью 80 г/м² из полиэфирных нитей.

2 – слой: полиэтиленовая плёнка ПЭ-П-СП 40х1600 толщиной 40 мкм и поверхностной плотностью 40 г/м², на которую в условиях вакуума нанесено покрытие из алюминия.

3 – слой: войлок иглопробивной ВИ – 400 (П/Э):

- состав: п/э волокно 7De*64mm Normal A (белое) - 100 %;

- цвет – белый;

- поверхностная плотность - 400 г/м^2 .

4 – слой: полиэтиленовая плёнка ПЭ-П-СП 40х1600 толщиной 40 мкм и поверхностной плотностью 40 г/м^2 , на которую в условиях вакуума нанесено покрытие из алюминия.

5 – слой: войлок иглопробивной ВИ – 500 (П/Ш):

- состав: шерсть свалок светлый (отходы Пушкинского текстиля) - 60 %,

п/э волокно 7De*64mm Normal A (белое) - 40 %;

- цвет – светлый;

- поверхностная плотность - 500 г/м^2 .

Образец 3.

1 – слой: металлизированная пленка ПЭ-П-СП 40х1600 толщиной 40 мкм и поверхностной плотностью 40 г/м^2 , на которую в условиях вакуума нанесено покрытие из алюминия.

2 – слой: войлок иглопробивной ВИ(РВ) - 350

- состав: регенерированное волокно (отходы трикотажного производства) - 100 %;

- цвет не определен;

- поверхностная плотность 350 г/м^2 .

Образец 4.

1 – слой: войлок иглопробивной ВИ-350 (П/Ш)

- состав: очёс троцкий - 60 %;

п/э волокно 7De*64mm Normal A (белое) - 40 %;

- цвет светлый;

- поверхностная плотность 350 г/м^2 .

2 – слой: металлизированная пленка ПЭ-П-СП 40х1600 толщиной 40 мкм и поверхностной плотностью 40 г/м^2 , на которую в условиях вакуума нанесено покрытие из алюминия.

3 – слой: войлок иглопробивной ВИ-350 (П/Ш)

- состав: очёс троцкий - 60 %;

п/э волокно 7De*64mm Normal A (белое) - 40 %;

- цвет светлый;

- плотность 350 г/м².

Образец 5.

1 – слой: металлизированная пленка ПЭ-П-СП 40х1600 толщиной 40 мкм и поверхностной плотностью 40 г/м², на которую в условиях вакуума нанесено покрытие из алюминия.

2 – слой: - войлок иглопробивной ВИ-350 (Ч/Ш)

- состав: очёс троцкий - 80 %;

п/э волокно 7De*64mm Normal A (белое) - 20 %;

- цвет светлый;

- плотность 350 г/м².

Последовательность технологических операций.

1. Сортировка входящего сырья.
2. Составление смеси.
3. Рыхление, смешивание, замасливание.
4. Чесание.
5. Холстоформирование.
6. Иглопробивание (Получение полотна).
7. Соединение слоёв материала методом иглопробива в следующей последовательности:
8. Разбраковка, наматывание в рулоны готового материала.

Последовательность соединения слоёв методом иглопробива.**Образец 1.**

- 1 этап: ВИ – 200 (П/Э) + МП,
- 2 этап: ВИ – 450 (П/Ш) + МП,
- 3 этап: (ВИ – 200 (П/Э) + МП) + (ВИ – 450 (П/Ш) + МП) + Спанбонд.

Образец 2.

- 1 этап: ВИ – 400 (П/Э) + МП,
- 2 этап: ВИ – 500 (П/Ш) + МП,
- 3 этап: (ВИ – 400 (П/Э) + МП) + (ВИ – 500 (П/Ш) + МП) + Сетка трикотажная.

Образец 3.

- 1 этап: ВИ(РВ) – 350+МП.

Образец 4.

- 1 этап: ВИ – 350 (ПШ) + МП,
- 2 этап: (ВИ-350(П/Ш) + МП) + ВИ-350(П/Ш).

Образец 5.

- 1 этап: ВИ – 350(Ч/Ш) + МП.

Оборудование и технологическая оснастка.

