

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. А.Н.
КОСЫГИНА (ТЕХНОЛОГИИ. ДИЗАЙН. ИСКУССТВО)»



На правах рукописи

Мезенцева Елена Викторовна

**РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ УТЕПЛЯЮЩИХ
НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ИННОВАЦИОННЫХ ВОЛОКОН**

Специальность 05.19.01 – «Материаловедение производств текстильной и легкой
промышленности»

Диссертация

на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук,
доцент Мишаков В.Ю.

Москва 2020

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 4 |
| ГЛАВА 1. АССОРТИМЕНТ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ..... | 9 |
| 1.1. Основные современные принципы теплоизоляции, применяемые для одежды..... | 10 |
| 1.2. Технология инкапсулирования фазопереходных веществ в концепции создания теплоизоляционных материалов..... | 13 |
| 1.3. Конструкционные особенности для повышения теплоизоляционной эффективности одежды..... | 16 |
| 1.4. Использование технологии волокнистой термогенерации при создании теплоизоляционных материалов..... | 21 |
| 1.5. Обсуждение и основные выводы..... | 27 |
| ГЛАВА 2. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ФАКТОРОВ И ВЫБОР ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ДЛЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ..... | 29 |
| 2.1. Построение причинно-следственной схемы Исикавы..... | 29 |
| 2.2. Экспертный метод выбора определяющих показателей качества для нетканых материалов | 33 |
| 2.3. Обсуждение и основные выводы | 44 |
| ГЛАВА 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ..... | 45 |
| 3.1. Обзор и обоснование выбора методик исследования | 45 |
| 3.2. Оценка планирования экспериментальных работ и анализ полученных результатов..... | 47 |
| 3.3 Исследование эргономических показателей | 63 |
| 3.3.1 Современные особенности исследования теплоизоляционных свойств текстильных материалов..... | 63 |
| 3.3.2 Динамические исследования нетканых материалов..... | 64 |

| | |
|---|-----|
| 3.3.3 Анализ теплоизоляционной эффективности нетканых материалов методом расчета интегрального показателя | 70 |
| 3.3.4 Исследование теплоизоляционных свойств нетканых материалов на примере расчета допустимого времени непрерывного пребывания человека на холоде..... | 71 |
| 3.4. Определение структурных характеристик инновационных нетканых материалов..... | 77 |
| 3.5. Обсуждение и основные выводы..... | 83 |
| 4. ОЦЕНКА И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ..... | 85 |
| 4.1. Оценка уровня качества теплоизоляционных нетканых материалов... | 85 |
| 4.2. Контроль качества теплоизоляционных нетканых материалов..... | 91 |
| 4.2.1. Статистические модели контролируемых показателей качества..... | 97 |
| 4.2.2. План непрерывного статистического контроля для теплоизоляционных нетканых материалов..... | 116 |
| 4.3. Обсуждение и основные выводы..... | 119 |
| ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ..... | 121 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗУЮЩИХСЯ СОКРАЩЕНИЙ..... | 123 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ..... | 124 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ..... | 158 |

ВВЕДЕНИЕ

Разработка и производство высокотехнологичных материалов с учетом «Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации», «Стратегии развития Арктической зоны», развития мировых технологий, новых подходов к безопасности труда и качества защитной одежды – актуальная задача [1].

За последние десятилетия произошли значительные изменения в ассортименте теплоизоляционных материалов. Изменился подход и требования к выбору материалов. На смену тяжелой зимней одежде пришли более легкие изделия, где в качестве материалов верха, подкладки и теплоизоляционных слоев используются современные синтетические материалы.

Объект исследования – нетканые материалы, используемые в качестве теплоизоляционного слоя в одежде.

Предмет исследования – качество нетканых материалов.

Целью работы является разработка и исследование нетканых материалов со специальными (высокоэффективными теплофизическими) показателями, а также разработка методологии оценки показателей их качества.

В соответствии с поставленной целью в работе решены следующие задачи:

- 1) спроектированы, разработаны и произведены саморегулируемые нетканые материалы (утеплители), которые способны к адаптивному функционированию в условиях изменяющейся внешней и внутренней среды;
- 2) разработана методология оценки инновационных нетканых материалов;
- 3) осуществлен выбор определяющих показателей качества нетканых материалов;
- 4) определены теплофизические показатели разработанных материалов в условиях моделирования среды;
- 5) разработаны рекомендации по оптимальному использованию, с учетом волокнистого состава, свойств и показателей качества полученных

теплоизоляционных материалов, для создания моделей зимней одежды с учетом экономических показателей и климатических особенностей Российской Федерации;

б) проведена оценка качества и разработаны мероприятия по осуществлению контроля качества исследуемых теплоизоляционных нетканых материалов.

Исследования проводились на кафедрах материаловедения и товарной экспертизы, коммерции и сервиса, в организации индустриального партнера ООО «Термопол», в рамках гранта РФФИ № 19-38-90010.

Методы и технические средства исследования решения задач. В работе использовались методы математической статистики, методы социологического исследования и экспертных оценок, факторного планирования эксперимента. Для оценки качества исследуемых материалов применялся комплексный метод оценки качества.

Исследование свойств и показателей качества инновационных нетканых материалов осуществлялось с помощью прогрессивных стандартизованных методов.

Оценка теплофизических свойств инновационных нетканых материалов проводилась в условиях моделирования среды с учетом влияния комплекса факторов.

При исследовании свойств строения и структуры теплоизоляционных нетканых материалов использовались методы термоанализа, инфракрасной спектроскопии и цифровой трехмерной микроскопии.

В работе использовались графические, расчетные, аналитические средства Microsoft Excel, Microsoft Office, StatSoft, PTC Mathcad, SPSS (IBM), программное обеспечение с элементами искусственного интеллекта на базе платформ Yandex и Google.

Научная новизна: разработаны технические и технологические решения формирования структуры инновационных нетканых материалов на основе современных методик исследования и оценки показателей их качества, в том числе:

- получены уравнения регрессий, позволяющие осуществить подбор оптимальной волокнистой смеси и поверхностной плотности нетканых материалов инновационного волокнистого состава;
- разработан аналитический инструментарий исследования инновационных нетканых материалов;
- получены цифровые модели структуры, позволяющие оценивать уровень изотропности теплоизоляционных нетканых материалов;
- получены инновационные теплоизоляционные нетканые материалы [2, 3 приложение А].

Теоретическая значимость работы заключается в разработке методологии оценки и рационального применения саморегулируемых нетканых материалов в качестве утеплителя одежды.

Практическая значимость работы заключается в:

- использовании разработанной методологии оценки и контроля качества при промышленном выпуске саморегулируемых нетканых материалов с полиакрилатными волокнами (приложение Б, В);
- внедрении разработанного инновационного нетканого материала в качестве теплоизоляционного слоя одежды специального назначения, в том числе комплектов одежды, спальных мешков, используемых экспедициями при исследовании Арктики и Антарктики, освоения космического пространства;
- использовании полученных данных индустриальным партнером – производственной компанией ООО «Термопол» (внесены изменения в действующие технические условия ТУ 8391-002-72922610-05 (приложение Г) и внедрен план непрерывного статистического контроля для цеха термоскрепленных материалов;
- использовании методологии количественной сырьевой оценки при исследовании инновационных нетканых материалов.

Основные положения, выносимые на защиту:

- 1) новые сведения о свойствах и параметрах теплоизоляционных нетканых материалов на основе инновационных волокон;

- 2) обоснование методов оценки и контроля качества теплоизоляционных нетканых материалов с использованием терморегулирующих волокон;
- 3) исследование теплофизических и потребительских свойств нетканых теплоизоляционных материалов с применением инновационных терморегулирующих волокон;
- 4) разработка оптимального волокнистого состава, структуры, технологии производства теплоизоляционных нетканых материалов с использованием терморегулирующих волокон;
- 5) результаты производственной и эксплуатационной апробации разработанных нетканых материалов и изделий из них.

Апробация и реализация результатов работы. Основные положения и результаты исследований по теме диссертации докладывались и обсуждались в рамках проведения ряда международных конференций, форумов, симпозиумов: «Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX-2017-2019)»; «Золотое кольцо»; «3-й международный научно-практический симпозиум – научно-производственное партнерство»; «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2018)»; «Экономические механизмы и управленческие технологии развития промышленности» Международного Косыгинского Форума «Современные задачи инженерных наук» а также в рамках всероссийских конференций и выставок.

Апробация результатов работы осуществлена в поселке Сабетта Ямало-Ненецкого автономного округа на волонтерах сотрудников ОАО «Ямал СПГ» при технической поддержке индустриального партнера ООО «Термопол» (приложение Д).

Публикации. Основные положения диссертационной работы изложены в 24 печатных работах, 10 из них – в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации. Получено 2 патента РФ на изобретение № 2690573 от 02.10.2018 г., № 2702642 от 11.04.19.

Структура работы. Структура диссертации включает введение, четыре главы, выводы по каждой главе, общие выводы, список сокращений, список литературы, приложения (А-У). Основная часть работы представлена на 157 страницах печатного текста и содержит 64 рисунка, 21 таблицу, 105 формул. Список использованной литературы включает 307 библиографических и электронных источников. Приложения включают 17 частей и изложены на 125 страницах.

ГЛАВА 1. АССОРТИМЕНТ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ.

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В России существует ряд секторов, в частности в производстве нетканых текстильных материалов, с многолетней положительной динамикой экономических показателей (рис. 1.1а) [4 – 6].

В 2015 и в 2017 гг. был отмечен значительный рост денежных вложений в технологические инновации и цифровизацию текстильных и швейных производств, за период десятилетнего наблюдения [7 – 19]. Данные представлены на рис. 1.1б. В указанные годы затраты на технологические инновации текстильного и швейного производств вплотную приблизились к значениям до кризисного периода 2007 г. Основная доля вложений прилась на производителей нетканых материалов и специальной одежды.

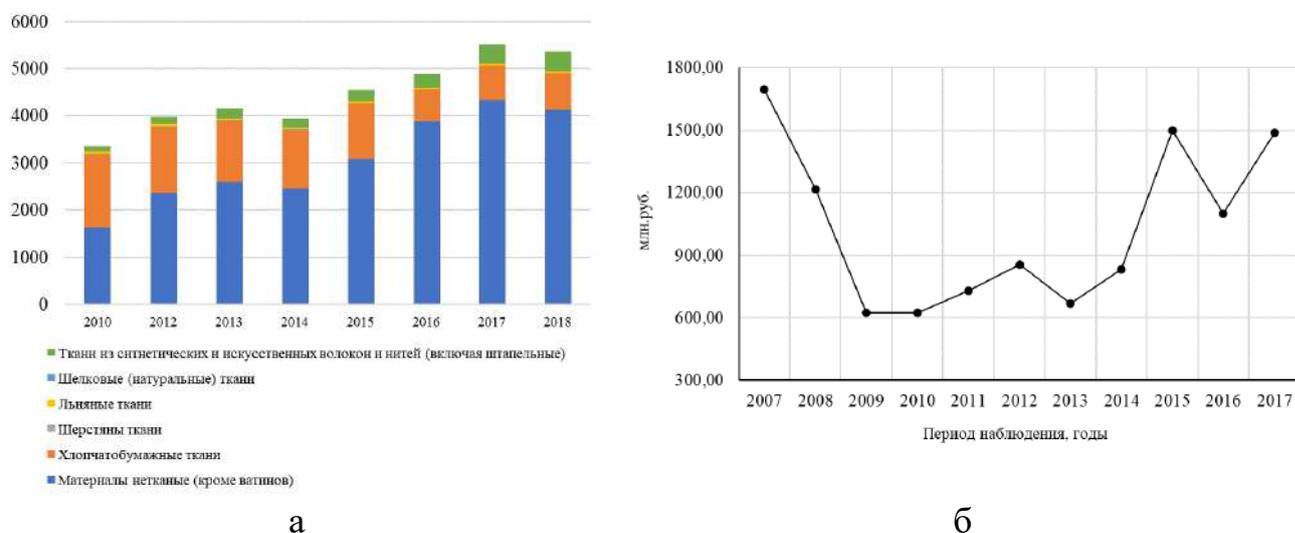


Рис. 1.1. Статистические данные: а – производство основных видов продукции текстильного и швейного производства, млн. м² [7 – 9]; б – затраты на технологические инновации организаций текстильных и швейных производств, млн. руб. [4, 6 – 9]

Разработки в области нетканых материалов и сырья для их изготовления являются на сегодняшний день флагманом отечественного рынка. Исследования в этой области являются наиболее перспективными и востребованными [5, 20, 21].

1.1 Основные современные принципы теплоизоляции, применяемые для одежды

Физиологические процессы адаптации сами по себе недостаточны, чтобы остановить быстрые потери тепла при низких температурах. Для удержания тепла требуется дополнительная теплоизоляция в виде одежды [22 – 24].

Ранее, задача повышения уровня теплоизоляционных свойств одежды решалась за счет увеличения объема и массы пакета изделия [25 – 28].

На современном промышленном этапе существует два основных подхода повышения теплоизоляционной эффективности одежды: внедрение инновационных конструкций в изделиях и использование высокотехнологичных материалов [29, 30].

Вопросами изучения и повышения теплоизоляционных свойств материалов для одежды занимались многие отечественные и зарубежные исследователи на базе различных научных, образовательных и производственных центров.

На базе НИИ Медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова, известны работы в этой области д.м.н, профессора Р.Ф. Афанасьевой [31 – 38], О.В. Бурмистровой [32, 33, 35], Н.Ф. Измерова [38].

На базе ООО «НИИНМ» известны работы Г.К. Мухамеджанова [39 – 43].

На базе РГУ им. А.Н. Косыгина имеется ряд работ докторов наук, аспирантов и магистров, работающих по теме разработок эффективной теплоизоляции для одежды [44 – 48].

Среди производителей нетканых теплоизоляционных материалов наиболее активную научную деятельность по разработкам инновационных материалов ведет ООО «Термопол», г. Москва [49 – 59].

В качестве зарубежных примеров своими работами в этой области известны: «Школа дизайна» (Университет Лидс, Великобритания) [60], Массачусетский технологический институт (Кембридж) [61], Загребский Университет (Хорватия) [62].

Современный подход к созданию высокотехнологичных теплоизоляционных материалов может идти в двух направлениях: создание пассивной или активной теплоизоляции. Пассивная теплоизоляция является традиционной и подразумевает ограничение в достижении степени теплопроводности, которая лимитируется теплопроводностью воздуха, коэффициент теплопроводности, которого составляет $0,02442 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ при атмосферном давлении $P = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Па}$ и температуре $t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ [63, 64].

Объем применения натуральных теплоизоляционных материалов, которые относятся к пассивному типу изоляции, в последние годы постоянно снижаются в следствие высокой стоимости и малой эффективности при их увлажнении.

Ряд производителей предлагает решения к снижению недостатков натуральных наполнителей, например посредством комбинирования натурального и химического сырья [65, 66]. Так, для снижения миграции натурального пуха через ткань итальянскими производителями ведутся работы по изготовлению рулонных теплоизоляционных материалов из комбинации синтетических волокон и натурального пуха (рис. 1.2) [66]. Однако процесс получения таких материалов трудоемкий, а производство является малотоннажным. Итоговая стоимость готовой продукции не сопоставима с эффектом от ее использования.

Современные волокнистые синтетические материалы изменили представление о возможностях синтетической теплоизоляции [39, 67 – 69].

Наиболее популярным видом современных теплоизоляционных материалов пассивного типа являются нетканые полотна из полиэфирных, полипропиленовых и других видов химических волокон, как полых, так и не полых, как регулярных, так и извитых, которые производятся по различным технологиям [1, 70, 71]. Наиболее эффективными являются теплоизоляционные материалы, произведенные по технологии термоскрепления без применения клеевых связующих [72].

В работах Kasturiya и Denner, J. с соавторами [22, 73] отмечается, что традиционный подход при разработке теплоизоляционных материалов – это решение наиболее важной задачи – сохранение максимального количества воздуха в полотне [63, 73 – 77].

Ряд исследователей отмечает, что использование тонких волокон и наноструктур в теплоизоляционных нетканых материалах позволяет создать эффективный барьер против движения воздуха [22, 71, 78 – 84], однако свойства объемных нетканых материалов, преимущественно состоящих из штапельных синтетических волокон толщиной менее 1 микрометра теряют свои теплоизоляционные свойства после процедур ухода (стирок, химчисток) [84].

В ряде исследований [85, 86] отмечается, что пассивные теплоизоляционные материалы в одежде ограничиваются верхним пределом теплоизолирующих свойств значением $0,62 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$. Такое ограничение связано с эргономическими свойствами одежды.

Современные российские разработки для экстремально холодных климатических условий рассматриваются в контексте освоения Арктики [43, 87].

В работах Бузник В.М., Бережнова Е.С. с соавторами сформулированы требования, предъявляемые к текстильным материалам для использования в арктических условиях [85, 88]. Исследователи отмечают, что для защиты человеческого организма от экстремального холода, необходима теплоизоляция комплекта одежды не менее $1,4 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, достичь которую возможно только при помощи использования активной теплоизоляции [85, 86].

Под активной теплоизоляцией понимают материалы и готовые изделия на основе активного обогрева или термостабилизации. В таких системах энергию получают от внешних источников, во время протекания химической реакции или при изменении агрегатного состояния вещества.

Наиболее распространены углеродные и металлизированные нагревательные элементы, оптимизированные по форме и количеству выделяемой тепловой энергии и обогревающие с помощью инфракрасного теплового излучения, солнечной энергии и других источников питания. Примером активной теплоизоляции могут служить специальные электропроводящие типы технического углерода [89].

В таких системах нагревательный элемент может быть, как съемным, так и вшитым между слоями изделия. Примерами готовых изделий с применением

технологии активного обогрева, среди российских разработчиков, является термокостюм IceIndigo [90], а также одежда бренда «Всегда ТЕПЛО» компании ООО Форвард [91]. Наиболее известными зарубежными производителями таких изделий являются Grbing's Head Clothing (США), Vacca Inc. (США), Milwaukee Electric (США) [92]. Тепловая эффективность таких материалов и изделий высокая, но технология изготовления подобных изделий является мелкосерийной и дорогостоящей.

Известны тепловые элементы на основе порошка железа, активированного угля и природных минералов, которые применяются в одежде. Российским производителем подобных элементов является ООО НПК «Сота» (Теплоид®) [93]. При взаимодействии компонентов тепловых элементов с воздухом происходит выделение тепла до 55 °С, но продолжительность действия ограничена во времени и составляет от 3 до 10 часов, при попадании влаги происходит прекращение химической реакции и выделения тепла. Основным недостатком применения тепловых элементов на основе химической реакции – является отсутствие обратимости протекания химической реакции. Такие тепловые элементы являются одноразовыми.

Очевидным минусом технологий теплоизоляции с использованием внешних источников питания или тепловых элементов на основе необратимой химической реакции, является необходимость иметь и контролировать запас энергии и элементов [53, 94]. Проводящие элементы в виде волокон и нитей могут повреждаться при обрыве, имеют ограничения по изгибу, требуют изоляции.

1.2 Технология инкапсулирования фазопереходных веществ в концепции создания теплоизоляционных материалов

К активной теплоизоляции относят фазопереходные вещества на основе парафинов – Phase Change materials (ФПВ или PCM) [95] (Утеплитель Schoeller®-PCM (Швейцария), Comfortemp® (Германия) и Outlast®-Thermocules™ (Германия)). Данный вид материалов используется с семидесятых годов прошлого столетия, однако стоимость сырьевых компонентов, а также трудоемкий и затратный процесс

нанесения микросфер на текстильную основу, способствуют продолжению исследований в этом направлении [73, 96 – 98].

Агрегатное состояние РСМ, при поглощении тепловой энергии, изменяется. Переход из твердой фазы в жидкую обратим. При обратном процессе выделяется энергия [23, 96]. Чтобы предотвратить растекание РСМ в жидком состоянии его заключают в микроскопические полимерные оболочки – микросферы с диаметром 20-40 микрометров и толщиной стенки менее 1 микрометра [97 – 99].

РСМ могут быть органическими или неорганическими соединениями [92]. Неорганические РСМ имеют широкий диапазон температур плавления от 8 до 130 °С. Они дешевле, чем органические РСМ, но для работы с ними требуется более тщательная подготовка технологических процессов, такие вещества имеют ограниченное число циклов фазового перехода [99].

Для изготовления одежды, обуви наиболее перспективными являются органические РСМ, имеющие от 13 до 28 атомов углерода (парафины). Парафиновые углеводороды обладают химической и термической стабильностью, многократностью фазовых переходов, более простой технологией применения, но обладают более высокой стоимостью по сравнению с неорганическими РСМ [100].

Наиболее известными технологиями микрокапсулирования в текстильной промышленности являются: Klimeo® (разработка французских ученых текстильных компаний Avelana и Roudiere) [101] и Outlast® (разработка Gateway Technologies для космической программы НАСА) [98].

Существуют технологические решения для равномерного нанесения РСМ на текстильную основу [23, 100 – 108]. Широкое распространение получили технологии нанесения на основе создания композиций [100, 103], ламинирования, в процессе отделки готовых материалов [104, 105, 108 – 110], шелкографии [111]. РСМ могут быть добавлены в расплав на этапе формования волокон [23] либо на этапе получения пряжи [106, 112].

На рис. 1.2 изображен вид элементарных нитей с нанесенными РСМ.

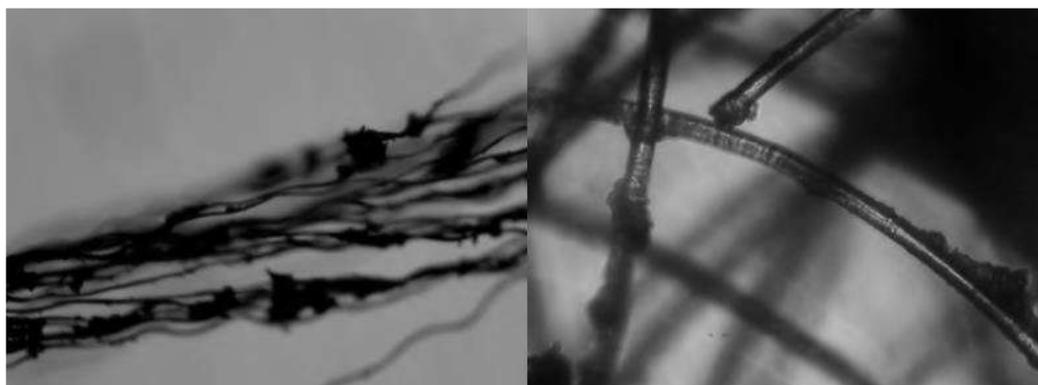


Рис. 1.2. PCM на текстильной основе [110]

Наиболее эффективным способом фиксирования PCM, является добавление их в структуру волокон (рис. 1.3) [107].

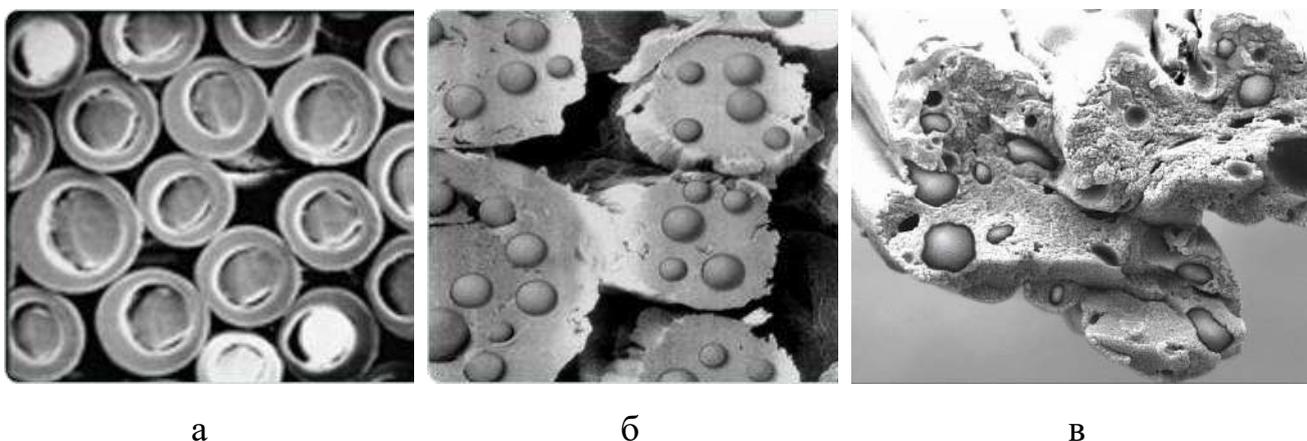


Рис. 1.3. Распределение PCM в различных волокнах, пригодных для применения в текстильных материалах: а – PCM в полиэфирных волокнах; б – PCM в акриловых волокнах; в – PCM в вискозных волокнах [113]

Отечественные производители освоили технологию использования PCM в трикотажных полотнах (рис. 1.4) [29, 54, 96, 114].

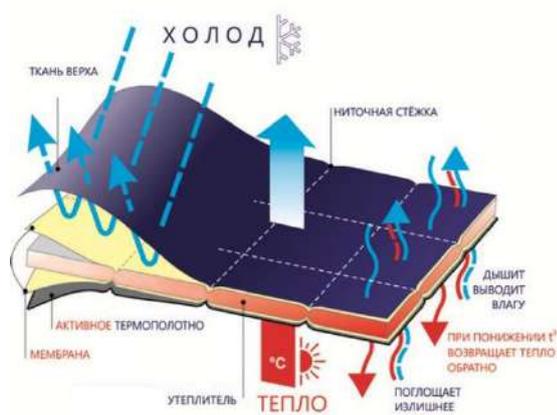


Рис. 1.4. Терморегулирующий пакет материалов с нетканым полотном Холлофайбер® [54]

Технология использования РСМ имеет ряд ограничений при конструировании одежды для экстремально низких температур. Изменение агрегатного состояния РСМ происходит медленно, что влияет на скорость терморегуляции пододежного пространства [115]. Ряд разработок [108] предлагает сочетать РСМ различного типа на одной текстильной основе, что позволяет использовать такого типа материалы при температурах до $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ [116].

Интенсивность и длительность активного эффекта теплоизоляции фазопереходных веществ зависит не только от емкости хранения тепла микрокапсулами и количества фазопереходных частиц в материале, но и от конструкции изделия [117].

1.3 Конструкционные особенности для повышения теплоизоляционной эффективности одежды

Существует ряд конструкционных решений, позволяющих повысить теплоизоляционную и эргономическую эффективность изделий, часть из которых уже успешно протестированы и внедрены [25, 118]: утепленная одежда с использованием мембранных технологий [114]; верхняя одежда с климат-контролем [119]; одежда с индикаторами ($t\text{ }^{\circ}\text{C}$ и % влажности) и сигнальным оповещением, которая позволяет контролировать в том числе температуру пододежного пространства, таким образом оповещая пользователя о необходимости изменения количества теплоизоляционных слоев (рис. 1.5а) [120, 121]; теплоизоляционная одежда с функциями отражения тепла [122] (рис. 1.5б); безниточная (соединенная посредством ультразвуковых колебаний) теплоизоляционная одежда, позволяющая избежать сквозное прокалывание слоев одежды для снижения теплопотерь [123].



Рис. 1.5: а – вид теплоизоляционной верхней одежды с внутренним датчиком измерения температуры пододежного пространства [121]; б – теплоизоляционная одежда с функциями отражения тепла, на примере запатентованной технологии Omni-Heat® [124]

Ряд исследователей отмечают перспективы использования принципа биомиметики (biomimetics) или биомимикрии (biomimicry). Например, в исследовании британской команды ученых [125] отмечено, что пингвины способны выживать в экстремальных холодных условиях благодаря способности к переключению кожного покрова в режим теплоизоляции (рис. 1.6 а) или водоупорности (рис. 1.6 б), с помощью особого типа мышц, которые соединены с перьями. Соединительная мышца обеспечивает водонепроницаемость при сжатии и низкую воздухопроницаемость при ослаблении. Феномен изменения свойств покрова в зависимости от внешних условий среды называют *адаптивной изоляцией* [126]. Процессы адаптивной изоляции используются в некоторых разработках при конструировании одежды. Примером может служить многослойная ткань, в которой соединение между слоями происходит посредством полосок текстильного материала, расположенных под определенным углом. Разработчики утверждают, что изменение угла по отношению к плоскости базовых слоев приводит к изменению теплоизоляционных свойств изделия (рис. 1.7) [23, 28, 125].

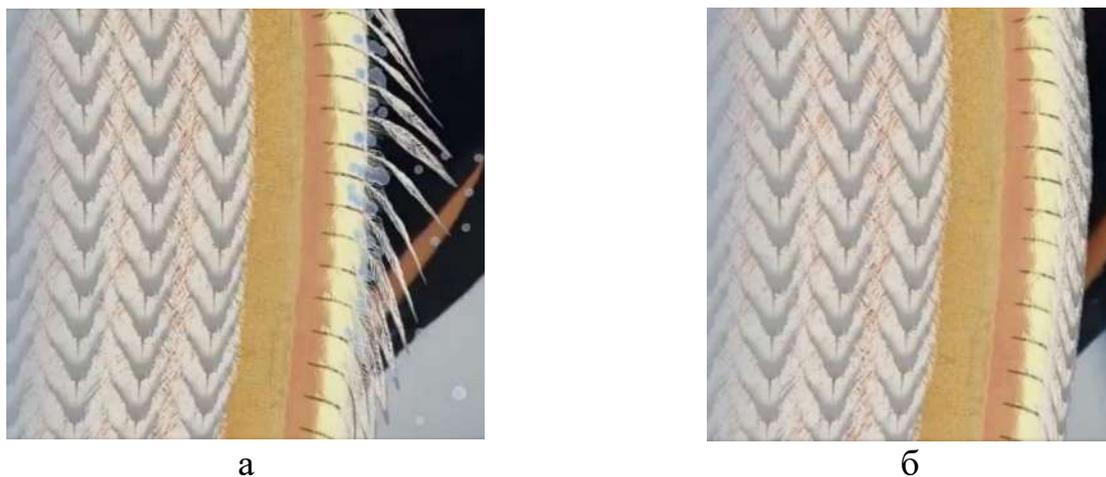


Рис. 1.6. Схема оперения пингвина: а – теплоизоляционное состояние; б – водонепроницаемое состояние

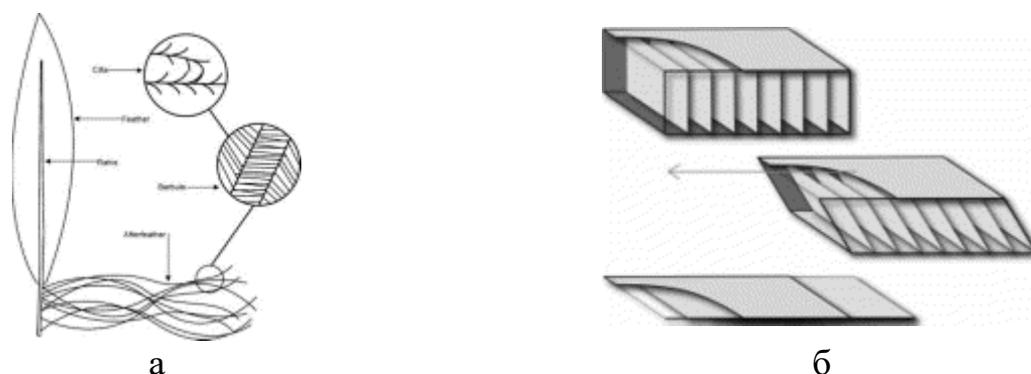


Рис. 1.7. Адаптивная изоляция: а – оперение пингвина; б – двухслойная ткань

Подобными свойствами обладают, так называемые 3D спейсеры – вид объемного текстиля, в котором слои трикотажного материала соединены полимерным слоем в виде монофиламентной нити (рис. 1.8). Такие материалы обладают высокой воздухопроницаемостью, гидрофобностью, малой остаточной деформацией. В структуре такого материала воздух действует в качестве теплоизоляции. Из-за низкой драпируемости использование такого материала в одежде ограничивается применением его в зоне плеч, коленей и локтей.

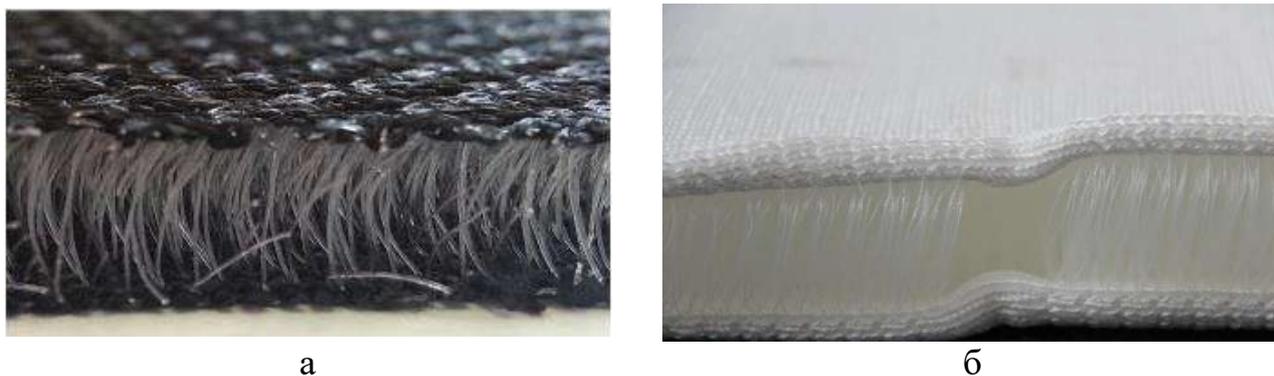


Рис. 1.8. 3 D спейсеры: а – черного цвета с ромбовидной конфигурацией ячеек [127]; б – белого цвета производства KARL MAYER Textilmaschinenfabrik GmbH [128]

Другая разработка – полиуретановое покрытие, обладающее свойством памяти формы [22, 73]. При повышении температуры тела, полимер увеличивается в объеме, изменяется его молекулярная структура, появляются отверстия, через которые отводятся избыточное тепло и пар из подложного пространства. При охлаждении полимера наблюдается обратный процесс. Полимер стягивается, закрываются поры, таким образом, сохраняется тепло в пододежном пространстве. Разработанный полимер, при нанесении его на поверхность волокон, изменяет их теплоизоляционные свойства [23, 29, 129, 130].

Ряд исследований в области управляемой, посредством гаджетов, теплоизоляции описаны в работе Поповой В.В. [131]. В работе описан терморегулирующий материал в виде эластичной пленки, управляемой посредством Bluetooth, а также проект «Plushtouch» – разработка компании International Fashion Machines, Inc. как пример серийного производства электронного управляемого текстиля [131].

Данные типы решений в экстремальных условиях холода не могут выступать в качестве основного теплоизоляционного слоя, однако могут служить дополнительным терморегулирующим элементом в конструкции одежды.

Перспективными направлениями для повышения теплоизоляционной эффективности является использование различных способов расположения теплоизоляционного слоя в конструкции изделия.

В ряде исследований отмечается, что теплоизоляционная эффективность одежды зависит от трех основных концепций распределения теплоизоляционного слоя [30, 126]: «универсальная», «полимодульная», «зонированная», [29, 30, 118, 132].

Наиболее простым является «универсальное» распределение теплоизоляционного слоя [133, 134], которое предполагает использование одного вида материалов для защиты от низких температур [29, 118]. Повышение теплоизоляционной эффективности при данном типе предполагает увеличение поверхностной плотности и количества слоев в изделии [29, 30].

Вторая концепция – «полимодульная» предполагает использование принципа многослойности [132, 134].

Многослойность – это общепринятый подход при создании одежды для экстремально низких температур, который позволяет регулировать теплоизоляционные свойства одежды путем удаления или добавления необходимого количества слоев [22, 23, 73, 105, 135 – 142].

Примером реализации «полимодульной» концепции является разработка зимней экипировки для условий экстремально-низких температур, осуществленная при участии экспертов заводов нетканых материалов «Термопол», а также ученых ФГБНУ «НИИ Медицины труда» [135].

«Зонированная» концепция [132, 134] является наиболее прогрессивной [30]. Данный тип позволяет обеспечить эффективную терморегуляцию при интервальных нагрузках, предупредить переохлаждение при перспирации, так как позволяет использовать в одном изделии одновременно материалы активного и пассивного типов. Такой подход позволяет оптимизировать расходы при применении высокотехнологичных материалов, а также создает широкие условия конструирования одежды с учетом физиологических особенностей организма.

1.4 Использование технологии волокнистой термогенерации при создании теплоизоляционных материалов

Инновационным направлением для осуществления процесса повышения эффективности теплоизоляционного слоя в одежде является использование особых видов волокнистого сырья, обладающего свойством выработки тепла, без дополнительных внешних источников питания.

Известны волокна, генерирующие тепло с помощью особых теплообразующих микроорганизмов [143], существуют волокна, которые генерируют тепло с помощью протекающих в них физико-химических процессов, за счет внешнего физиологического воздействия, к примеру увлажнения во время перспирации. Примером изделий, с применением волокнистых материалов, способных к термогенерации является линейка нательного трикотажного белья HEATTECH® (Япония), реализуемой японской розничной сетью магазинов одежды Uniqlo Co, Ltd. В изделиях применены модифицированные вискозные волокна, которые эффективно поглощают влагу и трансформируют ее в энергию (рис. 1.9) [144].

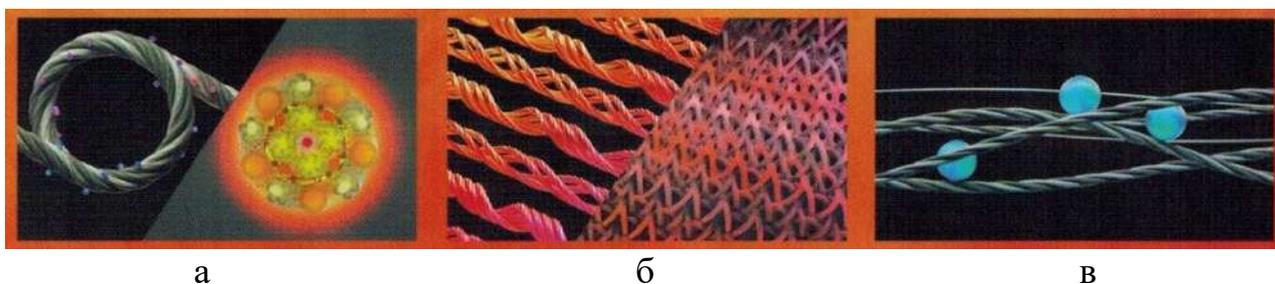


Рис. 1.9. Структура изделий HEATTECH®: а – схема термогенерации; б – структура изделия (трикотажное полотно); в – процесс поглощения влаги [144]

Другим примером волокон, способных к термогенерации при увлажнении являются полиакрилатные (ПАК) волокна [2, 3, 145]. Выработка тепловой энергии в таких волокнах происходит за счет возникновения обратимой экзотермической реакции в структуре волокна. Производителями волокон получены несколько типов ПАК волокон. Известны волокна торговых марок EKS® или Moiscare® производства Toyobo Co., Ltd (Япония) [146 – 150].

Различные ПАК волокна отличаются по своим свойствам и химическим формулам. Общим свойством у всех ПАК волокон является их высокая гигроскопичность (до 27 %), что способствует быстрому отведению влаги от тела и созданию комфортного микроклимата в пододежного пространства.

Полиакрилаты являются ионными полимерами, волокна на их основе способны поглощать водяной пар, исходящий от тела человека быстрее, чем другие гидрофильные волокна за счет разницы в строении волокон (рис. 1.10). ПАК волокна отдают воду быстрее других волокон и высыхают в три раза быстрее, чем, к примеру, хлопковые волокна [151, 152].

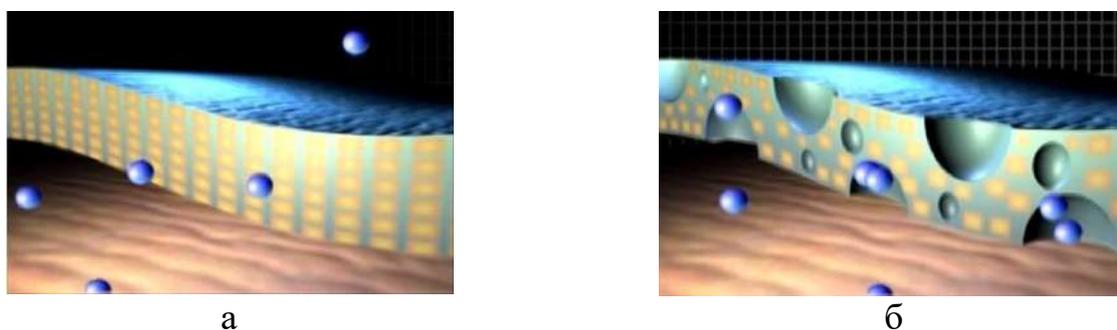


Рис. 1.10. Сорбционные свойства волокон: а – EKS® волокна; б – хлопковые волокна [146]

При поглощении водяного пара ПАК волокна генерируют тепло через *энтальпию испарения (конденсации)*, то есть скрытое тепло водяного пара передается телу в момент интенсивного поглощения водяного пара волокном [151]. Описанный процесс известен как *феномен адсорбционного тепла (adsorption heat phenomenon)* [153]. Быстрое поглощение и испарение влаги приводит к непрерывному процессу расширения и сжатия волокон, этот процесс сопровождается повышением скорости и амплитуды колебания молекул, что вызывает повышение температуры внутри волокон [71, 143].

Термогенерирующие ПАК волокна марки EKS® уникальны по своему химическому составу (рис. 1.11, 1.12) [151].

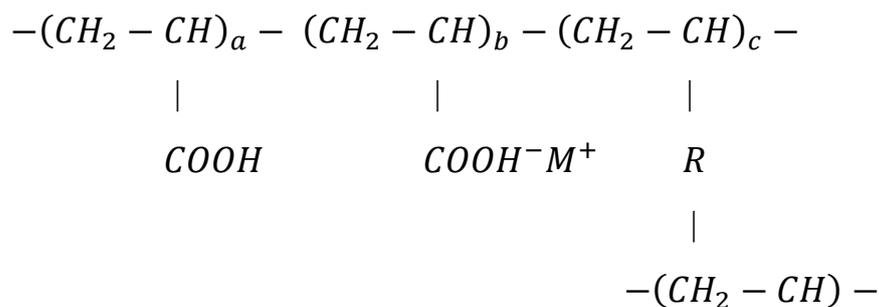


Рис. 1.11. Химическая формула ПАК волокон [151]

Как видно из рис. 1.11, ПАК волокна содержат структурный компонент – акрилат, связанный с другой полимерной цепью, где M^+ – это ионы металлов, таких как Na^+ , Ca^+ , K^+ , Mg^+ и т.д. «R» – функциональные группы, примеры которых, представлены на рис. 1.17 [151, 154].

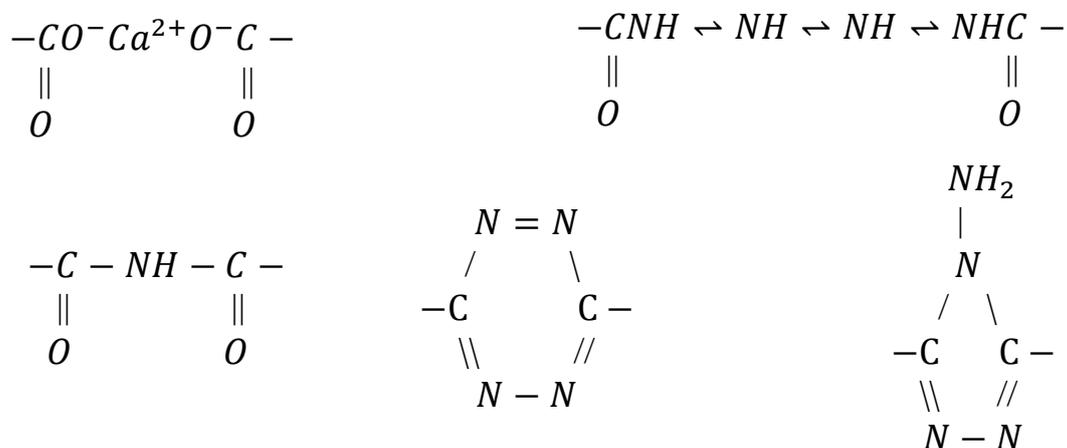


Рис. 1.12. Функциональные группы, входящие в состав ПАК волокон [151]

ПАК волокна содержат более 25% единиц акрилатов и менее 10% акрилонитрила [151].

Разработка волокна EKS[®] была начата Toyobo Co., Ltd еще в 1995 году [155], но рост коммерческого использования его начался только после 2010 года. В 2013 году компании Toyobo Group — Japan Exlan Co., Ltd. и Toyobo Specialties Trading Co., Ltd. (Toyobo STC) на корейской текстильной выставке в Сеуле, «Preview in SEOUL 2013» представляли данные волокна, в том числе их антибактериальную модификацию EKS[®] Ag⁺, включающую ионы серебра [156].

В 2013 году волокна EKS[®] были представлены на французской выставке пряжи и волокон «Exprofil» в Париже [157], а в 2015 году на немецкой выставке «Heimtextil» во Франкфурте [158].

На 2020 год количество предложений данного волокна компанией Toyobo Co., Ltd ограничено из-за небольших производственных мощностей компании, но в перспективе планируется расширение производства и увеличение объема выпуска данного вида волокна (конкретные цифры по объему выпуска и планам расширения являются коммерческой тайной компании Toyobo Co., Ltd).

В табл. 1.1 представлены основные физические свойства ПАК волокон.

Табл. 1.1. Физические свойства ПАК волокон [151]

| | |
|---------------------------|-----------------------|
| Температура плавления | Не плавится |
| Температура разложения | Свыше 250° |
| Температура вспышки | Свыше 300° |
| Температура воспламенения | Свыше 500° |
| Плотность | 1,4 г/см ³ |

Согласно проведенному исследованию, полиакрилатные волокна пригодны для технологической переработки и безопасны при применении их в качестве волокнистого компонента текстильной продукции.

Применение ПАК волокон можно найти в ряде патентов [159 – 162]. В патенте, полученном китайской компанией Hongdou Group Wuxi Taihu Industrial Co., Ltd., описана двухслойная интеллектуальная ткань, в состав которой входят специальные волокна, выполняющие функцию терморегуляции. Такая ткань обладает высокой прочностью на растяжение, высокой эластичностью, гладкой поверхностью, температурными регулирующими характеристиками и низкой стоимостью [160].