1. Щипально-замасливающая машина ЩЗ–140–Ш2.
2. Механизированный лабаз ЛРМ-40.
3. Чёсальная машина Ч-11-200Ш.
4. Преобразователь прочёса ПП - «Русит – 1».
5. Иглопробивной агрегат АССЕЛИН 2500.
6. Браковочный стол.

Таблица 1 - Параметры заправки щипально-замасливающей машины ЩЗ-140-Ш2

Наименование параметров	ЩЗ – 140 –Ш2
Частота вращения главного барабана, мин ⁻¹	194
Линейная скорость, м/мин питающей решетки	8,1
питающих валиков	9,1
Частота вращения ветрянки, мин ⁻¹	720
См. звездочка передачи питающим валикам, зуб.	20
См. шкив передачи ветрянки, мм	148
Разводка между колками питающих валиков и барабана, мм	5
Вес настила на 1 м ² питающей решетки, кг.	1,5
КПВ машины	0,80
Производительность машины, кг/час	815

Таблица 2 - Параметры заправки чесальной машины Ч-11-200Ш

Название узла	Диаметр, (мм)	Обороты, об\мин	Линейная скорость, м\мин
Питание транспортёр	-	-	1,86
Узел питания валы	100	6	1,86
Рабочий вал питание	250	40	31
Гл. Барабан предпрочёса	880	60	165
Рабочие валы предпрочёса	190	9	6
Съёмные валы предпрочёса	110	100	3,5
Вал перегонный	610	200	383
Гл. Барабан прочёса	1240	126	490
1 рабочий прочёса	190	20	12
2 рабочий прочёса	190	19	11
3 рабочий прочёса	190	18	10
4 рабочий прочёса	190	17	9,6
Съёмные валы прочёса	110	400	12
Бегунный вал	320	690	690
Съёмный вал бегуна	80	850	212
Съёмный барабан прочёса	900	9	26

Параметры заправки преобразователя прочеса и иглопробивного агрегата.

Образец 1.

1 этап:

Наработка дублированного материала (ВИ – 200 (П/Э) + МП).

Таблица 3 – Параметры заправки преобразователя прочёса

Наименование параметров	Численное значение
Линейная скорость, м/мин	12,0
Число ходов в минуту, шт	10
Количество сложенных ватки в холстике, шт	10
Поперечный стол, м/мин	5

Таблица 4 – Параметры заправки иглопробивного агрегата

Наименование параметров	Численное значение
Ширина набивки игольницы, м	1,8
Подающий стол, м/мин	5
Вытяжные валы, м/мин	5,2
Глубина прокола, мм	12,0
Количество ударов игольной плиты, уд/мин	500
Иглы DOER 15*18*36*3R30-F333/R-H1202	

2 этап:

Наработка дублированного материала (ВИ – 450 (П/Ш) + МП).

Таблица 5 – Параметры заправки преобразователя прочёса

Наименование параметров	Численное значение
Линейная скорость, м/мин	10
Число ходов в минуту, шт	8
Количество сложенных ватки в холстике, шт	14
Поперечный стол, м/мин	3,6

Таблица 6 – Параметры заправки иглопробивного агрегата

Наименование параметров	Численное значение
Ширина набивки игольницы, м	1,8
Подающий стол, м/мин	3,6
Вытяжные валы, м/мин	3,9
Глубина прокола, мм	14,0
Количество ударов игольной плиты, уд/мин	600
Иглы DOER 15*18*36*3R30-F333/R-H1202	

3 этап:

Наработка пятислойного теплоизоляционного материала для обуви [(ВИ – 200 (П/Э) + МП) + (ВИ – 4500 (П/Ш) + МП) + Спанбонд]

Таблица 7 – Параметры заправки иглопробивного агрегата

Наименование параметров	Численное значение
Ширина набивки игольницы, м	2,2
Подающий стол, м/мин	8,0
Вытяжные валы, м/мин	8,2
Глубина прокола, мм	15,0

Количество ударов игольной плиты, уд/мин	600
Иглы DOER 15*18*36*3R30-F333/R-H1202	

Образец 2.

1 этап:

Формирование нетканого полотна ВИ – 400 (П/Э).