В патенте, полученном китайской компанией Wuxi Hengnuo Textile Technology Co., Ltd., описана технология получения и крашения кубовыми красителями трикотажного полотна с функцией влагопоглощения и нагрева. Трикотажное полотно представляет собой смесь хлопковых (80-90%, диаметр 11,5-13,5 мкм, длина 25-35 мм) и ПАК волокон (10-20%, диаметр 5,5-8,5 мкм, длина 35-45 мм). Отмечено, что при добавлении ПАК волокон, повышается гигроскопичность трикотажных материалов, и повышается их теплоизоляционная способность при увлажнении. Количество тепла, выделяемое при поглощении

влаги, примерно в три раза больше, чем у шерстяных материалов. Описанный трикотажный материал имеет высокие показатели дезодорирования, уравнивания показателя pH, впитывания пота, снижения степени накопления статического электричества и снижения горючести [163].

Результаты испытания увлажненных трикотажных полотен с содержанием 30% волокон EKS[®] в сравнении с трикотажными полотнами из хлопка методом инфракрасной термографии представлены на рис. 1.13. Испытания проводились при температуре 20 °С и относительной влажности воздуха $\phi = 65\%$ [146].

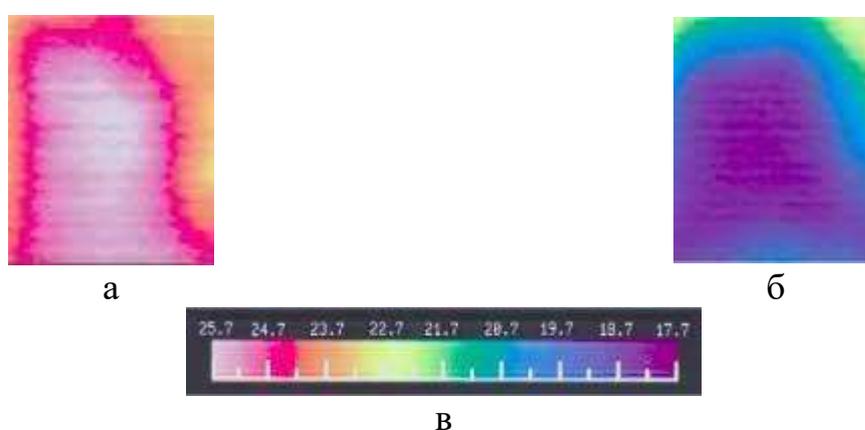


Рис. 1.13. Термограммы трикотажных полотен: а – термограмма увлажненного трикотажного полотна, содержащего 30% ПАК волокон EKS[®]; б – термограмма увлажненного 100% хлопкового трикотажного полотна; в – температурная шкала, °С [146]

В патенте, полученном китайской компанией Jiangyin Yifei Clothing Co., Ltd., описана технология ткачества и непосредственно получение многослойной ткани с включением волокон, обладающих функцией нагрева. В качестве сырья для получения ткани выбраны нити из смешанных волокон. Каждый слой ткани содержит от 3 до 8% термогенерирующих ПАК волокон EKS[®], также в общий состав смеси входит 30-50% вискозных волокон и 50-60% акриловых волокон [159].

В патенте, полученном китайской компанией Shenzhen Huijie Group Co., Ltd., описана технология получения тонкой, воздухопроницаемой ткани с функцией нагрева за счет применения в составе 30-60 % волокон EKS[®]. Смесь волокон также включает 40-70% акриловых волокон [162]. Данный вид ткани, за счет высокой

гигроскопичности и способности к нагреву позволяет сохранять сухой и теплый микроклимат пододежного пространства [162].

В патенте, полученном китайской компанией Shandong Haolong Group Co., Ltd., описана технология получения ткани верха, состоящей из двух слоев. Внутренний слой содержит смесь акриловых и EKS[®] волокон (60/40), за счет чего, обеспечивается функция нагрева. Отличительной особенностью данного изобретения является наличие воздушного слоя между внутренней и внешней слоями ткани [161].

Для усиления эффекта терморегуляции некоторые производители текстильных материалов используют сочетания ПАК волокон EKS[®] и волокон с фазопереходными веществами Outlast[®], первые в этом случае обеспечивают нагрев, вторые кондиционирование. Примером такого материала является ткань, описанная в патенте китайской компании Liang Xin Chemical Fiber Co., Ltd. Ткань, содержащая в своем составе EKS[®] – 8-12% и Outlast[®] – 26-30%, обладает свойствами нагрева, сохранения тепла, повышенной гигроскопичности, воздухопроницаемости, терморегуляции и хорошей драпируемости [164].

Toyobo Co., Ltd выпускает функциональную спортивную одежду и аксессуары с ПАК волокнами EKS[®], собственного производства [157, 165].

Главной задачей для эффективного использования ПАК волокон является их оптимальное сочетание с гидрофобными волокнами, а также создание особой текстильной структуры, которая бы позволяла не задерживать влагу внутри волокон, а максимально быстро ее отводить во внешнюю среду. Это особенно важно при создании теплоизоляционной одежды для экстремально низких температур, где важным является сохранение сухого микроклимата пододежного пространства и материалов с целью снижения риска потери теплоизоляционных свойств одежды.

Применение технологий активной автономной термогенерации за счет волокнистых включений в материалах позволяет реализовать в текстиле идею интеллектуальной волокнистой саморегулирующейся и самоорганизующейся системы *intelligent fiber system (IFS)* [97, 166].

Самоорганизующиеся волокнистые системы, в данном исследовании – это текстильные материалы, работающие по принципу синергизма, то есть совместное влияние ряда факторов, таких как влажность, температура, давление, ветер оказывает большее влияние и предопределяет более высокий конечный результат (теплоизоляционные характеристики) в сравнении с действием на них отдельных факторов и их простой суммы [167].

Использование материалов, работающих по принципам саморегуляции и самоорганизации при создании современной одежды достаточно популярна, и прослеживается у ряда отечественных и зарубежных ученых. Среди отечественных ученых особо интересны работы: Родичевой М. В. [168, 169], Абрамова А. В. [167 – 169], Кричевского Г. Е. [67, 119], Степина В. С [170]. Из зарубежных ученых известны работы Nicol, J., Humphreys, M. [171]. Можно утверждать, что это мейнстрим будущего подхода к конструированию одежды. Применение интеллектуальных систем в одежде актуально в изделиях повседневной, военной, туристической одежды и требует дополнительного всестороннего изучения и разработок [172 – 175].

1.5 Обсуждение и основные выводы

1. Выявлено, что современный подход к повышению теплоизоляционной эффективности верхней одежды предполагает использование двух инструментов: внедрение инновационных конструкций в изделиях и использование высокотехнологичных материалов.

2. Выявлено, что теплоэффективность пассивных теплоизоляционных материалов ограничивается теплопроводностью инертного воздуха, заключенного в структуре материала и заметно снижается при их увлажнении.

3. Установлено, что активные теплоизоляционные материалы с инкапсулированными фазопереходными веществами имеют ограниченный режим функционирования в зависимости от температуры окружающей среды и требуют определенного времени для достижения термостабилизации.

4. Основным недостатком активных теплоизоляционных материалов, зависящих от внешних источников энергии, является необходимость наличия запасных источников питания.

5. Установлено, что наиболее перспективным в области теплоизоляционных материалов для одежды является разработка и исследование материалов, способных эффективно осуществлять терморегуляцию пододежного пространства как в состоянии покоя, обеспечивая тепловой комфорт, так и во время физической активности человека, поглощая избыточное количество влаги и способствуя ее быстрому отведению.

ГЛАВА 2. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ФАКТОРОВ И ВЫБОР ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ДЛЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

2.1 Построение причинно-следственной схемы Исикавы

Выбор определяющих показателей качества (ОПК) для объектов исследования – первый этап при оценке их качества.

Для выбора ОПК ТНМ в данном исследовании применялся метод причинно-следственных схем (схема Исикавы) для объекта исследования «качество ТНМ», при использовании классификации свойств показателей качества (ПК), принятые в текстильном материаловедении. Для подсчета коэффициентов весомости ПК использовался эвристический (экспертный) метод.

Нетканые материалы, согласно общепринятой классификации в текстильном материаловедении, имеют следующие группы свойств [176]: свойства строения и структуры, геометрические свойства, механические свойства, физические свойства, химические свойства.

Перед началом построения схемы составлен предварительный список ПК ТНМ, оказывающих наибольшее воздействие на их качество. Далее ПК были условно сгруппированы по основным свойствам [177].

Свойства строения и структуры: 1.1 – поверхностная плотность, 1.1.1 – неровнота по массе, 1.2 – волокнистый состав, 1.3 – способ формирования холста, 1.4 – ориентация волокон в холсте, 1.5 – линейная плотность волокон, 1.6 – объемное заполнение, 1.7 – пористость.

Геометрические свойства: 2.1 – длина, 2.2 – ширина, 2.3 – толщина.

Механические свойства: 3.1 – деформация растяжения (по длине и ширине), 3.1.1 – полуцикловые характеристики, 3.1.1.1 – разрывная нагрузка, 3.1.1.2 – раздирающая нагрузка, 3.1.1.3 – разрывное удлинение (удлинение при разрыве), 3.1.1.4 – жесткость, 3.1.2 – одноцикловые характеристики, 3.1.2.1 – составные части деформации, 3.1.2.1.1 – упругая деформация, 3.1.2.1.2 – эластическая деформация, 3.1.2.1.3.1 – остаточная деформация, 3.1.3 – многоцикловые характеристики, 3.1.3.1

– долговечность, 3.1.3.2 – стойкость к многоциклового растяжению, 3.1.3.3 – предел выносливости, 3.1.3.4 – миграция, 3.1.3.5 – устойчивость к многократному сжатию, 3.2 – деформация изгиба, 3.2.1 – полцикловые характеристики изгиба, 3.2.1.1 – жесткость при изгибе, 3.2.2 – одноцикловые характеристики изгиба, 3.2.2.1 – несминаемость, 3.2.3 – многоцикловые характеристики изгиба, 3.2.3.1 – стойкость к многократному изгибу, 3.3 – трение и истирание, 3.3.1 – стойкость к истиранию, 3.3.2 – коэффициент тангенциального сопротивления.

Показатели назначения: 4.1 – изменение линейных размеров после тепловых обработок (по длине и ширине), 4.1.1 изменений линейных размеров после мокрой, 4.1.2 – изменение линейных размеров после замочки, 4.1.3 – изменение линейных размеров после глажения, 4.1.4 – изменение линейных размеров после химической чистки.

Физические свойства: 5.1 – гигроскопичность, 5.2 – проницаемость, 5.2.1 – водоупорность, 5.2.2 – воздухопроницаемость, 5.2.3 – паропроницаемость, 5.2.4 – водопроницаемость, 5.2.5 – водоотталкивание, 5.3 – электризуемость, 5.4 – тепловые ПК, 5.4.1 – термические показатели, 5.4.1.1 – суммарное тепловое сопротивление (СТС) (до и после мокрой обработки), 5.4.1.2 – термостойкость, 5.4.1.3 – термоусадка, 5.4.2 – огнезащитные ПК, 5.4.2.2 – индекс ограниченного распространения пламени, 5.5 – санитарно-гигиенические ПК.

Химические свойства: 6.1 – хемостойкость.

Значения указанных ПК определяет качество ТНМ. Основной ПК ТНМ – СТС, который связан с сырьевым составом, толщиной и поверхностной плотностью. Наличие полых волокон, степень их извитости, гигроскопические свойства оказывают влияние на теплопроводные свойства ТНМ. Геометрические размеры не оказывают значительного влияния на качество ТНМ, однако это важный параметр при конструировании изделий. Миграция, устойчивость к многократному сжатию, несминаемость, жесткость, имеют определяющее значение при конфекционировании и будут определять эстетические, а также эргономические свойства изделия [177].

Все вышеперечисленные свойства были проанализированы, систематизированы и объединены в группы по основным факторам.

Схема Исикавы по данной работе приведена на рис. 2.1. Для удобства и наглядности основные свойства подразделяются по цветам [177].

После обсуждений в первом туре были выделены следующие 32 ПК ТНМ (на схеме Исикавы (рис. 2.1) подчеркнуты одной чертой) [177].

В результате второго тура обсуждения было решено оставить 26 показателей качества (на схеме Исикавы (рис. 2.1) подчеркнуты двумя чертами и выделены прямоугольниками с зеленым фоном) [177].

После третьего тура обсуждений решено было оставить 11 ПК ТНМ [178]. Выбранные ПК на схеме (рис. 2.1) выделены в круг с красным фоном [177].

Причинно-следственные схемы достаточно удобны и наглядны, но данный метод имеет существенный недостаток — отсутствие количественных измерений, т. е. отсутствует количественная оценка или измерение значимости определяющих факторов. Чтобы решить данную задачу использовался эвристический метод [177].

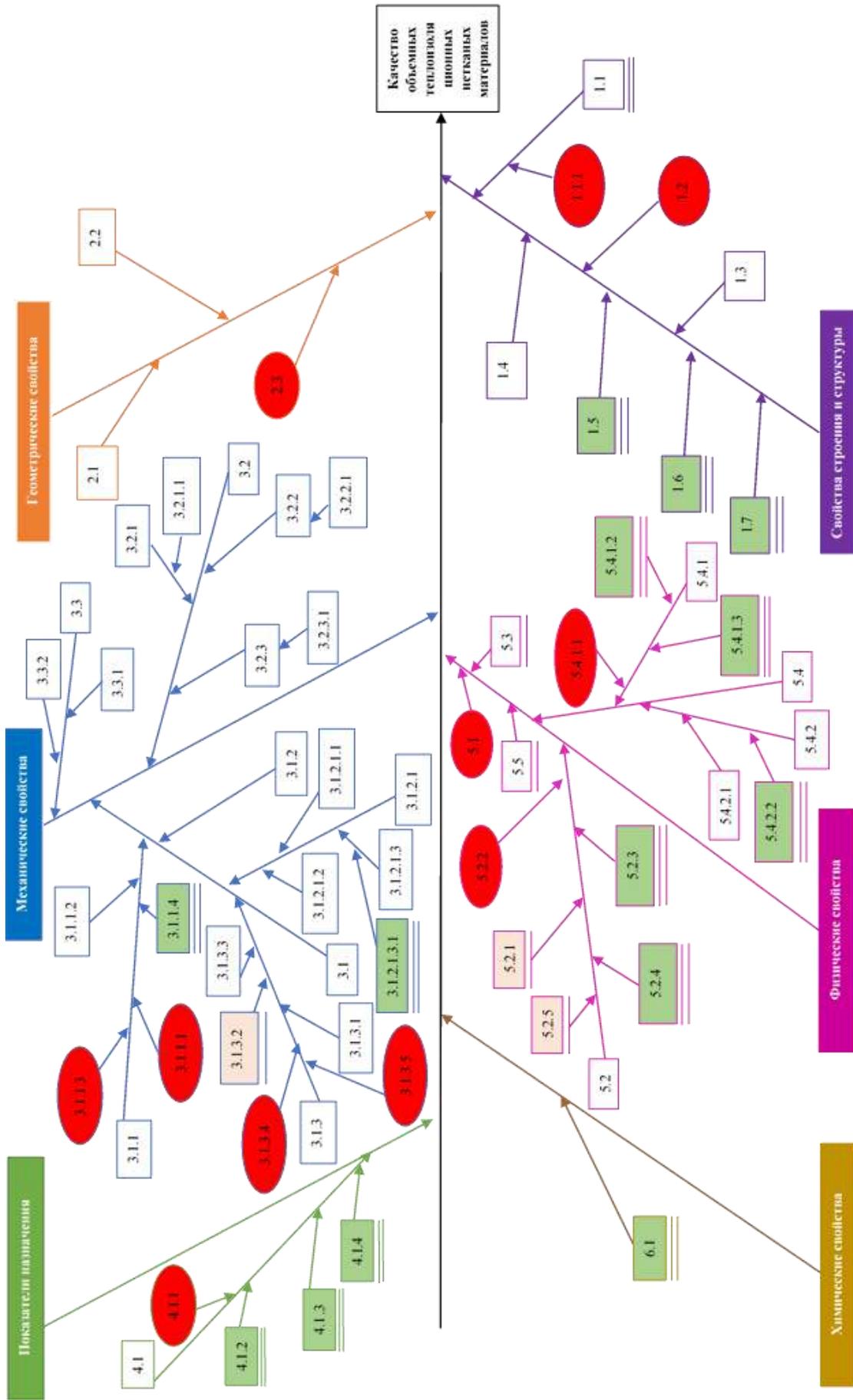


Рис. 2.1. Схема Исыкавы

2.2 Экспертный метод выбора определяющих показателей качества для нетканых материалов

С целью выбора ОПК эвристическим методом было проведено заочное анкетирование заранее отобранных экспертов организаций из трех групп (приложение Е). Каждая группа в различной степени имела отношение к текстильному материаловедению и была знакома со свойствами ТНМ. [178].

Задача 37 экспертов состояла в ранжировании ПК для ТНМ, полученных в результате 3-го тура обсуждений при построении причинно-следственной схемы. Эксперты, по своему усмотрению могли добавить ПК в предложенный перечень. Итоговое количество ПК – 18: СТС до и после мокрой обработки (x_1), воздухопроницаемость (x_2), гигроскопичность (x_3), миграция (x_4), неровнота по массе (x_5), толщина (x_6), устойчивость к многократному сжатию (x_7), волокнистый состав (x_8), изменение линейных размеров до и после мокрой обработки (x_9), разрывная нагрузка (по длине и ширине) (x_{10}), разрывное удлинение по длине и ширине (x_{11}), объемная плотность (x_{12}), пористость (x_{13}), поверхностная плотность (x_{14}), электризуемость (x_{15}), формоустойчивость (x_{16}), термостойкость (x_{17}), термоусадка (x_{18}) [178].

Первая группа экспертов (№№ 1-12 в табл. Ж.1, приложение Ж) – **производители нетканых материалов**. В данной группе было опрошено 12 экспертов.

Вторая группа экспертов (№№ 13-24 в табл. Ж.1, приложение Ж) – **ученые**. В данной группе было опрошено 12 экспертов.

Третья группа экспертов (№№ 25-37 в табл. Ж.1, приложение Ж) – **производители одежды**. В данной группе объединены производители теплоизоляционной спецодежды и теплоизоляционной повседневной одежды. В данной группе было опрошено 13 экспертов.

Выбор ОПК был произведен посредством оценки согласованности ответов экспертных групп (по коэффициенту конкордации, формула 2.1) с расчетом уровня достоверности данных и расчета коэффициентов весомости [176]:

$$W = \frac{\sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2}{\frac{1}{12} m^2 (n^3 - n) - m_j \sum_{i=1}^m T_j} \quad 2.1$$

где $S_i = \sum_{j=1}^m R_{ji}$; \bar{S} – среднее значение суммы рангов для ПК (формула 2.2.);

S_i – значение суммы ранговых оценок по отдельным ПК.

$$\bar{S} = \frac{1}{n} \sum_{i=1} S_i = 0,5m(n + 1) \quad 2.2$$

m – количество опрошенных экспертов;

n – количество ПК.

$$T_j = \frac{1}{12} \sum_{j=1}^u (t_j^3 - t_j) \quad 2.3$$

u – количество идентичных рангов;

t_j – количество оценок с идентичными рангами [176].

Средняя сумма рангов для всех показателей (формула 2.2): $\bar{S} = 351,5$.

Коэффициент конкордации (формула 2.1): $W > 0,6$ ($W = 0,69$).

Критерий χ^2 вычислялся по формуле 2.4.

$$\chi^2 = Wm(n - 1) \quad 2.4$$

Условие для критерия χ^2 ($434,01$) $>$ $\chi^2_{0,05}$ ($51,00$) выполняется, значение коэффициента конкордации имеет достаточный уровень значимости с вероятностью $P \geq 0,95$.

Коэффициенты весомости ПК рассчитывают по формуле 2.5 [176]:

$$Z_i = \frac{mn - S_i}{0,5mn(n - 1)} \quad 2.5$$

Значащими ПК были те, у которых соблюдалось условие: $z_i > \frac{1}{n}$ [176]. В данном исследовании $Z_i = 0,06$. В качестве ОПК ТНМ экспертами были выбраны ПК с обозначением $x_I - x_{II}$.

С целью уточнения уровня согласованности мнений экспертов по ПК рассчитывалось значение среднего квадратического отклонения (формула 2.6):

$$\sigma_R = \sqrt{\frac{\sum (R_j - \bar{R})^2}{m - 1}} \quad 2.6$$

где m – количество опрошенных экспертов;

R_j – значение оценки;

\bar{R} – средняя оценка ПК.

В ходе исследования установлено (табл. Ж.1, приложение Ж): высокий уровень согласованности имеется у ПК формоустойчивость ТНМ при значении среднего квадратического отклонения 0,99, а низкий уровень согласованности у ПК поверхностная плотность ТНМ (значение среднего квадратического отклонения – 4,15 [178].

Для наглядности построены гистограммы значимости ПК (рис. 2.2) и степени согласованности оценок экспертов по отдельным ПК (рис. 2.3) [178].

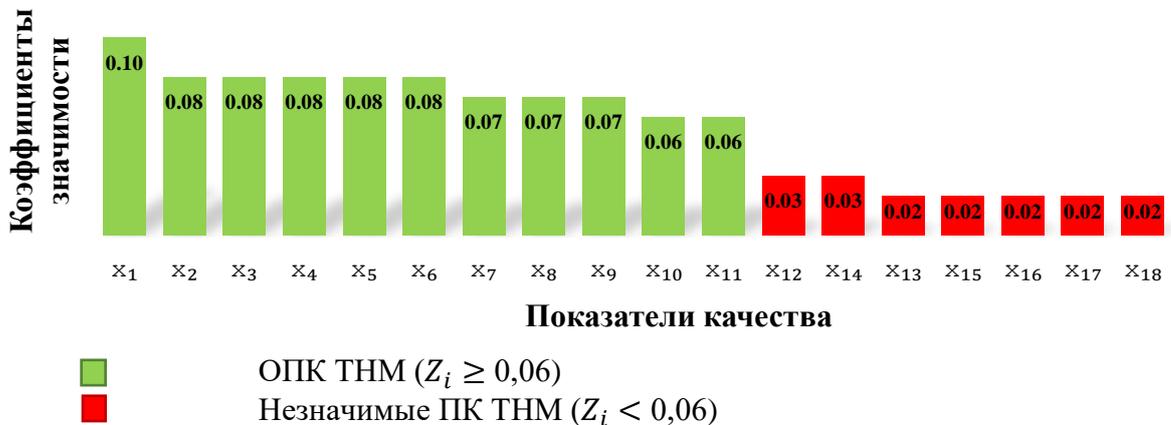


Рис. 2.2. Гистограмма ПК ТНМ с коэффициентами значимости



Рис. 2.3. Гистограмма уровня согласованности мнений экспертов по ПК

ОПК были выделены исходя из оценок всех трех групп. Однако для оценки статистической взаимосвязи отдельных групп экспертов был рассмотрен выбор ОПК по каждой группе в отдельности. Анализ результатов позволяет оценить компетентность мнений разных групп при оценке качества ТНМ. В последствии данная информация может использоваться другими исследователями в этой области с целью опроса представителей наиболее компетентных экспертов [179].

В исследовании была проведена оценка выбора ОПК по данным первой группы экспертов – производителей нетканых материалов. В данной группе – 12 экспертов (№№ 1-12 табл. Ж.1, приложение Ж).

В табл. И.1 (приложение И) представлены результаты экспертных оценок группы экспертов – производителей нетканых материалов.

Для первой группы экспертов: $m = 12$; $n = 18$. Средняя сумма рангов: $\bar{S} = 114$. Коэффициент конкордации $W > 0,6$ ($W = 0,83$), значим с вероятностью $P \geq 0,95$, в следствие выполнения условия: $\chi^2 (169,97) > \chi^2_{0,05} (19,68)$.

Согласно проведенному исследованию (табл. И.1, приложение И) установлено, что высокий уровень согласованности со значением среднего квадратического отклонения равным 0,14 наблюдался у таких ПК как: термоусадка, объемная плотность, электризуемость, пористость, формоустойчивость, поверхностная плотность, термостойкость. Низкий уровень согласованности со значением среднего квадратического отклонения равным 3,8 наблюдался у ПК – волокнистый состав [179].

Гистограмма значимости ПК по данным первой группы экспертов представлена на рис. П.1, гистограмма степени согласованности оценок группы экспертов по отдельным ПК представлена на рис. П.2.

Далее была произведена оценка выбора ОПК второй группой экспертов – учеными (№№ 13-24 табл. И.2, приложение И). В данной группе было опрошено также 12 экспертов.

Для данной группы экспертов: $m = 12$; $n = 18$. Данные u , t_j , T_j , для первой группы экспертов представлены в табл. П.4.

В рассматриваемой группе коэффициент конкордации $W < 0,6$ ($W = 0,59$), имеется значимая, но низкая согласованность ранговых оценок у 12 экспертов. Условие значимости критерия выполнено: $\chi^2(120,28) > \chi^2_{0,05}(19,68)$, подтверждена достоверность коэффициента конкордации с доверительной вероятностью $P \geq 0,95$. В ходе расчета были исключены оценки эксперта № 22.

При повторном расчете с доверительной вероятностью $P \geq 0,95$, установлена достоверность коэффициента конкордации: $m = 11$; $n = 18$; $\bar{S}_k = 104,5$; $W = 0,64 > 0,6$; $\chi^2(119,25) > \chi^2_{0,05}(18,31)$.

Из табл. И.2 (приложение И) видно, что наибольшая степень согласованности по данным второй группы экспертов наблюдалась по ПК $x_{15} - x_{18}$ – электризуемость, формоустойчивость, термостойкость, термоусадка ($\sigma_R = 0,63$), наименьшая степень согласованности – по ПК x_{14} – поверхностная плотность (как и в оценках всех экспертов), ($\sigma_R = 6,19$) [179]. Гистограмма значимости ПК по данным второй группы экспертов представлена на рис. И.3, гистограмма уровня согласованности мнений экспертов второй группы по отдельным ПК представлена на рис. И.4.

Рассмотрим оценки третьей группы экспертов – производителей одежды. В данной группе – 13 экспертов.

В табл. И.3 (приложение И) представлены результаты экспертных оценок группы экспертов – производителей одежды.

Для третьей группы экспертов: $m = 13$; $n = 18$. Средняя сумма рангов $\bar{S} = 123,5$. В рассматриваемой группе коэффициент конкордации $W > 0,6$ ($W = 0,73$). Достоверность коэффициента конкордации с доверительной вероятностью $P \geq 0,95$ подтверждается выполнением условия критерия: $\chi^2(161,14) > \chi^2_{0,05}(21,03)$.

ОПК производственных групп совпадают, а выбор группы ученых отличается по ПК: разрывное удлинение (табл. 2.1).

Табл. 2.1. Определяющие показатели качества для групп экспертов

| ОПК первой группы экспертов | Коэф. знач. | ОПК второй группы экспертов | Коэф. знач. | ОПК третьей группы экспертов | Коэф. знач. |
|--|-------------|--|-------------|--|-------------|
| СТС (до и после мокрой обработки) | 0,10 | СТС (до и после мокрой обработки) | 0,10 | СТС (до и после мокрой обработки) | 0,10 |
| Гигроскопичность | 0,09 | Толщина | 0,09 | Миграция | 0,09 |
| Воздухопроницаемость | 0,08 | Воздухопроницаемость | 0,08 | Неровнота по массе | 0,09 |
| Миграция | 0,08 | Миграция | 0,08 | Толщина | 0,09 |
| Неровнота по массе | 0,08 | Неровнота по массе | 0,08 | Воздухопроницаемость | 0,08 |
| Толщина | 0,08 | Гигроскопичность | 0,07 | Гигроскопичность | 0,07 |
| Устойчивость к многократному сжатию | 0,07 | Устойчивость к многократному сжатию | 0,07 | Волокнистый состав | 0,07 |
| Изменение линейных размеров (по длине и ширине) после мокрой обработки | 0,07 | Волокнистый состав | 0,07 | Изменение линейных размеров (по длине и ширине) после мокрой обработки | 0,07 |
| Разрывная нагрузка (по длине и ширине) | 0,07 | Изменение линейных размеров (по длине и ширине) после мокрой обработки | 0,06 | Устойчивость к многократному сжатию | 0,06 |
| Волокнистый состав | 0,06 | Разрывная нагрузка (по длине и ширине) | 0,06 | Разрывная нагрузка (по длине и ширине) | 0,06 |
| Разрывное удлинение (по длине и ширине) | 0,06 | – | – | Разрывное удлинение (по длине и ширине) | 0,06 |

Согласно проведенному исследованию (табл. И.3, приложение И) установлено, что высокий уровень согласованности у производителей одежды имелся по ПК: формоустойчивость, поверхностная плотность, пористость, электризуемость ($\sigma_R = 0,75$). Низкий уровень согласованности наблюдался по ПК: СТС до и после мокрой обработки ($\sigma_R = 3,95$) [179, 180]. Гистограмма значимости ПК по данным третьей группы экспертов представлена на рис. И.5, гистограмма уровня согласованности мнений экспертов представлена на рис. И.6.

В исследованиях [181, 182] представлен анализ выбора теплоизоляционной верхней одежды россиянами на основе проведенного социологического исследования (случайная выборка, эксперты – непрофессионалы в области текстиля промышленности). Выбор ОПК при случайной выборке перекликается в

ряде случаев с мнением экспертных групп, однако для исследования и разработок использование ОПК экспертных групп является наиболее достоверным.

Для анализа согласованности оценок значимости ОПК ТНМ между группами экспертов проводился корреляционный анализ. Для выполнения данной задачи подсчитывалось значение простого парного коэффициента корреляции (формула 2.7) коэффициентов весомости ПК для 3-х групп:

1. производители нетканых материалов (x) и ученые (y);
2. производители нетканых материалов (x) и производители одежды (y);
3. производители одежды (x) и ученые (y).

$$r_{xy} = \frac{\sum(x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum(y_i - \bar{y})^2}} \quad 2.7$$

где: x_i и y_i – случайные величины;

\bar{x} и \bar{y} – средние значения исследуемых величин [183].

Репрезентативность коэффициента корреляции определялась по его ошибке (формула 2.8) [183]:

$$m_r = \frac{1 - r_{xy}^2}{\sqrt{n - 1}} \quad 2.8$$

где: n – общее количество ПК.

Считают, что связь между величинами существует, если установленный коэффициент корреляции превосходит значение ошибки в 3 раза [183].

Во всех случаях выполнялось условие $r > 3m_r$: первый анализ $0,93 > 0,09$; второй анализ $0,96 > 0,06$; третий анализ $0,94 > 0,09$, соответственно имеется связь между оценками во всех трех группах. Для классификации силы связи обычно использовалась шкала Чеддока [184]. Во всех трех группах коэффициент корреляции $> 0,90$, таким образом, связь между переменными весьма высокая.

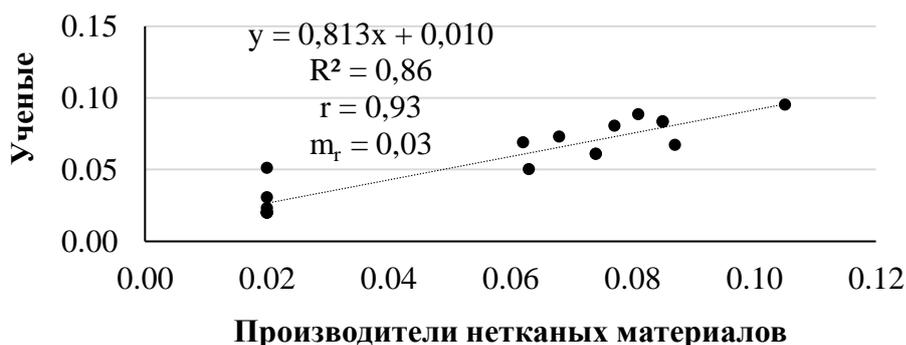


Рис. 2.4. Коэффициенты значимости ПК производителей нетканых материалов и ученых

Для наглядности коэффициенты значимости групп были представлены в виде графиков (рис. 2.4 – 2.6), на которых также были обозначены линии тренда и уравнения. Нахождение величин зависимостей установлено методом наименьших квадратов по средством проведения дисперсионного анализа (однофакторного). Исходя из этого метода, эмпирическая зависимость имеет вид: $y = ax + b$. Коэффициенты a , b найдены как решение системы (формула 2.9) по методу Крамера [185]:

$$\begin{cases} a\sum x_i^2 + b\sum x_i = \sum x_i y_i \\ a\sum x_i + bn = \sum y_i \end{cases} \quad 2.9$$

По коэффициенту детерминации, R^2 (формула 2.10) производилась оценка регрессионных моделей, считалось, что при $R^2 > 0,49$ модель пригодна для использования [186].

$$R^2 = r_{xy}^2 \quad 2.10$$

В ходе исследования, установлено, что имеет место сильная связь и применение полученных моделей является обоснованным.

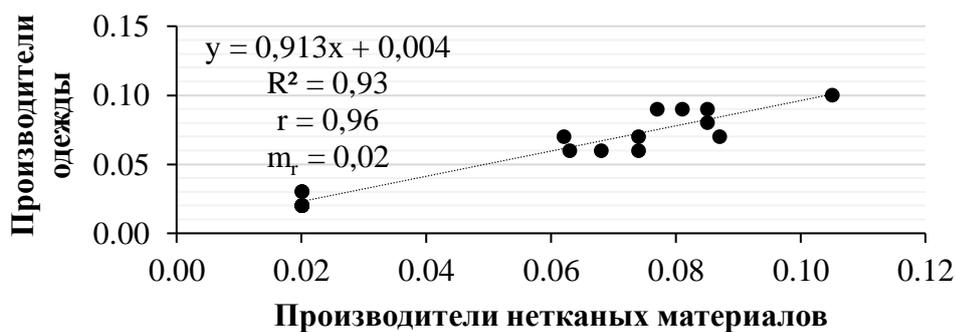


Рис. 2.5. Коэффициенты значимости ПК производителей нетканых материалов и производителей одежды

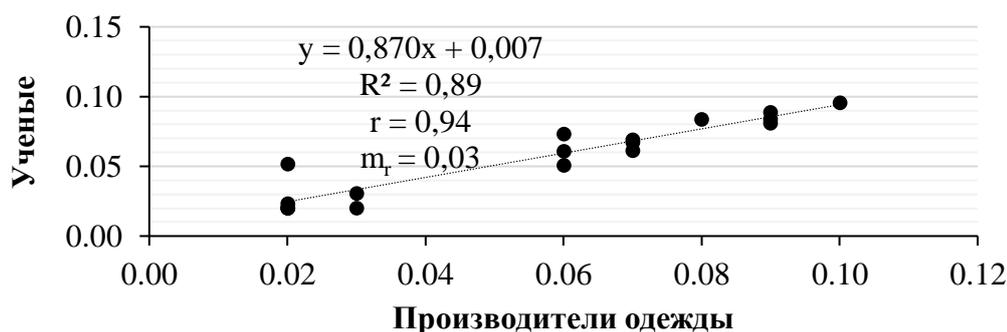


Рис. 2.6. Коэффициенты значимости ПК производителей одежды и ученых

Корреляционная связь была дополнительно проверена с помощью показателя корреляции рангов ρ . Данный показатель применяют для оценки взаимосвязи между случайными величинами, которые могут быть представлены ранжированными рядами [183].

Ранжирование ПК групп представлено в табл. К.1 – К.3 (приложение К).

Для подсчета показателя корреляции рангов находили сумму квадратов разницы между ранговыми оценками $\sum d^2$, показатель корреляции вычислялся по формуле 2.11. [183]:

$$\rho = 1 - \frac{6\sum d^2}{n(n^2 - 1)} \quad 2.11$$

Ошибка ранговой корреляции определялась по формуле 2.12 [176]:

$$\sigma = \frac{1 - \rho^2}{\sqrt{n}} \quad 2.12$$

Для всех трех групп выполнено условие: $\rho > 3\sigma$: в первой группе $0,93 > 0,09$; во второй $0,93 > 0,09$; в третьей $0,94 > 0,09$.

Данная оценка позволяет утверждать, что во всех случаях имеется сильная связь между оценками экспертов, что доказывает правильность выбора ОПК ТНМ.

В ходе исследования была выполнена оценка компетентности экспертов с помощью повторного опроса выборочных экспертов из каждой группы (порядковые номера проверенных экспертов: 2, 21, 22, 27).

По коэффициенту корреляции Пирсона и показателя корреляции рангов была проведена проверка соответствия данных при первом и втором опросах.

В табл. Л.1 (приложение Л) представлены данные по анализу ответов эксперта № 2, где: x – первичные ответы и y – повторные ответы. Выполнено условие $r > 3m_r$ ($0,89 > 0,15$). Качественная оценка связи весьма высокая.

Скорректированные ранги эксперта № 2 представлены в виде графика (рис. 2.7а). На графике обозначена линия тренда и уравнение, которое пригодно для использования ($R^2 = 0,79$). Значения для нахождения уравнения представлены в табл. Л.2 (приложение Л).

В табл. Л.3 (приложение Л) представлено ранжирование ПК для эксперта № 2, $\rho = 0,89$. Выполняется условие: ρ ($0,89$) $>$ 3σ ($0,15$), что свидетельствует о достаточно сильной связи между первичными и повторными оценками эксперта № 2, компетентность эксперта подтверждена.

В табл. Л.4 (приложение Л) представлены данные по анализу ответов эксперта № 22, где: x – первоначальные ответы и y – повторные ответы. Установлено, что связь между результатами первого и второго опросов выражена слабо: r ($0,47$) $<$ $3m_r$ ($0,57$). По шкале Чеддока качественная оценка связи соответствует умеренной силе связи.

Скорректированные ранги эксперта № 22 представлены в виде графика (рис. 2.7б). На графике представлена линия тренда. Значения для нахождения уравнения представлены в табл. Л.5 (приложение Л). Для найденного уравнения $R^2 = 0,22$, что свидетельствует о средней силе связи (регрессионная модель в этом случае не имеет большого практического значения [184]).

В табл. Л.6 (приложение Л) представлено ранжирование ПК для эксперта № 22; условие $\rho > 3\sigma$ не выполняется ($0,49 < 0,54$). Расчеты показывают, что

компетентность эксперта № 22 из числа ученых подвергается сомнению. Данный вывод подтверждается расчетами по выявлению ОПК для группы экспертов – ученые. В данной группе наблюдался самый низкий коэффициент конкордации.

В следствие недостоверности ответов эксперта № 22, из группы ученых для проверки на компетентность был выбран еще один эксперт (№ 21). В табл. Ф.7 (приложение Л) представлены данные по анализу ответов эксперта № 21, где: x – первичные ответы и y – повторные ответы. Выполняется условие $r > 3m_r$ ($0,86 > 0,18$). Качественная оценка связи весьма высокая.

Скорректированные ранги эксперта № 21 представлены в виде графика (рис. 2.7в). На графике обозначена линия тренда и уравнение, пригодное для использования ($R^2 = 0,74$). Значения для нахождения уравнения представлены в табл. Л.8 (приложение Л).

В табл. Л.9 (приложение Л) представлено ранжирование ПК для эксперта № 21, выполняется условие $\rho > 3\sigma$ ($0,86 > 0,18$), что свидетельствует о достаточно сильной связи между первичными и повторными оценками эксперта № 21, компетентность эксперта подтверждена.

В табл. Л.10 (приложение Л) представлены данные по анализу ответов эксперта № 27, где: x – первичные ответы и y – повторные ответы. Выполняется условие $r > 3m_r$ ($0,77 > 0,30$), уровень связи высокий. Скорректированные ранги эксперта № 27 представлены в виде графика (рис. 2.7г). На графике обозначена линия тренда и уравнение, пригодное для использования ($R^2 = 0,59$). Значения для нахождения уравнения представлены в табл. Л.11 (приложение Л).

В табл. Л.12 (приложение Л) представлено ранжирование ПК для эксперта № 27, выполняется условие: $\rho > 3\sigma$ ($0,77 > 0,30$), что свидетельствует о достаточно сильной связи между первичными и повторными оценками эксперта № 27, компетентность эксперта подтверждена.

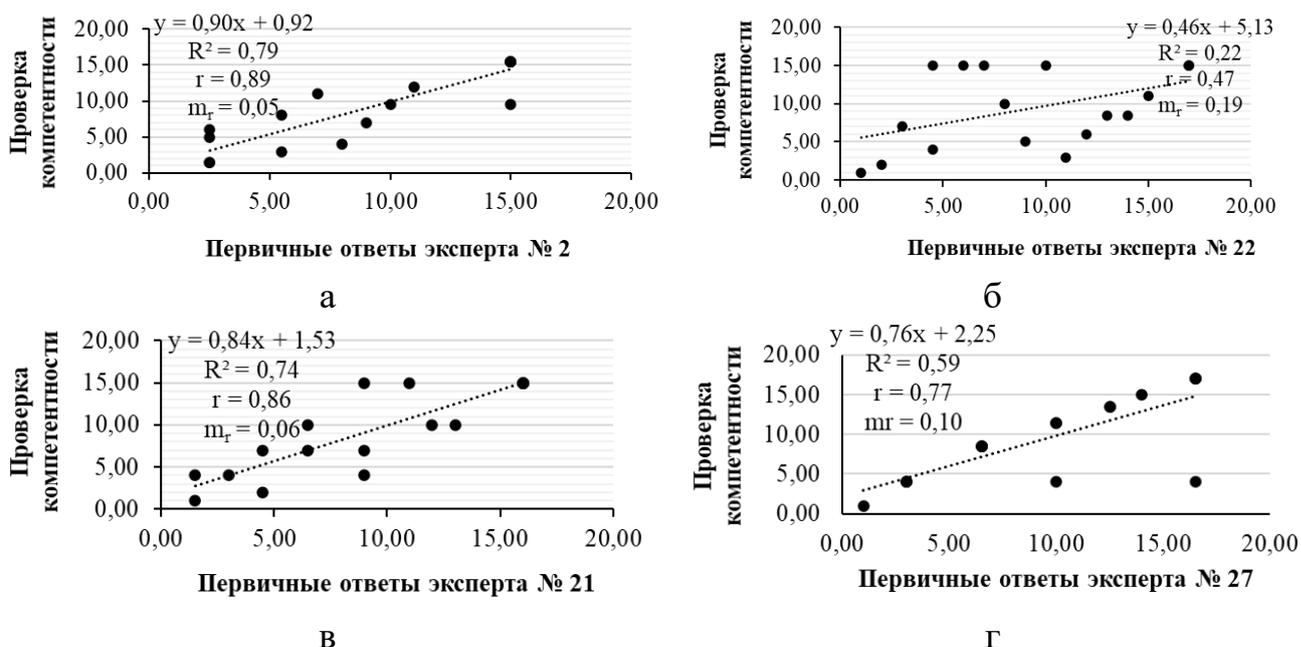


Рис. 2.7. Проверка компетентности выборочных экспертов

Анализ выбора экспертами ОПК ТНМ представлен в публикациях [178, 179, 180].

2.3 Обсуждение и основные выводы

1. Установлено, что наиболее значимым ПК для ТНМ экспертные группы считают СТС до и после мокрой обработки. Значимость данного ПК имеет определяющее значение при конструировании теплоизоляционной одежды и позволят установить должный уровень теплоизоляции изделия.

Идентичную значимость имеют такие ПК как: неровнота по массе, толщина, гигроскопичность, воздухопроницаемость, миграция, а также: изменение линейных размеров после мокрой обработки, устойчивость к многократному сжатию, волокнистый состав, в том числе: разрывное удлинение и разрывная нагрузка (по длине и ширине).

2. Установлено, что выбор ОПК производственных групп аналогичен, а выбор ОПК ученых иной. Причиной данного расхождения может быть то, что мнение представителей производственной среды непосредственно формируется запросами заказчиков, для которых важное значение имеют высокие эксплуатационные показатели продукта.

3. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ

3.1 Обзор и обоснование выбора методик исследования

Цель данного исследования – подбор методики оценки ОПК саморегулируемых ТНМ, анализ свойств ТНМ и подбор оптимального содержания ПАК волокон и поверхностной плотности.

Процесс переноса тепла от человеческого тела во внешнюю среду описывается законами Ньютона и Фурье [48].

Характеристики теплоизолирующих свойств утепленной одежды принято оценивать по ПК – теплопроводность. Экспресс-методы оценки теплопроводности пакета материалов, как правило, выполняются в стационарном режиме испытаний и связаны с расчетом плотности теплового потока [168, 187].

В исследовании [188] описан простой аналитический метод расчета СТС, который позволяет на этапе проектирования ТНМ прогнозировать их теплоизоляционные свойства.

Ряд разработок предполагает проведение испытаний по определению СТС ТНМ, приближенных к реальным условиям эксплуатации [189, 190]. Чижик М.А. с соавторами предлагают простой способ измерения теплопроводных свойств пакета материалов при помощи регистрации времени охлаждения теплового аккумулятора-накопителя [189]. Авторами рассчитана сходимость результатов со стандартными лабораторными методами испытаний [191]. Недостатком метода является отсутствие возможности измерения одного слоя ТНМ.

Соколова А.С. с соавторами предлагают автоматизированный метод расчета теплоизоляционных характеристик материалов для утепленной одежды. Авторы отмечают, что разработанный метод позволяет моделировать температурные параметры внутренней и внешней среды, характерные при эксплуатации одежды [192].

Родичевой М.В. с соавторами предлагается метод оценки самоорганизующихся волокнистых материалов. Метод основан на оценке

динамического изменения плотности теплового потока при осуществлении воздействия на пакет материалов условий эксплуатации, например, температуры среды [168, 169].

Установка, разработанная Шарапаром Н.М. с соавторами позволяет оценить физические ПК ТНМ при воздействии таких условий эксплуатации как ветер, осадки [193].

Измерение теплоизоляционных свойств влажных ТНМ имеет особое значение при оценке их эффективности в условиях реальной эксплуатации. Бессонова Н.Г. с соавторами разработали метод оценки теплоизоляционных характеристик волокнистых материалов во влажном состоянии [194].

Дерябина А.И. с соавторами разработали оборудование, позволяющее оценить многоцикловые характеристики ТНМ и пакетов материалов. Устройство позволяет моделировать условия реального воздействия на материалы при их эксплуатации [195].

Наиболее естественным методом испытания является исследование теплоизоляционных характеристик комплектов одежды (КО) [196 – 198]. Исследование КО, как правило, проводится на волонтерах или механизированных моделях тела человека (термоманекенах). При этом, в последнее время предпочтение отдается лабораторным исследованиям на термоманекенах в условиях моделируемой среды, так как позволяют оптимизировать затраты и повысить воспроизводимость результатов испытаний [199, 200].

В ходе исследования оценка ОПК ТНМ производилась в соответствии со стандартными методиками, предложенными ГОСТ (табл. М.1, приложение М).

Отбор проб для испытаний проводился по ГОСТ 13587 [201]. Перед испытаниями образцы ТНМ выдерживались в климатических условиях согласно требованиям ГОСТ 10681 [202].

Для оценки КО с использованием исследуемых ТНМ, использовалась методика ГОСТ ISO 15831 [196].

На данном этапе технологического развития отсутствуют достоверные методы идентификации ПАК волокон в составе текстильных материалов. Набор

характеристик ПАК волокон, не позволяет применить стандартные методы исследования [203, 204]. Для оценки соответствия смеси волокон заданным характеристикам ТНМ в работе были использованы методы инфракрасной (ИК) спектроскопии и термического анализа [199].

Графики, получаемые в результате ИК-спектроскопии и термического анализа, позволяют получить набор характеристик ТНМ, которые могут быть использованы при техническом контроле на производстве, а также выявить особенности изменения массы ТНМ при воздействия на них температуры (дифференциальная термогравиметрическая кривая – ДТГ, термогравиметрическая кривая – ТГ), оценить тепловые эффекты (кривая дифференциальной сканирующей калориметрии – ДСК) [117, 119, 205]. Полученный набор данных позволяет спрогнозировать набор эксплуатационных характеристик ТНМ, например, устойчивость к воздействию температур при их эксплуатации и стирке.

В результате проведенного исследования установлено, что для саморегулирующихся и самоорганизующихся инновационных ТНМ статические испытания теплоизоляционных характеристик [191, 199, 206 – 208] являются недостаточными, в следствие динамического изменения ПК ТНМ в зависимости от условий эксплуатации. Установлено, что методы, позволяющие моделировать реальные условия среды при эксплуатации (перспирация, ветер, температура, давление, темп движения), показывают наиболее достоверный результат при исследовании IFS.

3.2 Оценка планирования экспериментальных работ и анализ полученных результатов

Целью большинства исследований в области изучения свойств ТНМ является решение сложных многофакторных экспериментальных задач, связанных с оптимизацией свойств, подбором волокнистого состава, выбором поверхностной плотности, построения математической модели для оценки параметров системы.

В рамках данной работы согласно теоретическим исследованиям основными факторами, которые определяют свойства ТНМ являются: поверхностная плотность и процентное соотношение волокнистого сырья. Выходным параметром (откликом) системы являлись ОПК.

В данном исследовании применялся план Казумаса Коно [209] для двух факторов (Коно-2), это позволило оптимизировать время и повысить эффективность проведения исследовательской работы.

Число опытов в матрице (N) вычислялось по формуле 3.1:

$$N = 2^K + 2K + 1 \quad 3.1$$

где: K – число факторов.

Для перехода от матрицы планирования к рабочей матрице использовалось соотношение (3.2) [210]:

$$X = \frac{X_i - X_{oi}}{Y} \quad 3.2$$

где: X_i , – натуральная величина фактора;

X_{oi} – натуральная величина фактора на нулевом уровне;

Y – интервал варьирования;

X – величина кодированного фактора.

Использование прикладных программ MS Excel, STATISTICA (StatSoft®) и РТС Mathcad для обработки экспериментальных значений матрицы позволяет получить полиномиальное уравнение вида (формула 3.3):

$$\hat{Y} = b_0 + \sum b_i \cdot X_i + \sum b_{ij} \cdot X_i \cdot X_j + \sum b_{ij} \cdot X_i^2 \quad 3.3$$

где: b_0 – величина свободного члена регрессии;

b_i – величина линейных коэффициентов;

b_{ij} – величины коэффициентов, выражающие взаимодействие двух факторов;

\hat{Y} – рассчитанный критерий оптимизации.

При $K = 2$ уравнение (3.3) имеет вид (3.4):

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 + b_{12} \cdot X_1 \cdot X_2 + b_{11} \cdot X_1^2 + b_{22} \cdot X_2^2 \quad 3.4$$

Обработка экспериментальных данных включала заключалась в следующем:

1. Расчет средних построчных функций отклика (формула 3.5):

$$\bar{y}_u = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m y_i \quad 3.5$$

где: m – количество параллельных опытов.

2. Определение построчных дисперсий (формула 3.6):

$$S_u^2\{y\} = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (y_i - \bar{y}_u)^2 \quad 3.6$$

3. Проверка однородности дисперсий по критерию В.Г. Кочрена [211] (G – критерий), расчетное значение которого определялось формуле 3.7:

$$G_R = \frac{S_u^2 \max\{y\}}{\sum_{u=1}^N S_u^2\{y\}} \quad 3.7$$

Выполнялась проверка условия: $G_R < G_T$. При выполнении условия не отвергалась гипотеза об однородности дисперсий.

4. Расчет дисперсии воспроизводимости (формула 3.8) [210]:

$$S_{\text{воспр.}}^2\{y\} = \frac{S_u^2\{y\}}{m} = \frac{\sum_1^N \sum_1^u (y_u - \bar{y}_u)^2}{\sum_1^N m - 1} = \frac{\sum_1^N \sum_1^u (y_u - \bar{y}_u)^2}{N - 1} \quad 3.8$$

где: N – количество опытов.

5. Нахождение коэффициентов регрессий по формулам 3.9 – 3.12:

$$b_0 = g_1 \sum_{u=1}^N \bar{y}_u + g_2 \sum_{i=1}^M \sum_{u=1}^N x_{iu}^2 \cdot \bar{y}_u \quad 3.9$$

$$b_i = g_3 \sum_{u=1}^N x_{iu} \cdot \bar{y}_u \quad 3.10$$

$$b_{ij} = g_4 \sum_{u=1}^N x_{iu} \cdot x_{ju} \cdot \bar{y}_u \quad 3.11$$

$$b_{ii} = g_5 \sum_{u=1}^N x_{iu}^2 \cdot \bar{y}_u + g_6 \sum_{i=1}^M \sum_{u=1}^N x_{iu}^2 \cdot \bar{y}_u - g_2 \sum_{u=1}^N \bar{y}_u \quad 3.12$$

где: g_{1-6} – коэффициенты;

\bar{y}_u – средняя величина критерия оптимизации;

6. Расчет коэффициентов регрессии по формулам 3.13 и 3.14:

$$S^2\{b_{ij}\} = g_4 S^2\{y\} \quad 3.13$$

$$S^2\{b_{ij}\} = g_7 S^2\{y\} \quad 3.14$$

и их ковариаций по формулам 3.15 и 3.16:

$$\text{cov}\{b_0 b_{ij}\} = g_4 S\{y\} \quad 3.15$$

$$\text{cov}\{b_0 b_{ii}\} = g_6 S\{y\} \quad 3.16$$

7. Определение значимости коэффициентов регрессии с помощью критерия Стьюдента (В. С. Госсета) [212] (t – критерий) по формуле 3.17. Выполнялась проверка условия путем сравнения расчетного и табличного значений критерия Стьюдента. При выполнении условия: $t_R > t_T$, значимость коэффициентов уравнения не отвергалась.

Расчетное значение критерия Стьюдента находили по формуле 3.17:

$$t_R\{b_i\} = \frac{|b_i|}{S\{b_i\}} \quad 3.17$$

где: $|b_i|$ – абсолютное значение оценки проверяемого коэффициента;

$S\{b_i\} = \sqrt{S\{b_i\}^2}$ – дисперсия коэффициентов уравнения регрессии вычисляется по формуле 3.18:

$$S\{b_i\}^2 = \frac{S_{\text{воспр.}}^2\{y\}}{N} \quad 3.18$$

8. Расчет дисперсии адекватности по формуле 3.19:

$$S_{\text{адекв.}}^2\{y\} = \frac{\sum_i^N (\bar{y}_u - \hat{y}_u)^2}{N - \lambda} \quad 3.19$$

где: \hat{y}_u – величина критерия оптимизации;

λ – количество коэффициентов уравнения вычисляется по формуле 3.20:

$$\lambda = \frac{(K + 2) \cdot (K + 1)}{2} \quad 3.20$$

где: K – число факторов. Для данного эксперимента $\lambda = 6$.

Адекватность регрессионных моделей 2-го порядка проводилась с помощью критерия Р. Фишера [213] (F-критерий), расчетное значение которого определялось по формуле 3.21, при $F_R < F_T$ модель считалась адекватной.

$$F_R = \frac{S_{\text{адекв.}}^2}{S_{\text{воспр.}}^2} \quad 3.21$$

где: $S_{\text{адекв.}}^2$ – дисперсия адекватности математической модели;

$S_{\text{воспр.}}^2$ – дисперсия воспроизводимости, характеризующая ошибку опыта [210].

В данном исследовании анализировались области допустимых значений и оптимальных значений ОПК. Область допустимых значений выбиралась согласно требованиям ГОСТ Р 57027 [214] и ГОСТ Р 57632 [215] (табл. М.2, приложение М), а область оптимальных значений согласно величине ОПК. Скопление точек в области оптимальных значений при совмещении графиков обуславливало выбор ТНМ оптимального по ОПК (ТНМОПК).

Изучение технических требований относительно поверхностной плотности ТНМ для теплоизоляционной одежды государственных и частных корпораций позволило сделать вывод, что наиболее востребованными являются ТНМ поверхностной плотностью: 100-200 г/м². Применение одного слоя или сочетания слоев ТНМ в этом диапазоне позволяет создавать пакеты одежды для всех климатических поясов Российской Федерации [25] согласно ГОСТ Р 12.4.303 [198].

В соответствии с проведенными теоретическими исследованиями для определения оптимального содержания ПАК волокон было выбрано условие варьирования 0-70% с интервалом варьирования 35% и условие варьирования поверхностной плотности ТНМ 100-200 г/м² с интервалом варьирования 50 г/м² (табл. 3.1).

Табл. 3.1. Уровни и интервалы варьирования факторов

| Факторы | Уровни варьирования | | | Интервалы варьирования |
|---|---------------------|-----|-----|------------------------|
| | - | 0 | + | |
| X_1 – поверхностная плотность, г/м ² | 100 | 150 | 200 | 50 |
| X_2 – содержание ПАК волокон, % | 0 | 35 | 70 | 35 |

В ходе проведения эксперимента проводилась выработка ТНМ на площадке индустриального партнера ООО «Термопол» (рис. Н.1, приложение Н) согласно

рабочей матрице (табл. 3.2.) Метод производства – термоскрепление с аэродинамическим способом формирования холста.

Табл. 3.2. Рабочая матрица предварительного эксперимента

| № п/п | Поверхностная плотность, г/м ² | Содержание ПАК волокон, % |
|-------|---|---------------------------|
| 1 | 150 | 35 |
| 2 | 200 | 70 |
| 3 | 100 | 70 |
| 4 | 100 | 0 |
| 5 | 200 | 0 |
| 6 | 200 | 35 |
| 7 | 150 | 70 |
| 8 | 100 | 35 |
| 9 | 150 | 0 |

Полученные ТНМ были исследованы по ОПК. В приложении П (табл. П.1, П.3, П.5, П.7, П.9, П.11, П.13, П.15, П.17, П.19, П.21, П.23, П.25, П.27) представлены результаты исследования и обработки полученных значений.

После проведения обработки полученных экспериментальных данных с использованием программного обеспечения были получены математические критерии (табл. 3.3), уравнения регрессии, а также построены графики зависимости и двумерные сечения поверхностей отклика, характеризующие зависимость ОПК ТНМ от поверхностной плотности и содержания ПАК волокон представлены (рис. 3.1 – 3.14).

Во всех случаях по критерию Кочрена $G_R < G_{T_{0,05}}$, следовательно построчные дисперсии однородные с вероятностью $P \geq 0,95$, воспроизводимость эксперимента удовлетворительная.

Для уравнений регрессии были получены коэффициенты, значимость которых проверялась с помощью критерия Стьюдента с вероятностью $P \geq 0,95$ (формула 3.17). Коэффициенты значимости для уравнений регрессии представлены в приложении П (табл. П.2, П.4, П.6, П.8, П.10, П.12, П.14, П.16, П.18, П.20, П.22, П.24, П. 26, П.28).

Во всех случаях по критерию Фишера выполнялось условие $F_R < F_T$, гипотеза об адекватности моделей не отвергается. С доверительной вероятностью $P \geq 0,95$ модели адекватны.

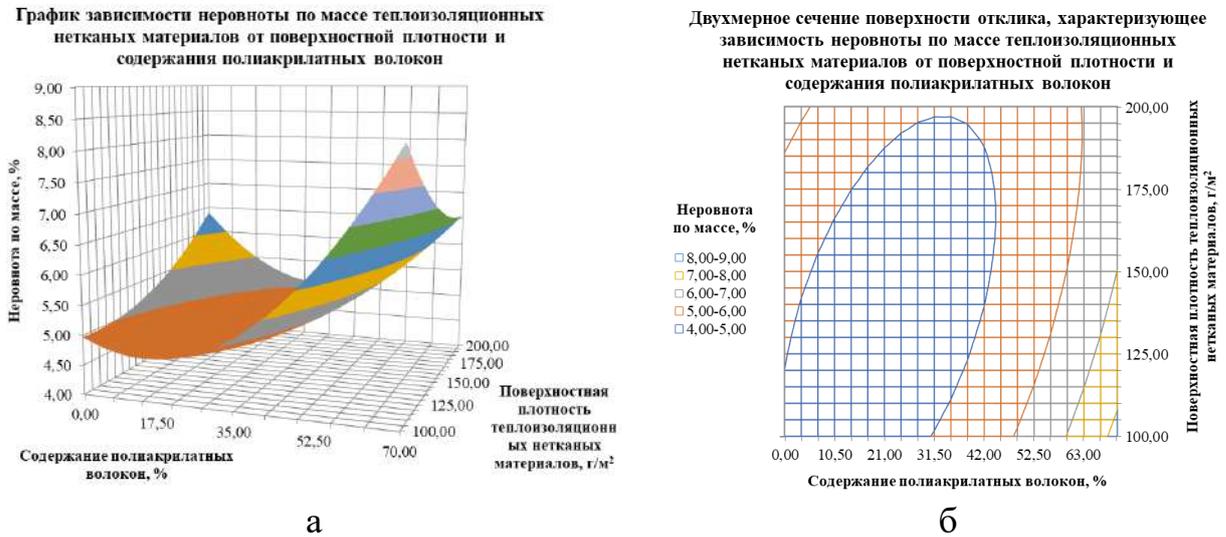


Рис. 3.1. Графики зависимости неровноты по массе ТНМ от поверхностной плотности и содержания ПАК волокон

Анализ полученных значений по ПК неровнота по массе (рис. 3.1 а, б) позволяет сделать вывод о том, что в области допустимых значений находятся ТНМ с содержанием ПАК более 53%, оптимальной областью является содержание ПАК волокон не более 39% и поверхностной плотностью 100-160 г/м².

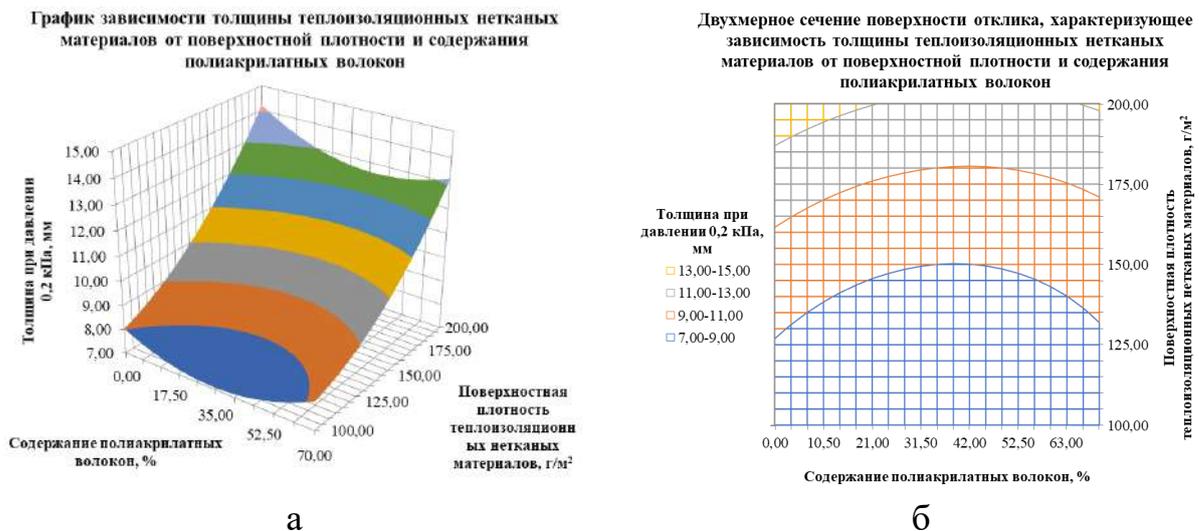


Рис. 3.2. Графики зависимости толщины ТНМ от поверхностной плотности и содержания ПАК волокон

Анализ полученных значений по ПК толщина (рис. 3.2 а, б) позволяет сделать вывод о том, с увеличением поверхностной плотности возрастает толщина ТНМ из-за увеличения количества волокон на единицу площади. Под область допустимых значений попадают ТНМ поверхностной плотностью 100-170 г/м² при содержании ПАК волокон 25-56%. Область оптимальных значений находится в диапазоне поверхностной плотности 100 – 115 г/м² и содержания ПАК волокон 32 – 39%.

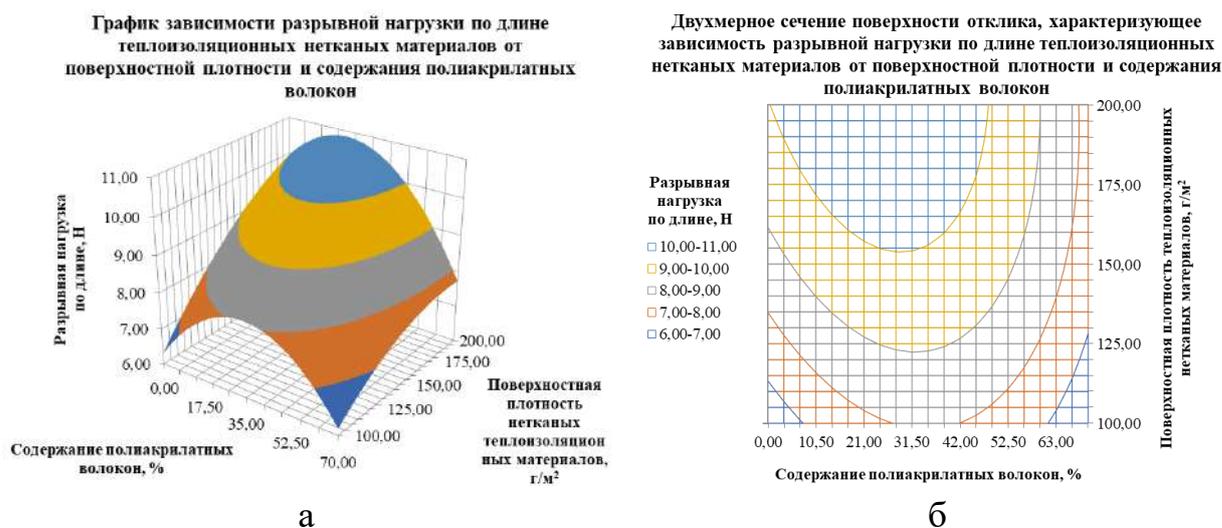
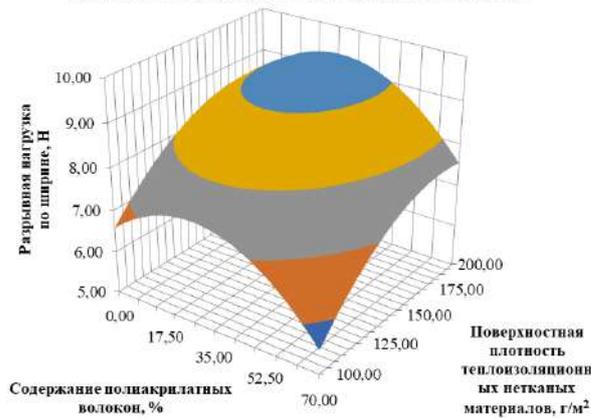


Рис. 3.3. Графики зависимости разрывной нагрузки (по длине) ТНМ от поверхностной плотности и содержания ПАК волокон

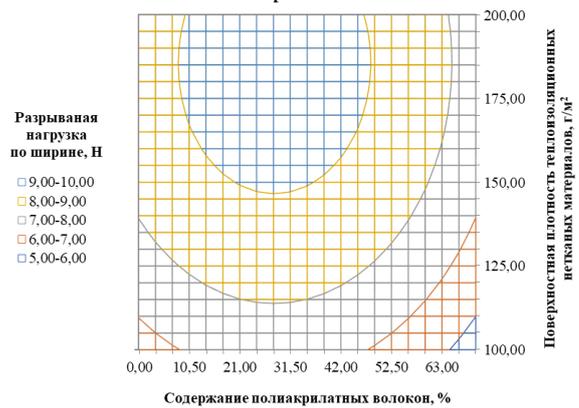
Анализ полученных значений по ПК разрывная нагрузка (по длине) (рис. 3.3 а, б) позволяет сделать вывод о том, что ТНМ с поверхностной плотностью 100 г/м² имеют слабое скрепление волокон и обладают низкой разрывной нагрузкой, под область допустимых значений попадают все ТНМ поверхностной плотностью не менее 110 г/м². Оптимальная область поверхностной плотности находится в диапазоне 180-200 г/м², содержания ПАК волокон 21-32%.

График зависимости разрывной нагрузки по ширине теплоизоляционных нетканых материалов от поверхностной плотности и содержания полиакрилатных волокон



а

Двухмерное сечение поверхности отклика, характеризующее зависимость разрывной нагрузки по ширине теплоизоляционных нетканых материалов от поверхностной плотности и содержания полиакрилатных волокон

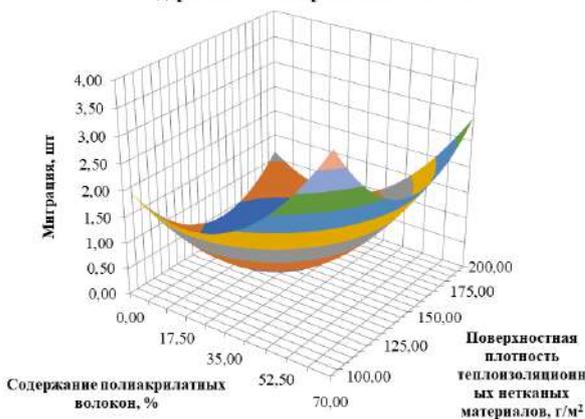


б

Рис. 3.4. Графики зависимости разрывной нагрузки (по ширине) ТНМ от поверхностной плотности и содержания ПАК волокон

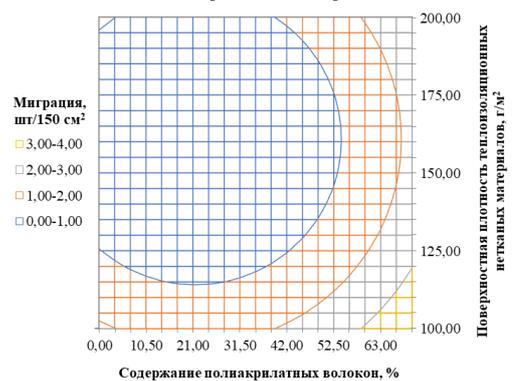
Анализ полученных значений по ПК разрывная нагрузка (по ширине) (рис. 3.4 а, б) показывает, что в области допустимых значений находятся все ТНМ с поверхностной плотностью более 125 г/м². Оптимальной областью является поверхностная плотность 130-200 г/м² и содержание ПАК волокон 21-35%.

График зависимости миграции волокон теплоизоляционных нетканых материалов через ткань от поверхностной плотности и содержания полиакрилатных волокон



а

Двухмерное сечение поверхности отклика, характеризующее зависимость миграции теплоизоляционных нетканых материалов от поверхностной плотности и содержания полиакрилатных волокон



б

Рис. 3.5. Графики зависимости миграции ТНМ от поверхностной плотности и содержания ПАК волокон

Анализ полученных значений по ПК миграция (рис. 3.5 а, б) позволяет сделать вывод о том, ТНМ с поверхностной плотностью 100-135 г/м² и содержанием ПАК волокон более 49 %, а также поверхностной плотностью 190-200 г/м² и более 67 % ПАК волокон находятся за областью допустимых значений.

Оптимальной областью является поверхностная плотность 130-190 г/м² и содержание ПАК волокон 14-28%.

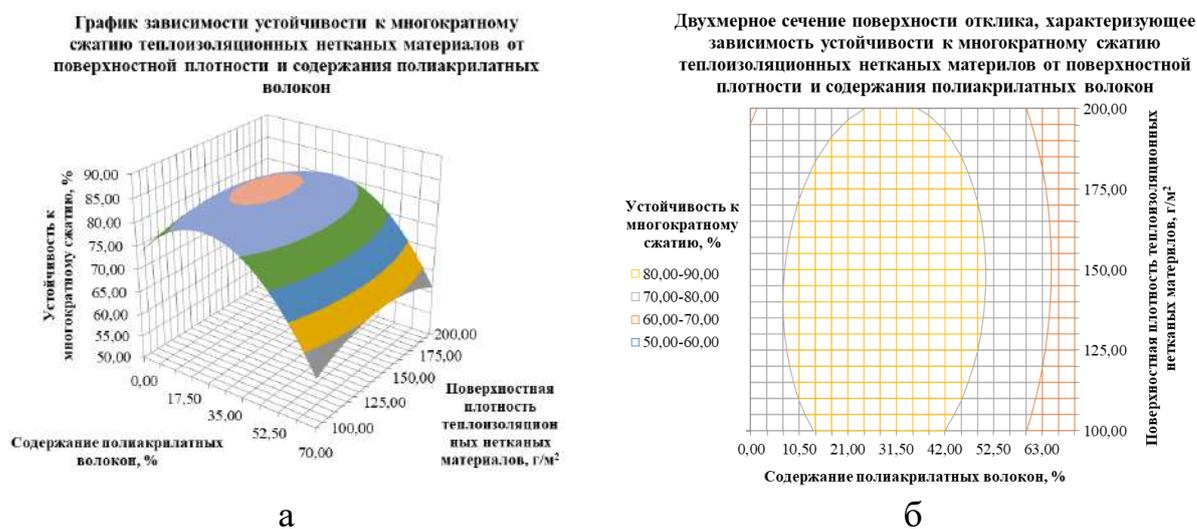


Рис. 3.6. Графики зависимости устойчивости к многократному сжатию ТНМ от поверхностной плотности и содержания ПАК волокон

Анализ полученных значений по ПК устойчивость к многократному сжатию (рис. 3.6 а, б) позволяет сделать вывод о том, что ТНМ с поверхностной плотностью 100-115 г/м², а также 190-200 г/м² и более 60% содержанием ПАК волокон находятся на границе допустимых значений. Оптимальной областью является поверхностная плотность 100-185 г/м² и содержание ПАК волокон 21-35%.

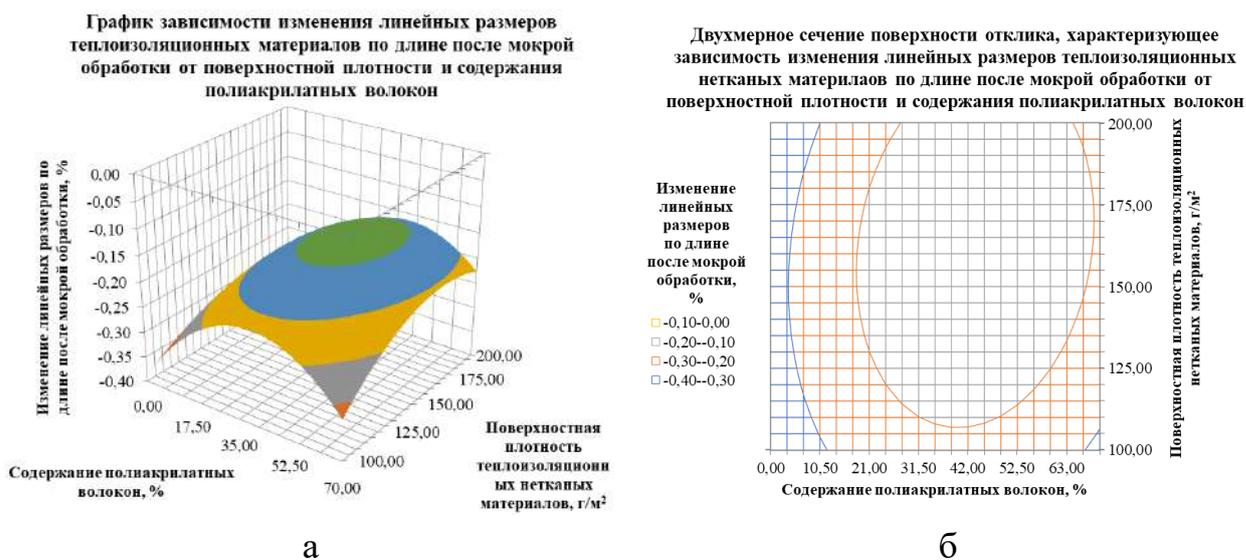


Рис. 3.7. Графики зависимости изменения линейных размеров (по длине) после мокрой обработки ТНМ от поверхностной плотности и содержания ПАК волокон

Анализ полученных значений по ПК изменение линейных размеров ТНМ (по длине) (рис. 3.7 а, б) и ширине (рис. 3.8 а, б) имеет схожие результаты, все ТНМ находятся в области допустимых значений. Оптимальной областью по ПК изменение линейных размеров ТНМ (по длине) является поверхностная плотность 155-165 г/м², содержание ПАК волокон 32-53%, по ширине: поверхностная плотность 140-155 г/м², содержание ПАК волокон 25-63%. В данном диапазоне наблюдалось практически полное сохранение исходных линейных размеров.

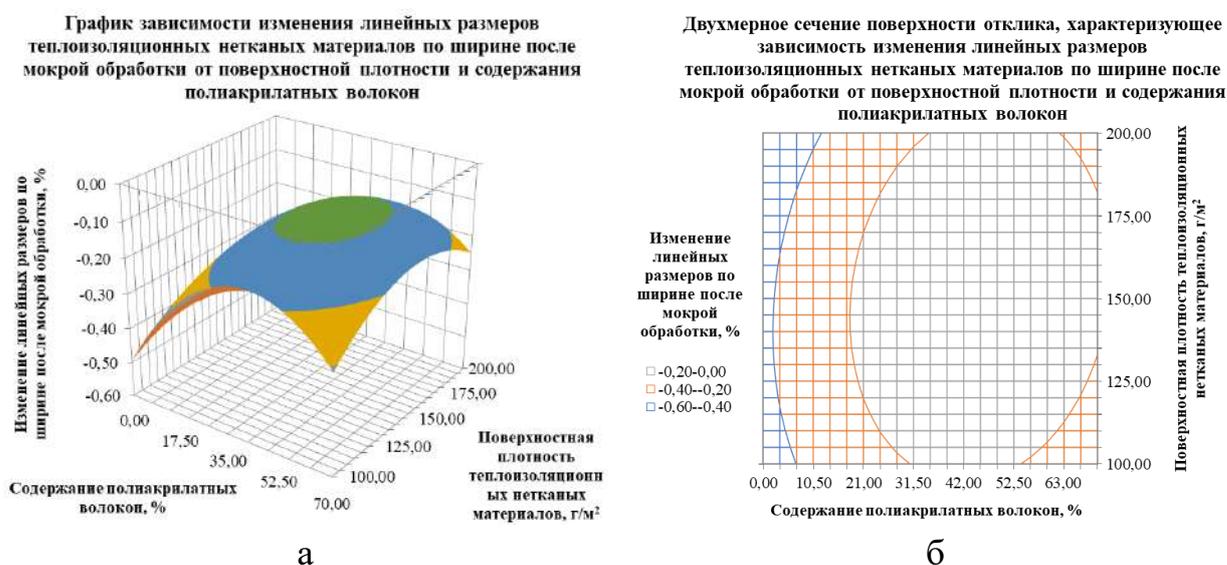


Рис. 3.8. Графики зависимости изменения линейных размеров (по ширине) после мокрой обработки ТНМ от поверхностной плотности и содержания ПАК волокон

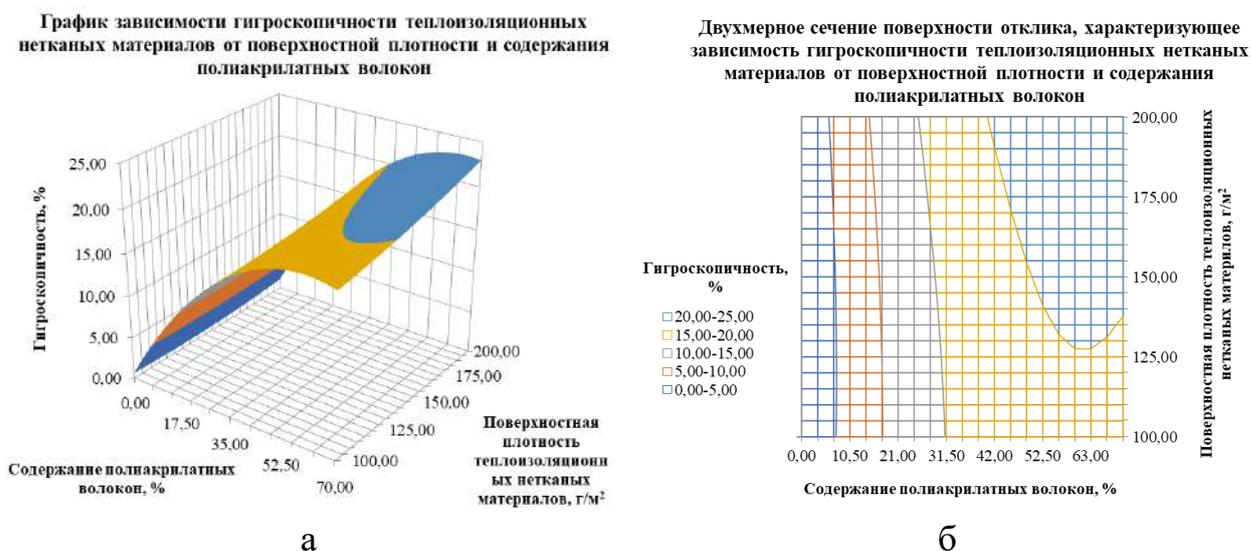
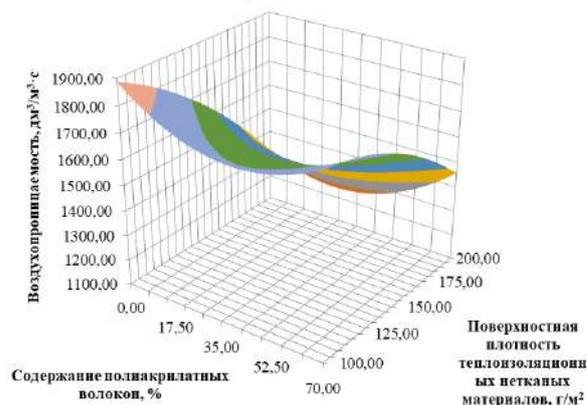


Рис. 3.9. Графики зависимости гигроскопичности ТНМ от поверхностной плотности и содержания ПАК волокон

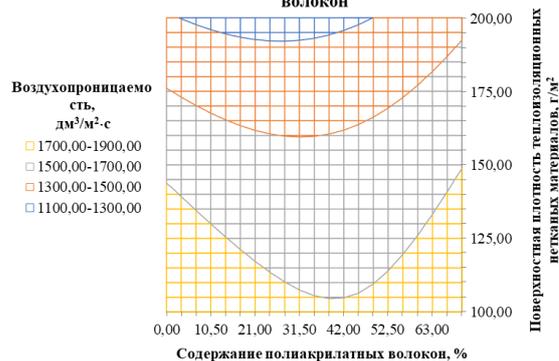
Анализ полученных значений по ПК гигроскопичность для ТНМ не регламентирован требованиями ГОСТ, таким образом все ТНМ находятся в области допустимых значений. Отмечено, что минимальной гигроскопичностью обладают ТНМ, состоящие из 100% полиэфирных волокон, с увеличением содержания ПАК волокон увеличивается гигроскопичность (рис. 3.9 а, б).

График зависимости воздухопроницаемости теплоизоляционных нетканых материалов от поверхностной плотности и содержания полиакрилатных волокон



а

Двухмерное сечение поверхности отклика, характеризующее зависимость воздухопроницаемости теплоизоляционных нетканых материалов от поверхностной плотности и содержания полиакрилатных волокон

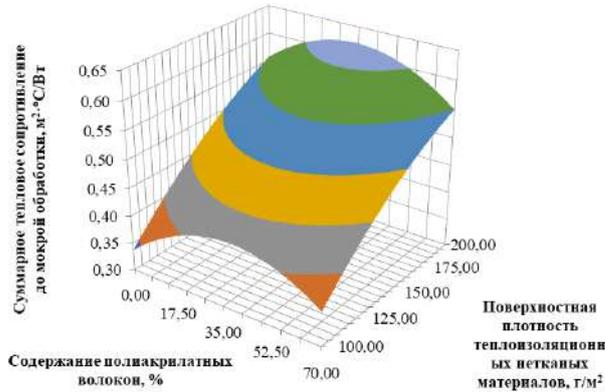


б

Рис. 3.10. Графики зависимости воздухопроницаемости ТНМ от поверхностной плотности и содержания ПАК волокон

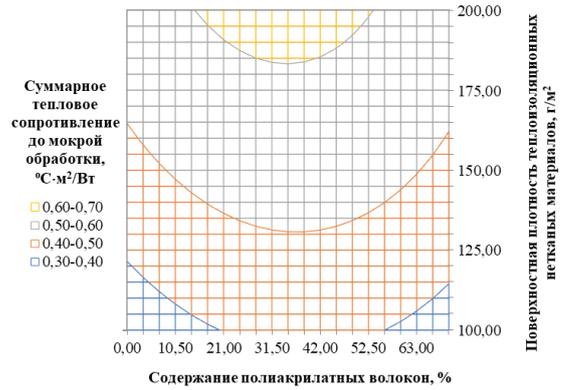
Анализ полученных значений по ПК воздухопроницаемость позволяет сделать вывод о том, что все ТНМ, находятся в области допустимых значений. Из графиков (рис. 3.10 а, б) видно, что с увеличением поверхностной плотности уменьшается воздухопроницаемость ТНМ, что является следствием увеличения количества волокон на единицу площади.

График зависимости суммарного теплового сопротивления до мокрой обработки теплоизоляционных нетканых материалов от поверхностной плотности и содержания полиакрилатных волокон



а

Двухмерное сечение поверхности отклика, характеризующее зависимость суммарного теплового сопротивления теплоизоляционных нетканых материалов до мокрой обработки от поверхностной плотности и содержания полиакрилатных волокон

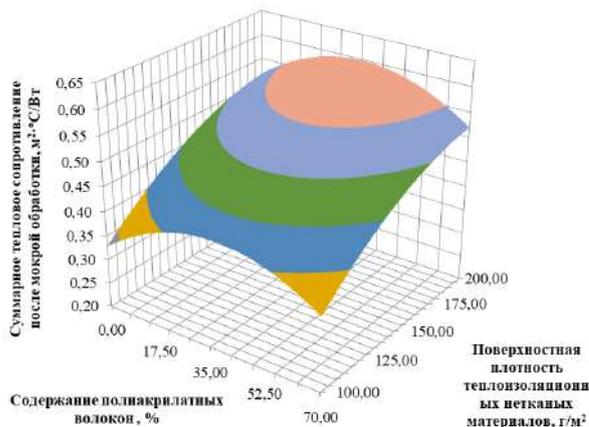


б

Рис. 3.11. Графики зависимости СТС до мокрой обработки ТНМ от поверхностной плотности и содержания ПАК волокон

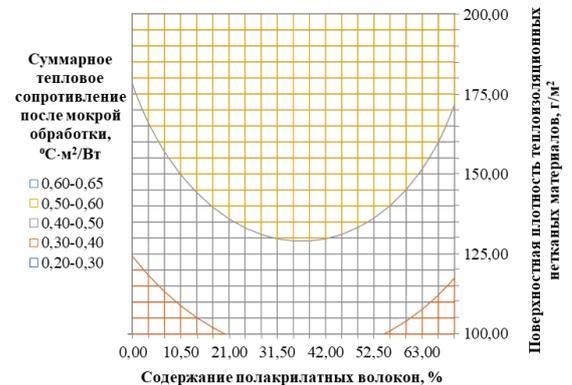
Анализ полученных значений по ПК СТС до мокрой обработки позволяет сделать вывод о том, что с увеличением поверхностной плотности ТНМ увеличивается и ПК (рис. 3.11 а, б), в следствие увеличения количества волокон на единицу площади и увеличения толщины, а также воздуха внутри ТНМ. Все ТНМ находятся в области допустимых значений. Оптимальной областью является поверхностная плотность 195-200 г/м² и содержанием ПАК волокон 35%

График зависимости суммарного теплового сопротивления после мокрой обработки теплоизоляционных нетканых материалов от поверхностной плотности и содержания полиакрилатных волокон



а

Двухмерное сечение поверхности отклика, характеризующее зависимость суммарного теплового сопротивления теплоизоляционных нетканых материалов после мокрой обработки от поверхностной плотности и содержания полиакрилатных волокон



б

Рис. 3.12. Графики зависимости СТС после мокрой обработки ТНМ от поверхностной плотности и содержания ПАК волокон

Анализ полученных значений по ПК СТС после мокрой обработки (рис. 3.12 а, б) позволяет утверждать, что характер увеличения рассматриваемого показателя схож, с тем же показателем до мокрой обработки, отмечено, что ТНМ поверхностной плотностью 180-200 г/м² и более 60% содержанием ПАК волокон выходит за область допустимых значений, в следствие снижения класса защиты по ГОСТ 12.4.303 [198], все остальные ТНМ находятся в области допустимых значений. Оптимальной областью является с поверхностная плотность 195-200 г/м² и содержание ПАК волокон 32-39%.

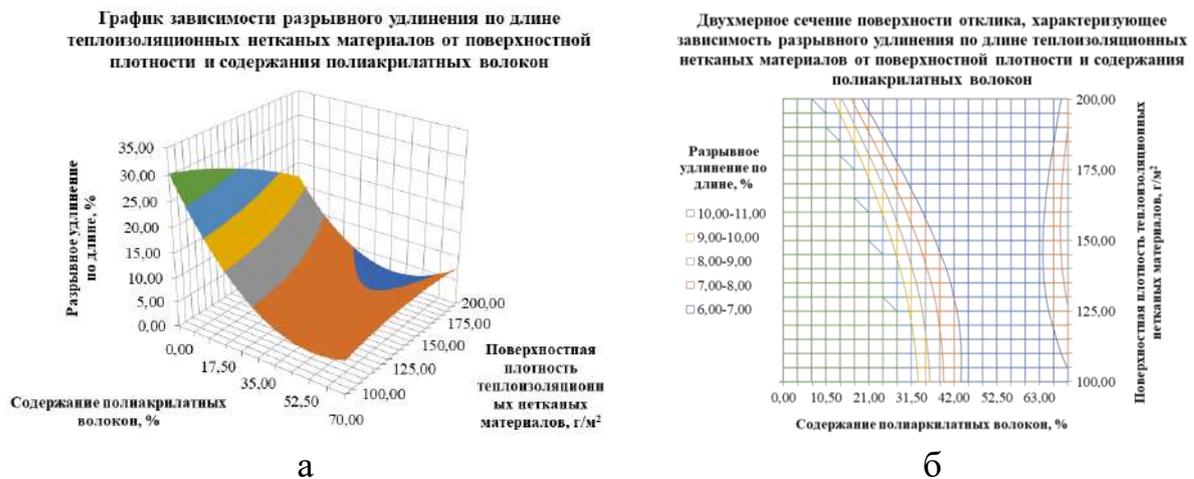


Рис. 3.13. Графики зависимости разрывного удлинения (по длине) ТНМ от поверхностной плотности и содержания ПАК волокон

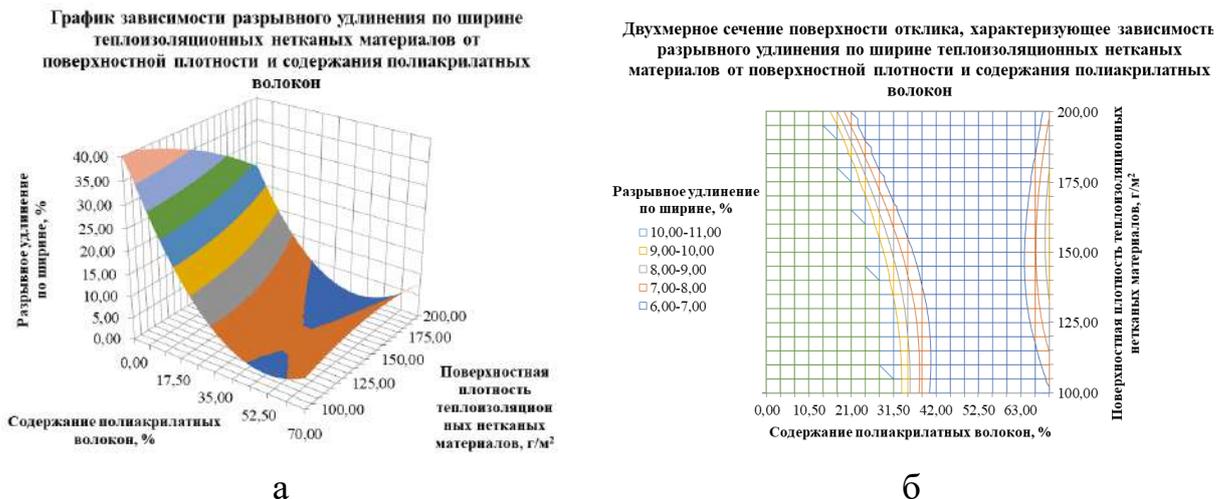


Рис. 3.14. Графики зависимости разрывного удлинения (по ширине) ТНМ от поверхностной плотности и содержания ПАК волокон

Анализ полученных значений по ПК разрывное удлинение по длине (рис. 3.13 а, б) и по ширине (рис. 3.14 а, б) дает основание утверждать о схожем характере зависимости. Установлено, что оптимальная область для поверхностной плотности – 200 г/м², содержание ПАК волокон 42 – 46%. Под область допустимых значений попадают все исследуемые ТНМ.