Таблица 8 – Параметры заправки преобразователя прочёса

Наименование параметров	Численное значение
Линейная скорость, м/мин	12,0
Число ходов в минуту, шт	10
Количество сложений ватки в холстике, шт	10
Поперечный стол, м/мин	3,5

Таблица 9 – Параметры заправки иглопробивного агрегата

Наименование параметров	Численное значение
Ширина набивки игольницы, м	1,8
Подающий стол, м/мин	3,5
Вытяжные валы, м/мин	3,9
Глубина прокола, мм	14,0
Количество ударов игольной плиты, уд/мин	900
Число ходов в минуту, шт	14
Количество сложений ватки в холстике, шт	12
Поперечный стол, м/мин	3,5
Иглы DOER 15*18*36*3R30-F333/R-H1202	

Наработка дублированного материала (ВИ – 400 (П/Э) + МП).

Таблица 10 – Параметры заправки иглопробивного агрегата

Наименование параметров	Численное значение
Ширина набивки игольницы, м	1,8
Подающий стол, м/мин	3,5
Вытяжные валы, м/мин	3,9
Глубина прокола, мм	14,0
Количество ударов игольной плиты, уд/мин	600
Иглы DOER 15*18*36*3R30-F333/R-H1202	

2 этап:

Формирование нетканого полотна ВИ – 500 (П/Ш)

Таблица 11 – Параметры заправки преобразователя прочёса

Наименование параметров	Численное значение
Линейная скорость, м/мин	10
Число ходов в минуту, шт	14
Количество сложений ватки в холстике, шт	12
Поперечный стол, м/мин	3

Таблица 12 – Параметры заправки иглопробивного агрегата

Наименование параметров	Численное значение
Ширина набивки игольницы, м	1,8
Подающий стол, м/мин	3,8
Вытяжные валы, м/мин	4,2
Глубина прокола, мм	14,0
Количество ударов игольной плиты, уд/мин	900
Число ходов в минуту, шт	12
Количество сложенных ватки в холстике, шт	12
Поперечный стол, м/мин	3
Иглы DOER 15*18*36*3R30-F333/R-H1202	

Наработка дублированного материала (ВИ – 500 (П/Ш) + МП).

Таблица 13 – Параметры заправки иглопробивного агрегата

Наименование параметров	Численное значение
Ширина набивки игольницы, м	1,8
Подающий стол, м/мин	3,2
Вытяжные валы, м/мин	3,5
Глубина прокола, мм	13
Количество ударов игольной плиты, уд/мин	400
Иглы DOER 15*18*36*3R30-F333/R-H1202	

3 этап: Нарработка пятислойного теплоизоляционного материала для обуви
 [(ВИ – 400 (П/Э) + МП) + (ВИ – 500 (П/Ш) + МП) + Сетка трикотажная]

Таблица 14 – Параметры заправки иглопробивного агрегата

Наименование параметров	Численное значение
Ширина набивки игольницы, м	2,2
Подающий стол, м/мин	8,0
Вытяжные валы, м/мин	8,2
Глубина прокола, мм	16,0
Количество ударов игольной плиты, уд/мин	400
Иглы DOER 15*18*36*3R30-F333/R-H1202	

Образец 3.

1 этап:

Наработка дублированного теплоизоляционного материала для обуви
 (ВИ(РВ) – 350+МП)

Таблица 15 – Параметры заправки преобразователя прочёса

Наименование параметров	Численное значение
Линейная скорость, м/мин	13,0
Число ходов в минуту, шт	12
Количество сложений ватки в холстике, шт	12
Поперечный стол, м/мин	4

Таблица 16 – Параметры заправки иглопробивного агрегата

Наименование параметров	Численное значение
Ширина набивки игольницы, м	1,8
Подающий стол, м/мин	4
Вытяжные валы, м/мин	4,3
Глубина прокола, мм	12,0
Количество ударов игольной плиты, уд/мин	500
Иглы DOER 15*18*36*3R30-F333/R-H1202	

Образец 4.

1 этап:

Наработка дублированного нетканого полотна (ВИ – 350 (П/Ш) +МП).

Таблица 17 – Параметры заправки преобразователя прочёса

Наименование параметров	Численное значение
Линейная скорость, м/мин	13,0
Число ходов в минуту, шт	12
Количество сложений ватки в холстике, шт	12
Поперечный стол, м/мин	4

Таблица 18 – Параметры заправки иглопробивного агрегата

Наименование параметров	Численное значение
Ширина набивки игольницы, м	1,8
Подающий стол, м/мин	4
Вытяжные валы, м/мин	4,3
Глубина прокола, мм	12,0
Количество ударов игольной плиты, уд/мин	500
Иглы DOER 15*18*36*3R30-F333/R-H1202	

2 этап:

Формирование нетканого полотна ВИ – 500 (П/Ш).