Табл. 3.3. Математические критерии ОПК ТНМ, полученные после обработки результатов испытаний

| ОПК ТНМ | G_R | G_T | $S_{\text{воспр.}}^2$ | $S\{b_i\}^2$ | $S\{b_i\}$ | $S_{\text{адекв.}}^2$ | F_R | F_T |
|--|-------|-------|-----------------------|----------------------|------------|-----------------------|-------|-------|
| Неровнота по массе | 0,31 | 0,40 | 0,71 | 0,08 | 0,28 | 0,82 | 1,15 | 2,77 |
| Толщина | 0,24 | 0,40 | 0,21 | 0,02 | 0,15 | 0,46 | 2,15 | 2,77 |
| Разрывная нагрузка (по длине) | 0,24 | 0,40 | 0,48 | 0,05 | 0,23 | 0,94 | 1,94 | 2,77 |
| Разрывная нагрузка (по ширине) | 0,36 | 0,40 | 0,43 | 0,05 | 0,22 | 0,47 | 1,10 | 2,77 |
| Миграция | 0,36 | 0,40 | 1,38 | 0,15 | 0,39 | 0,94 | 0,68 | 2,58 |
| Устойчивость к многократному сжатию | 0,36 | 0,40 | 10,50 | 1,17 | 1,08 | 14,98 | 1,43 | 2,77 |
| Изменение линейных размеров (по длине после мокрой обработки) | 0,37 | 0,40 | $2,83 \cdot 10^{-3}$ | $3,15 \cdot 10^{-4}$ | 0,02 | $3,52 \cdot 10^{-3}$ | 1,24 | 2,77 |
| Изменение линейных размеров (по ширине после мокрой обработки) | 0,24 | 0,40 | 0,01 | $1,27 \cdot 10^{-3}$ | 0,04 | 0,00 | 0,16 | 2,77 |
| Гигроскопичность | 0,30 | 0,40 | 0,41 | 0,05 | 0,21 | 0,42 | 1,03 | 2,93 |
| Воздухопроницаемость | 0,30 | 0,40 | 29212,50 | 3245,83 | 56,97 | 9075,07 | 0,31 | 2,66 |
| СТС до мокрой обработки | 0,18 | 0,40 | $2,19 \cdot 10^{-3}$ | $2,44 \cdot 10^{-4}$ | 0,02 | $1,13 \cdot 10^{-3}$ | 0,52 | 2,66 |
| СТС после мокрой обработки | 0,22 | 0,40 | $1,77 \cdot 10^{-3}$ | $1,96 \cdot 10^{-4}$ | 0,01 | $8,21 \cdot 10^{-4}$ | 0,46 | 2,77 |
| Разрывное удлинение (по длине) | 0,37 | 0,40 | 4,40 | 0,49 | 0,70 | 11,22 | 2,55 | 3,16 |
| Разрывное удлинение (по ширине) | 0,34 | 0,40 | 9,36 | 1,04 | 1,02 | 22,32 | 2,39 | 2,93 |

Ниже представлены уравнения регрессии, характеризующие зависимость ОПК от поверхностной плотности и содержания ПАК волокон

$$\text{Неровнота по массе} \quad \hat{Y} = 4,70 + 0,87 \cdot X_2 - 0,78 \cdot X_1 \cdot X_2 + 1,44 \cdot X_2^2$$

$$\text{Толщина} \quad \hat{Y} = 9,00 + 2,80 \cdot X_1 + 0,88 \cdot X_1^2 + 1,02 \cdot X_2^2$$

$$\text{Разрывная нагрузка} \quad \hat{Y} = 9,85 + 1,3 \cdot X_1 - 0,59 \cdot X_2 - 1,84 \cdot X_2^2$$

(по длине)

Разрывная нагрузка
(по ширине) $\hat{Y} = 9,09 + 1,02 \cdot X_1 - 0,64 \cdot X_1^2 - 1,39 \cdot X_2^2$

Миграция $\hat{Y} = 1,16 \cdot X_1^2 + 1,16 \cdot X_2^2$

Устойчивость к
многократному сжатию $\hat{Y} = 85,38 - 5,06 \cdot X_2 - 4,40 \cdot X_1^2 - 15,06 \cdot X_2^2$

Изменение линейных
размеров (по длине)
после мокрой обработки $\hat{Y} = -0,14 + 0,06 \cdot X_2 - 0,06 \cdot X_1^2 - 0,13 \cdot X_2^2$

Изменение линейных
размеров (по ширине)
после мокрой обработки $\hat{Y} = -0,09 + 0,13 \cdot X_2 - 0,1 \cdot X_1^2 - 0,22 \cdot X_2^2$

Гигроскопичность $\hat{Y} = 16,88 + 1,21 \cdot X_1 + 9,99 \cdot X_2 + 0,93 \cdot X_1 \cdot X_2 - 6,37 \cdot X_2^2$

Воздухопроницаемость $\hat{Y} = 1547,15 - 230,39 \cdot X_1 + 134,25 \cdot X_2^2$

СТС до мокрой обработки $\hat{Y} = 0,54 + 0,10 \cdot X_1 - 0,07 \cdot X_2^2$

СТС после
мокрой обработки $\hat{Y} = 0,54 + 0,09 \cdot X_1 - 0,03 \cdot X_1^2 - 0,08 \cdot X_2^2$

Разрывное удлинение
(по длине) $\hat{Y} = 7,50 - 3,14 \cdot X_1 - 8,23 \cdot X_2 + 3,58 \cdot X_1 \cdot X_2 - 1,31 \cdot X_1^2 + 9,21 \cdot X_2^2$

Разрывное удлинение
(по ширине) $\hat{Y} = 7,40 - 3,95 \cdot X_1 - 12,58 \cdot X_2 + 4,48 \cdot X_1 \cdot X_2 + 14,63 \cdot X_2^2$

При анализе адекватности полученных уравнений регрессии на основе F-критерия Фишера установлено:

– построенная модель зависимости разрывного удлинения по длине от поверхностной плотности ТНМ и содержание ПАК волокон на основе ее проверки по F – критерию Фишера является адекватной. Все рассчитанные коэффициенты уравнения являются значимыми. Полученная аналитическая модель пригодна как для осуществления прогнозов, так и для принятия решений;

– остальные построенные модели зависимости ОПК от поверхностной плотности ТНМ и содержания ПАК волокон являются адекватными, но часть коэффициентов не значимы и были исключены. Модели пригодны для принятия ряда решений и выводов для аналогичных задач.

При реализации параметров для ТНМ: поверхностная плотность: 150 г/м²; содержание полиэфирных волокон: 45%; содержание ПАК волокон: 35%; содержание легкоплавких волокон: 20% получается ТНМООПК со следующими

ПК: СТС как до так и после мокрой обработки не изменяется – $0,55 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$; толщина – $9,53 \text{ мм}$; устойчивость к многократному сжатию – $85,67 \%$; неровнота по массе – $4,03 \%$; миграция – $0 \text{ шт}/150 \text{ см}^2$; разрывное удлинение (по длине) – $5,60 \%$; разрывное удлинение (по ширине) – $5,20 \%$; разрывная нагрузка (по длине) – $10,60 \text{ Н}$; разрывная нагрузка (по ширине) – $9,57 \text{ Н}$; гигроскопичность – 17% ; изменение линейных размеров (по длине и ширине) после мокрой обработки – $0,10 \%$; воздухопроницаемость – $1600 \text{ дм}^3/\text{м}^3 \cdot \text{с}$.

Используя полученные данные лабораторных исследований, были определены регрессионные многофакторные модели второго порядка по матрице планирования Коно-2. Установлено, что все исследуемые ТНМ поверхностной плотностью $150 \text{ г}/\text{м}^2$ находятся в области допустимых значений ОПК. Графический анализ полученных моделей позволил определить ТНМОПК с параметрами: поверхность плотность $150 \text{ г}/\text{м}^2$, содержание ПЭ волокон 45% , содержание ПАК волокон 35% , содержание легкоплавких волокон 20% . Адекватность полученных уравнений регрессии была доказана использованием F-критерия Фишера.

3.3 Исследование эргономических показателей

3.3.1 Современные особенности оценки теплоизоляционных свойств текстильных материалов

Теплоизоляционные свойства ТНМ зависят от количества заключенного в нем инертного воздуха [34], реальные условия эксплуатации в значительной степени снижают теплозащитные показатели изделий, это обусловлено подвижностью воздуха в готовой одежде под влиянием ветра, движений человека и перспирацией.

В спокойном состоянии у здорового человека с поверхности тела испаряется $0,5-0,6 \text{ л}$ воды в сутки [216]. При ходьбе, беге, тяжелой физической работе количество пота достигает $10 - 12 \text{ л}$ в сутки [217, 218].

Влажная среда в пододежном пространстве при низких температурах окружающей среды создает предпосылки к нарушению температурного баланса

при воздействии холода на человеческий организм, который может привести к переохлаждению, снижению работоспособности, вызвать различные патологические изменения тканей и органов, нарушить координацию, что может стать источником повышенного травматизма и дискомфорта [33].

Процесс конструирования утепленной одежды должен включать в себя расчет должного уровня теплоизоляции, в зависимости от климатических особенностей региона, в котором предполагается ее эксплуатация. Основными факторами учета, при этом являются: температура воздуха, длительность нахождения на открытом воздухе, уровень энергозатрат, скорость ветра и влажность [219].

Оценка теплоизоляционных характеристик КО во время движения и перспирации имеет важное значение для оценки ее эксплуатационных и эргономических свойств.

Термоманекен является универсальной моделью человеческого тела, которая позволяет быстро и экономично оценить теплоизоляцию одежды.

Исследование эффективности различных моделей термоманекенов при исследовании ТНМ представлено в публикации [154].

Оценка комплексных свойств IFS возможна при использовании сегментированных термоманекенов типа «Ньютон» [1, 97, 166]. Сегментированные термоманекены позволяют оценивать эффективность работы волокнистых материалов на отдельных участках с учетом физиологических особенностей интенсивности перспирации.

3.3.2 Динамические исследования нетканых материалов

В данной работе использовался 20-ти сегментный манекен «Ньютон» фирмы Dave Heiss Thermetrics LLC., США (п.8, табл. Щ.1). Проведение испытаний осуществлялось по методике ГОСТ ISO 15831 [196] в условиях моделируемой среды при перспирации и ходьбе [220].

Для проведения исследования было изготовлено четыре КО (брюки + куртка) (рис. 3.15). Все изделия имели одинаковые ткани верха и подкладки (табл. Р.1,

приложение Р). В качестве теплоизоляционного слоя использовались исследуемые ТНМ с ОПК, входящими в область допустимых значений согласно табл. 3.3 [220].

В КО № 1, № 2, № 3 использовался «универсальный» принцип распределения ТНМ [25, 26, 29, 53, 73, 118, 134]. Состав ТНМ в КО № 1: 80 % полиэфирные (ПЭ) волокна, 20 % легкоплавкие волокна; в КО № 2: 45 % ПЭ волокна, 35 % ПАК волокна, 20 % легкоплавкие волокна; в КО № 3: 70 % ПАК волокна, 20 % легкоплавкие волокна, 10 % ПЭ волокна. В КО № 4 использовался «зонируемый» принцип распределения ТНМ [220].

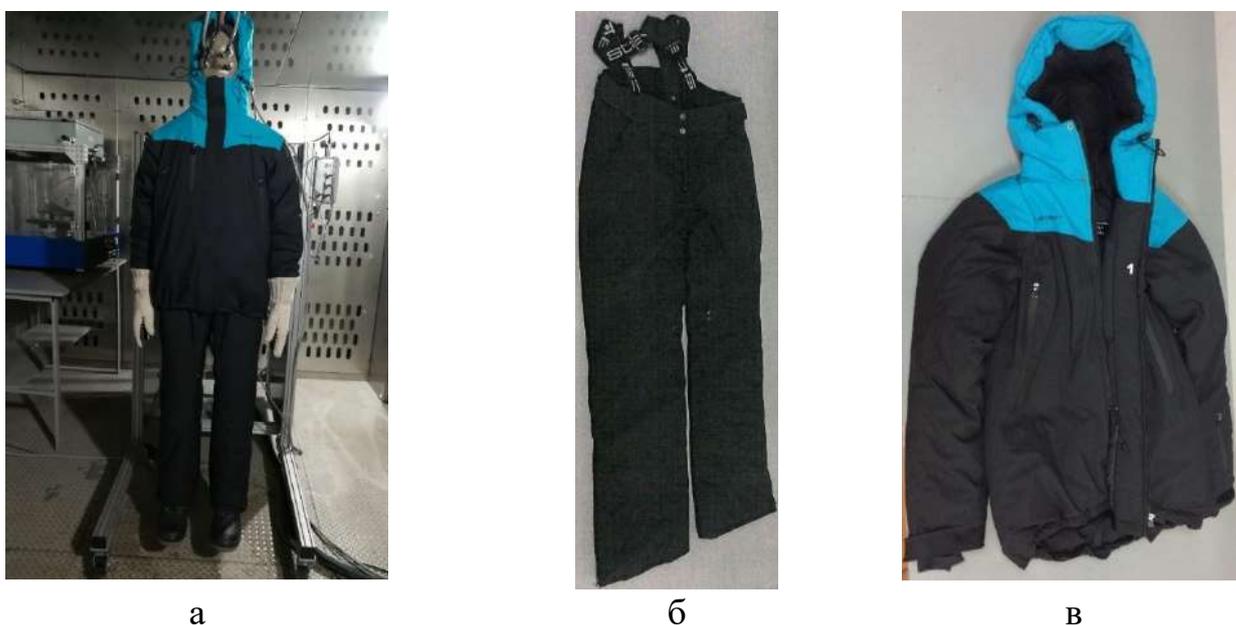


Рис. 3.15. Пример комплекта одежды: а – на манекене; б – брюки; в – куртка

«Зонированное» распределение ТНМ в КО № 4 обусловлено экономической и физиологической составляющей составляющими [221 – 223]. Условная стоимость ТНМ в исследуемых КО представлена в табл. 3.4.

Табл. 3.4. Условная стоимость ТНМ в КО

| Комплект одежды | Условная стоимость, руб/(5 пог.м) |
|-----------------|-----------------------------------|
| № 1 | 168,45 |
| № 2 | 290,85 |
| № 3 | 414,55 |
| № 4 | 229,65 |

Многочисленные исследования посвящены физиологическому ответу человеческого организма на низкие температуры окружающей среды [33]. Исследователи в этой области утверждают, что при выходе организма из зоны теплового комфорта, происходит перераспределение функций для поддержания температурного гомеостаза жизненно важных органов, которые сосредоточены в зоне ядра тела (рис. 3.16 а) [33, 224]. Применение высокотехнологичных дорогостоящих материалов требует особого подхода к их распределению в КО. «Зонированный» принцип позволяет решить вопрос достижения максимальной эффективности материалов с учетом физиологических особенностей организма и защитить наиболее уязвимые зоны при перспирации и движении [220].

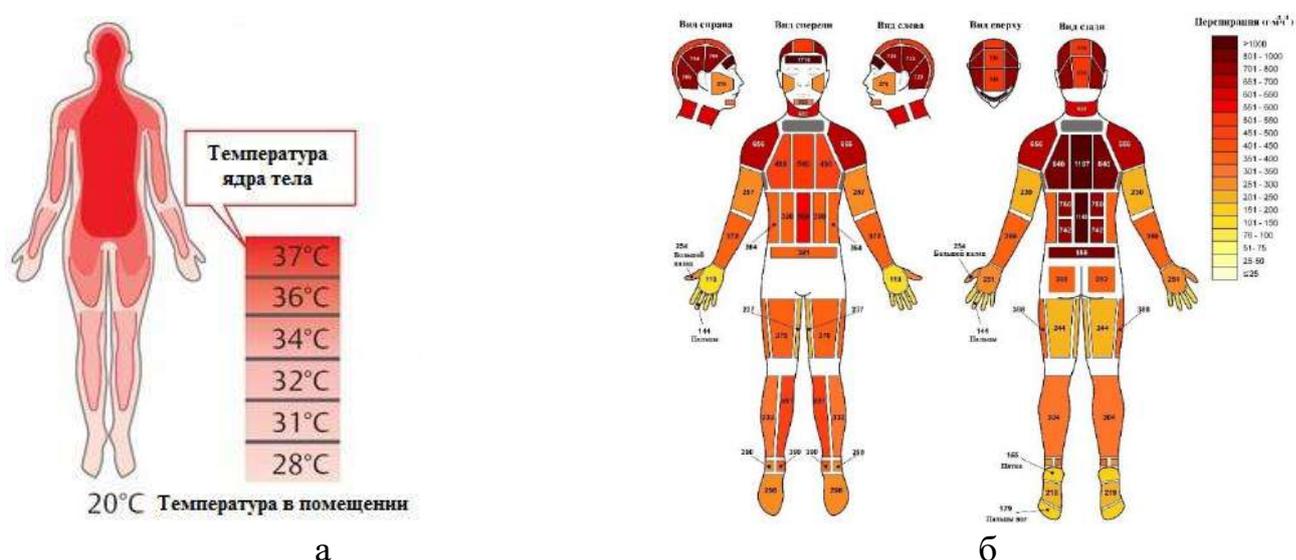


Рис. 3.16. Физиологическая карта: а – температура тела человека [224]; б – карта интенсивности перспирации на теле человека [225].

В КО № 4 ТНМООПК использовался в зоне ядра тела и его ближайшего окружения, на рис. 3.18 (а) эти зоны обозначены цветовой индикацией (ярко-красный цвет, температура = 36 – 37 °С) [220]. Исследователи Caroline J. Smith и George Havenith отмечают, что в данных зонах уровень перспирации выше (рис. 3.18 б) в следствие наличия наибольшего количества потовых желез, в сравнении с другими участками тела [225].

В остальных зонах использовался ТНМ, состоящий из 80 % ПЭ волокон и 20% легкоплавких волокон [221, 222].

Для сравнительной оценки свойств ТНМ достаточно произвести анализ теплоизоляционных свойств КО в идентичных условиях, путем расчета результирующей общей теплоизоляции одежды ($POТ, I_{tr}$) [196].

На рис. 3.17 представлена схема расположения сегментов, термоманекена «Ньютон» с площадью поверхности (a_i) и общей площадью (A) – 1,81 м².

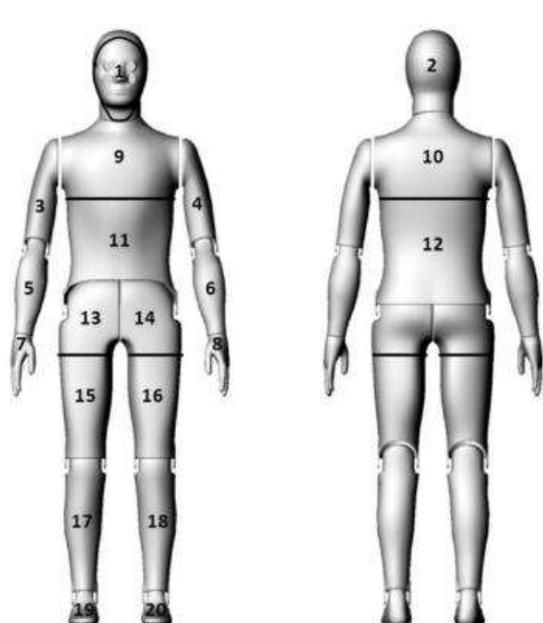
Значения температуры регистрировались при условии достижения постоянных параметров теплового потока (H_{ci} , Вт) и температуры сегментов термоманекена (T_{si} , °С). Считалось, что условия постоянны при колебании параметров не более 2% для теплового потока и 0,2 °С для температуры сегментов в течение 10 минут. Параметры фиксировались с частотой в 1 минуту [196]. Средние арифметические значения температуры поверхности сегментов корпуса термоманекена для каждого КО ($\bar{T}_{si_1}, \bar{T}_{si_2}, \bar{T}_{si_3}, \bar{T}_{si_4}$, °С) и теплового потока (взвешенного по площади) для отдельных сегментов ($\bar{Q}_{i_1}, \bar{Q}_{i_2}, \bar{Q}_{i_3}, \bar{Q}_{i_4}$, Вт/м², формула 3.22), коэффициенты вариации ($C_{vi_1}, C_{vi_2}, C_{vi_3}, C_{vi_4}$, %, формула 3.23), представлены в табл. Р.2 и Р.3 (приложение Р) [220].

$$Q_i = \frac{H_{ci}}{a_i} \quad 3.22$$

$$C_{vi} = \frac{\sigma_i}{\bar{x}_i} \quad 3.23$$

где: σ_i – среднее квадратическое отклонение (формула 3.24);

\bar{x}_i – среднее арифметическое (формула 3.25).



| № п/п | Площадь поверхности, м ² | Обозначение |
|-------|-------------------------------------|-----------------------|
| 1 | 0,05 | Лицо |
| 2 | 0,10 | Голова (затылок) |
| 3 | 0,08 | Плечо (правое) |
| 4 | 0,08 | Плечо (левое) |
| 5 | 0,06 | Предплечье (правое) |
| 6 | 0,06 | Предплечье (левое) |
| 7 | 0,05 | Кисть (правая) |
| 8 | 0,05 | Кисть (левая) |
| 9 | 0,12 | Грудь |
| 10 | 0,10 | Плечи |
| 11 | 0,12 | Живот |
| 12 | 0,09 | Поясница |
| 13 | 0,08 | Тазовая зона (правая) |
| 14 | 0,08 | Тазовая зона (левая) |
| 15 | 0,15 | Бедро (правое) |
| 16 | 0,15 | Бедро (левое) |
| 17 | 0,14 | Голень (правая) |
| 18 | 0,14 | Голень (левая) |
| 19 | 0,06 | Стопа (правая) |
| 20 | 0,06 | Стопа (левая) |

Рис. 3.17. Схематическое расположение сегментов и их площадей корпуса термоманекена «Ньютон» [226]

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x}_i)^2}{n}} \quad 3.24$$

где: $x_i - \bar{x}_i$ – отклонения от среднего значения;

n – общее число измерений.

$$\bar{x}_i = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_i + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad 3.25$$

где: n – количество измерений;

$x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n$ – величины измерений.

Параметры РОТ КО для отдельных сегментов ($I_{tri_1}, I_{tri_2}, I_{tri_3}, I_{tri_4}$), °С·м²/Вт и РОТ КО ($I_{tr_1}, I_{tr_2}, I_{tr_3}, I_{tr_4}$), °С·м²/Вт рассчитывались по формулам 3.27, 3.28 по результатам двух серий испытаний (табл. Р.4, приложение Р).

$$I_{tri} = \frac{(T_{si} - T_a) \cdot a_i}{H_{ci}} \quad 3.26$$

$$I_{tr} = \sum_i f_i \left[\frac{(T_{si} - T_a) \cdot a_i}{H_{ci}} \right] \quad 3.27$$

где: f_i – доля площади корпуса манекена относительно площади сегмента (формула 3.28).

$$f_i = \frac{a_i}{A} \quad 3.28$$

Расчет и сравнение среднего гармонического, среднего геометрического, среднего арифметического результатов серийного и параллельного испытаний показал, что имеется высокий уровень повторяемости данных. В качестве окончательных результатов для дальнейшего исследования РОТ КО приняты средние арифметические значения (табл. Р.4, приложение Р) [220].

На рис. 3.18 представлены данные РОТ КО для отдельных сегментов термоманекена. Анализ эффективности КО представлен в публикации [220]. В результате проведенного анализа имеем: лучшими теплофизическими показателями обладают те материалы, которые имеют в своем составе ПАК волокна. Такие ТНМ позволяют обеспечивать эффективную терморегуляцию пододежного пространства как в состоянии покоя, так в состоянии движения и перспирации за счет адаптивного функционирования и перспирации.

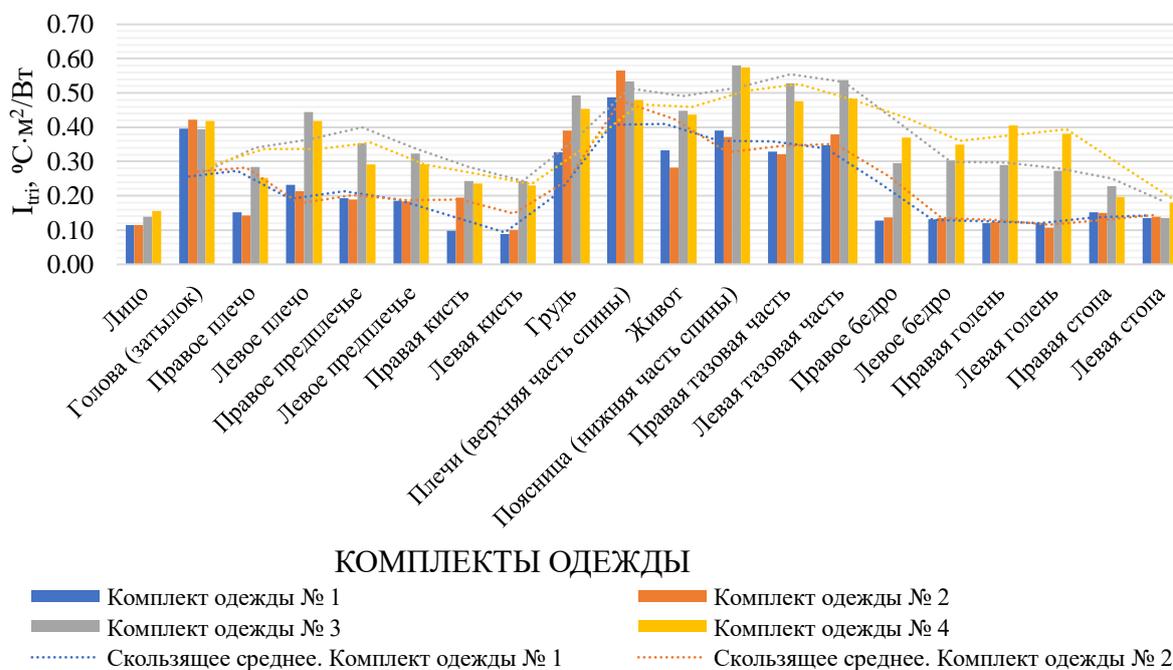


Рис. 3.18. РОТ КО для отдельных сегментов термоманекена в состоянии движения и перспирации, $^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^2/\text{Вт}$.

3.3.3 Анализ теплоизоляционной эффективности нетканых материалов методом расчета интегрального показателя

Качество ТНМ складывается из числовых характеристик ПК с учетом их экономической эффективности [176]. Данные, полученные по параметрам РОТ КО будут более полными, если учесть условную стоимость ТНМ (табл. 3.4). Для оценки экономической эффективности ТНМ был использован интегральный показатель, рассчитанный по формуле 3.32. Интегральный показатель позволяет рассчитать эффективность исследуемых материалов с учетом уровня значений ПК и их стоимости, то есть условно позволяет связать как стоимость ТНМ, так и их качество [176].

$$И = \frac{\mathcal{E}}{(З_c + З_p)} \quad 3.29$$

где: \mathcal{E} – общий положительный эффект от использования ТНМ;

$З_c; З_p$ – общие затраты, возникающие при использовании или производстве ТНМ;

И – интегральный показатель.

Табл. 3.5. РОТ с учетом условной стоимости ТНМ

| КО | РОТ КО (\bar{I}_{tr}), °С·м ² /Вт | Интегральный показатель (И), °С·м ² /Вт·руб |
|-----|--|--|
| № 1 | 0,2285 | 0,0014 |
| № 2 | 0,2369 | 0,0008 |
| № 3 | 0,3657 | 0,0009 |
| № 4 | 0,3770 | 0,0016 |

Из табл. 3.5 следует, что КО № 4 превосходит остальные КО по РОТ, однако при оценке интегрального показателя соотношения меняются (рис. 3.19) [221, 222].

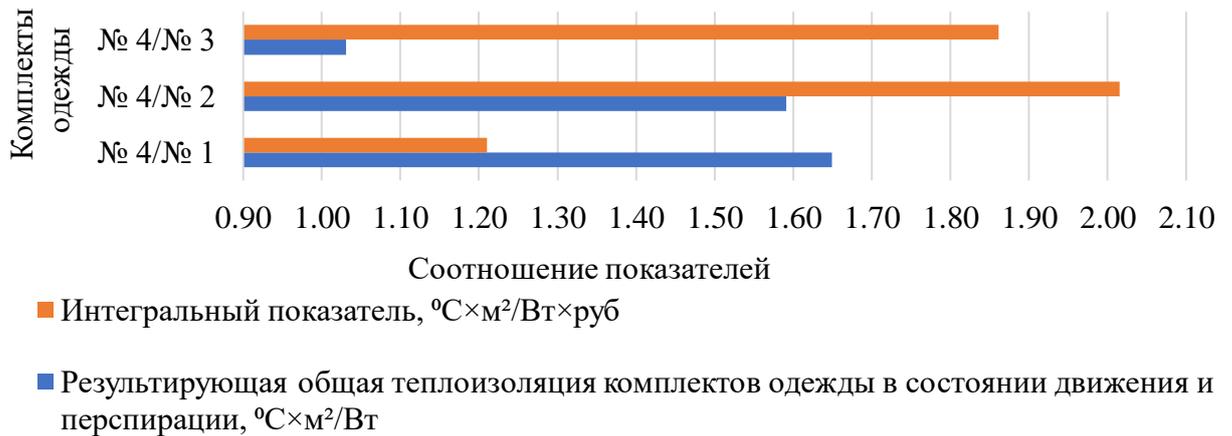


Рис. 3.19. Соотношения РОТ и интегрального показателя КО № 4 с КО № 1, № 2, № 3

Сравнительный анализ эффективности ТНМ с использованием интегрального показателя представлен в публикации [222]. Анализ результатов исследования показал, что наиболее эффективным использованием ТНМ в КО является «зонированное» распределение.

3.3.4 Исследование теплоизоляционных свойств нетканых материалов на примере расчета допустимого времени непрерывного пребывания человека на холоде

Оценка теплоизоляционных свойств ТНМ является наиболее полной, если происходит с учетом конкретных условий их эксплуатации.

Расчеты должной теплоизоляции одежды бытового и специального назначения имеют схожие этапы. Отличие состоит в учете особенностей теплообмена человека, выполняющего физическую работу. Для сравнительного анализа в данном исследовании использовались расчеты для специальной одежды, которые позволяют учитывать изменяющуюся степень нагрузки и количество часов, проведенное на открытом воздухе [34].

Допустимое время непрерывного пребывания человека на холоде (τ) (в часах) рассчитывалось по формуле 3.30 [198, 227]:

$$\tau = \frac{D}{q_{\text{потока}} - q_{\text{п.к.}}} \quad 3.30$$

где: D – дефицит тепла в организме человека;

$q_{\text{потока}}$ – величина теплового потока (формула 3.31);

$q_{\text{п.к.}}$ – величина теплового комфорта при условии сохранения теплового комфорта.

Дефицит тепла (Д) измеряется в Вт·ч/м²в и имеет постоянное значение равное 52 Вт·ч/м². Такой уровень охлаждения соответствует теплоощущению «прохладно» и безопасен для человека [32, 198, 219 227 – 229].

$$q_{\text{потока}} = \frac{T_k - T_B}{I_k} \quad 3.31$$

где: T_B – температура воздуха окружающей среды, °С (табл. Р.5, приложение Р);

T_k – средневзвешенная температура кожи, °С, определялась по формулам 3.32 – 3.34 в соответствии с допусаемым теплоощущением и уровнем энерготрат (q_M , Вт/м²) [198, 227, 230] (табл. Р.6, приложение Р).

$$\text{Теплоощущение – комфорт} \quad T_k = 36,07 - 0,0354 \cdot q_M \quad 3.32$$

$$\text{Теплоощущение – прохладно} \quad T_k = 33,34 - 0,0354 \cdot q_M \quad 3.33$$

$$\text{Теплоощущение – холодно} \quad T_k = 30,06 - 0,0310 \cdot q_M \quad 3.34$$

Теплоизоляция КО (I_k , м²·°С/Вт) рассчитывалась по формуле 3.35 [198, 227]:

$$I_k = \frac{T_k - T_B}{q_{\text{п}}} \quad 3.35$$

Фундаментальный термодинамический процесс в теплообмене человека и окружающей среды описывается общим уравнением теплового баланса [231 – 235], которое в отечественной практике, с учетом опыта таких ученых как: Р.М. Афанасьева, О.В. Бурмистрова, Н.Ф. Измеров [34, 198, 227, 228], имеет вид (формула 3.36):

$$q_{\text{потока}} = q_k + q_p = q_{\text{э}} - W - q_{\text{кон.дых}} - q_{\text{и.дых}} - q_{\text{и.кон}} \pm \Delta q_{tc} \quad 3.36$$

где: $q_{\text{потока}}$ – средневзвешенное значение теплового потока, м²/Вт;

q_k – теплопотери за счет конвекции, Вт/ м²;

q_p – теплопотери за счет теплового излучения, Вт/ м²;

$q_{\text{э}}$ – энерготраты, Вт/ м² (табл. Р.6, приложение Р);

W – мощность выполняемой нагрузки, Вт/ м²;

$q_{\text{кон.дых}}$ – теплопотери через конвекцию во время дыхания, Вт/ м² (формула 3.37);

$q_{и.дых}$ – теплопотери через испарение влаги во время дыхания, Вт/ м² (формула 3.39);

$q_{и.кон}$ – теплопотери в процессе испарения влаги от тела, Вт/ м² (формула 3.43);

Δq_{tc} – колебание теплосодержания в теле, Вт/ м².

Средневзвешенное значение теплового потока $q_{потока}$ вычисляется в соответствии с формулой 3.36 при условии, что $W = 0$ [198, 227].

$$q_{кон.дых} = 0,0014 \cdot q_э (T_{выд.} - T_в) \quad 3.37$$

где: $T_в$ – температура воздуха окружающей среды, °С (табл. Р.5, приложение Р);

$T_{выд.}$ – температура выдыхаемого воздуха, °С рассчитывается по формуле 3.38 [198, 227] и представлена в таблице Р.5, приложение Р.

$$T_{выд.} = 29 + 0,2 \cdot T_в \quad 3.38$$

В данном исследовании температура воздуха окружающей среды рассматривалась в диапазоне от 0 до -45 °С с интервалом 5 °С, это позволило условно охватить все климатические пояса (регионы) России по показателю температуры (табл. Р.5, приложение Р). Для наиболее широкой возможности оценки теплоизоляционных свойств ТНМ, были выбраны энерготраты из каждой категории работ, где предусматривается движение человека [198].

Теплопотери через испарение влаги во время дыхания ($q_{и.дых}$, Вт/ м²) находили по формуле 3.39 [198, 227]:

$$q_{и.дых} = 0,0173 \cdot q_э \cdot (P_{выд.} - P_в) \quad 3.39$$

где: $P_{выд.}$ – давление насыщенного пара при температуре воздуха, выдыхаемого человеком;

$P_в$ – атмосферное давление водяного пара, находят как функцию от давления и температуры по формуле 3.40, кПа [236]. Найденные значения представлены в табл. Р.5, приложение Р.

$$P(p, t) = f(p) \cdot P\omega(t) \quad 3.40$$

где: $f(p)$ – функция от давления (формула 3.41);

$P\omega(t)$ – давление насыщенного водяного пара относительно температуры сухого воздуха (формула 3.42).

$$f(p) = 1,0016 + 3,15 \cdot 10^{-6} \cdot p - 0,074 \cdot p^{-1} \quad 3.41$$

где: p – давление влажного воздуха, ГПа.

$$P\omega(t) = 6,112 \cdot e^{\frac{17,62 \cdot t}{243,12+t}} \quad 3.42$$

где: t – температура воздуха окружающей среды, °С.

Расчет потерь тепла испарением влаги с поверхности тела ($q_{\text{исп.к.}}$) осуществлялся по формуле 3.43 [198, 227].

$$q_{\text{и.кон}} = \frac{(8,816 + 0,390 \cdot q_{\text{э}})}{A} - q_{\text{и.дых}} \quad 3.43$$

где: A – площадь манекена, м².

Средневзвешенное значение теплового потока, рассчитанное для случая сохранения теплового комфорта ($q_{\text{п.к.}}$, Вт/м²) представлено в табл. Р.7 (приложение Р).

Величина теплового потока с учетом имеющейся теплоизоляции КО, представлены в табл. Р.8 (приложение Р).

В табл. Р.9 (приложение Р), а также на рис. 3.20 представлены сравнительные данные по допустимому времени пребывания человека на холоде (в часах) в состоянии перспирации для каждого КО в зависимости от температуры воздуха окружающей среды (°С) и интенсивности физической работы (Вт/м²).

Согласно проведенному исследованию установлено, что с точки зрения допустимого времени нахождения человека на холоде в непрерывном режиме при движении и перспирации:

- КО № 4 является наиболее эффективным, а КО № 1 наименее эффективным;
- значительная разница наблюдается между КО № 1 и № 3, № 1 и № 4, № 2 и № 3, № 2 и № 4;
- незначительная разница наблюдается между КО № 1 и № 2, № 3 и № 4;
- наибольшая разница наблюдается между КО № 4 и № 1 при температуре воздуха -15 °С и интенсивности физической нагрузки 170 Вт/м² ($\tau_4 > \tau_1$ в 13,63 раза);

между КО № 4 и № 2 при температуре воздуха $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ и интенсивности физической нагрузки 170 Вт/м^2 ($\tau_4 > \tau_2$ в 12,37 раза); между КО № 4 и № 3 при температуре воздуха $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ и интенсивности физической нагрузки 170 Вт/м^2 ($\tau_4 > \tau_3$ в 1,32 раза);

– наименьшая разница наблюдается между КО № 4 и № 1, № 4 и № 2 при температуре воздуха $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ и интенсивности физической нагрузки 170 Вт/м^2 ; между КО № 4 и № 3 при температуре воздуха $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ и интенсивности физической нагрузки 113; 145; 170 Вт/м^2 , при температуре воздуха $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ и интенсивности физической нагрузки 145; 170 Вт/м^2 , а также при температуре воздуха -10 ; $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ и интенсивности физической нагрузки 170 Вт/м^2 .

Аппроксимирующими для уравнений линий тренда являются степенные функции, что подтверждается высокими значениями коэффициентов детерминации (таб. Р.10, приложение Р).

Установлено, что оценка вклада эндогенной влаги на ПК саморегулируемых ТНМ, в состав, которых входят ПАК волокна с высоким уровнем достоверности данных может быть произведена на современных термоманекенах при выбранной интенсивности энерготрат и перспирации.

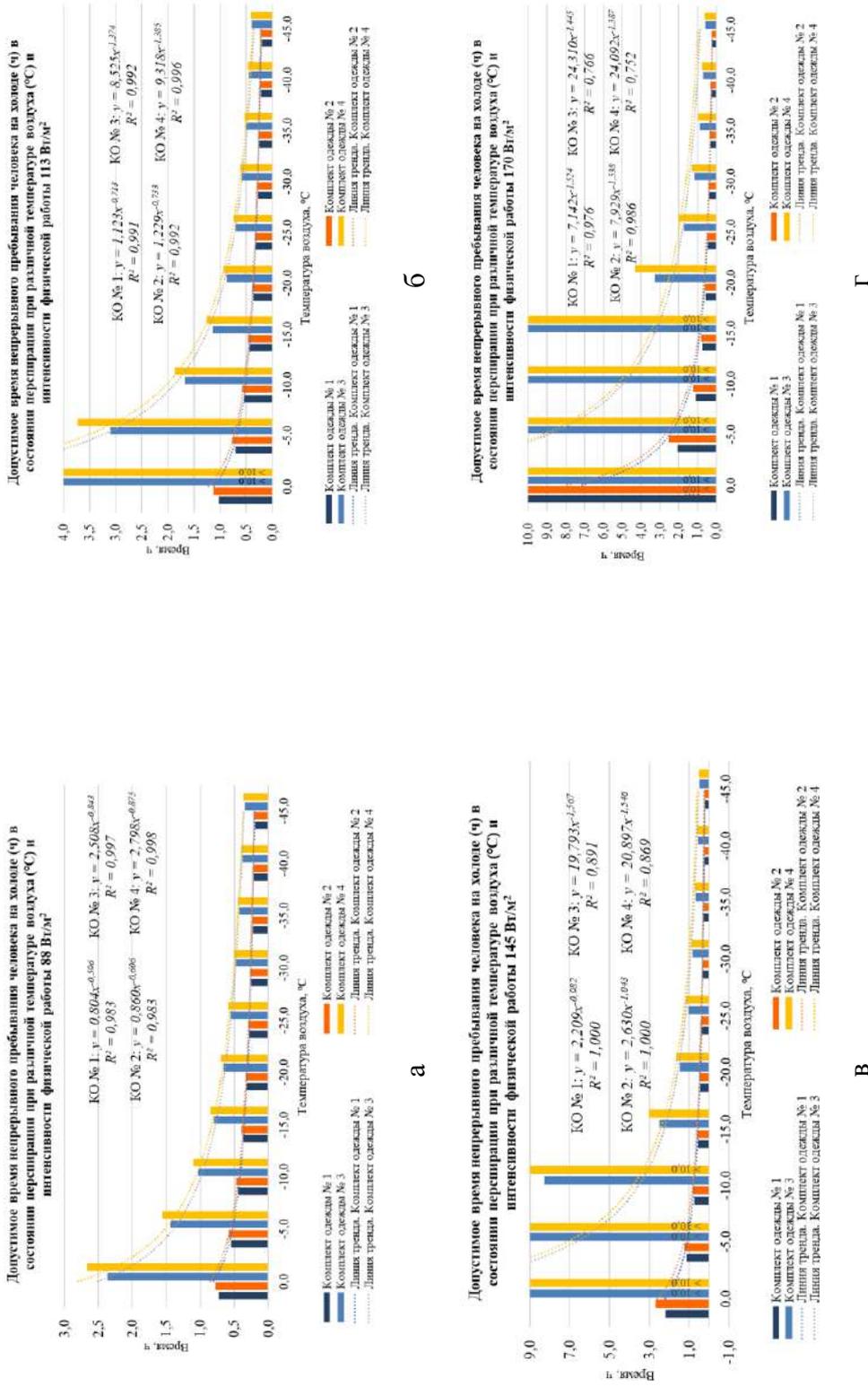


Рис. 3.20. Допустимое время непрерывного пребывания человека на холоде (ч) в состоянии перспирации при различной температуре воздуха (°С) и разной интенсивности физической работы: а – 88, б – 113, в – 145, г – 170 Вт/м²

При помощи интегрального показателя, с учетом вклада теплоизоляционных свойств и экономической составляющей, установлена высокая эффективность ТНМ, в состав которых входят ПАК волокна.

Проведенное исследование позволило получить сравнительные данные по допустимому времени непрерывного пребывания человека на холоде в состоянии движения и перспирации с учетом использования различных ТНМ.

Выявлено, что с целью обеспечения температурного гомеостаза внутренних органов и предупреждения переохлаждения человека при низких температурах окружающей среды, в качестве наиболее эффективного метода использования ТНМ определен метод «зонирования» теплоизоляционного слоя. В зоне груди, плеч, бедер, головы, спины (ядра тела и его ближайшего окружения) рекомендовано применение ТНМ со следующими параметрами: 45% ПЭ волокон, 35% ПАК волокон, 20% связующих волокнистых компонентов (легкоплавкие волокна), поверхностная плотность 150 г/м²; в остальных областях целесообразно использование ТНМ аналогичной поверхностной плотности, состоящих из 80 % ПЭ волокон и 20 % легкоплавких волокон).

3.4 Определение структурных характеристик инновационных нетканых материалов

Объектом данного исследования является ТНМООПК.

Цель исследования – получение молекулярного паспорта и исследование структуры инновационного ТНМ.

Для определения волокнистого состава ТНМООПК, было выбрано сочетание методов термического анализа и ИК-спектроскопии. Исследования по термическому анализу проводилось с использованием термоанализатора, произведенного в США – TA Instruments, марки Q 600 (рис. 3.21) [96, 237].

Климатические условия: атмосфера азот – воздух (800 °С), скорость нагрева – 20 °С/мин.



Рис. 3.21. Термоанализатор Q 600

На рис. 3.22 изображены кривые ДСК, ТГ, а также ДТГ для ТНМООПК и ПАК волокон [237, 238].

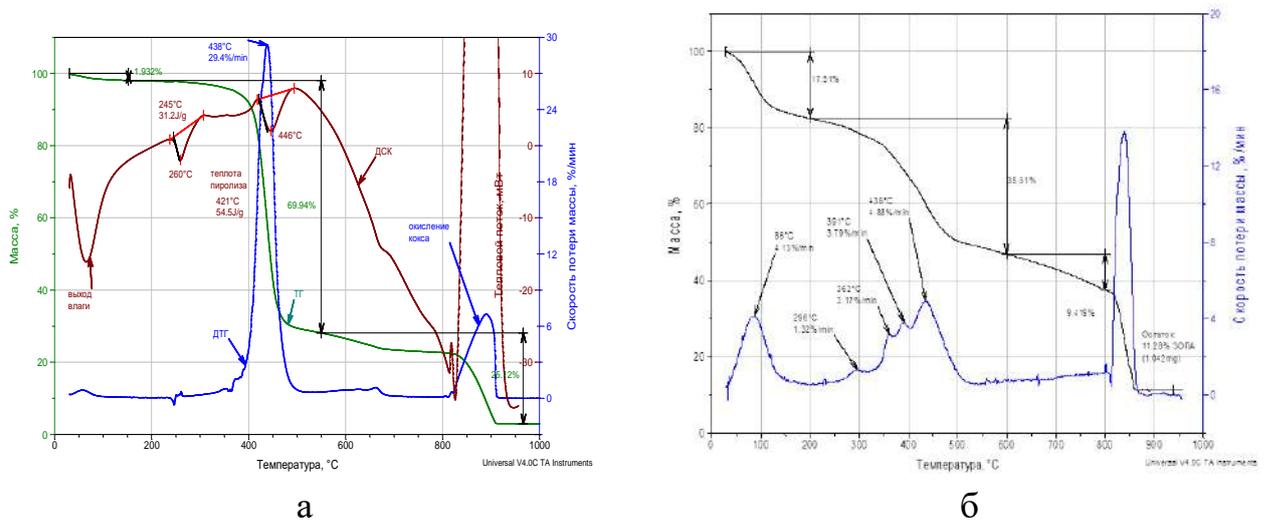


Рис. 3.22. ТГ, ДТГ и ДСК кривые: а – ТНМООПК; б – ПАК волокна

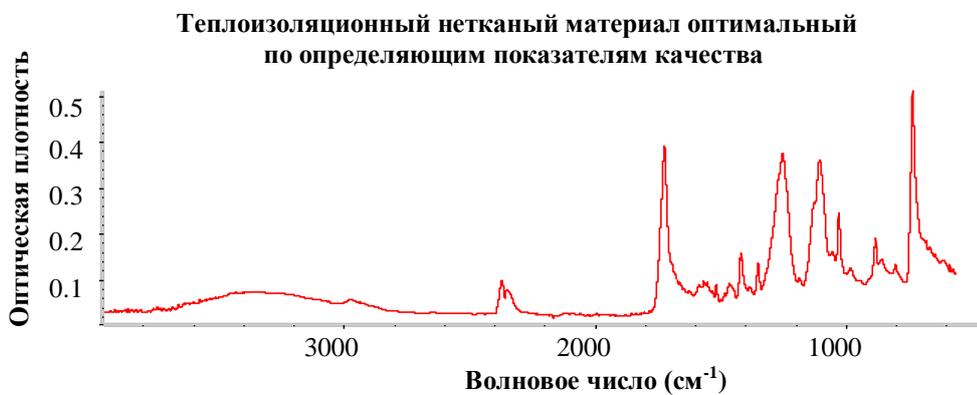
Анализ свойств представлен в публикациях [237, 238].

ИК-спектры были получены при использовании ИК спектрометра производства США – Thermo Fisher Scientific, марки Nicolet iS5 (рис. 3.23 а) с дополнительным оборудованием внутреннего отражения (неполного) (рис. 3.23 б). Схема работы дополнительного оборудования представлена на рис. 3.23 в. Для обработки ИК спектров использовалось программа «Omnic». Изображение полученного спектра представлено на рис. 3.24 [238].



Рис. 3.23. Спектрометр: а – Nicolet iS5; б – оборудование внутреннего отражения (неполного); в – схема работы

Поиск по доступным библиотекам спектров установил, что полученный спектр уникален и не совпадает с имеющимися в базе [237].



Число сканов пробы: 4;
 Число сканов сравнения: 16;
 Разрешение: 4,000;
 Усиление: 1,0;
 Скорость зеркала: 0,4747;
 Диафрагма: 100,00;
 Детектор: DTGS KBr;
 Световодитель: KBr;
 Источник: ИК

Рис. 3.24. ИК-спектр ТНМОПК

С целью исследования структурных характеристик ТНМОПК применялся метод цифровой микроскопии и цифрового сканирования с использованием оборудования HIROX KH-8700, Япония (рис. 3.25) [239].

Анализ полученных данных производился по стандартным методам ISO [240].

В ходе цифрового анализа ТНМОПК были исследованы диаметры, структура волокон и рассчитана их линейная плотность (формула 3.44) [241, 242]. Полученные изображения представлены на рис. 3.26.



Рис. 3.25. Цифровое оборудование для графического анализа HIROX KH-8700, [239]

$$T = \frac{d^2 \cdot \rho}{0,0357^2} \quad 3.44$$

где: ρ – плотность волокна, г/см³.

d – условный диаметр волокна;

T – линейная плотность волокна, текс (г/км; мг/м);

Плотность ПЭ волокон составляет 1,40 г/см³ [243] и приблизительно равна плотности ПАК волокон [151]. Полученные значения представлены в табл. 3.6.

Табл. 3.6. Характеристики волокон ТНМООПК

| Линейная плотность, текс | Диаметр, мкм |
|--------------------------|--------------|
| 0,33 | 17,42 |
| 0,44 | 20,11 |
| 0,78 | 26,61 |
| 2,22 | 44,96 |



Рис. 3.26. Вид волокон ТНМООПК под микроскопом: а - 0,33; б – 0,44; в – 0,77; 2,22 текс [244]

На рис. 3.27 представлены участки соединения волокон за счет наличия в составе 20% легкоплавких волокон.

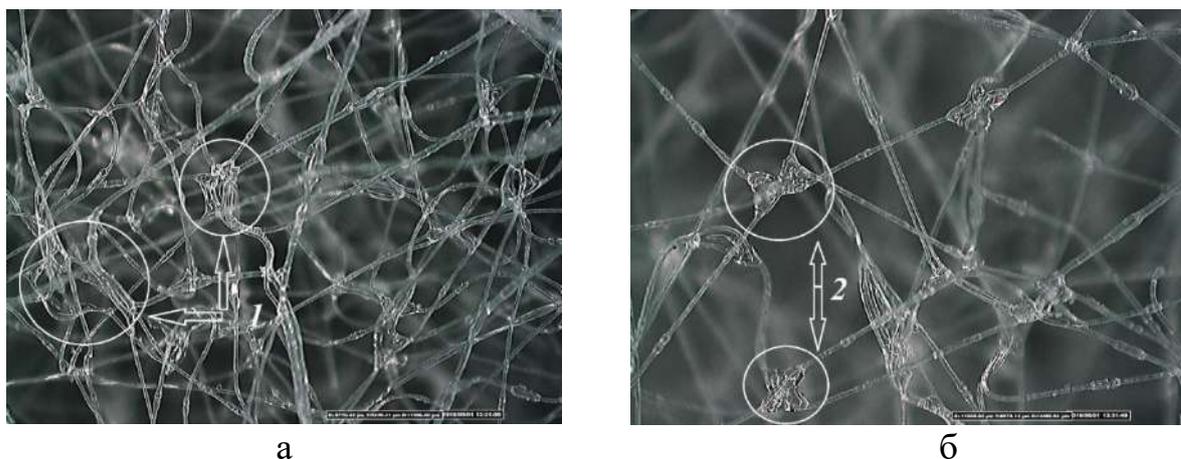


Рис. 3.27. Вид ТНМООПК под микроскопом; а (поз. 1), б (поз. 2) – вид участков термоскрепления [244]

Во всех исследуемых ТНМ в качестве легкоплавкого волокна (связующего) использовалось бикомпонентное концентрическое волокно, имеющее в конструкции ядро и оболочку (рис. 3.38). Полимер оболочки – сополимер полиэтилена высокого давления (температура плавления 110 °С), а ядра – полиэтилентерефталат (температура плавления 254 °С).

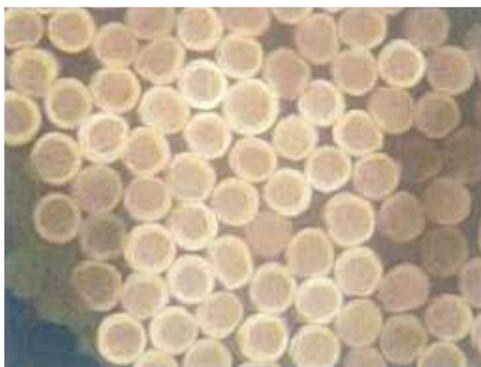


Рис. 3.28. Вид легкоплавкого волокна [245]

На рис. 3.29 изображена трехмерная структура ТНМООПК. Трехмерные модели были получены при сканировании образцов ТНМООПК шагом 0,05 мкм.

Полученные трехмерные цифровые модели, позволяют утверждать, что ТНМООПК имеет равномерную структуру с единичными областями разреженности. Минимальная толщина в областях разреженности составляет не менее 2 мм, что характерно для объемных нетканых материалов.

Из рис. 3.29 видно, что структура ТНМООПК имеет достаточно однородный вид с минимальной анизотропностью (высокая равномерность во всех направлениях), о чем свидетельствует малое количество областей разреженности – участков ТНМ с толщиной менее 2 мм (2×10^3 мкм).

Исследования волокнистого состава ТНМООПК современными методами анализа с использованием методов ИК-спектроскопии, термического анализа позволило получить вид кривых, их характеристики, которые в дальнейшем могут быть использованы во время технического контроля ТНМ, в состав, которых входят ПАК волокна.

Выявлено, что присутствие ПЭ и ПАК волокон в смеси нетканых материалов позволяет расширить температурный диапазон их применения и упростить условия ухода за готовыми изделиями за счет смещения температуры деструкции на область после 200 °С, при этом скорость деструкции до 300 °С составляет не более 1,93 % в минуту, в то время как деструкция у полиакрилатных волокон наблюдается уже после 50 °С.

Доказана низкая анизотропия ТНМООПК, отмечена равномерность и однородность структуры с единичными участками разреженности.

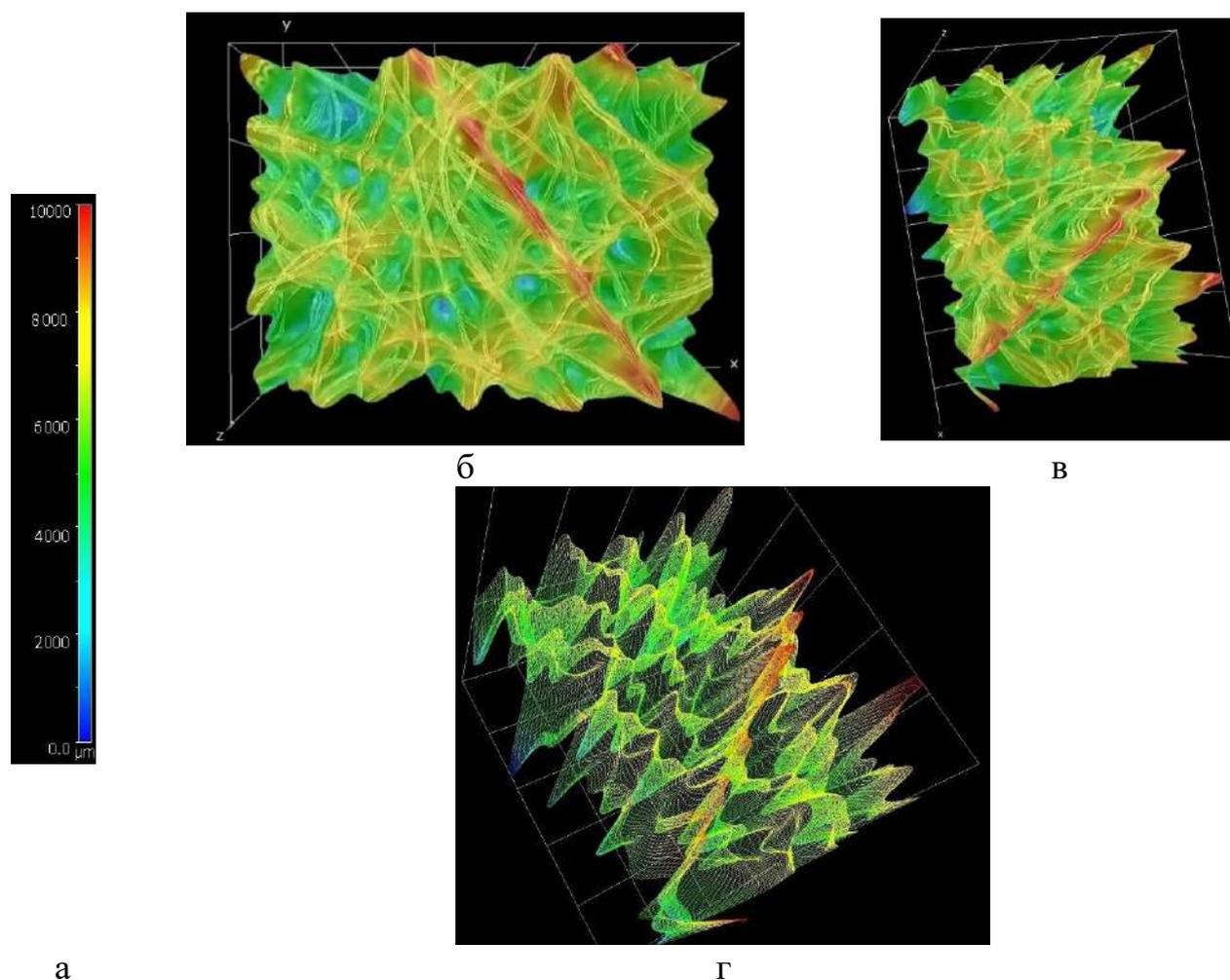


Рис. 3.29. 3-D модель ТНМООПК: а – шкала толщины, мкм; б – вид сверху, в – вид сбоку; г – текстурированный каркас

3.5 Обсуждение и основные выводы

1. В ходе проведенного исследования установлено, что при оценке теплоизоляционных свойств инновационных материалов с термо- и саморегулирующимися свойствами достоверная оценка осуществляется по методикам, которые позволяют моделировать условия, приближенные к реальным условиям эксплуатации.

2. Установлено, что все исследуемые ТНМ поверхностной плотностью 150 г/м^2 находятся в области допустимых значений ОПК.

3. Определен ТНМООПК с параметрами: поверхность плотность 150 г/м^2 , содержание ПЭ волокон 45%, содержание ПАК волокон 35%, содержание легкоплавких волокон 20%.

4. Установлено, что принцип «зонирования» ТНМ в изделии наиболее эффективен. Для обеспечения температурного гомеостаза в зоне плеч, груди, бедер, головы и спины рекомендовано применение ТНМООПК; для остальных областей целесообразно использование ТНМ аналогичной поверхностной плотности, состоящих из 80 % ПЭ волокон и 20 % легкоплавких волокон.

5. Установлено, что для получения идентификационных характеристик инновационных материалов целесообразно применение сочетания методов термоанализа и ИК-спектроскопии.

6. Отмечено, что одновременное присутствие полиэфирных и полиакрилатных волокон способствует улучшению эксплуатационных характеристик ТНМ.

7. Структурный анализ при помощи исследования трехмерной модели ТНМ позволяет выявить уровень анизотропии ТНМООПК.

ГЛАВА 4. ОЦЕНКА И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Для обеспечения выпуска высококачественных ТНМ необходимо установить систематическую оценку качества и технический контроль качества при их серийном производстве.

Выбор номенклатуры ОПК был произведен во второй главе, а определение числовых значений – в третьей главе.

4.1 Оценка уровня качества теплоизоляционных нетканых материалов

Сравнение фактических ПК с базовыми – заключительный этап оценки качества [176].

В данном исследовании применялась дифференциальная и комплексная оценки качества.

Пересчет фактических значений в относительные производился по формулам 4.1; 4.2.

Для позитивного ПК:

$$\Pi_0^{(+)} = \frac{\Pi_{\phi}}{\Pi_{\sigma}} \quad 4.1$$

Для негативного ПК:

$$\Pi_0^{(-)} = \frac{\Pi_{\sigma}}{\Pi_{\phi}} \quad 4.2$$

где:

$\Pi_0^{(+)}$ – позитивный относительный показатель;

$\Pi_0^{(-)}$ – негативный относительный показатель;

Π_{ϕ} – фактическое значение ПК;

Π_{σ} – базовое значение ПК [176].

Обобщенный комплексный показатель подсчитывался с помощью средней арифметической (формула 4.3), средней геометрической (формула 4.4) и средней гармонической (формула 4.5) комплексных оценок [246].

$$K = \Pi_{01}Z_1 + \Pi_{02}Z_2 + \dots + \Pi_{0n}Z_n = \sum_{i=1}^n \Pi_{0i}Z_i \quad 4.3$$

где: Π_{0i} – безразмерное значение i -го ПК;

n – число ОПК;

Z_i – коэффициент весомости $\sum_{i=1}^n Z_i = 1$.

$$G = \Pi_{01}^{Z_1} \Pi_{02}^{Z_2} \dots \Pi_{0n}^{Z_n} = \prod_{i=1}^n \Pi_{0i}^{Z_i} \quad 4.4$$

$$H = \frac{1}{\frac{Z_1}{\Pi_{01}} + \frac{Z_2}{\Pi_{02}} + \dots + \frac{Z_n}{\Pi_{0n}}} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{Z_i}{\Pi_{0i}}} \quad 4.5$$

Перевод фактических значений в безразмерные осуществляется с помощью: относительных показателей, рангов (формулы 4.6 для позитивных ПК и 4.7 для негативных), баллов (формулы 4.8 для позитивных ПК и 4.9 для негативных), функции желательности (формула 4.11) [176].

$$R_H = R_{max} - (R_{max} - R_{min}) \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad 4.6$$

$$R_H = R_{min} + (R_{max} - R_{min}) \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad 4.7$$

где: R_{min} – минимальные ранговые оценки;

R_{max} – максимальные ранговые оценки;

x_i – ПК, для которого определяют непрерывный ранг;

x_{min} – минимальные значения ПК;

x_{max} – максимальные значения ПК.

Для позитивных ПК дискретные баллы пересчитывают в непрерывные по формуле 4.8, для негативных по формуле 4.7:

$$B_{Hi}^{(+)} = B_{min} + И \quad 4.8$$

$$B_{Hi}^{(-)} = B_{max} - И \quad 4.9$$

где значение И вычисляют по формуле 4.10:

$$И = (B_{max} - B_{min}) \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad 4.10$$

где: B_{max} ; B_{min} – максимальная и минимальная оценки в баллах;

x_{max} ; x_{min} – максимальное и минимальное значения оцениваемых ПК.

$$d = e^{-e^{-y}} \quad 4.11$$

С целью вычисления показателя желательности необходимо перевести размерные ПК X в безразмерные по формуле 4.12:

$$y = a_0 + a_1 x \quad 4.12$$

Коэффициенты a_0 и a_1 табличные [176].

В данном исследовании градации «отлично» и «плохо» выбирались исходя из крайних значений ОПК исследуемых ТНМ.

Представляет теоретический и практический интерес провести сравнение 9-ти образцов ТНМ, исследованных в главе 3 по ОПК, используя все описанные методы с целью подбора наиболее оптимального. При этом целесообразно провести сравнения как материалов с группированием по поверхностной плотности, так и в целом по всем исследуемым ТНМ («слепые» испытания). Нумерация исследуемых ТНМ и их состав представлены в табл. 4.1.

Табл. 4.1. Исследуемые ТНМ

| Наименование | Поверхностная плотность, г/м ² | Содержание ПЭ волокон, % | Содержание ПАК волокон, % | Содержание легкоплавких волокон, % |
|--------------|---|--------------------------|---------------------------|------------------------------------|
| ТНМ № 1 | 100 | 80 | 0 | 20 |
| ТНМ № 2 | 100 | 45 | 35 | 20 |
| ТНМ № 3 | 100 | 10 | 70 | 20 |
| ТНМ № 4 | 150 | 80 | 0 | 20 |
| ТНМ № 5 | 150 | 45 | 35 | 20 |
| ТНМ № 6 | 150 | 10 | 70 | 20 |
| ТНМ № 7 | 200 | 80 | 0 | 20 |
| ТНМ № 8 | 200 | 45 | 35 | 20 |
| ТНМ № 9 | 200 | 10 | 70 | 20 |

В табл. С.1 – С.3 (приложение С) представлены относительные показатели для ТНМ 100, 150, 200 г/м², а в табл. С.4 (приложение С) относительные показатели для всех исследуемых ТНМ.

Для ОПК – миграция, для удобства подсчета относительных показателей, были введены условные баллы (табл. 4.2),

Табл. 4.2. Шкала для перевода значения в условные баллы

| Миграция, шт/150 см | Условный балл |
|---------------------|---------------|
| 0 | 1 |
| 1 | 2 |
| 2 | 3 |
| 3 | 4 |
| 4 | 5 |

Для определения функции желательности были решены системы уравнений с целью нахождения значений a_0 и a_1 для перевода размерных ОПК в безразмерные (табл. С.5 – С.8, приложение С).

Проанализировав получившиеся результаты при дифференциальной оценке качества, имеем:

- ТНМ поверхностной плотностью 100 г/м²: ТНМ № 1 и ТНМ № 3 не соответствуют базовому образцу, т.к. ряд относительных показателей: гигроскопичность (у ТНМ № 1), изменение линейных размеров (по длине и ширине) после мокрой обработки меньше единицы; ТНМ № 2 по всем относительным показателям имеет положительную оценку и соответствует базовому образцу;
- ТНМ поверхностной плотностью 150 г/м²: ТНМ № 4 и ТНМ № 6 не соответствуют базовому образцу, т.к. ряд относительных показателей: гигроскопичность (у ТНМ № 4), изменение линейных размеров (по длине и ширине) после мокрой обработки меньше единицы; ТНМ № 5 по всем относительным показателям имеет положительную оценку и соответствует базовому образцу;
- ТНМ поверхностной плотностью 200 г/м²: ни один из ТНМ не соответствует базовому образцу. Так относительные показатели ТНМ № 7: гигроскопичность,

изменение линейных размеров (по длине и ширине) меньше единицы. Относительный показатель ТНМ № 8: изменение линейных размеров (по длине) меньше единицы. Относительный показатель ТНМ № 9: изменение линейных размеров (по ширине) меньше единицы.

При «слепых» испытаниях:

- ТНМ № 1, ТНМ № 4 и ТНМ № 7 не соответствуют базовому образцу, т.к. относительные показатели: гигроскопичность, изменение линейных размеров (по длине и ширине) меньше единицы;
- ТНМ № 2, ТНМ № 3, ТНМ № 6, ТНМ № 8 и ТНМ № 9 не соответствуют базовому образцу, т.к. относительные показатели: изменение линейных размеров (по длине и ширине) меньше единицы;
- ТНМ № 5 по всем относительным показателям имеет положительную оценку и соответствует базовому образцу.

Применение квалиметрического подхода позволило осуществить обобщенную оценку всех ОПК.

Полученные в ходе вычисления результаты приведены в приложении С, в табл. С.9 – С.12 для ТНМ поверхностной плотностью 100 г/м²; в табл. С.13 – С.16 для ТНМ с поверхностной плотностью 150 г/м²; в табл. С.17 – С.20 для ТНМ с поверхностной плотностью 200 г/м²; в табл. С.21 – С.24 для всех исследуемых ТНМ. Цветовой индикацией выделены лучшие ТНМ.

Оценка качества по относительным показателям ТНМ средней арифметической комплексной оценки ТНМ показывает:

- для ТНМ поверхностной плотностью 100 г/м²: ТНМ № 2 имеет самую высокую оценку. ТНМ № 2 лучше в 1,60 раза, чем ТНМ № 1 и лучше в 1,17 раза, чем ТНМ № 3;
- для ТНМ поверхностной плотностью 150 г/м²: ТНМ № 5 имеет самую высокую оценку. ТНМ № 5 лучше в 1,70 раза, чем ТНМ № 6 и лучше в 1,13 раза, чем ТНМ № 4;

– для ТНМ поверхностной плотностью 200 г/м²: ТНМ № 8 имеет самую высокую оценку. ТНМ № 8 лучше в 1,52 раза, чем ТНМ № 9 и лучше в 1,25 раза, чем ТНМ № 7.

По средней геометрической и средней гармонической комплексным оценкам наблюдается та же последовательность.

В табл. С.25 приложения С представлено распределение мест, занимаемых ТНМ в соответствии со значением комплексного показателя, где лучшему ТНМ присвоено место 1, а худшему – 3, в табл. С.26 (приложение С) худшему ТНМ присвоено место – 9. Цветовой индикацией выделены лучшие ТНМ.

Анализ комплексных оценок по дискретным и непрерывным рангам, по дискретным и непрерывным баллам, по функции желательности показывают идентичный результат по выявлению лучших ТНМ. Установлено, что лучшими являются:

- ТНМ № 2 – при исследовании поверхностной плотности 100 г/м²;
- ТНМ № 5 – при исследовании поверхностной плотности 150 г/м²;
- ТНМ № 8 – при исследовании поверхностной плотности 200 г/м²;
- ТНМ № 5 – при исследовании всех ТНМ.

Для определения взаимосвязи между комплексными оценками использовался коэффициент корреляции, рассчитанный по формуле 2.7.

Оценка значимости простого парного коэффициента корреляции был рассчитан по формуле 2.8.

Полученные коэффициенты корреляции и их ошибки для ОПК ТНМ представлены в табл. С.27 – С.30 (приложение С).

При анализе корреляционной связи между средними арифметическими, средними гармоническими, средними геометрическими комплексными оценками по дискретным и непрерывным рангам, по дискретным и непрерывным баллам, по функции желательности наблюдается весьма высокая связь по шкале Чеддока [184] с малой ошибкой. Из этого следует, что при постановке задачи выбора лучшего ТНМ, подходит любой из описанных методов. Наиболее простым является

использование средней арифметической комплексной оценкой по относительным ПК. Однако, если стоит задача по определению градации ТНМ в соответствии с

ОПК, например для определения сортности, то наиболее эффективным будет применение средней арифметической комплексной оценки по непрерывным ранговым оценкам.

4.2 Контроль качества теплоизоляционных нетканых материалов

В главе 2 были определены 11 ОПК. Целесообразно для снижения финансовых и временных затрат сократить количество контролируемых ПК.

Для снижения числа контролируемых параметров построена корреляционная матрица (табл. Т.1, приложение Т) и выявлена связь между ОПК с помощью парного коэффициента корреляции (формула 2.7), оценка достоверности полученных результатов проверялась с помощью ошибки коэффициента корреляции (формула 2.8). Сила корреляционной связи визуально обозначена цветовой индикацией.

Для дальнейшего анализа были выбраны пары ОПК с коэффициентом корреляции, превышающим 0,8 (высокая и весьма высокая корреляционные связи согласно шкале Чеддока [184]).

В ходе анализа данных выявлено:

1. Имеется весьма высокая корреляционная связь между парами ОПК: СТС до мокрой и после мокрой обработки (рис. 4.1); изменение линейных размеров (по длине и по ширине) после мокрой обработки (рис. 4.2); разрывная нагрузка (по длине и по ширине) (рис. 4.3); разрывное удлинение по длине и по ширине (рис. 4.4). Существующая корреляционная связь свидетельствует о низкой анизотропности ТНМ, в этом случае целесообразно выбрать только один ПК из пары.

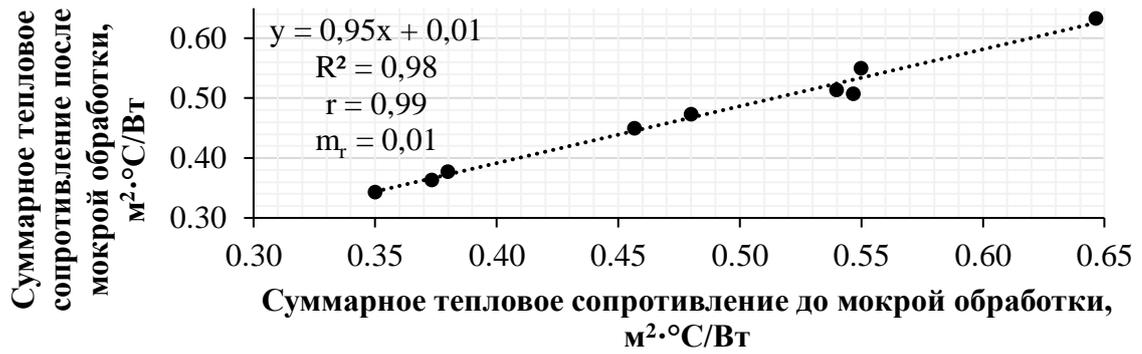


Рис. 4.1. Корреляция между ПК СТС до мокрой обработки и СТС после мокрой обработки, $\text{м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$

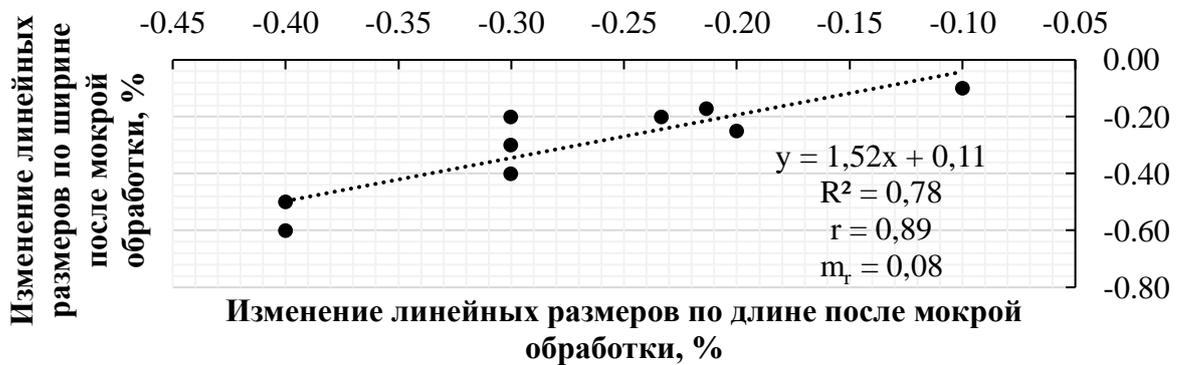


Рис. 4.2. Корреляция между ПК изменение линейных размеров (по длине) и изменение линейных размеров (по ширине), %

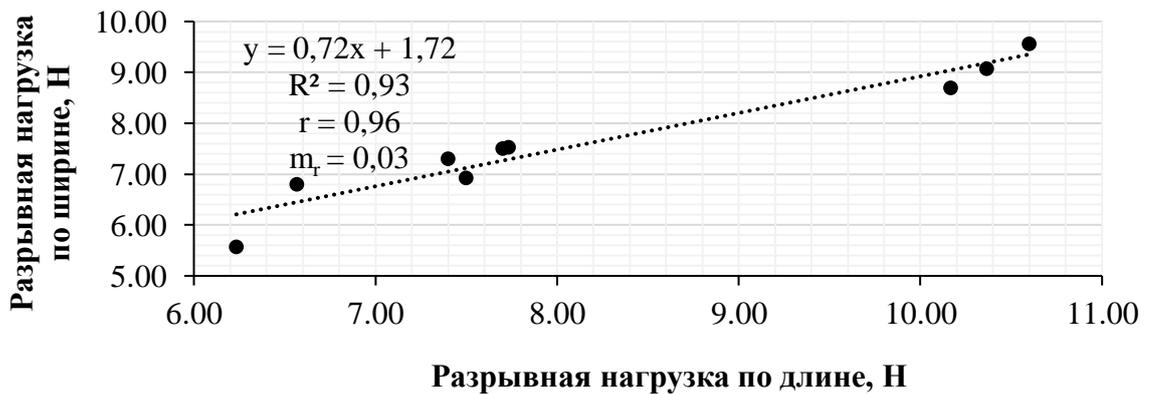


Рис. 4.3. Корреляция между ПК разрывная нагрузка (по длине) и разрывная нагрузка (по ширине), Н

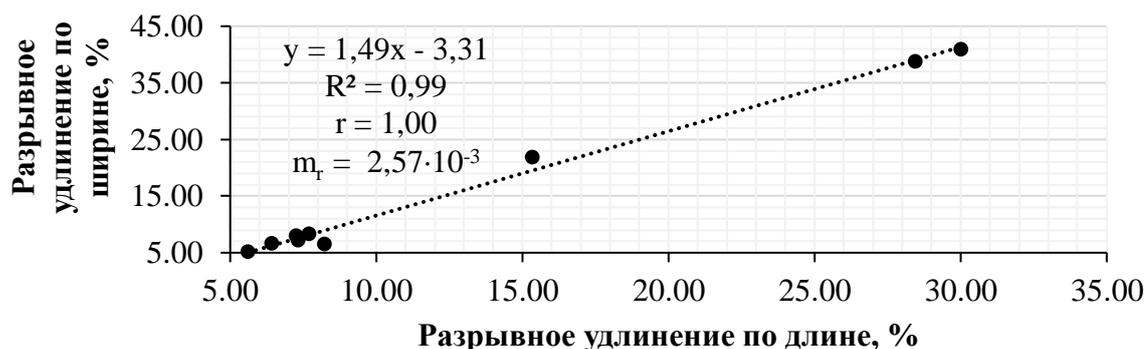


Рис. 4.4. Корреляция между ПК разрывное удлинение (по длине) и разрывное удлинение (по ширине), %

С точки зрения технического исполнения СТС до мокрой обработки проще контролировать по сравнению с потенциальным показателем – после мокрой обработки, поэтому для осуществления технического контроля выбран ОПК СТС до мокрой обработки.

Коэффициенты значимости ОПК, измеряемых по длине и ширине ТНМ имеют одинаковые значения (табл. Ж.1, приложение Ж), в таком случае возможно осуществлять контроль ПК в любом направлении.

2. Существует высокая корреляционная связь между СТС до мокрой обработки и ПК: воздухопроницаемость (рис. 4.5) и толщина (рис. 4.6), более воздухопроницаемые материалы имеют меньшее значение СТС. Более плотная структура материала позволяет более длительно сохранять тепло в пододежном пространстве, однако малый объем инертного воздуха в ТНМ приводит к тому, что теплопроводность, а следовательно, и СТС будет определяться теплопроводностью полимера, из которого они изготовлены, это обуславливает наличие прямой высокой корреляционной связи между СТС до мокрой обработки и толщиной (рис. 4.6), более объемные материалы имеют более высокие значения СТС.

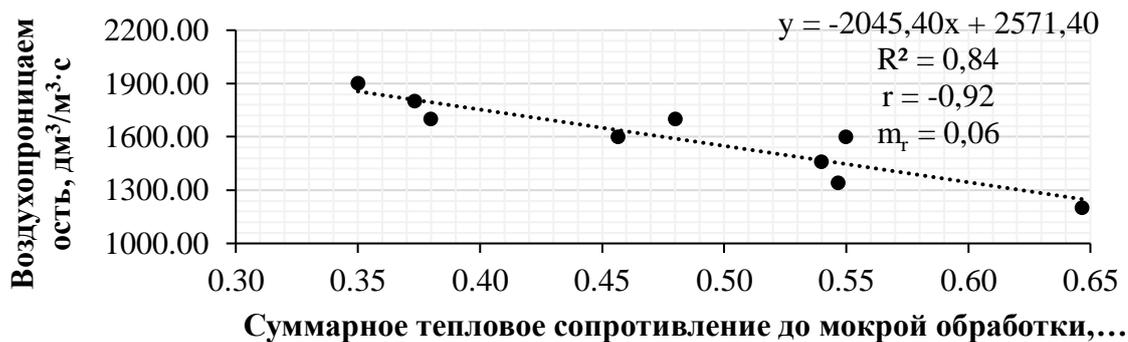


Рис. 4.5. Корреляция между ПК воздухопроницаемость, дм³/м³·с и СТС до мокрой обработки, м²·°С/Вт

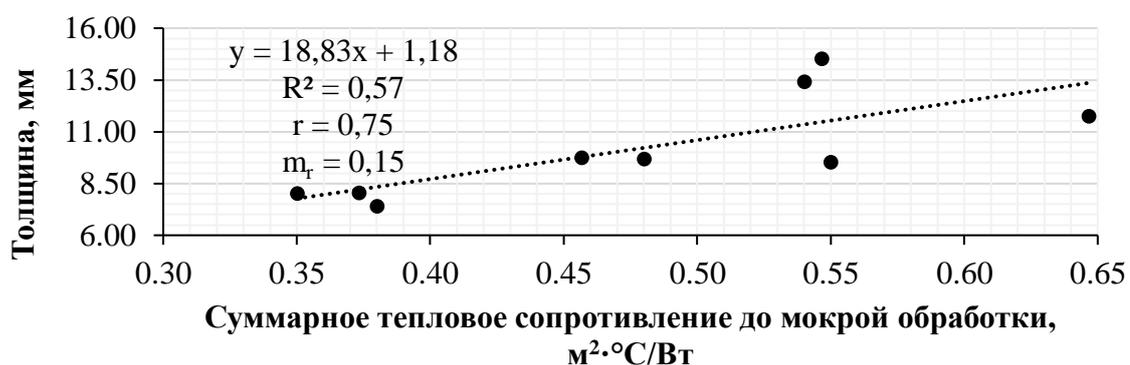


Рис. 4.6. Корреляция между ПК толщина, мм и СТС до мокрой обработки, м²·°С/Вт

3. Существует прямая высокая корреляционная связь между СТС до мокрой обработки и разрывной нагрузкой по длине (рис. 4.7). Данная зависимость определяется тем, что наличие большого количества связей между волокнами, полученными в ходе термоскрепления, обуславливает стабильность материала и высокие значения ПК.

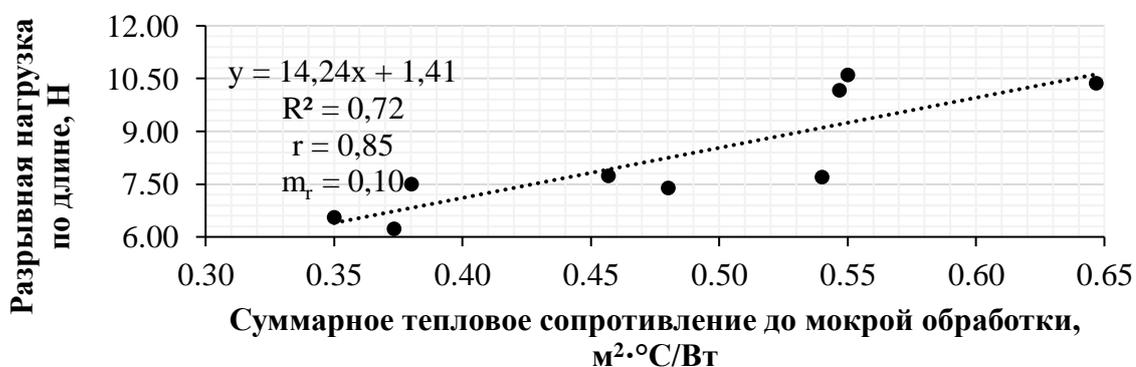


Рис. 4.7. Корреляция между ПК СТС до мокрой обработки, м²·°С/Вт и разрывная нагрузка (по длине), Н

4. Выявлена высокая корреляционная связь между гигроскопичностью и ПК: волокнистый состав (рис. 4.8) и изменение линейных размеров (по ширине) (рис. 4.9), это обусловлено тем, что природа волокон значительным образом влияет на физические свойства и показатели назначения ТНМ.

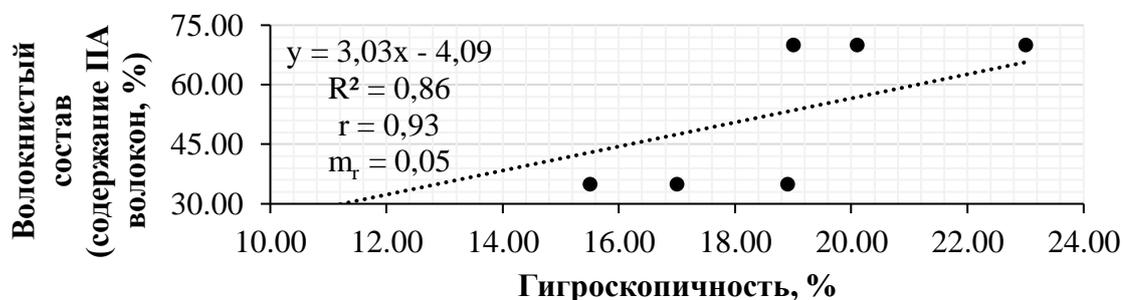


Рис. 4.8. Корреляция между ПК волокнистый состав, % и гигроскопичность, %

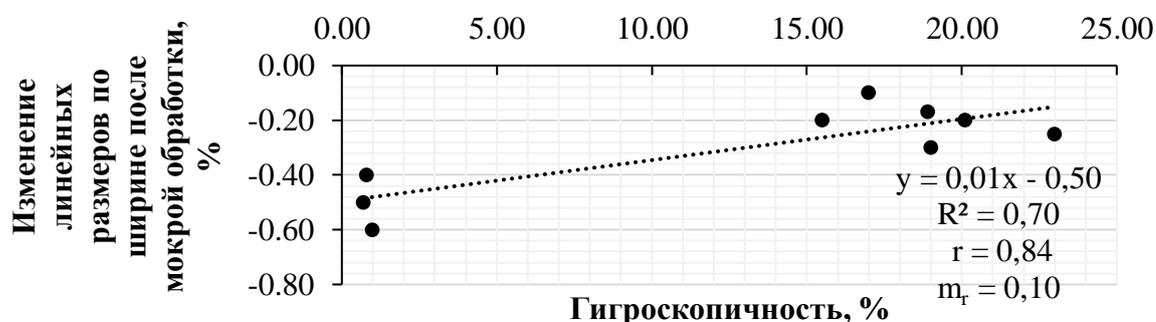


Рис. 4.9. Корреляция между ПК изменение линейных размеров (по ширине), % и гигроскопичность, %

5. Отмечена высокая корреляционная связь между неровнотой по массе и ПК: устойчивость к многократному сжатию (рис. 4.10) и миграция (рис. 4.11). Чем равномернее структура ТНМ, а также чем ближе она к изотропной структуре тем материал является более устойчивым к многоцикловым механическим нагрузкам.

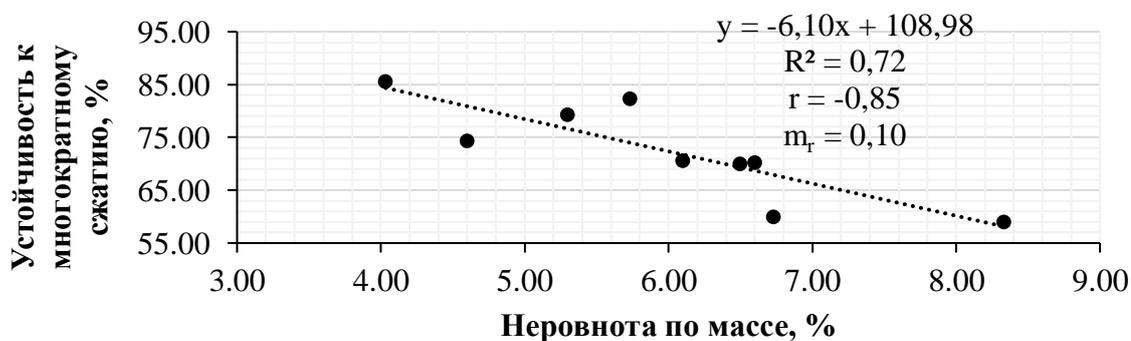


Рис. 4.10. Корреляция между ПК устойчивость к многократному сжатию, % и неровнота по массе, %

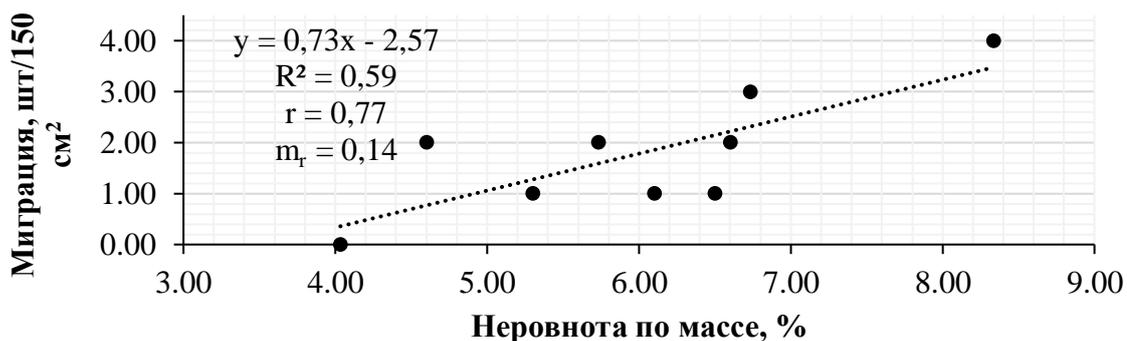


Рис. 4.11. Корреляция между ПК миграция, шт/150 см² и неровнота по массе, %

Для количественной оценки корреляционной зависимости трех и более случайных величин применялся множественный коэффициент корреляции (формулы 4.13 – 4.15) [247].

$$r_{X.YZ} = \sqrt{\frac{r_{XY}^2 + r_{XZ}^2 - 2r_{XY}r_{XZ}r_{YZ}}{1 - r_{YZ}^2}} \quad 4.13$$

$$r_{Y.XZ} = \sqrt{\frac{r_{XY}^2 + r_{YZ}^2 - 2r_{XY}r_{XZ}r_{YZ}}{1 - r_{XZ}^2}} \quad 4.14$$

$$r_{Z.XY} = \sqrt{\frac{r_{XZ}^2 + r_{YZ}^2 - 2r_{XY}r_{XZ}r_{YZ}}{1 - r_{XY}^2}} \quad 4.15$$

где $r_{X.YZ}$ – множественный коэффициент корреляции случайной величины X с величинами Y и Z;

$r_{Y.XZ}$ – множественный коэффициент корреляции случайной величины Y с величинами X и Z;

$r_{Z.XY}$ – множественный коэффициент корреляции случайной величины Z с величинами X и Y;

r_{XY}, r_{XZ}, r_{YZ} – простые коэффициенты корреляции для двух случайных величин.

В ходе расчета получены следующие множественные коэффициенты корреляции для ОПК:

– СТС до мокрой обработки (X); разрывная нагрузка (по длине) (Y); разрывная нагрузка (по ширине) (Z): $r_{X.YZ} = 0,85$; $r_{Y.XZ} = 0,97$; $r_{Z.XY} = 0,96$;

– гигроскопичность (X); волокнистый состав (Y); изменение линейных размеров (по ширине) (Z): $r_{X,YZ} = 0,98$; $r_{Y,XZ} = 0,96$; $r_{Z,XY} = 0,90$;

– неровнота по массе (X); устойчивость к многократному сжатию (Y); миграция (Z): $r_{X,YZ} = 0,87$; $r_{Y,XZ} = 0,87$; $r_{Z,XY} = 0,80$.

Расчеты множественного коэффициента корреляции показывают, что между рассматриваемыми ОПК имеется высокая и весьма высокая корреляционные связи, что позволяет снизить количество контролируемых ПК.

Установлено, что при осуществлении контроля качества во время промышленного выпуска ТНМ, целесообразно осуществлять непрерывный статистический контроль таких ПК как: СТС до мокрой обработки, неровнота по массе, разрывное удлинение (по длине), гигроскопичность, а также поверхностная плотность (как ПК, существенно влияющий на стоимость и свойства ТНМ).

Во время летучего технического контроля необходимо осуществлять контроль следующих ПК: устойчивость к многократному сжатию, воздухопроницаемость, разрывная нагрузка (по длине и ширине), толщина, миграция, изменение линейных размеров (по длине и ширине) после мокрой обработки, волокнистый состав.

4.2.1 Статистические модели контролируемых показателей качества

Целью данного исследования является разработка мероприятий по осуществлению технического контроля.

Объектом исследования является качество ТНМООПК.

Для правильной интерпретации результатов испытаний при осуществлении контроля ПК необходимо знать законы распределения, размах варьирования (формула 4.16) [247], медиану (формула 4.17), моду (формула 4.18) [248], а также сводные характеристики, заменяющие совокупность первичных результатов отдельных измерений: среднее арифметическое значение (формула 3.26), среднее квадратическое отклонение для объема выборки $n \leq 30$ (формула 2.6), коэффициент вариации (формула 3.24), [247]. Данные представлены в табл. 4.3.

$$R = M_{max} - M_{min} \quad 4.16$$

где M_{max} – максимальный показатель;

M_{min} – минимальный показатель.

$$Me = X_{Me} + i_M \frac{\frac{\sum f}{2} - S_{Me-1}}{f_{Me}} \quad 4.17$$

где: S_{Me} – наблюдения, которые были накоплены до начала медианного интервала;

X_{Me} – нижняя граница интервала;

i_M – интервал;

f_{Me} – число наблюдений в медианном интервале.

$$Mo = X_{Mo} + i_{Mo} \frac{f_{Mo} - f_{Mo-1}}{(f_{Mo} - f_{Mo-1}) + ((f_{Mo} - f_{Mo+1}))} \quad 4.18$$

где: i_{Mo} – модальный интервал;

X_{Mo} – нижняя граница интервала;

f_{Mo} , f_{Mo-1} , f_{Mo+1} – частоты в модальном, предыдущем и следующем за модальным интервалах.

Для оценки соответствия распределения результатов испытаний теоретическому закону количество измерений было увеличено до 10. Полученные данные представлены в приложении У, в табл. У.1.