Таблица 19 – Параметры заправки преобразователя прочёса

Наименование параметров	Численное значение
Линейная скорость, м/мин	13
Число ходов в минуту, шт	12
Количество сложений ватки в холстике, шт	12
Поперечный стол, м/мин	4

Таблица 20 – Параметры заправки иглопробивного агрегата

Наименование параметров	Численное значение
Ширина набивки игольницы, м	1,8
Подающий стол, м/мин	4
Вытяжные валы, м/мин	4,3
Глубина прокола, мм	11,0
Количество ударов игольной плиты, уд/мин	500
Иглы DOER 15*18*36*3R30-F333/R-H1202	

3 этап:

Выработка трёхслойного теплоизоляционного материала для обуви [(ВИ-350(П/Ш) + МП)+ВИ-350(П/Ш)].

Таблица 21 – Параметры заправки иглопробивного агрегата

Наименование параметров	Численное значение
Ширина набивки игольницы, м	2,2
Подающий стол, м/мин	8,0
Вытяжные валы, м/мин	8,2
Глубина прокола, мм	15,0
Количество ударов игольной плиты, уд/мин	800
Иглы DOER 15*18*36*3R30-F333/R-H1202	

Образец 5.

1 этап:

Наработка дублированного теплоизоляционного материала для обуви (ВИ – 350 (Ч/Ш) + МП).

Таблица 22 – Параметры заправки преобразователя прочёса

Наименование параметров	Численное значение
Линейная скорость, м/мин	13,0
Число ходов в минуту, шт	12
Количество сложений ватки в холстике, шт	12
Поперечный стол, м/мин	4

Таблица 23 – Параметры заправки иглопробивного агрегата

Наименование параметров	Численное значение
Ширина набивки игольницы, м	1,8
Подающий стол, м/мин	4
Вытяжные валы, м/мин	4,3
Глубина прокола, мм	12,0
Количество ударов игольной плиты, уд/мин	500
Иглы DOER 15*18*36*3R30-F333/R-H1202	

ООО «Группа компаний «Русит»



141201, РФ, Московская обл., г. Пушкино, ул. Октябрьская, дом 57,
ЗДАНИЕ/ЛИТ, АДМИН/В, офис 26
ИНН/КПП 5038109736/503801001
ОГРН 1145038009170
Расч/счет 40702810900000107087
в Филиале № 7701 Банка ВТБ (ПАО) г. Москва
БИК 044525745, Корсчет 30101810345250000745
Тел. +7-495-374-73-55
russitppu2004@mail.ru
www.gk-rusit.ru

01.09.2020

Акт о внедрении результатов диссертационной работы Филиппова А.Д.

ООО «ГК «Русит» в данном акте подтверждает внедрение в своей деятельности, методик предложенных в диссертационной работе Филиппова Андрея Дмитриевича на соискание звания кандидата технических наук. В работе «Исследование и разработка методик оценки качества утепляющих нетканых материалов» предложены эффективные методы оценки материалов, позволившие нашей компании более четко предлагать клиентам материалы в наибольшей степени подходящие поставленным целям в техническом задании.

На основе выводов и комплексной оценки материалов было принято решение о разработке коллекции обувных нетканых материалов для разнообразных условий эксплуатации.

Зам. Генерального директора



Толочик В.С.

Общество с ограниченной ответственностью «Олимп»

ИНН 3328018163 Расчетный счет 40702810300000003180 Банк АО
«Владбизнесбанк», г. Владимир к/с 30101810100000000706 БИК 041708706
600009 г. Владимир ул. Северная 38-а ,оф.1.

От 02.10.2020 года

Акт

ООО «Олимп» на основе предложенной методики провело сравнение применяемых волокнистых материалов для обуви. Благодаря полученным результатам были оптимизированы составы полотен что позволило снизить стоимость материалов на 5% при сохранении заявленных требований.

Считаем целесообразным применение методики на нашем предприятии при создании новых видов продукции.

Генеральный директор



Скрипко С.О.