Табл. 4.3. Выборочные характеристики

| Выборочные характеристики | Показатели качества | | | | |
|---|---|---|---------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| | Поверхностная плотность, г/м ² | СТС до мокрой обработки, м ² ·С/Вт | Гигроскопичность, % | Неровнога по массе, % | Разрывное удлинение (по длине), % |
| Среднее, \bar{X} | 150,60 | 0,53 | 16,71 | 3,92 | 5,61 |
| Среднее квадратическое отклонение, σ_B | 4,79 | 0,03 | 0,83 | 0,63 | 0,80 |
| Размах варьирования, R | 14,00 | 0,09 | 2,61 | 1,60 | 2,35 |
| Коэффициент вариации, % | 3,18 | 6,13 | 4,95 | 16,04 | 14,32 |

| Выборочные характеристики | Показатели качества | | | | |
|---------------------------|---|--|---------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| | Поверхностная плотность, г/м ² | СТС до мокрой обработки, м ² ·°C/Вт | Гигроскопичность, % | Неровнога по массе, % | Разрывное удлинение (по длине), % |
| Мода, <i>Mo</i> | 150,00 | 0,55 | 16,00 | 3,00 | 6,00 |
| Медиана, <i>Me</i> | 150,50 | 0,55 | 16,71 | 4,10 | 5,90 |

В данной работе был выбран «путь Колмогорова», предполагающий выбор статистических моделей исходя из физической сущности исследуемых ПК [249].

В качестве теоретических законов распределения для текстильных материалов как правило, принято использовать нормальный и логарифмически нормальный законы, асимптотические распределения экстремальных величин I-го и III-го типов (Гумбеля и Вейбулла) [247, 249 – 254].

Предварительная оценка эмпирического распределения была поведена по величине асимметрии (формула 4.19) и эксцесса (формула 4.20), а также по методу вероятностных бумаг. Подсчитанные значения с учетом их ошибок (формулы 4.21; 4.22) сравнивались с теоретическими значениями для различных законов распределения [249].

$$as = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^3}{n\sigma_x^3} \quad 4.19$$

$$ex = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^4}{n\sigma_x^4} - 3 \quad 4.20$$

$$\sigma_{as} = \sqrt{\frac{6(n-1)}{(n+1)(n+3)}} \quad 4.21$$

$$\sigma_{ex} = \sqrt{\frac{24n(n-2)(n-3)}{(n-1)^2(n+3)(n+5)}} \quad 4.22$$

Для всех контролируемых ПК справедливо неравенство $|as| \leq 3|\sigma_{as}|$ и $|ex| \leq 3|\sigma_{ex}|$ (табл. 4.27), в качестве теоретического использовался нормальный закон, как наиболее распространенный.

Рассмотрим методику анализа и выбора статистической модели для ПК – поверхностная плотность.

Выполняется неравенство $|as| \leq 3|\sigma_{as}|$ и $|ex| \leq 3|\sigma_{ex}|$: $0,34 \leq 1,84$ и $1,18 \leq 2,77$, отсюда следует, что эмпирическое статистического распределение не противоречит нормальному распределению.

Дифференциальная функция нормального распределения (формула 4.23) [247]:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma_x^2}} \quad 4.23$$

В случае нормального распределения приведенной величиной для построения вероятностной бумаги является квантиль U_p нормального нормированного и центрированного распределения (формула 4.24) [247]:

$$U_p = \frac{1}{\sigma_x} (x_i - \bar{x}) \quad 4.24$$

где: x_i – значение случайной величины;

\bar{x} – среднее значение;

σ_x – среднее квадратическое отклонение.

Квантилью U_p нормального распределения, отвечающей вероятности P , называется число, удовлетворяющее уравнению 4.25 [247]:

$$F_0(U_p) = P \quad 4.25$$

Для квантилей нормального распределения справедливо соотношение 4.26 [247]:

$$U_{1-P} = -U_p \quad 4.26$$

Накопленные частоты ω_i вычислялась по формуле 4.27 [247]:

$$\omega_i = \frac{i - 0,5}{n} \quad 4.27$$

где: i – номер результата в ряду;

n – количество испытаний.

По числовым значениям $\omega_i \approx P$ определяли U_p' [247, 249], которые затем использовались для нанесения точек на вероятностную бумагу.

Далее рассчитывали 2 точки по формуле 4.27 с целью построения выравнивающей прямой [247]:

$$U_{p_1} = \frac{1}{4,79} (143,00 - 150,60) = -1,59$$

$$U_{p_{10}} = \frac{1}{4,79} (157,00 - 150,60) = 1,30$$

В табл. 4.4 приведен пример необходимых расчетов для нанесения значений поверхностной плотности ТНМООПК на вероятностную бумагу нормального закона.

Табл. 4.4. Расчетные данные поверхностной плотности ТНМООПК для вероятностной бумаги нормального закона распределения

| № п/п | Поверхностная плотность (x_i), г/м ² | ω_i | U_p' |
|-------|---|------------|--------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 143,00 | 0,10 | -1,28 |
| 2 | 143,00 | 0,10 | -1,28 |
| 3 | 150,00 | 0,35 | -0,39 |
| 4 | 150,00 | 0,35 | -0,39 |
| 5 | 150,00 | 0,35 | -0,39 |
| 6 | 151,00 | 0,60 | 0,25 |
| 7 | 151,00 | 0,60 | 0,25 |
| 8 | 155,00 | 0,75 | 0,67 |
| 9 | 156,00 | 0,85 | 1,04 |
| 10 | 157,00 | 0,95 | 1,65 |

В первом столбце представлены порядковые номера результатов; во втором – результаты испытаний, представленные в порядке возрастания; в третьем – накопленные частоты эмпирического распределения; в четвертом – теоретические вероятности изучаемой величины, найденные по таблице [247].

Далее наносили результаты на вероятностную бумагу, строили прямую линию через полученные точки. При достаточно близком расположении экспериментальных точек на вероятностной бумаге к выравнивающей прямой, распределение считали не противоречащим теоретическому.

На рис. 4.12 обозначена вероятностная бумага для нормального распределения с расположенными точками – результатами испытаний поверхностной плотности, а также выравнивающая прямая.

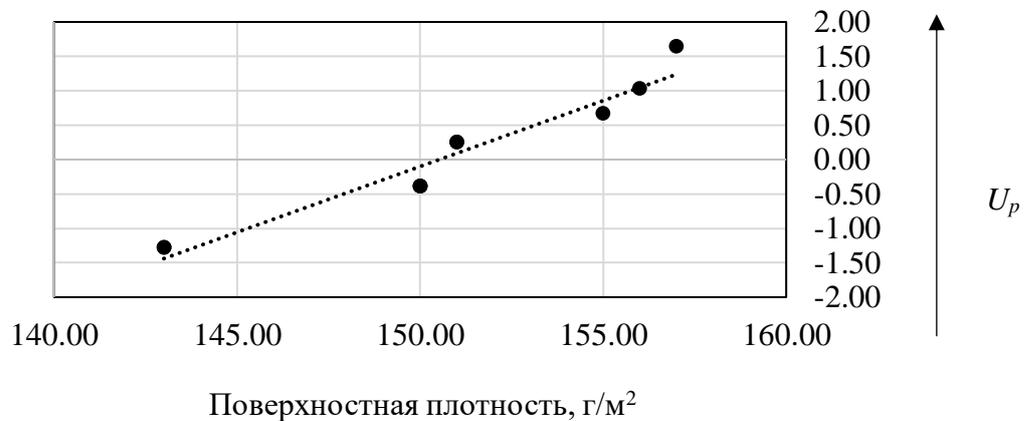


Рис. 4.12. Результаты определения поверхностной плотности на вероятностной бумаге нормального закона

Из графика видно (рис. 4.12), что точки группируются относительно выравнивающей прямой достаточно хорошо, поэтому в данном случае для интерпретации результатов испытаний поверхностной плотности возможно использование нормального закона распределения.

Статистическая оценка соответствия эмпирического распределения априорно выбранному теоретическому закону проводилась с использованием критериев.

Известно большое разнообразие различных критериев оценки соответствия экспериментального распределения теоретическому закону. Из них наибольшей универсальностью и простотой вычисления обладают критерий Колмогорова λ , критерий Мизеса ω^2 , Андерсона-Дарлинга, Ω^2 , критерий Шапиро-Уилка W и критерий Пирсона χ^2 (применяется при числе испытаний $n \geq 50$) [247, 249].

Проведем проверку соответствия полученных результатов поверхностной плотности по критерию А.Н. Колмогорова λ . Критерий А.Н. Колмогорова характеризуется максимальным расхождением D_m накопленных частостей теоретического, а также эмпирического распределений (формула 4.28) [247]:

$$\lambda = D_m \sqrt{n} \quad 4.28$$

где n – количество проведенных испытаний.

В табл. 4.5 результаты испытаний поверхностной плотности ТНМОПК расположены в порядке возрастания. Вычислены эмпирические частоты ω_i , а также накопленные частоты ω'_i . Накопленные теоретические частоты ω'_i для нормального распределения определяли по величине t (формула 4.29) [247]:

$$t = \frac{x}{\sigma_B} \quad 4.29$$

где $x = x_i - \bar{x}$ – разность между единичными результатами и их средним значением.

В рассматриваемом случае $D_m = 0,110$, $\lambda = 0,348$. По таблице значений вероятности $P(\lambda) = 0,999 > 0,050 = q$, следовательно, согласие между экспериментальными данными и выравнивающей прямой не случайно, гипотеза о соответствии эмпирического распределения нормальному закону не отвергалась.

Табл. 4.5. Расчетные данные для проверки гипотезы о нормальном распределении значений поверхностной плотности по критерию Колмогорова

| № п/п | Поверхностная плотность (x_i), г/м ² | ω_i | t | ω'_i | $ \omega'_i - \omega_i $ |
|-------|---|------------|-------|-------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 143,00 | 0,10 | -1,59 | 0,06 | 0,05 |
| 2 | 143,00 | 0,10 | -1,59 | 0,06 | 0,05 |
| 3 | 150,00 | 0,35 | -0,13 | 0,46 | 0,11 |
| 4 | 150,00 | 0,35 | -0,13 | 0,46 | 0,11 |
| 5 | 150,00 | 0,35 | -0,13 | 0,46 | 0,11 |
| 6 | 151,00 | 0,60 | 0,08 | 0,54 | 0,06 |
| 7 | 151,00 | 0,60 | 0,08 | 0,54 | 0,06 |
| 8 | 155,00 | 0,75 | 0,92 | 0,82 | 0,07 |
| 9 | 156,00 | 0,85 | 1,13 | 0,86 | 0,01 |
| 10 | 157,00 | 0,95 | 1,34 | 0,90 | 0,05 |

При малых выборках $n \leq 30$ критерий Колмогорова λ становится малочувствительным [249] и при его применении существует риск получения недостоверных данных поэтому целесообразно применение дополнительного критерия. Критерий, предложенный С. С. Шапиро и М.Б. Уилком W является наиболее эффективным критерием для проверки нормальности [248, 255].

При расчете критерия Шапиро-Уилка (табл. 4.23) результаты измерений ранжировали в порядке их возрастания. В 1-й столбец записывали значения

порядкового индекса i , во 2-й ранжированные значения, а в 3-й их квадраты. Далее вычисляли сумму квадратов отклонений результатов x_i от выборочного среднего \bar{x} по формуле 4.30 [248]:

$$S_0^2 = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad 4.30$$

В рассматриваемом случае: $S_0^2 = 206,40$.

Далее определяли $c = 0,5n$, при n – четном. В рассматриваемом случае $c = 5$. В столбец 4 (табл. 4.23) заносили данные индекса j от последней строчки в обратном порядке относительно индексов i . В 5-м столбце записывали соответствующие табличные значения коэффициентов a_{n-i+1} [248].

Далее определяли величину b^2 по формуле 4.31 [248]:

$$b^2 = \left[\sum_{i=1}^c a_i (x_{n-i+1} - x_i) \right]^2 \quad 4.31$$

В 6-м столбце (табл. 4.6) представлены значения разницы значений результатов испытаний $x_{n-j+1} - x_j$. В рассматриваемом случае: $b^2 = 183,49$.

Критерий Шапиро-Уилка вычисляли по формуле 4.32 [248]:

$$W = \frac{b^2}{S_0^2} \quad 4.32$$

В данном исследовании: $W = 0,89$.

Табл. 4.6. Расчетные данные для проверки гипотезы о нормальном распределении значений поверхностной плотности по критерию Шапиро-Уилка

| № п/п | x_i | x_i^2 | j | a_{n-i+1} | $x_{n-j+1} - x_j$ |
|-------|--------|----------|------|-------------|-------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 143,00 | 20449,00 | | | |
| 2 | 143,00 | 20449,00 | | | |
| 3 | 150,00 | 22500,00 | | | |
| 4 | 150,00 | 22500,00 | | | |
| 5 | 150,00 | 22500,00 | | | |
| 6 | 151,00 | 22801,00 | 5,00 | 0,04 | 1,00 |

| № п/п | x_i | x_i^2 | j | a_{n-i+1} | $x_{n-j+1} - x_j$ |
|-------|--------|----------|------|-------------|-------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 7 | 151,00 | 22801,00 | 4,00 | 0,12 | 1,00 |
| 8 | 155,00 | 24025,00 | 3,00 | 0,21 | 5,00 |
| 9 | 156,00 | 24336,00 | 2,00 | 0,33 | 13,00 |
| 10 | 157,00 | 24649,00 | 1,00 | 0,57 | 14,00 |

При количестве испытаний $n = 10$, $W_{0,05} = 0,842$. Имеем, $W > W_{0,05}$ ($0,889 > 0,842$). Гипотеза о нормальном распределении полученных результатов не опровергается.

Согласно проведенному исследованию, в качестве статистической модели для поверхностной плотности ТНМООПК можно использовать нормальное распределение. Однако нормальный закон не позволяет оценивать сущность физического явления, в соответствии с этим целесообразно рассмотреть возможность применения другого распределения для выявления, наиболее подходящего при их сравнении.

Для поверхностной плотности целесообразна проверка соответствия результатов испытаний логарифмически нормальному распределению в следствие того, что значение поверхностной плотности можно рассматривать в виде суммы независимых малых величин единичных волокон в структуре ТНМ [254].

Плотность вероятностей двухпараметрического логарифмически нормального закона представлена в формуле 4.33 [247]:

$$f(x) = \left(\frac{1}{x\sigma_z\sqrt{2\pi}} \right) e^{\left[-\frac{(\lg x - \bar{z})^2}{2\sigma_z^2} \right]} \quad 4.33$$

где параметр \bar{z} – среднее по логарифмам x – ведет себя как параметр масштаба распределения, а σ_z – дисперсия по логарифмам x как параметр формы [249].

В табл. 4.7 приведены расчетные данные для построения вероятностной бумаги.

Табл. 4.7. Расчетные данные поверхностной плотности для вероятностной бумаги логарифмически нормального закона распределения

| № п/п | Поверхностная плотность (x_i), г/м ² | $lg x_i$ | ω_i | U'_p |
|-------|---|----------|------------|--------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 143,00 | 2,16 | 0,10 | -1,28 |
| 2 | 143,00 | 2,16 | 0,10 | -1,28 |
| 3 | 150,00 | 2,18 | 0,35 | -0,39 |
| 4 | 150,00 | 2,18 | 0,35 | -0,39 |
| 5 | 150,00 | 2,18 | 0,35 | -0,39 |
| 6 | 151,00 | 2,18 | 0,60 | 0,25 |
| 7 | 151,00 | 2,18 | 0,60 | 0,25 |
| 8 | 155,00 | 2,19 | 0,75 | 0,67 |
| 9 | 156,00 | 2,19 | 0,85 | 1,04 |
| 10 | 157,00 | 2,20 | 0,95 | 1,65 |

Уравнение теоретической выравнивающей прямой представлено в формуле 4.34:

$$U_p = \frac{1}{\sigma_z} (\lg x - \bar{z}) \quad 4.34$$

где: \bar{z} – среднее по логарифмам x ($lg x$);

σ_z – дисперсия по логарифмам x ($lg x$) [249].

Для построения выравнивающей прямой рассчитаны две точки по формуле 4.34. В данном примере это: $U_{p_1} = -1,6$; $U_{p_{10}} = 1,31$.

Вероятностная бумага логарифмически нормального распределения для поверхностной плотности обозначена на рис. 4.13. На графике обозначены результаты испытаний и выравнивающая прямая.

Из графика видно (рис. 4.13), что точки группируются относительно выравнивающей прямой достаточно хорошо, поэтому в данном случае для интерпретации результатов испытаний поверхностной плотности возможно использование логарифмически нормального закона распределения.



Рис. 4.13. Результаты определения поверхностной плотности на вероятностной бумаге логарифмически нормального закона

Для более точной оценки использовался критерий Колмогорова λ . Расчетные данные представлены в табл. У.2 (приложение У): $D_m = 0,110$, $\lambda = 0,348$. По таблице значений вероятности $P(\lambda) = 0,999 > 0,050 = q$, следовательно согласие между экспериментальными данными и выравнивающей прямой не случайно, гипотеза о соответствии эмпирического распределения логарифмически нормальному не отвергалась.

С целью получения более точных данных о законах распределения был применен критерий Андерсона – Дарлинга, Ω^2 [256] (табл. У.3, приложение У), который использует нормирование статистики критерия Крамера – Мизеса – Смирнова, ω^2 [257 – 260] и является наиболее эффективным при малом числе наблюдений ($n \leq 20$) [249].

В критерии Ω^2 используется статистика вида (формула 4.35) [249, 256, 261]:

$$\Omega_n^2 = -n - 2 \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{2i-1}{2n} \ln F(x_i) + \left(1 - \frac{2i-1}{2n} \right) \ln [1 - F(x_i)] \right\} \quad 4.35$$

где: $x_i = (i = 1, 2, \dots, n)$ – результат наблюдений, имеющий i -й номер в вариационном ряду $x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_n$;

$F(x_i)$ – значения предполагаемой теоретической функции распределения при значении аргумента, равном x_i ;

$\frac{2i-1}{2n}$ – накопленная частота для i -го результата.

При выбранном уровне значимости $\alpha = 0,1$, согласно рекомендации ГОСТ Р 50.1.037 [262], критическое значение критерия $\Omega_n^2(\alpha) = 1,93$.

Имеем, $\Omega_n^2 = 0,54 < \Omega_n^2(\alpha) = 1,93$, нулевая гипотеза H_0 о соответствии значений поверхностной плотности логарифмически нормальному распределению не отвергается.

В табл. У.4, У.9, У.15, У.21 (приложение У) приведены расчетные данные значений контролируемых ПК для вероятностных бумаг нормального закона.

На рис. У.1 (а, в, д, ж, к) (приложение У) приведены вероятностные бумаги нормального закона с расположением точек (результатов испытаний контролируемых ПК) и выравнивающие прямые. Исходя их оценки графиков видно, что результаты испытаний хорошо группируются вдоль прямых. Визуальный анализ графиков позволяет утверждать, что для всех контролируемых ПК возможно применение нормального распределения.

Проверка соответствия результатов испытаний контролируемых ПК нормальному распределению по критерию Колмогорова приведена в табл. У.5, У.10, У.16, У.22 (приложение У). Проверка распределений экспериментальных данных по критерий Шапиро-Уилка представлена в табл. У.6, У.11, У.17, У.23 (приложение У).

Для всех контролируемых ПК (табл. 4.27):

- по критерию Колмогорова: $P(\lambda) > 0,050 = q$;
- по критерию Шапиро-Уилка, выполняется условие $W > W_{0,05}$, таким образом гипотеза о соответствии эмпирического распределения нормальному закону не отвергалась.

В качестве альтернативы для ПК СТС до мокрой обработки была проведена проверка соответствия результатов испытаний асимптотическому распределению экстремальных величин I типа (распределение Гумбеля) [263], в следствие того, что ПК СТС объемных ТНМ связано с экстремальными значениями их толщины [176].

Плотность вероятностей распределения экстремальных величин I типа для минимальных значений имеет вид (формула 4.36) [247]:

$$f(X) = B \cdot e^{[B(X-A) - e^{B(X-A)}]} \quad 4.36$$

где: A – параметр, определяющий центр закона распределения;

B – параметр, определяющий форму закона распределения;

X – переменная.

Область существования этой функции: $-\infty < X < +\infty$; $-\infty < A < +\infty$; $B > 0$ [247].

Между A , B , средним \bar{X} и средним квадратическим отклонением σ_X имеют место соотношения 4.37; 4.38 [263]:

$$A = \bar{X} + \frac{k_1}{B} \quad 4.37$$

$$B = \frac{k_2}{\sigma_X} \quad 4.38$$

k_1 , k_2 – коэффициенты, зависящие от числа испытаний в выборке n [263].

Теоретические частоты y для минимальных значений находят, рассчитывая частоты (вероятности) с помощью параметров A и B (формула 4.39) [249]:

$$y = B(A - X_i) \quad 4.39$$

В данном случае: $A = 0,549$; $B = 29,143$; $y_1 = 0,910$; $y_{10} = 1,713$.

Для проверки результатов испытания соответствия закону Гумбеля полученные данные располагают в порядке убывания (табл. 4.8).

Табл. 4.8. Расчетные данные СТС до мокрой обработки для вероятностной бумаги закона распределения экстремальных величин I типа

| № п/п | СТС до мокрой обработки (x_i), м ² ·°С/Вт | ω_i | Y_i' |
|-------|--|------------|--------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 0,58 | 0,05 | -1,10 |
| 2 | 0,56 | 0,15 | -0,64 |
| 3 | 0,55 | 0,30 | -0,18 |
| 4 | 0,55 | 0,30 | -0,18 |
| 5 | 0,55 | 0,45 | 0,22 |
| 6 | 0,55 | 0,55 | 0,51 |
| 7 | 0,50 | 0,65 | 0,84 |
| 8 | 0,50 | 0,75 | 1,24 |
| 9 | 0,50 | 0,85 | 1,82 |
| 10 | 0,49 | 0,95 | 2,97 |

Вероятностная бумага, с нанесенными на ней точками и выравнивающей прямой представлена на рис. 4.14.

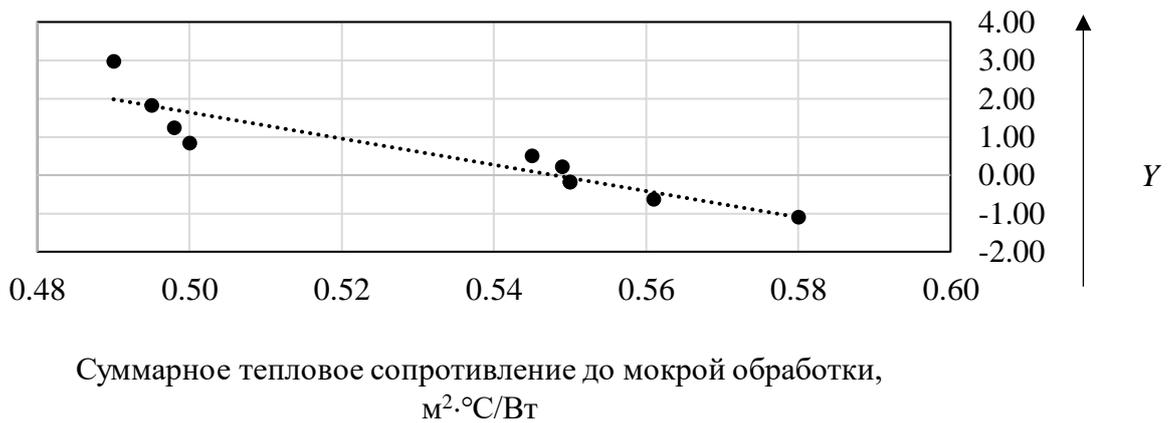


Рис. 4.14. Результаты определения СТС до мокрой обработки на вероятностной бумаге закона распределения экстремальных величин I типа

В данном случае результаты испытаний несколько хуже ложатся вдоль прямой в сравнении с нормальным законом распределения (рис. У.1 в, приложение У).

По критерию Колмогорова (табл. У.6, приложение У): $D_m = 0,142$, $\lambda = 0,448$. По таблице значений вероятности $P(\lambda) = 0,964 > 0,050 = q$, следовательно согласие между экспериментальными данными и выравнивающей прямой не случайно, гипотеза о соответствии эмпирического распределения закону распределения экстремальных величин I типа не отвергается.

По критерию Андерсона – Дарлингга: $\Omega_n^2 = 29,69 > \Omega_n^2(\alpha) = 1,93$ (табл. У.7, приложение У), нулевая гипотеза H_0 о соответствии значений СТС до мокрой обработки закону распределения экстремальных величин I типа отвергается.

В качестве альтернативы для ПК гигроскопичность была проведена проверка соответствия результатов испытаний логарифмически нормальному распределению, в следствие того, что гигроскопичность ТНМ складывается из физических свойств отдельных компонентов. Расчетные данные для вероятностной бумаги представлены в табл. У.11, вероятностная бумага на рис. У.1 е, приложение У.

Отмечено, что точки группируются относительно выравнивающей прямой достаточно хорошо, поэтому в данном случае для интерпретации результатов испытаний возможно использование логарифмически нормального закона распределения.

По критерию Колмогорова λ (в табл. У.12, приложение У): $D_m = 0,305$, $\lambda = 0,964$. По таблице значений вероятности $P(\lambda) = 0,270 > 0,050 = q$, следовательно согласие между экспериментальными данными и выравнивающей прямой не случайно, гипотеза о соответствии эмпирического распределения логарифмически нормальному закону не отвергается.

По критерию Андерсона – Дарлинга: $\Omega_n^2 = 0,20 < \Omega_n^2(\alpha) = 1,93$ (табл. У.3, приложение У). Нулевая гипотеза H_0 о соответствии значений гигроскопичности логарифмически нормальному распределению не отвергается.

В качестве альтернативы для ПК неровнота по массе была проведена проверка соответствия результатов испытаний асимптотическому распределению экстремальных величин III типа (распределение Вейбулла) [247, 251], в следствие того, для неровноты по массе ТНМ применима теория «слабейшего звена», т. к. количество участков с максимальной и минимальной поверхностной плотностью определяют конечный результат.

Плотность вероятностей распределения Вейбулла имеет вид (формула 4.40) [247]:

$$f(X) = \frac{b}{a} \left(\frac{X}{a}\right)^{b-1} e^{-\left(\frac{X}{a}\right)^b} \quad 4.40$$

где: X – независимая переменная;

a и b – параметры масштаба и формы, и существуют при $X > 0$.

Законы экстремальных величин тесно связаны один с другим через логарифм случайной величины [249]. В этом случае порядок построения расчетной таблицы, нанесение экспериментальных данных на вероятностную бумагу закона распределения экстремальных величин III типа, а также формулы подсчета параметров распределения a и b те же, что используются для закона распределения экстремальных величин I типа, при этом берется ось логарифмов (табл. У.18, приложение У) [264].

$$a = 0,626; b = 12,889; y_1 = -0,470; y_{10} = 1,922.$$

На рис. 4.15 представлены значения из табл. У.17 (приложение У), которые нанесены на вероятностную бумагу распределения Вейбулла.

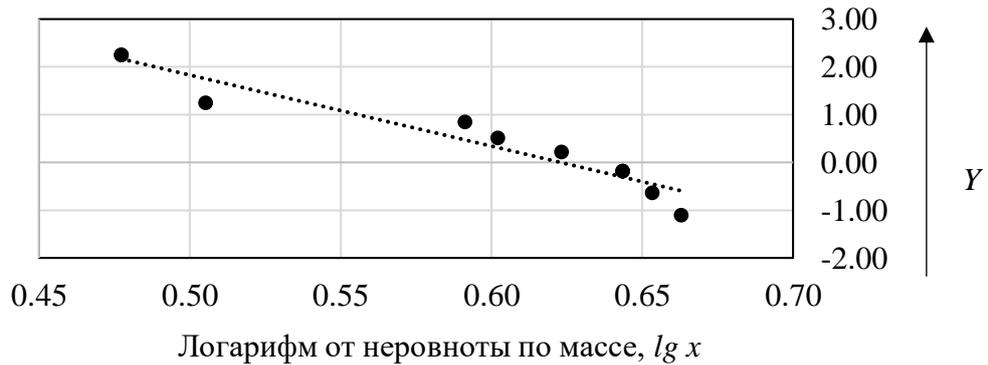


Рис. 4.15. Результаты определения неровноты по массе на вероятностной бумаге закона распределения экстремальных величин III типа

В данном случае экспериментальные точки несколько хуже ложатся вдоль прямой в сравнении с нормальным законом распределения (рис. У. 1 и, приложение У).

По критерию Колмогорова (табл. У.18, приложение У): $D_m = 0,152$, $\lambda = 0,480$. По таблице значений вероятности $P(\lambda) = 0,964 > 0,050 = q$, следовательно согласие между экспериментальными данными и выравнивающей прямой не случайно, гипотеза о соответствии эмпирического распределения закону распределения экстремальных величин III типа не отвергается.

По критерию Андерсона – Дарлингга: $\Omega_n^2 = 3,86 > \Omega_n^2(\alpha) = 1,93$ (табл. У.20, приложение У). Нулевая гипотеза H_0 о соответствии значений неровноты по массе закону распределения экстремальных величин III типа отвергается.

В качестве альтернативы для ПК разрывное удлинение (по длине) была осуществлена проверка результатов испытаний на соответствие закону Гумбеля, вследствие того, для разрывного удлинения ТНМ применима теория «слабейшего звена», т. к. именно слабые участки в ТНМ в первую очередь подвержены различного рода деформациям и разрушению.

$$A = 6,023; B = 1,184; y_1 = -0,742; y_{10} = 2,040.$$

В табл. У.24 (приложение У) представлены данные для проверки результатов испытания соответствия закону Гумбеля. На рис. У.1 л, (приложение У) приведена вероятностная бумага для закона Гумбеля с нанесенными результатами испытаний и выравнивающей прямой.

В данном случае можно видеть, что экспериментальные точки ложатся на прямую примерно одинаково в сравнении с нормальным законом распределения (рис. У.1 к, приложение У) распределения.

По критерию Колмогорова (табл. У.25, приложение У): $D_m = 0,104$, $\lambda = 0,330$. По таблице значений вероятности $P(\lambda) = 0,999 > 0,050 = q$, следовательно согласие между экспериментальными данными и выравнивающей прямой не случайно, гипотеза о соответствии эмпирического распределения закону распределения экстремальных величин I типа не отвергается.

По критерию Андерсона – Дарлинга: $\Omega_n^2 = 33,18 > \Omega_n^2(\alpha) = 1,93$ (табл. Я.25), нулевая гипотеза H_0 о соответствии значений разрывного удлинения по длине закону распределения экстремальных величин I типа отвергается.

Установлено, что для всех контролируемых ПК приемлемым является использование статистической модели нормального закона. Это подтверждается предварительной оценкой эмпирических распределений, величиной асимметрии и эксцесса и их ошибок, визуальной оценкой расположения экспериментальных точек относительно выравнивающей прямой на вероятностной бумаге, а также критериями (табл. 4.9).

Табл. 4.9. Результаты оценки соответствия контролируемых ПК законам распределения

| Сводные данные | | ПК ТНМОПК | | | | |
|-----------------------------------|-------------------|---|--|---------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| | | Поверхностная плотность, г/м ² | СТС до мокрой обработки, м ² ·°С/Вт | Гигроскопичность, % | Неровнота по массе, % | Разрывное удлинение (по длине), % |
| Асимметрия, a_s | | -0,34 | -0,11 | 0,04 | -0,47 | -0,52 |
| Ошибка асимметрии, σ_{a_s} | | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 |
| Эксцесс, e_x | | -1,18 | -1,79 | -1,42 | -1,63 | -1,29 |
| Ошибка эксцесса, σ_{e_x} | | 0,92 | 0,92 | 0,92 | 0,92 | 0,92 |
| Крит. Колмогорова, λ | Норм. распр. | 0,35 | 0,65 | 0,33 | 0,47 | 0,47 |
| | Лог. норм. распр. | 0,35 | — | 0,96 | — | — |
| | Распр. Гумбеля | — | 0,45 | — | — | 0,33 |

| Сводные данные | | ПК ТНМОПК | | | | |
|---|-------------------|---|--|---------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| | | Поверхностная плотность, г/м ² | СТС до мокрой обработки, м ² ·°С/Вт | Гигроскопичность, % | Неровнота по массе, % | Разрывное удлинение (по длине), % |
| | Распр. Вейбулла | — | — | — | 0,48 | — |
| Вероятность P(λ) при $q = 0,05$ | Норм. распр. | 1,00 | 0,86 | 1,00 | 0,96 | 0,96 |
| | Лог. норм. распр. | 1,00 | — | 0,27 | — | — |
| | Распр. Гумбеля | — | 0,96 | — | — | 1,00 |
| | Распр. Вейбулла | — | — | — | 0,96 | — |
| Крит. Шапиро-Уилка (расч.), W | Норм. распр. | 0,89 | 0,86 | 0,97 | 0,85 | 0,85 |
| Крит. Шапиро-Уилка (табличное) при $q = 0,05$ | | 0,84 | 0,84 | 0,84 | 0,84 | 0,84 |
| Крит. Андерсона-Дарлингга (расч.), Ω_n^2 | Лог. норм. распр. | 0,54 | — | 0,20 | — | — |
| | Распр. Гумбеля | — | 29,69 | — | — | 33,18 |
| | Распр. Вейбулла | — | — | — | 3,86 | — |
| Крит. Андерсона-Дарлингга (табл.) при $\alpha = 0,10$ | | 1,93 | 1,93 | 1,93 | 1,93 | 1,93 |

Доверительные интервалы для сводных характеристик выборки были найдены по соответствующим формулам для нормального распределения (таб. 4.10).

Нижняя доверительная граница для генеральной средней $\bar{x}_{н.г}$ по формуле 4.41 [176]:

$$\bar{x}_{н.г} = \bar{x} - \frac{t_{\gamma_1} \sigma_B}{\sqrt{n}} \quad 4.41$$

Верхняя доверительная граница для генеральной средней $\bar{x}_{в.г}$ по формуле 4.42 [176]:

$$\bar{x}_{\text{в.г}} = \bar{x} + \frac{t_{\gamma_1} \sigma_{\text{в}}}{\sqrt{n}} \quad 4.42$$

где: n – число испытаний;

\bar{x} – выборочное среднее;

$\sigma_{\text{в}}$ – выборочное значение среднего квадратического отклонения;

t_{γ_1} – квантиль распределения Стьюдента, находят по таблице для $n - 1$ [176];

γ_1 – односторонняя доверительная вероятность, определяемая по формуле 4.43 [248]:

$$\gamma_1 = 0,5(1 + \gamma_0) \quad 4.43$$

Нижняя и верхняя доверительные границы среднего квадратического отклонения рассчитывались по формулам 4.44 и 4.45 соответственно [176]:

$$\sigma_{\text{н.д}} = Z_{\text{н.}\gamma} \sigma_{\text{в}} \quad 4.44$$

$$\sigma_{\text{в.д}} = Z_{\text{в.}\gamma} \sigma_{\text{в}} \quad 4.45$$

где: $\sigma_{\text{в}}$ – среднее квадратическое отклонение (выборочные значения);

$Z_{\text{н.}\gamma}$; $Z_{\text{в.}\gamma}$ – коэффициенты [248].

Нижняя и верхняя доверительные границы для коэффициента вариации определялись по формулам 4.46 и 4.47 соответственно [176]:

$$C_{\text{н.г}} = K_{\text{н}} C_{\text{в}} \quad 4.46$$

$$C_{\text{в.г}} = K_{\text{в}} C_{\text{в}} \quad 4.47$$

где: $C_{\text{в}}$ – выборочное значение коэффициента вариации;

$K_{\text{н}}$; $K_{\text{в}}$ – коэффициенты [248].

Доверительные границы и интервалы определялись с вероятностью $\gamma_0 = 0,95$.

Табл. 4.10. Доверительные интервалы для сводных характеристик выборки

| Сводные характеристики выборки | Доверительные интервалы | | |
|--|--------------------------|---|-------------------------------|
| | Среднее, \bar{x} | Среднее квадратическое отклонение, σ_B | Коэффициент вариации, C , % |
| Поверхностная плотность, г/м ² | 147,17 < 150,60 < 154,03 | 3,29 < 4,79 < 8,76 | 2,32 < 3,18 < 5,25 |
| СТС до мокрой обработки, м ² ·°С/Вт | 0,51 < 0,53 < 0,56 | 0,02 < 0,03 < 0,06 | 4,47 < 6,13 < 10,11 |
| Гигроскопичность, % | 16,12 < 16,71 < 17,30 | 0,57 < 0,83 < 1,51 | 3,61 < 4,95 < 8,17 |
| Неровнота по массе, % | 3,47 < 3,92 < 4,37 | 0,43 < 0,63 < 1,15 | 11,71 < 16,04 < 26,46 |
| Разрывное удлинение (по длине), % | 5,03 < 5,61 < 6,18 | 0,55 < 0,80 < 1,47 | 10,45 < 14,32 < 23,63 |

Проведенное исследование, позволило обосновать выбор нормального закона распределения для всех контролируемых ПК. Зная законы распределения контролируемых ПК, можно построить план непрерывного статистического контроля для ТНМ.

4.2.2 План непрерывного статистического контроля для теплоизоляционных нетканых материалов

Учет случайных колебаний ПК на предприятиях осуществляется в рамках регистрирующей подсистемы технического контроля, который возможно обозначить в виде схемы или плана технического контроля [264].

На основе проведенного исследования по контролю качества ТНМОПК был составлен план технического контроля ПК (табл. 4.11).

Периодичность контроля ПК была установлена по величине коэффициента вариации, как критерия стабильности (чем выше значение, тем меньше интервал). Исключение было сделано для ПК поверхностная плотность. Данный ПК, несмотря на то что обладает самым низким значением коэффициента вариации по сравнению с остальными ПК, учитывается при контроле каждой единицы продукции, в следствие того, что оказывает значительный экономический эффект при колебании значений.

Табл. 4.11. План технического контроля ПК ТНМООПК

| Место контроля | Объект контроля | Контролируемые ПК | Метод контроля | Периодичность контроля | Ответственный за контроль | Использование результатов контроля |
|--|-------------------------------------|--|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|---|
| Цех по производству нетканых термоскрепленных материалов | Нетканые термоскрепленные материалы | Поверхностная плотность, г/м ² | Взвешивание на электронных весах | Каждую единицу продукции | ОТК | Сообщение ответственному технологу |
| | | Неровнота по массе, % | ГОСТ 15902.2 [265] | Каждую партию | ОТК | Сообщение ответственному технологу |
| | | Разрывное удлинение (по длине), % | ГОСТ 15902.3 [266] | Каждую партию | ОТК | Сообщение ответственному технологу |
| | | СТС до мокрой обработки, м ² ·°С/Вт | ГОСТ 20489 [191] | 1 раз в месяц | ОТК | Сообщение ответственному главному технологу |
| | | Гигроскопичность, % | ГОСТ 3816 [267] | 1 раз в месяц | ОТК | Сообщение ответственному технологу |

Результатом данного исследования стала разработка плана непрерывного статистического контроля качества ТНМООПК (табл. 4.12, 4.13) с целью осуществления статистическое регулирование технологического процесса [264].

Точечные диаграммы (контрольные карты) – удобный и достаточно распространенный метод статистического регулирования. В контрольных картах выделяют: внешние границы U и L , внутренние границы e_H и e_B , которые составляют зону регулирования, центральную линию z и допуски. Зоны, лежащие внутренними и внешними границами принято называть «предупредительными», зоны лежащие за внешними границами принято считать зонами брака [264].

Для контролируемых ПК установлены нормы: для поверхностной плотности по ГОСТ 13587 [201]; для неровноты по массе по ГОСТ Р 57632 [215]; для разрывного удлинения по длине, СТС до мокрой обработки и гигроскопичности через толерантные границы. Для нижней границы толерантного интервала (L) по

формуле 4.48, для верхней границы толерантного интервала (U) по формуле 4.49 [249]:

$$L = \bar{x} - k_c \sigma \quad 4.48$$

$$U = \bar{x} + k_c \sigma \quad 4.49$$

где: \bar{x} – среднее;

σ – среднее квадратическое отклонение;

k_c – коэффициент, определяемый по специальным таблицам по ГОСТ Р 50779.29 [268]. Для всех контролируемых ПК уровень доверия и доля совокупности были выбраны идентичными: $(1 - \alpha) = p = 0,95$ (95%).

Числовые значения норм для контролируемых ПК представлены в табл. 4.30; 4.31.

Количество выборок для контроля (m) и объем выборки (n) определялись согласно ГОСТ.

При установленных нормах и объемах выборки были построены контрольные карты. В данной диссертационной работе использовались контрольные карты В. Шухарта [269], общая методика построения которых изложена в ГОСТ Р ИСО 7870-2 [270]. Контрольные карты для всех контролируемых ПК использовались при составлении плана непрерывного статистического контроля для цеха термоскрепленных ТНМ промышленного партнера ООО «Термопол» (приложение В).

Табл. 4.12. Значения для построения контрольных карт среднего и размаха варьирования

| Значения | ПК | | | |
|--|---|--|---------------------|---------------------------------|
| | Поверхностная плотность, г/м ² | СТС до мокрой обработки, м ² ·°С/Вт | Гигроскопичность, % | Разрывное удлинение по длине, % |
| Точечные диаграммы среднего показателя качества | | | | |
| Центральная линия, z | 150,60 | 0,53 | 16,71 | 5,61 |
| Верхняя граница регулирования, e_v | 157,55 | 0,62 | 19,00 | 7,08 |
| Нижняя граница регулирования, e_n | 143,65 | 0,44 | 14,41 | 4,13 |
| Верхний предел допуска, U | 162,00 | 0,67 | 23,04 | 9,73 |
| Нижний предел допуска, L | 138,00 | 0,39 | 10,38 | 1,48 |

| Значения | ПК | | | |
|--|---|--|---------------------|---------------------------------|
| | Поверхностная плотность, г/м ² | СТС до мокрой обработки, м ² ·°С/Вт | Гигроскопичность, % | Разрывное удлинение по длине, % |
| Объем выборки, n | 5,00 | 5,00 | 3,00 | 4,00 |
| Коэффициент A_α | 1,15 | 1,15 | 1,49 | 1,29 |
| Вероятность расположения точек между линиями e_n и e_v , P | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 |
| Индекс, α | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Доверительный уровень, t | 2,58 | 2,58 | 2,58 | 2,58 |
| Не смещенное среднее квадратическое отклонение, S_H | 6,02 | 0,08 | 1,54 | 1,14 |
| Коэффициент, k | 0,43 | 0,89 | 0,59 | 0,49 |
| Точечные диаграммы размаха варьирования | | | | |
| Центральная линия, z | 14,00 | 0,09 | 2,61 | 2,35 |
| Верхняя граница регулирования, e_v | 27,44 | 0,18 | 6,13 | 4,94 |
| Нижняя граница регулирования, e_n | 0,56 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Объем выборки, n | 5,00 | 5,00 | 3,00 | 4,00 |
| Вероятность выхода отдельных выборочных значений размаха за границы регулирования, P | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 |
| Коэффициент, D_3 | 0,04 | 0,04 | 0,00 | 0,00 |
| Коэффициент, D_4 | 1,96 | 1,96 | 2,35 | 2,10 |

Табл. 4.13. Значения для построения контрольной карты среднего квадратического отклонения

| Значения для построения точечных диаграмм среднего квадратического отклонения | Контролируемый показатель качества |
|--|------------------------------------|
| | Неровнота по массе, % |
| Центральная линия, z | 0,61 |
| Верхняя граница регулирования, e_v | 0,86 |
| Нижняя граница регулирования, e_n | 0,35 |
| Объем выборки, n | 20,00 |
| Вероятность выхода отдельных выборочных значений размаха за границы регулирования, P | 0,99 |
| Коэффициент, B_3 | 0,58 |
| Коэффициент, B_4 | 1,42 |

4.3 Обсуждение и основные выводы

1. Установлено, что лучшим ПК обладает ТНМ с поверхностной плотностью 150 г/м², состоящий из 45% ПЭ волокон, 35% ПАК волокон и 20% легкоплавких волокон.

2. Применение дифференциального метода целесообразно использовать при сравнительной оценке качества ТНМ по выборочным показателям, в то время как комплексный метод оценки качества позволяет оценить продукцию в целом, при этом установлено, что оценка может быть произведена как с группированием теплоизоляционных нетканых материалов по поверхностной плотности так и без нее. Перевод в безразмерные показатели при этом может осуществляться любым общепринятым способом.

3. Установлено, что для определения сортности ТНМ, наиболее эффективным является применение средней арифметической комплексной оценки по непрерывным ранговым оценкам.

4. Установлено, что для осуществления технологического контроля при промышленном выпуске разработанных ТНМ достаточным является контроль 5 ПК: СТС до мокрой обработки, гигроскопичность, неровнота по массе, разрывное удлинение (по длине) и поверхностная плотность.

5. Установлено, что для интерпретации результатов испытаний по ОПК ТНМ целесообразно использование нормального закона распределения в качестве статистической модели.

6. Установлено, что наименьшая изменчивость вариационного ряда наблюдается у показателей качества – поверхностная плотность и гигроскопичность; средняя изменчивость у СТС до мокрой обработки; значительная изменчивость у неровноты по массе и разрывного удлинения по длине.

7. Установлена периодичность контроля показателей качества по критерию стабильности: поверхностная плотность – каждая единица продукции, неровнота по массе, разрывное удлинение (по длине) – каждая партия, СТС до мокрой обработки и гигроскопичность – 1 раз в месяц.

8. Разработан план непрерывного статистического контроля для статистического регулирования технологических процессов на основе построения контрольных карт среднего, среднего квадратического отклонения и размаха варьирования.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1) Установлены 11 определяющих показателей качества и коэффициенты их значимости для саморегулируемых теплоизоляционных нетканых материалов с включенными полиакрилатными волокнами методами причинно-следственной схемы Исикавы и экспертного опроса: СТС до и после мокрой обработки – 0,10, неровнота по массе – 0,08, гигроскопичность – 0,08, толщина – 0,08, воздухопроницаемость – 0,08, миграция – 0,08, изменение линейных размеров после мокрой обработки – 0,07, устойчивость к многократному сжатию – 0,07, волокнистый состав – 0,07, разрывное удлинение (по длине и ширине) – 0,06, разрывная нагрузка (по длине и ширине) – 0,06.

2) Для достоверной количественной оценки значимости определяющих показателей качества теплоизоляционных нетканых материалов рекомендовано использование метода Делфи с использованием групп экспертов производителей одежды и материалов, а также ученых.

3) Установлено, что для оценки саморегулируемых волокнистых систем, с включенными полиакрилатными волокнами наиболее достоверным методом с высоким уровнем воспроизводимости является использование сегментированных термоманекенов с функцией движения и перспирации.

4) Доказана эффективность работы полиакрилатных волокон в составе теплоизоляционных нетканых материалов и установлен оптимальный волокнистый состав: полиэфирные волокна – 45%, полиакрилатные волокна – 35%, легкоплавкие волокна (связующее) – 20%.

5) Установлено, что наиболее рациональным является «зонированный» принцип использования теплоизоляционных нетканых материалов в комплекте одежды. В зоне ядра тела и его ближайшего окружения рекомендовано использование теплоизоляционного нетканого материала, содержащего 45 полиэфирных волокон, 35% полиакрилатных волокон, 20% легкоплавких волокон (связующее), в остальных зонах рекомендовано использование теплоизоляционных нетканых материалов, состоящих из: 80% полиэфирных волокон и 20% легкоплавких волокон. Предложенное распределение

теплоизоляционного слоя позволяет обеспечить температурный гомеостаз внутренних органов и предупредить переохлаждение во время интервальных нагрузок при низких температурах окружающей среды.

6) Разработана трехмерная модель структуры, которая позволяет оценить уровень изотропности саморегулируемых теплоизоляционных нетканых материалов.

7) Получены идентификационные характеристики, позволяющие с определенным уровнем достоверности оценить количественный и сырьевой состав теплоизоляционных нетканых материалов с ПАК волокнами, а также спрогнозировать эксплуатационные ПК.

8) С помощью корреляционного анализа комплексных оценок качества теплоизоляционных нетканых материалов установлено, при выборе лучшего саморегулируемого материала оптимальным является вычисление средней арифметической комплексной оценки по относительным показателям, для ранжирования материалов по показателям наиболее эффективным является вычисление средней арифметической комплексной оценки по непрерывным ранговым оценкам.

9) На основе анализа корреляционной матрицы определяющих показателей качества с учетом природы связей, установлено, что для осуществления технологического контроля при промышленном выпуске саморегулируемых теплоизоляционных нетканых материалов с включенными полиакрилатными волокнами необходимо осуществлять непрерывный статистический контроль пяти показателей качества: СТС до мокрой обработки, гигроскопичность, неровнота по массе, разрывное удлинение (по длине), поверхностная плотность с использованием контрольных карт Шухарта среднего, среднего квадратического отклонения и размаха варьирования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЮЩИХСЯ СОКРАЩЕНИЙ

ДСК кривая – кривая дифференциальной сканирующей калориметрии

ДТГ кривая – дифференциальная термогравиметрическая кривая

ИК-спектроскопия – инфракрасная спектроскопия

КО – комплект одежды

ОПК – определяющие показатели качества

ОТК – отдел технического контроля

ПК – показатели качества

РОТ – результирующая общая теплоизоляция комплекта одежды в состоянии движения и «перспирации» термоманекена

СТС – суммарное тепловое сопротивление

ТНМ – теплоизоляционные нетканые материалы

ТНМООПК – теплоизоляционный нетканый материал с оптимальными определяющими показателями качества

ТГ кривая – термогравиметрическая кривая

ПАК волокна – полиакрилатные волокна

ПЭ волокна – полиэфирные волокна

IFS – intelligent fiber system

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мезенцева, Е.В. 2020: Нетканые материалы прогноз для легпрома / Е.В. Мезенцева, В.В. Иванов // Вестник Текстильлегпрома. 55-я Федеральная оптовая ярмарка товаров и оборудования текстильной и легкой промышленности – 2020. – С. 68-73.
2. Пат. 2690573 Российская Федерация, МПК D04H 1/00. Нетканый теплоизоляционный материал с эффектом термогенерации / Мезенцева Е.В., Мишаков В.Ю., Махов С.А., Назарцев А.А., Гонтарь В.А., Иванов В.В.; заявитель и патентообладатель ООО «Термопол». – № 2018134592; заявл. 02.10.18; опубл. 04.06.19, Бюл. № 16. – 1 с.
3. Пат. 2702642 Российская Федерация, МПК D01F 6/18. Нетканый теплоизоляционный огнестойкий дугостойкий материал / Мезенцева Е.В., Махов С.А., Назарцев А.А., Гонтарь В.А., Иванов В.В.; заявитель и патентообладатель ООО «Термопол». – № 2019110895; заявл. 11.04.19; опубл. 09.10.19, Бюл. № 28. – 2 с.
4. Мезенцева, Е.В. Современный подход к разработке инновационных утепляющих нетканых материалов. // Легпромнаука: альманах, 2017, № 1, с. 124 – 129.
5. «Ископаемый текстиль»: сырьевые угрозы, мировые тенденции и свободные ниши / В.А. Гонтарь, В.В. Иванов, В.Р. Лысак, С.А. Махов, Е.В. Мезенцева, И.Ю. Немцов; рецензенты А.В. Силаков, М.Ю. Трещалин // Легкая промышленность Курьер. – 2018. – № 6. – С.10-11.
6. Индикаторы инновационной деятельности: 2019: статистический сборник / Л. М. Гохберг, К. А. Дитковский, И. А. Кузнецова и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: НИУ ВШЭ, 2019. – 376 с.
7. Россия в цифрах. 2016: Кратк.стат.сб./Росстат – М., 2016 – 545 с.
8. Россия в цифрах. 2017: Кратк.стат.сб./Росстат – М., 2017 – 513 с.
9. Россия в цифрах. 2018: Кратк.стат.сб./Росстат – М., 2018 – 525 с.
10. Россия в цифрах. 2019: Кратк.стат.сб./Росстат – М., 2019. – 549 с.
11. Россия в цифрах. 2015: Кратк.стат.сб./Росстат – М., 2015. – 543 с.

12. Россия в цифрах. 2014: Кратк.стат.сб./Росстат – М., 2014. – 62 с.
13. Россия в цифрах. 2013: Кратк.стат.сб./Росстат – М., 2013. – 62 с.
14. Россия в цифрах. 2012: Кратк.стат.сб./Росстат – М., 2012. – 59 с.
15. Россия в цифрах – 2011 г. [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые дан. – Федеральная служба государственной статистики. – 2011. – Режим доступа: https://www.gks.ru/bgd/regl/b11_11/Main.htm. – (Дата обращения: 05.04.2020).
16. Россия в цифрах – 2010 г. [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые дан. – Федеральная служба государственной статистики. – 2010. – Режим доступа: https://www.gks.ru/bgd/regl/b10_11/Main.htm. – (Дата обращения: 05.04.2020).
17. Россия в цифрах – 2009 г. [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые дан. – Федеральная служба государственной статистики. – 2009. – Режим доступа: https://www.gks.ru/bgd/regl/b09_11/Main.htm. – (Дата обращения: 05.04.2020).
18. Россия в цифрах – 2008 г. [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые дан. – Федеральная служба государственной статистики. – 2008. – Режим доступа: https://www.gks.ru/bgd/regl/b08_11/Main.htm. – (Дата обращения: 05.04.2020).
19. Россия в цифрах – 2007 г. [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые дан. – Федеральная служба государственной статистики. – 2007. – Режим доступа: https://gks.ru/bgd/regl/b07_11/Main.htm. – (Дата обращения: 05.04.2020).
20. Мезенцева, Е.В. Актуальные проблемы финансирования инновационной деятельности промышленных предприятий текстильной отрасли / Е.В. Мезенцева, В.В. Иванов, В.Ю. Мишаков // Актуальные проблемы экономики, коммерции и сервиса: сборник научных трудов кафедры Коммерции и сервиса, посвященный Юбилейному году РГУ им. А.Н. Косыгина / под ред. В.Ю. Мишакова, Л.Е. Зерновой – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2020. – С. 130 – 135.
21. Следующий шаг промышленности – ископаемый текстиль [Электронный ресурс] / В.А. Гонтарь, В.В. Иванов, В.Р. Лысак, С.А. Махов, Е.В. Мезенцева, И.Ю. Немцов; рецензенты А.В. Силаков, М.Ю. Трещалин. – Электрон. текстовые дан. – РСПТЛП. – Москва: Союзлегпром, 2018. – Режим доступа к статье: <http://www.souzlegprom.ru/ru/press-tsentr/tochka-zreniya/3681-vladislav-ivanov->

- direktor-po-razvitiyu-ooo-termopol-sleduyushchij-shag-promyshlennosti-iskopaemyj-tekstil-1.html?fbclid=IwAR3jo4HjdYLeSml81KgGTuod0-z_y0BhshNowNSZDgphE38sGNPwx6swdKo. – (Дата обращения 05.04.20).
22. Denner, J. (1993). *A primer on clothing systems for cold-weather field work*. Bow, New Hampshire: U.S. Geological Survey, pp.89-415.
 23. Shaker, K. (2018). Clothing for Extreme Cold Weather. Material, Properties, Production and Testing. *National Textile University*, (1), 1-12.
 24. WHO-EURO, 1987. Health impact of low indoor temperatures. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.
 25. Мезенцева, Е.В. Волокна, создающие энергию // Легкая промышленность Курьер. – 2007. – № 9. – С.7.
 26. Мезенцева, Е.В. Современный подход к разработке инновационных утепляющих нетканых материалов: тез. докл. XII межд. промышленно-экономический форум / «Золотое кольцо». – Плес-Иваново, 14-16.09.2017. – С. 124-129.
 27. Голубкова, Н. И. Особенности функционирования нетканого утеплителя «Холлофайбер®» / Н.И. Голубкова, Е.В. Мезенцева // ЛегПромБизнес-Директор. – 2012. – № 5 (137). – С.11-14.
 28. Мезенцева, Е.В. Вопросы термоизоляции одежды: что делать? Как делать? / Е.В. Мезенцева, В.В. Иванов, В.Ю. Мишаков // Легкая промышленность Курьер. – 2018. – № 7. – С.16-17.
 29. Мезенцева, Е.В. Перспективные подходы к повышению термоизоляционных свойств одежды: «следующие шаги», технологии, инновации / Е.В. Мезенцева, В.В. Иванов, В.Ю. Мишаков. // XXI международный научно-практический форум Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX-2018): матер.форума, 26-28 сентября 2018 года. – Иваново: ИВГПУ, 2018. – Ч.2. – С.82-87.
 30. Климова, Н.А. Рациональное конфекционирование инновационных материалов в пакет теплозащитной одежды / Н.А. Климова, В.И. Бешапошникова, Е.А. Логинова, Е.В. Мезенцева // Вестник Тексильлегпрома.

- 55-я Федеральная оптовая ярмарка товаров и оборудования текстильной и легкой промышленности – 2020. – С. 58-61.
31. Афанасьева Р.Ф., Тихонова Н.В., Михайлов А.Б., Осина Т.М., Михайлова И.Д., Прохоров В.Т., Рева Д.В. Полимерные материалы в производстве костюма для военнослужащих Арктики // Вестник Казанского технологического университета. 2016. №11.
32. Афанасьева, Р. Ф. Холод, критерии оценки и прогнозирование риска охлаждения человека / Р.Ф. Афанасьева, О.В. Бурмистрова, А.Ф. Бобров // Acta Biomedica Scientifica. 2006. № 3 (49), с. 13 – 18.
33. Афанасьева, Р.Ф., Бурмистрова О.В. Охлаждающая среда и ее влияние на организм // Профессиональный риск для здоровья работающих / Под ред. Н.Ф. Измерова, Э.И. Денисова. М.: Травайт, 2003. С. 142 – 149.
34. Афанасьева, Р.Ф. Гигиенические основы проектирования одежды для защиты от холода. М.: Легкая индустрия, 1977. – 137 с.
35. Афанасьева Р.Ф., Бурмистрова О.В. Физиолого-гигиенические требования к одежде для защиты от холода работающих на открытой территории Северных регионов. // Ж. Медицина труда и промышленная экология. – № 6. –1996. – С. 10-15.
36. Афанасьева Р.Ф. Некоторые способы поддержания температурного гомеостаза в условиях воздействия на человека холодового фактора. Теоретические и практические проблемы терморегуляции/отв. ред. Султанов Ф.Ф. – Ашхабад, 1980. – С. 143-152.
37. Виноградова О.В., Осина Т.М., Афанасьева Р.Ф. Технологическое прогнозирование комфортных условий человеку, находящемуся в климатических зонах с пониженной температурой. // мат. XI межд. научно-практ. форума, ДГТУ, Ростов-на-Дону. – 2014. – С. 1193 – 1211.
38. Измеров Н.Ф., Суворов Г.А., Афанасьева Р.Ф., Бурмистрова О.В. Физиолого-гигиенические требования к одежде для защиты работающих от пониженных температур и методы оценки ее теплоизоляции // Ж. Медицина труда и промышленная экология. – № 6. – 2001 г. – С. 27-30.

39. Мишаков, В.Ю. Нетканые утеплители и наполнители для швейных изделий: особенности, свойства, характеристики: учебное пособие / В.Ю. Мишаков, Г. К. Мухамеджанов. – Москва: ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г. В. Плеханова», 2017. – 64 с.
40. Проектирование, производство и методы оценки качества нетканых материалов / М.Ю. Трещалин, М.В. Кисилев, Г.К. Мухамеджанов, А.В. Трещалина. – Кострома: Костром. гос. технол. ун-т, 2013. – 273 с.
41. Мухамеджанов, Г.К. // Мнение эксперта: что такое «Холлофайбер» // ЛегПромБизнес – Директор. – 2006. – №5 (85). – С.13.
42. Трещалин М.Ю., Мухамеджанов Г.К., Левакова Н.М., Мандрон В.С., Трещалина А.В., Тюменев Ю.Я. Нетканые материалы технического назначения (теория и практика). – М.: 2007. – 224 с.
43. Трещалин М.Ю., Кисилев М.В., Мухамеджанов Г.К., Трещалина А.В. Проектирование, производство и методы оценки качества нетканых материалов. Издание 2-е, перераб. и доп. – М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2015. – 288 с.
44. Советников, Д.А. Разработка и исследование пакета материалов для спецодежды военнослужащих, используемой в арктической зоне: дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.19.01) / Советников Дмитрий Анатольевич; РГУ им. А.Н. Косыгина. – Москва, 2017. – 205 с.
45. Павлов, М.А. Разработка и исследование комплексных материалов для одежды, эксплуатируемой в экстремальных условиях: дис. на соиск. учен. степ. докт. техн. наук (05.19.04) / Павлов Максим Андреевич; РГУ им. А.Н. Косыгина. – Москва, 2018. – 172 с.
46. Бешапошникова, В. И., Климова, Н.А., Ковалева, Н. Е. Исследование влияния структуры на свойства объемных нетканых утеплителей одежды // Материалы и технологии. 2018. №2.
47. Кокина, Д.С. Совершенствование процесса и методов проектирования одежды сотрудников отряда специального назначения: дис. На соиск. учен. степ. канд. техн. наук: 05.19.04 / Кокина Дарья Сергеевна; [Место защиты: Рос. гос. ун-т им. А.Н. Косыгина]. – Новосибирск, 2019.

48. Разбродин, А.В. Исследование термического сопротивления и тепловой расчет стеганых одеял с различными наполнителями: дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.19.02) / Разбродин Андрей Валентинович; МГТУ им. А.Н. Косыгина. – Москва, 2006. – 265 с.
49. Мезенцева, Е.В. Эпоха нетканых материалов // ЛегПромБизнес – Директор. – 2013. – №5 (145). – С.38-39.
50. Иванов, В.В. К вопросу о пламястойкости теплоизоляционных нетканых материалов «Холлофайбер» / В.В. Иванов, Е.В. Мезенцева. – Москва, 20-23.03.2018. – С. 138-143.
51. Иванов, В.В. Влияние некоторых особенностей синтетических волокон на теплоизолирующие и эксплуатационные свойства нетканых материалов на примере материалов Холлофайбер® и других синтетических утеплителей / В.В. Иванов, Е.В. Мезенцева // Третий международный научно-практический симпозиум Научно-производственное партнёрство: взаимодействие науки и текстильных предприятий и новые сферы применения технического текстиля: матер.симп. – М., 2018. – С. 301-310.
52. Иванов В.В., Махов С.А., Мезенцева Е.В. Акустические свойства и особенности нетканых материалов «Холлофайбер» (тепло-шумоизоляция), производства «Термопол» (краткий отчет о проведении исследований) // тез. докл. 3-го международного научно-практического симпозиума «Научно-производственное партнерство: взаимодействие науки и текстильных предприятий и новые сферы применения технического текстиля». – Москва, 20-23.03.2018. – С. 144-146.
53. Иванов, В.В. Научные исследования как неотъемлемый фактор внедрения инноваций (на примере деятельности заводов нетканых материалов «Термопол», Холлофайбер™ / В.В.Иванов, Е.В. Мезенцева // XX международный научно-практический форум Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX-2017): матер.форума, 22-26 мая 2017 года. – Иваново: ИВГПУ, 2017. – С.25-31.

54. Нетканые материалы Холлофайбер®: структура, свойства, применение / М.Ю. Трещалин, В.В.Иванов, Ю.М.Трещалин, А.М.Киселев. – Москва: БОС, 2017. – С. 49-59.
55. Лысак, В.Р. Нетканые полотна Холлофайбер® как наиболее высокотехнологичные отечественные наполнители и утеплители для специальной и бытовой одежды // Конференция Ткани и нетканые материалы для изготовления специальной и защитной одежды: матер.конф. – М., 2006. – С. 59-61.
56. Трещалин, Ю.М. Анализ структуры и свойств нетканых материалов. – Москва: БОС, 2016. – 192 с.
57. Иванов, В.В. Невозможное – возможно (примеры инновационного применения нетканых материалов) // Второй международный научно-практический симпозиум Наука – текстильному производству: новейшие отраслевые научные разработки в сфере технического текстиля и практический опыт их применения: матер.симп. – М., 2017. – С. 27-28.
58. Мезенцева, Е.В. Технический текстиль: перспективы и проблемы развития в РФ (на примере внедрений «Термопол») / Е.В. Мезенцева, В.В. Иванов // Фундаментальные и прикладные проблемы создания материалов и аспекты технологий текстильной и легкой промышленности: сборник статей Всероссийской научно-технической конференции / под. Ред. Л.Н. Абуталиповой; Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ. 2019. – с. 238 – 242.
59. Мезенцева, Е.В. Наука, образование и производство как единая система повышения эффективности бизнес-процессов на примере ООО «Термопол» - заводы нетканых материалов, г. Москва / Е.В. Мезенцева, В.Ю. Мишаков, В.В. Иванов // Инновационное развитие техники и технологий в промышленности: сборник материалов Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием, посвященной Юбилейному году в ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина» Часть 2. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2020. – С. 193 – 198.

60. Fuller, M. (2015). *The structure and properties of down feathers and their use in the outdoor industry*. Undergraduate. School of Design. The University of Leeds.
61. Steinhardt, E. (2015). Determining an easily measured factor of merit for the thermal performance of jackets. *Measurement and Instrumentation*, pp.1-7.
62. Špelić, I., Rogale, D. and Bogdanić, A. (2016). An overview of measuring methods and international standards in the field of thermal environment, thermal characteristics of the clothing ensembles and the human subjects assessment of the thermal comfort. *Tekstil*, 65(3-4), pp.110-122.
63. Чудновский, А.Ф. Теплофизические характеристики дисперсных материалов. – М.: Физико-математическая литература, 1962. – 456 с.
64. Gupta, D., Srivastava, A., & Kale, S. (2013). *Thermal properties of single and double layer fabric assemblies*. *Fibre & Textile Research*, 38, 387-394.
65. Xi, L. (2014). *Novel breathable moisture absorption blend fiber fabric*. CN104172614 A.
66. Thindown. (2018). *The world's first down fabric* [Brochure]. Chieti, Italy. Natural insulation products.
67. Кричевский, Г.Е. Нано-, био-, химические технологии и производство нового поколения волокон, текстиля и одежды. – Москва: 2011. – 528.
68. Берман, А. Природа не предполагала, что человек будет пользоваться одеждой [Электронный ресурс] // Tramontana.ru. Режим доступа: <https://tramontana.ru/articles/priroda-ne-predpolagala-chto-chelovek-budet-polzovatsya-odezhdoj> (дата обращения: 28.12.2017).
69. Трифонов, Е.В. Антропология: дух-душа-тело-среда человека, или Пневмапсихосоматология человека [Электронный ресурс] // Hupsy.welldocs.com. Режим доступа: <http://hupsy.welldocs.com/tryphonov2/terms2/tempet.htm> (дата обращения: 06.07.2018).
70. Керницкий, В.И. Получение и переработка полиэтилентерефталата / В.И. Керницкий, А.К.Микитаев. – Москва: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2015. – 282 с.
71. Ishimaru, S. (2016). Heat-Controllable Man-Made Fibers. *High-Performance and Specialty Fibers*, pp.261-269.

72. Иванов, В.В. В самом сердце волокна / В.В. Иванов, Е.В. Мезенцева // Курьер. – Легкая промышленность Курьер. – 2018. – № 3. – С.15-17.
73. Kasturiya, N., Subbulakshmi, M., Gupta, S. and Raj, H. (1999). System Design of Cold Weather Protective Clothing. *Defence Science*, 49(5), pp.457-464.
74. Мезенцева, Е.В. Чем больше поверхностей – тем больше воздушных промежутков между ними // ЛегПромБизнес – Директор. – 2013. – № 5 (145). – С. 23.
75. ГОСТ Р ИСО 11224-2014. Национальный стандарт Российской Федерации. Материалы текстильные. Формирование и скрепление полотна в нетканых материалах. – Введ. 2016-19-01. – М.: ТК 412 «Текстиль», ООО «ВНИИС», 2014.
76. Бузов, Б.А. Исследования материалов спецодежды в условиях пониженных температур / Б.А. Бузов, А.В. Никитин. – М.: Легпромбытиздат, 1985. – 221 с.
77. Колесников, П.А. Теплозащитные свойства одежды. – М.: Легкая индустрия, 1965. – 346 с.
78. Jirsak, O., Sadikoglu, T., Ozipek, B. and Ning Pan (2000). Thermo-Insulating Properties of Perpendicular-Laid Versus Cross-Laid Lofty Nonwoven Fabrics. *Textile Research Journal*, 70(2), pp.121-128.
79. Миронцева, В.В. Нетканые мембранные материалы, полученные методом электроформования из модифицированных растворов полиуретанов / В.В. Миронцева, Г.М. Коваленко, Е.С. Бокова, К. С. Стежка // по материалам XX международного научно-практического форума «Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы». Smartex, Иваново: 2017, с. 85 – 89.
80. Захаров, А.Г. Новые материалы на основе нанокристаллической целлюлозы / А.Г. Захаров, М.И. Воронов // по материалам XIX международного научно-практического форума «Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы». Smartex, Иваново: 2016, с. 14 – 20.
81. Мезенцева, Е.В. РИА мода: «Ультратонкий» вопрос российского легпрома [Электронный ресурс] / Е.В. Мезенцева. – Электрон. текстовые дан. – Москва:

- Креаком. 2017. – режим доступа к журн.: <http://riamoda.ru/article/news-297.html>
17.
82. Мезенцева, Е.В. Плюсы и минусы использования нетканых объемных микроволоконных материалов в теплоизоляционной одежде // докл. кругл. ст. «Утеплители из микроволокна: за и против» в рамках выставки-презентации Sport Casual Moscow. – г. Москва, 21.02.2019.
83. Мезенцева, Е.В. Микроволокно: за и против, плюсы и минусы / Е.В. Мезенцева, В.А. Гонтарь // РСПТЛП. – Москва: Союзлегпром, Дайджест центральных СМИ 1.02.2019. – С. 12 – 17.
84. Мезенцева, Е.В., Мишаков В.Ю. Исследование структуры и свойств нетканых объемных материалов в зависимости от содержания полиэфирных микроволокон / Е.В. Мезенцева, В.В. Иванов, В.Ю. Мишаков // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности, № 5 (383). Иваново: Ивановский государственный политехнический университет. – 2019. – С. 54 – 60.
85. Авиационная медицина катастроф / Е.С. Бережнов, В.Н. Головчиц, Ю.А. Гольцев и др.: под ред. Г.П. Ступакова – М.: Полет, 1994. – 368 с.
86. Рудовский, Александр Александрович. Психофизиологическое исследование пилотов гражданской авиации в целях совершенствования экспертизы профессиональной пригодности: диссертация...кандидата медицинских наук: 14.00.32 / Рудовский Александр Александрович: [Место защиты: Государственный научный центр «Институт медико-биологических проблем РАН»]. – М, 2003. – 184 с.
87. Солонин, Ю.Г. Медико-физиологические аспекты жизнедеятельности в Арктике / Ю.Г. Солонин, Е.Р. Бойко // Арктика: экология и экономика. – 2015. – №1 (17). С. 70-75.
88. Бузник, В.М. Синтетические материалы со специальными свойствами для использования в Арктике / В.М. Бузник, Н.П. Пророкова // по материалам XIX международный научно-практический форум «Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы». Smartex, Иваново:

2016, с. 20 – 25.

89. Шайдаков, В.В. Свойства и испытания резин / В.В. Шайдаков: рец. М.В. Голубев. – М.: Химия, 2002. – 235.
90. Vestigator [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vestigator.ru/odejda-v-rohod/ice-indigo> – IceIndigo. – (Дата обращения: 26.06.18).
91. WARMER [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.warmer-world.com> – В одежде с обогревом вы перестанете мерзнуть и болеть. – (Дата обращения: 13.09.19).
92. Субботина, Е.В. Анализ инноваций в создании терморегулируемой одежды и материалов / Е.В. Субботина, Н.А. Климова., А.С. Комарова., В.И. Бесшапошниква // по материалам IV конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Церевитиновские чтения», Москва: 2017, с. 67-70.
93. Теплоид[®]: одноразовая грелка [Текст] / Фрязино, 2017. – [2] с. – (Информ. листок о техн. разработках / Арх. ООО НПК «Сота»).
94. Мезенцева, Е.В. Разработка структуры и исследование свойств теплоизоляционных нетканых материалов на основе инновационных волокон / Е.В. Мезенцева, В.Ю. Мишаков, В.В. Иванов // Фундаментальные и прикладные проблемы создания материалов и аспекты технологий текстильной и легкой промышленности: сборник статей Всероссийской научно-технической конференции / под. Ред. Л.Н. Абуталиповой; Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ. 2019. – с. 231 – 237.
95. Arjun, D. and Nayavadsna, J. (2014). Thermal Energy Storage Materials (PCMs) for Textile Applications. *Journal of Textile and Apparel Technology and Manadgement*, 8(4), pp.1-11.
96. Мезенцева, Е.В. Инновационные методы создания термоизоляционных саморегулирующихся волокнистых систем в «умной одежде» // XXI международный научно-практический форум Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX-2018): матер.форума, 26-28 сентября 2018 года. – Иваново: ИВГПУ, 2018. – Ч.2. – С. 78-81.

97. Мезенцева, Е.В. Современные модификации сырья для текстильных полотен / Е.В. Мезенцева, В.В. Иванов // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2018): сборник материалов Международной научно-технической конференции. Часть 2. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2018. – 113-116 с.
98. Мезенцева, Е.В. Инновационные методы создания термоизоляционных саморегулирующихся волокнистых систем в «умной одежде» // XXI международный научно-практический форум Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX-2018): тез. доклада пленарного заседания, 27 сентября 2018 года. – Иваново: ИВГПУ, 2018.
99. Zhang X., *Heat-Storage and Thermo-Regulated Textiles and Clothing, Smart Fbres, Fabrics and Clothing*. Xiaoming Tao (Ed.), Woodhead Publishing Ltd and CRC Press LLC, 34–56 (2001).
100. Joseph, L., Zuckerman, Livingston, N., Pushaw, R., Haverto, W., Bernard, T., Boulder, P. and Wyner, D. (2003). *Fabric coating containing energy absorbing phase change material and method of manufacturing same*. US 6503976 B2.
101. Новинки мирового текстильного рынка // Мир текстиля. – 2008. – С.16-19.
102. Beijing Tong Niu Knitting Group Co., Ltd. (2006). *Manufacturing method for fabric capable of regulating temperature*. CN 1876914 A.
103. Colvin, D., Bryant, Y., Driscoll, J. and Mulligan, J. (1998). *Thermal insulating coating employing microencapsulated phase change material and method*. US 5804297 A.
104. Kunshan Zhoushi Huihong Garment Factory (2012). *Processing method of heat preserving and regulating fabric*. CN102776650 A.
105. Qingdao warm times children Clothing Co., Ltd. (2013). *Warm-keeping fabric*. CN 103057177 A.
106. Shanghai 36th Cotton Spinning Knitting Garment Factory (2009). *Air conditioning fiber blended yarn and spinning method thereof*. CN 101580987 A.
107. The United States Of America As Represented By The Secretary Of Agriculture

- (1989). *Temperature-adaptable textile fibers and method of preparing same*. US 4871615 A.
108. Triangle Research And Development Corporation (1994). *Fabric with reversible enhanced thermal properties*. US 5366801 A.
109. Yiwu Seamless Garment Technology Research Center, Xi'an Polytechnic University (2011). *Knitted underwear capable of regulating temperature*. CN201839803 U.
110. Левшицкая, О.Р. Исследование результатов нанесения микрокапсулированных веществ с изменяемым фазовым состоянием на текстильный материал / О.Р. Левшицкая, Д.Б. Рыклин // по материалам XX международного научно-практического форума «Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы». Smartex, Иваново: 2017, с. 262 – 266.
111. Левшицкая, О.Р. Введение веществ и изменяемым фазовым состоянием в текстильный материал способом печати // Научно-техническая конференция, посвященная Году науки: инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности: матер.форума, 21-22 ноября 2017 года. – Витебск: ВГТУ, 2017. – С.61-63.
112. Shandong Haolong Group Co., Ltd. (2011). *Preparation method of multifunctional yarn containing silver fibers*. CN 101985786 A.
113. Fibers // Outlast [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.outlast.com/en/applications/fiber/> (дата обращения: 12.07.2018).
114. Новые технологии утепления верхней одежды [Текст] / Москва, 2018. – [12] с. – (Информ. листок о техн. разработках / Арх. АО А.Миллер; №1).
115. Zuliani, P., Varesi, E., Palumbo, E., Borghi, M., Tortorelli, I., & Erbetta, D. et al. (2013). Overcoming Temperature Limitations in Phase Change Memories With Optimized GexSbyTez. *IEEE Transactions On Electron Devices*, 60(12), 4020-4026. doi: 10.1109/ted.2013.2285403.
116. OUTLAST: адаптивный комфорт // Vfrclub [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://vfrclub.ru/index.php?topic=3654.0> (дата обращения: 12.07.2018).

117. Onofrei, Elena & Rocha, A & Catarino, André. (2010). Textiles integrating PCMs – A review. *Buletinul Institutului Politehnic din Iasi*. Volume LVI (LX), pp. 99-110.
118. Мезенцева, Е.В. Современные технологические подходы к повышению теплоизоляционных свойств утепленной одежды / Е.В. Мезенцева, В.В. Иванов, В. Ю. Мишаков // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2018): сборник материалов Международной научно-технической конференции. Часть 1. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2018. – 160-164 с.
119. Кричевский, Г.Е. Химические, нано-, био-, инфо-, когнитивные технологии двойного назначения в производстве нового поколения волокон, текстиля и одежды: боевой комплект одежды солдата 21-ого века, спортивный, медицинский, косметический, технический текстиль [Электронный ресурс] // NanoNewsNet.ru. Режим доступа: <http://www.nanonewsnet.ru/articles/2011/khimicheskie-nano-bio-info-kognitivnye-tehnologii-dvoinogo-naznacheniya-v-proizvodstv>. – (Дата обращения: 06.07.2018).
120. Autojack & Limolady. Одежда с климат-контролем [Электронный ресурс] // Autojack & Limolady. Режим доступа: <http://avto-jack.ru/options>. – (Дата обращения: 09.07.2018).
121. Пат. 163217 Российская Федерация, МПК А41D 13/00. Датчик для размещения на одежде / Быченко Н. Л.; заявитель и патентообладатель ООО «Инновационная компания «ЯЛОС». – № 2015150648/12; заявл. 26.11.2015; опубл. 10.07.2016, Бюл № 19. – 7 с.
122. Omni-heat™ Reflective [Электронный ресурс] // Columbia. Режим доступа <http://www.columbia.ru/about/technology/>. – (Дата обращения: 09.07.2018).
123. Безниточные технологии в швейном производстве [Электронный ресурс] // Sporttex. Режим доступа: <http://sporttex.ru/bezninok.php>. – (Дата обращения: 09.07.2018).
124. Wood, J. (2016). *Materials and technology for sportswear and performance apparel*. Boca Raton: CRC Press, p.160.

125. Kapsali V, 2009, «Biomimetics and the Design of Outdoor Clothing», in *Textiles for Cold Weather Apparel*, Wood Head, 2009, pp. 113, 121.
126. Мезенцева, Е.В. РИА мода: как сделать одежду теплее? [Электронный ресурс] / Е.В. Мезенцева, В.В. Иванов., В.Ю. Мишаков – Электрон. текстовые дан. – Москва: Креаком. 2017. – режим доступа к журн.: <http://riamoda.ru/article/news-kak-sdelat-odezhdu-teplee.html>.
127. Hayes, S., & Venkatraman, P. (2016). *Materials and technology for sportswear and performance apparel*. Boca Raton: CRC Press.
128. Innovation in textiles // *Techtextil: Stand design incorporates innovative fabrics* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.innovationintextiles.com/interiors/techtextil-stand-design-incorporates-innovative-fabrics/>. – (Дата обращения: 5.02.19).
129. Behl, M. (2007). Sape-memory polymers. *Materials today*, 10(4), pp.20-28.
130. Hu, J., Meng, H., Li, G. and Ibekwe, S. (2012). A review of stimuli-responsive polymers for smart textile applications. *Smart Materials and Structures*, 21(5).
131. Попова, В.В. Инновационный текстиль. Принципы формообразования: дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (17.00.06) / Попова Виолетта Вячеславовна; РГУ им. А.Н.Косыгина. – Москва, 2017. – 199 с.
132. Мезенцева, Е.В. Инновационные разработки теплоизоляционных нетканых материалов для различных секторов промышленности РФ / Е.В. Мезенцева, В.В. Иванов, В.Ю. Мишаков // тез. докл. международного научно-технического симпозиума «Экономические механизмы и управленческие технологии развития промышленности» Международного Косыгинского Форума «Современные задачи инженерных наук» (29-30 октября 2019 г.): сборник материалов. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2019, Часть 2. – с. 118-122.
133. Мезенцева Е.В. Современные представления и тенденции развития утепляющих нетканых материалов для особого и четвертого климатических поясов / Е.В. Мезенцева, В.Ю. Мишаков // Вестник Текстильлегпрома. 51-я Федеральная оптовая ярмарка товаров и оборудования текстильной и легкой промышленности – 2018. – С. 106-107.

134. Иванов, В.В. Одежда – это теплоизоляция [Электронный ресурс] / В.В. Иванов, Е.В. Мезенцева. – Электрон. текстовые дан. – Москва: Аргументы и Факты, 2019. – режим доступа к журн.: https://e-mm.ru/b2b/brand/3598/hollofajber/article/4778/odezhda_jeto_teploizolyaciya/. – (Дата обращения 05.04.20).
135. Афанасьева, Р.Ф. Результаты физиолого-гигиенической оценки теплоизоляции одежды, имеющей в качестве утеплителя материал Холлофайбер «Софт»: отчет научно-исследовательской работы / Р.Ф. Афанасьева, О.В. Бурмистрова, В.М. Бурмистров. – Москва: ГУ НИИ Медицины труда РАМН, 2006. – 55 с.
136. Утепленные костюмы и другая зимняя спецодежда [Электронный ресурс] // ООО «КомплексТорг». Режим доступа: <http://komplekstorg.ru/zimnyaya-spetsodezhda> (дата обращения: 09.07.2018).
137. Field Manual for the U.S. Antarctic Program. (n.d.). USAP, pp.1-7.
138. Gurawa, K. (2018). Textile for extreme cold climate. *IIT Delhi, Textile Technology*, 1-6.
139. Sintef. (2016, March 8). Extreme cold weather clothing. *ScienceDaily*. Retrieved March 24, 2018.
140. Wuxi Hengnuo Textile Technology Co., Ltd. (2014). *Knitted fabric with moisture absorbing and heating function and processing technology of knitted fabric*. CN 201310695054.
141. Mahmoud, E. (2015). *Thermo-insulation properties of cross-laid nonwoven fabrics made of PET and PP waste fibers*. *International Journal Of Advance Research In Science And Engineering*, 4(09), 211-226.
142. Shanghai 36th Cotton Spinning Knitting Garment Factory (2010). *Temperature-control and moisture-guiding fabric*. CN 201686811 U.
143. Bahng, G. and Lee, J. (2014). Development of heat-generating polyester fiber harnessing catalytic ceramic powder combined with heat-generating super microorganisms. *Textile Research Journal*, 84(11), pp.1220-1230.

144. Коллекция HEATTECH осень/зима 2018 [Текст] / Москва, 2018. – 6 с. – (Информ. листок / Арх. Uniqlo Co., Ltd).
145. Мезенцева, Е.В. Разработка саморегулирующихся нетканых систем на основе полиакрилатных волокон / Е.В. Мезенцева, В.Ю. Мишаков // Современные задачи инженерных наук: сборник стендовых докладов молодых ученых и студентов: Международный Косыгинский Форум (29-30 октября 2019 г.). – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2019. – с. 117-119.
146. Toyobo. (2017). *EKS* [Brochure]. Thermal and moisture regulation. Japan.
147. Toyobo Co., Ltd (2005). *Annual report. Multy-specialty company*. Osaka, Japan, pp.1-44.
148. Toyobo Co., Ltd (2007). *Annual report. A stronger foundation for growth*. Osaka, Japan, pp.1-66.
149. Toyobo Co., Ltd (2009). *Annual report. Toyobo continues to cultivate and nurture its specialty businesses to maintain sustainable growth*. Osaka, Japan, pp.1-36.
150. Toyobo Co., Ltd (2008). *Annual report. Discovering growth capabilities*. Osaka, Japan, pp.1-76.
151. Pisani, R. and Roll, M. (2015). *Toyobo U.S.A. Inc. Request For Designation of New Generic Fiber Name «Polyacrylate» Under The Textile Fiber Products Identification Act*. [Letter] Federal Trade Commission, Secretary of the Commission. Pennsylvania Avenue, NW Washington, 21.
152. Haftka, J., Hammer, J. and Hermens, J. (2015). Mechanisms of Neutral and Anionic Surfactant Sorption to Solid-Phase Microextraction Fibers. *Environmental Science & Technology*, 49(18), pp.11053-11061.
153. Bin, Y., Ying, Z., Huapeng, Z., Xiaodan, P. and Guoliang, H. (2012). Lecturing and Reflections on the Fiber Heats of Sorption Part II. *Frontiers in Computer Education*, pp.85-90.
154. Мезенцева, Е.В. Инновационные принципы и подходы теплоизоляции в создании одежды. Методы анализа / Е.В. Мезенцева, В.В. Иванов, В.Ю. Мишаков // тез. докл. международного научно-технического симпозиума «Экономические механизмы и управленческие технологии развития

- промышленности» Международного Косыгинского Форума «Современные задачи инженерных наук» (29-30 октября 2019 г.): сборник материалов.– М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2019, Часть 2. – с. 122-128.
155. Toyobo Co., Ltd (2017). *Annual report. Idias & Chemistry*. Osaka, Japan, pp.1-38.
156. Japan Exlan Co., Ltd., and Toyobo Specialties Trading Co., Ltd. exhibit at the International Textile Fair «Preview in SEOUL 2013» (2013). [Information sheet] Osaka, Japan.
157. Japan Exlan Co., Ltd. exhibits high-function acrylic fiber at the «EXPOFIL» Fiber and Yarn Exhibition in Paris (2013). [Information sheet] Osaka, Japan.
158. Toyobo Group exhibit at the International Home Textile Fair «Heimtextile 2015» in Frankfurt. (2014). [Information sheet] Osaka, Japan.
159. Jiangyin Yifei Clothing Co., Ltd. (2010). *Heating fiber-containing sweater raw material and weaving process thereof*. CN 101922069 A.
160. Hongdou Group Wuxi Taihu Industrial Co., Ltd. (2010). *Intelligent thermoregulation fabric double-layer construction*. CN 101135084 B.
161. Shang Hai Fan Industrial Co., Ltd. (2013). *Heating and moisture-absorption shell fabric and production method thereof*. CN 102995260 A.
162. Shenzhen Huijie Group Co., Ltd. (2012). *Thin breathable warm fabric and manufacture method thereof*. CN 102605523 A.
163. Wuxi Hengnuo Textile Technology Co., Ltd. (2014). *Knitted fabric with moisture absorbing and heating function and processing technology of knitted fabric*. CN 201310695054.
164. Liang Xin Chemical Fiber Co., Ltd. (2016). *Heating and temperature-adjusting mixed fiber*. CN 105274686 A.
165. Toyobo Co., Ltd (2004). *Annual report*. Osaka, Japan, pp.1-46.
166. Мезенцева, Е.В. Тенденции рынка нетканых материалов 2020 [Электронный ресурс] / Е.В. Мезенцева, Е.В. Рухлова, В.В. Иванов. – Электрон. текстовые дан. – Москва: ООО Пластинфо, 2020. – режим доступа к журн.: <https://plastinfo.ru/information/articles/710/>.

167. Абрамов, А. В. Проектирование специальной влагозащитной одежды с системой естественной вентиляции пододежного пространства: диссертация кандидата технических наук: 05.19.04. – Орел, 2007. – 182 с.
168. Абрамов, А.В. Исследование эффективности материалов при нестандартном теплообмене в системе «человек – одежда – среда» / А.В. Абрамов, М.В. Родичева, И. Дагал // по материалам XIX международный научно-практический форум «Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы». Smartex, Иваново: 2016, с. 226 – 231.
169. Родичева, М.В. Исследование комплексных процессов тепломассопереноса в структуре материалов современной теплозащитной одежды / М.В. Родичева., А.В. Абрамов // Раздел коллективной монографии «Моделирование эксплуатационных процессов в технических системах». Москва, «Спектр»: 2014, с. 173-204.
170. Степин, В.С. Анализ структуры и динамики науки в социокультурном контексте. Материалы обсуждения избранных трудов В.С. Стёпина / В.С. Степин, В.И. Аршинов, А.А. Гусейнов, В.А. Лекторский, Б.И. Пружинин, В.Г. Федотова // Вопросы философии. 2017. № 12. С. 5-32.
171. Nicol, J., & Humphreys, M. (2008). Thermal comfort as part of a self-regulating system. *Building Research And Practice*, 1(3), 174-179. doi: 10.1080/09613217308550237.
172. Мезенцева, Е.В. Современные представления и тенденции развития утепляющих нетканых материалов для особого и четвертого климатических поясов / Е.В. Мезенцева, В.Ю. Мишаков // Вестник Текстильлегпрома. 51-я Федеральная оптовая ярмарка товаров и оборудования текстильной и легкой промышленности – 2018. – С. 106-107.
173. Мезенцева, Е.В. Миссия выполнима / Е.В. Мезенцева, В.В. Иванов // Легкая промышленность Курьер. – 2017. – № 4. – С.14-16.
174. Мезенцева, Е.В. Модный магазин: проблемы выбора утеплителя [Электронный ресурс] / Е.В. Мезенцева. – Электрон. текстовые дан. – Москва:

- Аргументы и Факты, 2017. – режим доступа к журн.: http://e-mm.ru/professional/view/problemy_vybora_uteplitelya_263/.
175. Иванов, В.В. Цифровизация не оставляет легпрому выбора [Электронный ресурс] / В.В. Иванов, Е.В. Мезенцева – Электрон. текстовые дан. – РИА Мода: М.: Креаком. 2019. – Режим доступа к журн.: <http://riamoda.ru/article/news-tsifrovizatsija-ne-ostavljaet-legpromu-vybora.html>. – (Дата обращения 05.04.20).
176. Кирюхин, С.М. Текстильное материаловедение: учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений / С.М. Кирюхин, Ю.С. Шустов. – М.: Колосс, 2011. – 360 с.
177. Мезенцева, Е.В., Мишаков В.Ю. Выбор определяющих показателей качества теплоизоляционных нетканых материалов с использованием причинно-следственных схем Исикавы / Е.В. Мезенцева, В.Ю. Мишаков // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности, № 4 (382). Иваново: Ивановский государственный политехнический университет. – 2019. – С.108 – 115.
178. Мезенцева, Е.В. Выбор определяющих показателей качества теплоизоляционных нетканых материалов эвристическим методом / Е.В. Мезенцева, В.Ю. Мишаков // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности, № 1. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна. – 2019. – С. 39 – 45.
179. Мезенцева, Е.В. Системный анализ экспертных групп текстильной отрасли при выборе определяющих показателей качества на примере теплоизоляционных нетканых материалов / Е.В. Мезенцева, В.Ю. Мишаков // Химические волокна, № 5. Мытищи: Отдел информатики ВНИИСВ. – 2019. – С. 43 – 49.
180. Mezentseva, E., Mishakov, V., & Erofeev, O. (2020). Systemic Analysis of Expert Groups of the Textile Industry in the Selection of Determining Quality Indicators using the Example of Heat-Insulating Nonwoven Materials. *Fibre Chemistry*, 51(5), 368-376. doi: 10.1007/s10692-020-10113-w.

181. Мезенцева, Е.В. Утепленная верхняя одежда: социологический анализ предпочтений россиян / Е.В. Мезенцева, В.Ю. Мишаков, М.С. Готовкина // Дизайн и технологии, № 65(107). М: РГУ им. А.Н. Косыгина. – 2018. – С. 122 – 130.
182. Готовкина, М. С. Маркетинговый анализ конъюнктуры рынка теплоизоляционной верхней зимней одежды (на примере Курской и Белгородской областей) / М.С. Готовкина, Е.В. Мезенцева // Научный результат. Технологии бизнеса и сервиса. 2018. Т. 4, № 4.
183. Кирюхин, С.М. Методы и средства технического контроля и управления качеством текстильных материалов: учебное пособие / С. М. Кирюхин, Т.М. Гриднева, Е.Б. Демократова. – М: МГУДТ, 2013. – 57 с.
184. Галямов, Ю.Ю. Концептуальные основы управления и развития регионального промышленного комплекса [Электронный ресурс]: монография / Ю. Ю. Галямов; под общ. ред. С. А. Лочана. – М.: Палеотип, 2011. – 107 с.
185. Вержбицкий, В.М. Основы численных методов: учебник для вузов / В.М. Вержбицкий. – М.: Директ-Медиа, 2013. – 847 с.
186. Афанасьев, В.Н. Эконометрика: учебник / В.Н. Афанасьев, Т.В. Леушина, Т.В. Лебедева, А.П. Цыпин. – Оренбург: ОГУ, 2012. – 402 с.
187. ГОСТ 12.4.016-83. Одежда специальная защитная. Номенклатура показателей качества. – Введ. 1984-07-01. – М.: Госкомитет СССР по стандартам, 1983.
188. Мезенцева, Е.В. Аналитический подход в исследовании теплофизических свойств нетканых материалов / Е.В. Мезенцева, В.Ю. Мишаков, О.О. Ерофеев // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности, № 6 (384). Иваново: Ивановский государственный политехнический университет. – 2019. – С. 174 – 181.
189. Пат. 2527314 Российская Федерация, МПК G01N 25/18. Способ определения теплозащитных свойств материалов и пакетов одежды / Чижик М.А., Долгова Е.Ю., Иванцова Т.М.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «ОГИС». – № 2012155407/28; заявл. 19.12.2012; опубл. 27.08.2014, Бюл. № 24. – 7 с.

190. Сапелко, В.В. Анализ методов определения суммарного теплового сопротивления, применяемых для продукции легкой промышленности / В.В. Сапелко, И.А. Петюль // Научно-техническая конференция, посвященная Году науки: инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности: матер.форума, 21-22 ноября 2017 года. – Витебск: ВГТУ, 2017. – С. 292-295.
191. ГОСТ 20489-75. Материалы для одежды. Метод определения суммарного теплового сопротивления. – Введ. 1976-01-01. – М.: Издательство стандартов, 1986.
192. Соколова, А. С. Метод оценки теплозащитных свойств материалов одежды и их пакетов / А. С. Соколова, А. А. Кузнецов, Н. Л. Надежная // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2016 г. – Вып. 31. – С. 24-31.
193. Шарпар, Н.М. Разработка методов исследования теплофизических свойств нетканых материалов: дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.19.01) / Шарпар Николай Михайлович; МГУДТ. – Москва, 2013. – 135 с.
194. Бессонова, Н.Г. Разработка методов исследования теплофизических свойств текстильных материалов и пакетов при действии влаги и давления: дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.19.01) / Бессонова Наталья Геннадьевна; МГУДТ. – Москва, 2005. – 151 с.
195. Дерябина, А.И. Разработка метода оценки и исследование деформации при циклическом сжатии объемных нетканых материалов для одежды: дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.19.01) / Дерябина Алла Игоревна; Ю-УГУ (национальный исследовательский университет) в г. Златоусте. – Москва, 2017. – 168 с.
196. ГОСТ ISO 15831-2013. Одежда. Физиологическое воздействие. Метод измерения теплоизоляции на термоманекене. – Введ. 2014-07-01. – М.: ОАО «ВНИИС», 2013.
197. ГОСТ Р 12.4.185-99. Средства индивидуальной защиты от пониженных температур. – Введ. 2001-01-01. – М.: НИИ МТ РАМН, 1999.

198. ГОСТ 12.4.303-2016. Одежда специальная для защиты от пониженных температур. Технические требования. – Введ. 2019-07-01. – М.: ФАПТРИМ, 2016.
199. Мезенцева, Е.В. Методология оценки показателей качества нетканых материалов с терморегуляционными свойствами / Е.В. Мезенцева, В.Ю. Мишаков // Актуальные вопросы экономики, коммерции и сервиса: сборник научных трудов. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина». – 2019 – С. 114 – 124.
200. Wang, F. (2017). Measurements of clothing evaporative resistance using a sweating thermal manikin: an overview. *Industrial Health*, 55(6), pp.473-484.
201. ГОСТ 13587-77. Плотна нетканые и изделия штучные нетканые. Правила приемки и метод отбора проб. – Введ. 1978-07-01. – М.: Минлегпром, 1977.
202. ГОСТ 10681-75. Материалы текстильные. Климатические условия для кондиционирования и испытания проб и методы их определения. – Введ. 1978-01-01. – М.: Минхимпром, Минлегпром СССР, 1978.
203. Scheppers Wercinski, S. (1999). *Solid phase microextraction*. New York: CRC Press.
204. ГОСТ ИСО 1833-2001. Материалы текстильные. Методы количественного химического анализа двухкомпонентных смесей волокон – Введ. 2006-06-01. – М.: Госстандарт РФ, 2001.
205. Беззапонная, О.В. Применение метода термического анализа для комплексного исследования и совершенствования вспучивающихся огнезащитных составов / О.В. Беззапонная, Е.В. Головина, Т.Х. Мансуров, А.Ю. Акулов // Техносферная безопасность. – 2017 г. – Вып. 2 (15). – С. 3-7.
206. ГОСТ Р ИСО 11092-2012. Материалы текстильные. Физиологические воздействия. Определение теплостойкости и стойкости к водяному пару в стационарных условиях (метод испытаний с использованием изолированной конденсирующей термопластины). – Введ. 2015-07-01. – М.: Стандартинформ, 2014.

207. ASTM F2370-15 *Standard Test Method for Measuring the Evaporative Resistance of Clothing Using a Sweating Manikin*. ASTM International. 2015.
208. ASTM D1518-85 (2003): *Standard Test Method for Thermal Transmittance of Textile Materials*. ASTM International. 2003.
209. Kôno, K. (1962). Optimum design for quadratic regression on k-cube. *Memoirs of the Faculty of Science, Kyushu University. Series A, Mathematics*, 16(2), pp.114-122.
210. Севостьянов, А.Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2007. – 648 с.
211. Cochran, W. (1950). The comparison of percentages in matched samples. *Biometrika*, 37(3-4), pp.256-266.
212. «Student» [William Sealy Gosset] (1908). The probable error of a mean. *Biometrika*, 6(1), pp.1-25.
213. Fisher, R. (1951). *The Design of Experiments* (6th ed.). London: Oliver and Boyd.
214. ГОСТ Р 57027-2016. Плотна нетканые термоскрепленные объемные синтетические. Общие технические условия. – Введ. 2017-08-01. – М.: ФАПТРИМ, 2016. – 8 с.
215. ГОСТ Р 57632-2017. Материалы нетканые для специальной одежды. Утеплители. Технические требования. Методы испытаний. – Введ. 2018-05-01. – М.: ТК 412 «Текстиль», 2018. – 17 с.
216. Трубицына, Г.А. Потоотделение у человека в покое и при мышечной деятельности. Л.: Наука, 1968. – 73 с.
217. Павлов, А.С. Экстремальная работа и температура тела / А.С. Павлов, В.А. Лефтеров, В.Н. Монастырский / – Донецк: НордКомпьютер, 2007. – 308 с.
218. Chinta, S.K. and Guijar P.D. (2013). Significance of moisture management for high performance textile fibers. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology* 2 (3): pp. 814 – 819.
219. МР 2.2.8.0111-16. Методика определения должной теплоизоляции обуви и рукавиц, предназначенных для защиты от холода: Методические рекомендации.

- М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2016. – 23 с.
220. Мезенцева, Е.В., Мишаков В.Ю. Исследование теплоизоляционных свойств нетканых материалов в составе комплектов одежды на термоманекене в состоянии движения и имитации перспирации / Е.В. Мезенцева, В.Ю. Мишаков // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности, № 5 (383). Иваново: Ивановский государственный политехнический университет. – 2019 – С. 143 – 150.
221. Мезенцева, Е.В. Использование экономических показателей при оценке качества интеллектуальных волокнистых саморегулирующихся систем / Е.В. Мезенцева // тез. докл. XXII международного научно-практического форума «Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX-2019)»: матер.форума, 25-27 сентября 2019 года. – Иваново: ИВГПУ, 2019. – С.66-71.
222. Мезенцева, Е.В., Мишаков В.Ю. Оценка теплоизоляционных свойств инновационных нетканых материалов с использованием интегрального показателя эффективности/ Е.В. Мезенцева, В.Ю. Мишаков // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности, № 6 (384). Иваново: Ивановский государственный политехнический университет. – 2019 – С. 28 – 34.
223. Иванов, В.В. К проблеме зависимости технического текстиля от углеводородного сырья / В.В. Иванов, Е.В. Мезенцева, А.В. Силаков // тез. докл. международного научно-технического симпозиума «Экономические механизмы и управленческие технологии развития промышленности» Международного Косыгинского Форума «Современные задачи инженерных наук» (29-30 октября 2019 г.): сборник материалов.– М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2019, Часть 1. – с. 10-15.
224. Silbernagl, S. (2015). *Color Atlas of Physiology* (6th ed., p. 441). Stuttgart: Thieme.

225. Smith, C., & Havenith, G. (2010). Body mapping of sweating patterns in male athletes in mild exercise-induced hyperthermia. *European Journal Of Applied Physiology*, *111*(7), 1391-1404. doi: 10.1007/s00421-010-1744-8.
226. Newton P357 manual; Pang T.Y., Subic A., Akla M.; Evaluation of thermal and evaporative resistances in cricket helmets using a sweating manikin; *Applied Ergonomics* 45 (2014) 300–307.
227. ГОСТ 12.4.236-2011. Одежда специальная для защиты от пониженных температур. – Введ. 2011-12-01. – М.: ФАПТРИМ, 2011.
228. МУК 4.3.1895-04. Оценка теплового состояния человека с целью обоснования гигиенических требований к микроклимату рабочих мест и мерам профилактики охлаждения и перегревания, 2004. – 7 с.
229. МУК 4.3.1895-04. Оценка теплового состояния человека с целью обоснования гигиенических требований к микроклимату рабочих мест и мерам профилактики охлаждения и перегревания, 2004. – 7 с.
230. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».
231. Tuğrul Oğulata, R. (2007). The Effect of Thermal Insulation of Clothing on Human Thermal Comfort. *Fibers&textiles in Eastern Europe*, *15*(2), pp.67-72.
232. ГОСТ Р ИСО 11079-2015. Эргономика термальной среды. Определение холодового стресса и его интерпретация на основе показателей требуемой термоизоляции одежды и локального охлаждающего воздействия. – Введ. 2016-12-01. – М.: ОАО «НИЦ КД», 2015.
233. *ISO 11079:2007 – Ergonomics of the thermal environment — Determination and interpretation of cold stress when using required clothing insulation (IREQ) and local cooling effects.* [online] Iso.org. Available at: <https://www.iso.org/standard/38900.html> [Accessed 29 Dec. 2018].
234. ГОСТ Р 57794-2017 (ИСО 7933:2004). Эргономика термальной среды. Аналитическое определение и интерпретация теплового стресса с использованием расчета прогнозируемой тепловой нагрузки. М.: Федеральное

- агентство по техническому регулированию и метрологии. – Введ. 01.12.18. – 50 с.
235. ГОСТ Р ИСО 11079-2015. Эргономика термальной среды. Определение холодового стресса и его интерпретация на основе показателей требуемой термоизоляции одежды и локального охлаждающего воздействия. М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Введ: 01.12.18. – 46 с.
236. World Meteorological Organization, 2012: *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation*. WMO-No. 8, Geneva.
237. Мезенцева, Е.В. Разработка методики получения молекулярного паспорта вещества интеллектуальной волокнистой системы инновационного сырьевого состава / Е.В. Мезенцева // тез. докл. XXII международного научно-практического форума «Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX-2019)»: матер.форума, 25-27 сентября 2019 года. – Иваново: ИВГПУ, 2019. – С.18-23.
238. Мезенцева, Е.В. Использование методов термического анализа и инфракрасной спектроскопии для получения паспорта состава нетканых материалов, содержащих полиакрилатные волокна / Е.В. Мезенцева, В.Ю. Мишаков // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности, № 4. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна. – 2019 – С. 16 – 19.
239. Цифровой микроскоп КН-8700 [Текст] / Москва, 2018. – [29] с. – (Техн. описание / Арх. ООО «Остек-Арттул»; №1).
240. 13322-1:2014, I. (2018). *ISO 13322-1:2014 - Particle size analysis - Image analysis methods – Part 1: Static image analysis methods*. [online] Iso.org. Available at: <https://www.iso.org/standard/51257.html> [Accessed 17 Oct. 2018].
241. ГОСТ Р ИСО 137-2017. Шерсть. Определения диаметра волокна. Метод с применением проекционного микроскопа. – Введ. 2018-01-01. – М.: АО «ВНИИС», 2017.

242. Кукин, Г.Н. Текстильное материаловедение (волокна и нити): учебник для вузов / Г.Н. Кукин, А.Н. Соловьев, А.И. Кобляков. – 2-е изд, перераб. и доп. – Москва: Легпромбытиздат, 1989. – 352 с.
243. Зефирова, Н.С. Химическая энциклопедия. – Т.4. – М.: Большая российская энциклопедия, 1995. – 641 с.
244. Мезенцева, Е.В. Исследования структурных характеристик нетканого объемного термоскрепленного материала, сформированного путем диспергирования волокон в потоке воздуха, содержащего полиакрилатные волокна / Е.В. Мезенцева, В.Ю. Мишаков // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности, № 3. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна. – 2019 – С. 29 – 33.
245. Установки по производству синтетических волокон. Каталог фирмы NEUMAG / Под ред. Айзенштейна, Э. М. – 4-е изд. - СПб: Торговля и Промышленность, 2004. – 145 с.
246. Кирюхин, С. М. Квалиметрия / С. М. Кирюхин, С. В. Плеханова. Конспект лекций: учебное пособие – М.: МГУДТ, 2016. – 80 с.
247. Соловьев, А.Н. Оценка качества и стандартизация текстильных материалов / А.Н. Соловьев, С.М. Кирюхин. – М.: Легкая индустрия, 1974. – 248 с.
248. Кирюхин, С.М. Контроль и управление качеством текстильных материалов / С.М. Кирюхин, А. Н. Соловьев – М.: Легкая индустрия, 1977. – 311 с.
249. Соловьев, А.Н. Оценка и прогнозирование качества текстильных материалов / А.Н. Соловьев, С.М. Кирюхин. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 215 с.
250. Дунин-Барковский, И.В. Теория вероятностей и математическая статистика в технике (общая часть) / И.В. Дунин-Барковский, Н.В. Смирнов. – М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1955. – 558 с.
251. Вейбул, В. Усталостные испытания и анализ их результатов / Пер. с англ. Т.А. Бекш и Е.С. Муслина; под. ред. С.В. Сернсена. – М.: Машиностроение, 1964. – 275 с.

252. Степанов, М. Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний: справочник / М.Н. Степанов, А.В. Шаврин. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Машиностроение, ГУП ППП Тип. Наука РАН, 2005. – 399 с.
253. Гумбель, Э. Статистика экстремальных значений / Пер. с англ. В.Ю. Татарского; под ред. Д.М. Чибисова; с предисл. Б.В. Гнеденко. – М: Мир, 1965. – 450 с.
254. Limpert, E., Stahel, W., & Abbt, M. (2001). Log-normal Distributions across the Sciences: Keys and Clues. *Bioscience*, 51(5), 341-352.
255. Shapiro S.S., Wilk M.B. An analysis of variance test for normality. – *Biometrika*, 1965, 52, № 3 – p. 591 – 611.
256. Anderson, T., & Darling, D. (1952). Asymptotic Theory of Certain «Goodness of Fit» Criteria Based on Stochastic Processes. *The Annals Of Mathematical Statistics*, 23(2), 193-212. doi: 10.1214/aoms/1177729437.
257. Mises R. von. Wahrscheinlichkeitsrechnung und ihre Anwendung in der Statistik und theoretischen Physik. Leipzig; Wien, Deutsche. 1931. S.316-335.
258. Smirnov N.V. Sur la distribution de (criterium de M.R. v. Mises) // *Compt. Rend. Ser. Math. Paris*. 1936. V.202. №6. P.449-452.
259. Крамер, Г., Математические методы статистики, М., ИИЛЮ 1948.
260. Смирнов, Н.В. О распределении ω^2 – критерия Мизеса. Математический сборник. 1937, 2, вып. I, с. 973 – 993.
261. Anderson, T., & Darling, D. (1954). A Test of Goodness of Fit. *Journal Of The American Statistical Association*, 49(268), 765-769. doi: 10.1080/01621459.1954.10501232.
262. ГОСТ Р 50.1.037-2002. Прикладная статистика. Правила проверки согласия опытного распределения с теоретическим. Ч.2. Непараметрические критерии. – Введ. 2002-07-01. – М.: ТК 125 «Стандартизация статистических методов управления качеством», ООО «ГОССТАНДАРТ РОССИИ», 2002.
263. Гумбель, Э. Статистика экстремальных значений / Пер. с англ. В. Ю. Татарского; под ред. Д. М. Чибисова; с предисл. Б. В. Гнеденко. – М.: Мир, 1965. – 450 с.

264. Кирюхин, С.М. Контроль качества текстильных материалов. Конспект лекций: учебное пособие / С.М. Кирюхин, Е.Б. Демократова. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2017. – 104 с.
265. ГОСТ 15902.2-2003 (ИСО 9073-2:1995) Полотна нетканые. Методы определения структурных характеристик. – Введ. 2004-09-01. – М.: ОАО «НИИНМ», 2003.
266. ГОСТ 15902.3-79 Полотна нетканые. Методы определения прочности – Введ. 1980-07-01. – М.: Минлегпром СССР, 1979.
267. ГОСТ 3816-81 (ИСО 811-81) Полотна текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств. – Введ. 1982-07-01. – М.: Минлегпром СССР, 1981.
268. ГОСТ Р 50779.29-2017 (ИСО 16269-6:2015). Статистические методы. Статистическое представление данных. Часть 6. Определение статистических толерантных интервалов. – Введ. 2018-12-01. – М.: ТК 125 «Применение статистических методов», «СТАНДАРТИНФОРМ», 2017.
269. Shewhart, W. (1939). *Statistical method from the viewpoint of quality control*. Washington: The Department of Agriculture, 178 p.
270. ГОСТ Р ИСО 7870-2-2015. Статистические методы. Контрольные карты. Часть 2. Контрольные карты Шухарта – Введ. 2016-12-01. – М.: ТК 125 «Применение статистических методов», «СТАНДАРТИНФОРМ», 2019.
271. РБК Исследования. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.retail-loyalty.org/expert-forum/rbk-issledovaniya-setevye-fashion-riteylery-pokazali-rost-na-5-9>. – Сетевые fashion-ритейлеры показали рост на 5,9%. – (Дата обращения 02.03.17).
272. Чекрышова, И.И. Исследование рынка повседневной одежды московского региона / И.И. Чекрышова // Вестник московского городского педагогического университета. Серия: экономика. – 2015. – С. 58-64.
273. Назаров, Ю.В. Позитивизм как философская основа функционального формообразования в дизайне / Ю.В. Назаров, В.В. Попова // Дизайн и технологии. 2016. № 53(95), с. 26 – 30.

274. Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс]: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/wages. – (Дата обращения: 14 октября 2018).
275. ЕМИСС. Государственная статистика. [Электронный ресурс]: <https://www.fedstat.ru/indicator/31455> (дата обращения 14 октября 2018).
276. Закон Белгородской области от 31.10.2017 № 186 «Об установлении величины прожиточного минимума пенсионера в Белгородской области в целях определения социальной доплаты к пенсии на 2018 год». Официальный интернет-портал правовой информации. [Электронный ресурс]: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/3100201711010001>. – (Дата обращения: 14 октября 2018).
277. Закон Курской области от 30 октября 2017 года № 67-ЗКО «О величине прожиточного минимума пенсионера в Курской области в целях установления социальной доплаты к пенсии на 2018 год». [Электронный ресурс]: <http://docs.cntd.ru/document/450366607>. – (Дата обращения 4 августа 2018).
278. Закон Московской области от 1 ноября 2017 года № 179/2017-ОЗ «Об установлении величины прожиточного минимума пенсионера в Московской области на 2018 год в целях установления социальной доплаты к пенсии». [Электронный ресурс]: http://www.mosoblduma.ru/Zakoni/Zakonoprecti_Moskovskoj_oblasti/item/96819. – (Дата обращения: 14 октября 2018).
279. Закон города Москвы от 25 октября 2017 года № 37 «Об установлении величины прожиточного минимума пенсионера в городе Москве в целях определения региональной социальной доплаты к пенсии на 2018 год». [Электронный ресурс]: <http://docs.cntd.ru/document/555609627>. – (Дата обращения: 14 октября 2018).
280. Федеральный закон «О федеральном бюджете на 2018 год и на плановый период 2019 и 2020 годов» от 05.12.2017 № 362-ФЗ. [Электронный ресурс]: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_284360. – (Дата обращения 14 октября 2018).

281. Алибеков, И. Ю. Численные методы: учебное пособие / И.Ю. Алибеков. – М.: МГИУ, 2008. – 220 с.
282. ГОСТ 3811-72 (ИСО 3932-76, ИСО 3933-76, ИСО 3801-77). Материалы текстильные. Методы определения линейных размеров, линейной и поверхностной плотностей. – Введ. 1973-01-01. – М.: Минлегпром СССР, 1972.
283. ГОСТ 12023-2003. Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения толщины. – Введ. 2005-12-01. – М.: ФГУП «ЦНХБИ», 2003.
284. ОМУ 17-14-241-84 Полотна нетканые. Метод определения устойчивости к многократному сжатию. – Введ. 1985-07-01. – М.: Минлегпром СССР, 1984.
285. ГОСТ 30157.0-95. Полотна текстильные. Методы определения изменения размеров после мокрых обработок или химической чистки. Общие положения. – Введ. 2002-01-01. – М.: НИИШелк, 1995.
286. ГОСТ 30157.1-95. Полотна текстильные. Методы определения изменения размеров после мокрых обработок или химической чистки. Режимы обработок. – Введ. 2002-01-01. – М.: НИИШелка, 1995.
287. ГОСТ 12088-77. Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения воздухопроницаемости. – Введ. 1979-01-01. – М.: Минлегпром СССР, 1977.
288. ГОСТ Р ИСО 6330-2014. Материалы текстильные. Процедуры домашней стирки и сушки, применяемые для испытаний. – Введ. 2012-07-01. – М.: ОАО «ВНИИС», 2011.
289. ASTM F1291-16. *Standard Test Method for Measuring the Thermal Insulation of Clothing Using a Heated Manikin*. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2016.
290. ISO 15831:2004 – *Clothing – Physiological effects – Measurement of thermal insulation by means of a thermal manikin*. [online] Iso.org. Available at: <https://www.iso.org/standard/28720.html> [Accessed 4 Dec. 2018].
291. Mandal, S., Annaheim, S., Camenzind, M. and Rossi, R. (2017). Evaluation of thermo-physiological comfort of clothing using manikins. *Manikins for Textile Evaluation*, pp.115-140.

292. Meinander, H. and Bröde, P. (2006). Effect of Long Wave Radiation on Heat Loss Through Protective Clothing Ensembles – Material, Manikin and Human Subject Evaluation. *Thermal Manikins and Modelling. Sixth international thermal manikin and modelling meeting (6I3M)*, pp.29-41.
293. Meinander, H. (1999, October). Extraction of data from sweating manikin test. In: *3rd international meeting on thermal manikin testing*, Stockholm, Sweden.
294. Kuklane K, Heidmets S, Johansson T (2006) Improving thermal comfort in an orthopaedic aid: Better Boston brace for scoliosis patients. *Thermal Manikins and Modelling*.
295. Dozen, Y., Aratani, Y., Saitoh, T., Tsuchida, K., Harada, K., & Takenishi, S. (1992). Modeling of sweating manikin. *Journal of Textile Machinery Society of Japan*, 38(4), 101–112.
296. Richards, M. G., & Mattle, N. G. (2001, September). Development of a sweating agile thermal manikin (SAM). In: *4th international meeting on thermal manikins*, St. Gallen, Switzerland.
297. Richards, M. G., Psikuta, A., & Fiala, D. (2006). Current development of thermal sweating manikins at Empa. In J. Fan (Ed.), *Thermal manikins and modelling* (pp. 173–179). Hong Kong: The Hong Kong Polytechnic University.
298. Advanced Thermal Manikin (ADAM). (2019). [brochure] Measurement Technology Northwest, Seattle, WA.
299. Fan, J. and Chen, Y. (2002). Measurement of clothing thermal insulation and moisture vapour resistance using a novel perspiring fabric thermal manikin. *Measurement Science and Technology*, 13(7), pp.1115-1123.
300. Fukazawa, T., Lee, G., Matsuoka, T., Kano, K., & Tochiwara, Y. (2004). Heat and water vapor transfer of protective clothing system in a cold environment, measured with a newly developed sweating thermal manikin. *European Journal of Applied Physiology*, 92(6), 645–648.
301. Gao Ch., Holmér I. (2006). Initial, Transient and Steady State Evaporative Resistance of Impermeable Protective Clothing. *Thermal Manikins and Modelling. Sixth international thermal manikin and modelling meeting (6I3M)*, pp.253-261.

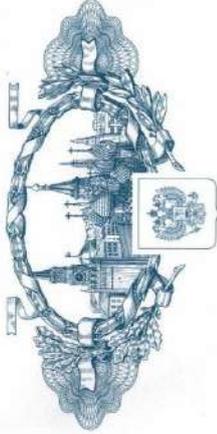
302. Wang, F. (2011). *Clothing Evaporative Resistance: Its Measurements and Application in Prediction of Heat Strain*. Ph.D. Lund University.
303. Toyobo Co, Ltd. (2018). [brochure] Corporative profile, Japan.
304. ANDI Thermal Manikin (2019). [brochure] Measurement Technology Northwest, Seattle, WA.
305. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. М.: Стандартиформ, Введ. 01-01-89. – 49 с.
306. Солонин, Ю.Г. Физиологические нормы напряжения организма при физическом труде в высоких широтах / Ю.Г. Солонин, Е.Р. Бойко, Б.Т. Величковский // Журнал медико-биологических исследований. 2017. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/fiziologicheskie-normy-napryazheniya-organizma-pri-fizicheskom-trude-v-vysokih-shirotah>. – (Дата обращения: 27.02.2019).
307. МР № 2189-80. Физиологические нормы напряжения организма при физическом труде. – Свердловск: Свердловский научно-исследовательский институт гигиены труда и профзаболеваний, 1980. – 4 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Патенты

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



НА ИЗОБРЕТЕНИЕ
№ 2702642

**НЕТКАНЫЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЙ ОГНЕСТОЙКИЙ
ДУГОСТОЙКИЙ МАТЕРИАЛ**

Патентообладатель: *Общество с ограниченной ответственностью
"Термопол" (RU)*

Авторы: *Махов Сергей Александрович (RU), Мезенцева Елена
Викторовна (RU), Гонтарь Виктор Анатольевич (RU),
Назарцев Андрей Андреевич (RU), Иванов Владислав
Викторович (RU)*

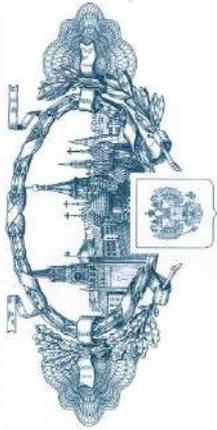
Заявка № 2019110895
Приоритет изобретения 11 апреля 2019 г.
Дата государственной регистрации в
Государственном реестре изобретений
Российской Федерации 09 октября 2019 г.
Срок действия исключительного права
на изобретение истекает 11 апреля 2039 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Степанов Г.П. Иванов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



НА ИЗОБРЕТЕНИЕ
№ 2690573

**НЕТКАНЫЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ С
ЭФФЕКТОМ ТЕРМОГЕНЕРАЦИИ**

Патентообладатель: *Общество с ограниченной ответственностью
"ТЕРМОПОЛ" (RU)*

Авторы: *Мишаков Виктор Юрьевич (RU), Махов Сергей
Александрович (RU), Мезенцева Елена Викторовна (RU),
Гонтарь Виктор Анатольевич (RU), Назарцев Андрей
Андреевич (RU), Иванов Владислав Викторович (RU)*

Заявка № 2018134592
Приоритет изобретения 02 октября 2018 г.
Дата государственной регистрации в
Государственном реестре изобретений
Российской Федерации 04 июня 2019 г.
Срок действия исключительного права
на изобретение истекает 02 октября 2038 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Степанов Г.П. Иванов

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

Акт промышленной апробации инновационного нетканого материала на ООО «Термопол», полученного в результате исследований Мезенцевой Е.В. на тему «Разработка структуры и исследование свойств утепляющих нетканых материалов на основе инновационных волокон».



Главное - внутри!

Утверждаю
Генеральный директор
ООО «Термопол»
Гонтарь В.А.

Дата введения в действие:
«19» апреля 2018 г.

Акт № 2 от 19.04.18

промышленной апробации инновационного нетканого материала на ООО «Термопол», полученного в результате исследований Мезенцевой Е.В. на тему «Разработка структуры и исследование свойств утепляющих нетканых материалов на основе инновационных волокон».

Комиссия в составе: председателя Гонтаря В.А. и члена комиссии Махова С.А. составили настоящий акт о том, что на предприятии ООО «Термопол» произведена апробация разработанных нетканых материалов на основе инновационных волокон в качестве теплоизолирующих объемных материалов для утепленных видов одежды. Параметры материалов определены в научных исследованиях диссертационной работы Мезенцевой Елены Викторовны на тему «Разработка структуры и исследование свойств утепляющих нетканых материалов на основе инновационных волокон». На основе предоставленных Мезенцевой Е.В. нетканых материалов заказчиком были изготовлены образцы лыжных курток.

Комиссия отмечает, что при использовании предложенных материалов не требуется переоснащения технологического процесса, а материал при этом получается с более высокими показателями по суммарному тепловому сопротивлению, что позволяет предлагать заказчикам полотна с более низкой поверхностной плотностью, что позволит в последствие уменьшить конечную массу изделия. Изготовленные образцы имели устойчивую форму, хорошие физико-механические, эксплуатационные, гигиенические и теплоизоляционные характеристики.

Председатель комиссии:
генеральный директор



Гонтарь В.А.

Члены комиссии:
технический директор

Махов С.А.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(обязательное)

План непрерывного статистического контроля качества вырабатываемой
продукции ООО «Термопол». Цех термоскрепления



Главное - внутри!

ООО «ТЕРМОПОЛ»

121471, г. Москва,
ул. Рязановая, 43 Б, корп. 1, офис 101
тел.: 8 (495) 664-74-30, 8 (495) 585-80-14
www.hollowfiber.ru www.thermopol.ru
info@thermopol.ru info@thermopol.ru



Утверждено
Генеральный директор
ООО «Термопол»
Гонгарь В.А.
Дата введения в действие:
23 марта 2020 г.

ПЛАН НЕПРЕРЫВНОГО СТАТИСТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ЦЕХЕ ТЕРМОСКРЕПЛЕНИЯ ООО «ТЕРМОПОЛ»

Таблица 1. План технического контроля нетканых термоскрепленных материалов

| Место контроля | Объект контроля | Контролируемые показатели качества | Метод контроля | Периодичность контроля | Ответственный за контроль | Использование результатов контроля |
|--|-------------------------------------|---|---|--------------------------|---------------------------|------------------------------------|
| Цех по производству нетканых термоскрепленных материалов | Нетканые термоскрепленные материалы | Поверхностная плотность, г/м ² | Взвешивание на электронных весах | Каждую единицу продукции | ОТК | Сообщение главному технолог |
| | | | Неровности по массе, % | ГОСТ 15902.2 | Каждую партию | ОТК |
| | | Разрывное удлинение по длине, % | ГОСТ 15902.3 | Каждую партию | ОТК | Сообщение главному технолог |
| | | | Суммарное тепловое сопротивление до мокрой обработки, м ² ·°С/Вт | ГОСТ 20489 | 1 раз в месяц | ОТК |
| | | Гигроскопичность, % | ГОСТ 3816 | 1 раз в месяц | ОТК | Сообщение главному технолог |



Главное - внутри!

Таблица 2 – Значения для построения контрольных карт среднего и размаха варьирования контролируемых показателей качества

| Значения для построения контрольных карт | Контролируемые показатели качества | | | Разрывное удлинение по длине, % |
|--|---|---|---------------------|---------------------------------|
| | Поверхностная плотность, г/м ² | Суммарное тепловое сопротивление до мокрой обработки, м ² ·°С/Вт | Гигроскопичность, % | |
| Точечные диаграммы среднего показателя качества | | | | |
| Центральная линия, z | 150,60 | 0,53 | 16,71 | 5,61 |
| Верхняя граница регулирования, e _в | 157,55 | 0,62 | 19,00 | 7,08 |
| Нижняя граница регулирования, e _н | 143,65 | 0,44 | 14,41 | 4,13 |
| Верхний предел допуска, U | 162,00 | 0,67 | 23,04 | 9,73 |
| Нижний предел допуска, L | 138,00 | 0,39 | 10,38 | 1,48 |
| Объем выборки, n | 5,00 | 5,00 | 3,00 | 4,00 |
| Коэффициент A _в | 1,15 | 1,15 | 1,49 | 1,29 |
| Вероятность расположения точек между линиями ep и en, p | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 |
| Индекс, α | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Доверительный уровень, t | 2,58 | 2,58 | 2,58 | 2,58 |
| Не смешанное среднее квадратическое отклонение, σ _н | 6,02 | 0,08 | 1,54 | 1,14 |
| Коэффициент, k | 0,43 | 0,89 | 0,59 | 0,49 |
| Точечные диаграммы размаха варьирования | | | | |
| Центральная линия, z | 14,00 | 0,09 | 2,61 | 2,35 |
| Верхняя граница регулирования, e _в | 27,44 | 0,18 | 6,13 | 4,94 |
| Нижняя граница регулирования, e _н | 0,56 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Объем выборки, n | 5,00 | 5,00 | 3,00 | 4,00 |
| Вероятность попадания отдельных выборок за пределы размаха за границы регулирования, p | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 |
| Коэффициент, D _з | 0,04 | 0,04 | 0,00 | 0,00 |
| Коэффициент, D ₄ | 1,96 | 1,96 | 2,35 | 2,10 |



ХОЛОДФАЙБЕР®

Главное - внутри!

Таблица 3 – Значения для построения контрольной карты среднего квадратического отклонения контролируемого показателя качества

| Значения для построения точечных диаграмм среднего квадратического отклонения | Нормовота по массе, % |
|--|-----------------------|
| Центральная линия, \bar{z} | 0,61 |
| Верхняя граница регулирования, e_n | 0,86 |
| Нижняя граница регулирования, e_n | 0,35 |
| Объем выборки, n | 20,00 |
| Вероятность выхода отдельных выборочных значений за границы регулирования, P | 0,99 |
| Коэффициент, B_3 | 0,58 |
| Коэффициент, B_4 | 1,42 |

ДИАГРАММЫ НЕПРЕРЫВНОГО СТАТИСТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ВЫРАБАТЫВАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ

1. Контрольные карты среднего контролируемых показателей качества

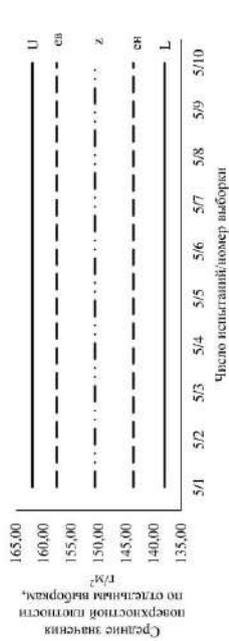


Рисунок 1 – Контрольная карта среднего для поверхностной плотности

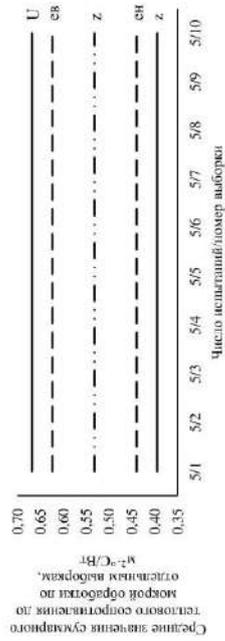


Рисунок 2 – Контрольная карта среднего для суммарного теплового сопротивления до мокрой обработки



ХОЛОДФАЙБЕР®

Главное - внутри!

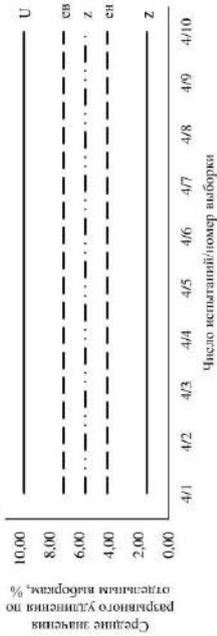


Рисунок 3 – Контрольная карта среднего для разрывного удлинения по длине

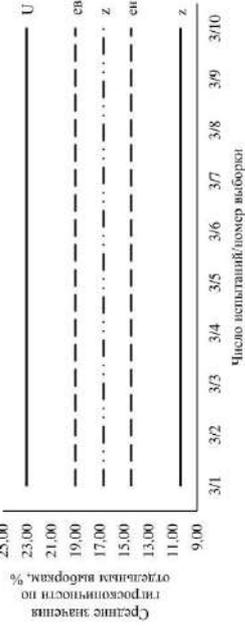


Рисунок 4 – Контрольная карта среднего для гидроscopicности

2. Контрольные карты размаха вариирования контролируемых показателей качества

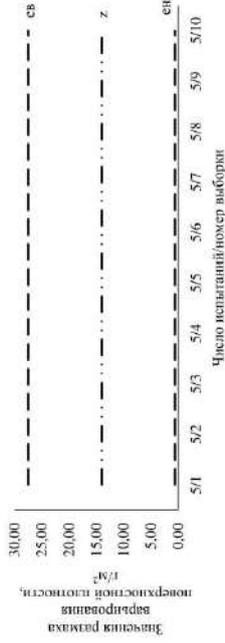


Рисунок 5 – Контрольная карта размаха вариирования для поверхностной плотности

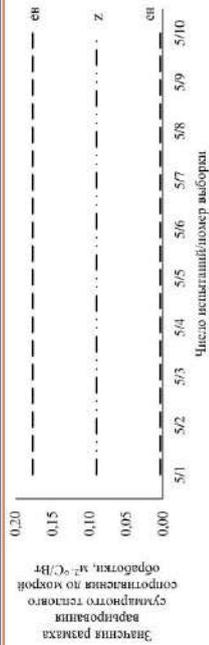


Рисунок 6 – Контрольная карта размаха варьирования для суммарного температурного сопротивления до мокрой обработки

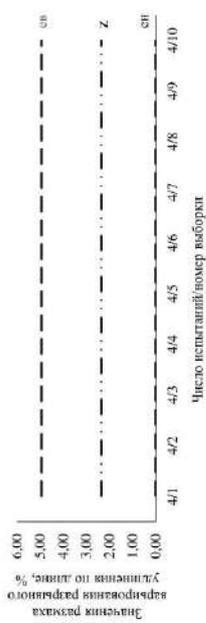


Рисунок 7 – Контрольная карта размаха варьирования для разрывного удлинения по длине

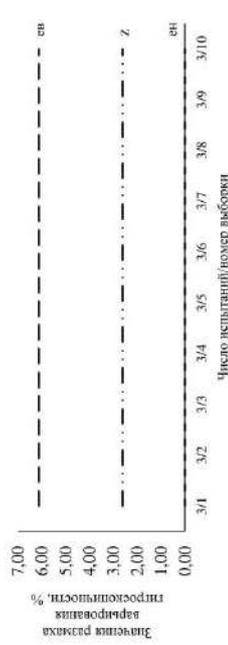


Рисунок 8 – Контрольная карта размаха варьирования для гигроскопичности

3. Контрольная карта среднего квадратического отклонения контролируемого показателя качества

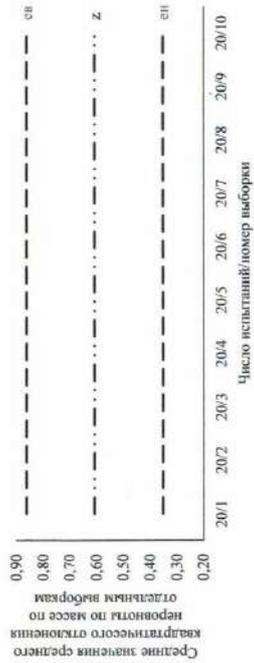


Рисунок 9 – Контрольная карта среднего квадратического отклонения для неровноты по массе



Генеральный директор ООО «Термопол» Гонтарь В.А.

Составитель: главный технолог ООО «Термопол» Меженцева Е. В.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

(обязательное)

Внесение изменений в нормативно-техническую документацию

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«ТЕРМОПОЛ»

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
ООО «ТЕРМОПОЛ»

Гонтарь В.А.
Гонтарь В.А.
2019 г.



Изменение № 2

ТУ 8391-002-72922610-05

ПОЛОТНА НЕТКАНЫЕ ТЕРМОСКРЕПЛЕННЫЕ ОБЪЕМНЫЕ
МАРКИ «ХОЛЛОФАЙБЕР СОФТ»

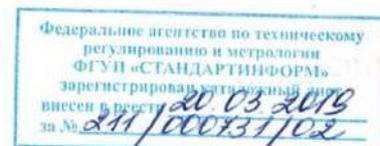
Дата введения в действие
«21» марта 2019 г.

РАЗРАБОТАНО

Главный технолог
ООО «Термопол»

Мезенцева Мезенцева Е.В.

Москва
2019



1. В разделе 1, п. 1.2. изложить в следующей редакции:
 – полотно должно изготавливаться в соответствии с номенклатурой видов материалов, согласно таблице 1 по технологическим режимам, утвержденным изготовителем.

Таблица №1

| Наименование материала | Изготовление | Индекс ограниченного распространения пламени | Примечание |
|---------------------------|--|---|---------------------|
| Холлофайбер СОФТ | Полотна получают методом термоскрепления из нескольких видов полиэфирных волокон, обмоточка, одного из которых, имеет более низкую температуру плавления. В процессе производства волокна подвергаются антистатической обработке. | 1 | ГОСТ ISO 14116-2016 |
| Холлофайбер СОФТ МИКРО | | 1 | |
| Холлофайбер ПРОФИ | | 1 | |
| Холлофайбер ПРОФИ МИКРО | | 1 | |
| Холлофайбер ПРОФИ МИКРО S | | 1 | |
| Холлофайбер СОФТ Н | | 1 | |
| Холлофайбер СОФТ Н МИКРО | | 1 | |
| Холлофайбер СОФТ ПРИМ | | 1 | |
| Холлофайбер СОФТ ПРИМ Z | | 1 | |
| Холлофайбер СОФТ ПРИМ К | | 1 | |
| Холлофайбер СОФТ НК | | 1 | |
| Холлофайбер АФ | | 1 | |
| Холлофайбер ТЕРМО | | Полотна получают методом термоскрепления из нескольких видов химических волокон, обмоточка, одного из которых, имеет более низкую температуру плавления. В процессе производства волокна подвергаются антистатической обработке. | |
| Холлофайбер СОФТ ДС | 3 | | |
| Холлофайбер КАРБО | 3 | | |
| Холлофайбер СОФТ НГ | 3 | | |
| Холлофайбер СОФТ НГ А | | 3 | |

КАТАЛОЖНЫЙ ЛИСТ ПРОДУКЦИИ

| | | | | | | | |
|--|--|-----------------|-----------------|----|-----------------------|----|-----------|
| Код ЦСМ | 01 | 211 | Группа КТС(ОКС) | 02 | Регистрационный номер | 03 | 000331/02 |
| Код ОКП | 11 839100 | | | | | | |
| Наименование и обозначение продукции | 12 Полотна нетканые термоскрепленные объемные марки «Холлофайбер Софт» | | | | | | |
| Обозначение государственного стандарта | 13 | | | | | | |
| Обозначение нормативного или технического документа | 14 Изм 2 ТУ 8391-002-72922610-05 | | | | | | |
| Наименование нормативного или технического документа | 15 Полотна нетканые термоскрепленные объемные марки «Холлофайбер Софт» | | | | | | |
| Коды предприятия-изготовителя по ОКПО и штриховой код | 16 72922610 | | | | | | |
| Наименование предприятия-изготовителя | 17 ООО «Термопол» | | | | | | |
| Адрес предприятия-изготовителя (индекс; город; улица; дом) | 18 121471 г. Москва, ул. Рябиновая, д. 43А | | | | | | |
| Телефон | 19 | (495) 585-80-40 | Телефакс | 20 | (495) 446-27-54 | | |
| Другие средства связи | 21 | | | | | | |
| Наименование держателя подлинника | 23 ООО «Термопол» | | | | | | |
| Адрес держателя подлинника (индекс; город; улица; дом) | 24 121471 г. Москва, ул. Рябиновая, д. 43А | | | | | | |
| Дата начала выпуска продукции | 25 10.01.2006 | | | | | | |
| Дата введения в действие нормативного или технического документа | 26 21.03.2019 | | | | | | |
| Обязательность сертификации | 27 Не подлежит | | | | | | |

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

(обязательное)

Испытания на волонтерах

Отчет испытаний готовых изделий на волонтерах

Для испытаний на волонтерах в ОАО «Ямал СПГ» компанией ООО «Термопол» были предоставлены образцы нетканых объемных термоскрепленных материалов Холлофайбер® (таблица № 1) - акт отбора проб № 4.1. от 16.04.18:

Таблица 1 – Перечень образцов нетканых объемных термоскрепленных материалов

| № п/п | Наименование вида продукции | Поверхностная плотность, г/м ² | Проба отобрана в соответствии с нормативным документом | Количество образцов пог. м |
|-------|---|---|--|----------------------------|
| 1 | Холлофайбер® ТЕРМО № 1 (каландрированное) | 150 | ГОСТ 13587 | 10 |
| 2 | Холлофайбер® ТЕРМО № 2 (каландрированное) | 150 | ГОСТ 13587 | 10 |
| 3 | Холлофайбер® ПРОФИ МИКРО (каландрированное) | 150 | ГОСТ 13587 | 10 |
| 4 | Холлофайбер® ПРОФИ МИКРО S (каландрированное) | 150 | ГОСТ 13587 | 10 |

Полученные результаты представлены в таблице № 2.

Таблица 2. Данные, полученные в ходе испытания на волонтерах

| Номер образца | Место проведения испытаний | Дата начала испытаний | Дата окончания испытаний | Количество волонтеров | Отзывы |
|---------------|---|-----------------------|--------------------------|-----------------------|--|
| 1 | Ямало-Ненецкий автономный округ, вахтовый поселок Сабетта | 27.11.2018 | 25.12.2018 | 1 | Положительные, отзывы, отмечен эффект саморегуляции* |
| 2 | | 27.11.2018 | 25.12.2018 | 1 | Положительные, отзывы, отмечен эффект саморегуляции* |
| 3 | | 27.11.2018 | 25.12.2018 | 1 | Положительные. Тепловой** комфорт |
| 4 | | 27.11.2018 | 25.12.2018 | 1 | Положительные. Тепловой** комфорт |

* под саморегуляцией понимается осязаемое компенсирующее воздействие, позволяющее сохранять стабильный тепловой комфорт в одежде при резком изменении условий окружающей среды (выход/вход из/в помещение, резкие порывы ветра, осадки)

** под тепловым комфортом понимается длительное сохранение комфортного теплоощущения без признаков переохлаждения в стационарных условиях окружающей среды. При высокой ветровой нагрузке более 10 м/с пользователи отмечали снижение данного показателя в изделиях где в качестве ткани верха использовалась смесовая ткань без мембраны.

Комплекты одежды на волонтерах имели идентичные слои тканей, фурнитуры:

Образец №1

Ткань верха Ткань огнестойкая антистатическая водонепроницаемая «Климатек плюс» (Climateck Plus)

98% Химическое волокно+ 2%антистат + ПУ мембрана), отделка МВО, поверхностная плотность 220 г/м²

ТД «Основа»

Ветрозащитная ткань – нет

Подкладка – Сетка трикотажная черная 100% полиэстер в области спины и Ткань подкладочная арт.60х60Т (хлопок 100%) с огнестойкой отделкой Proban поверхностная плотность 160 г/м²

Образец №2

Ткань верха Ткань огнестойкая Universal FR

100% хлопок + артистичная нить, отделка МВО, поверхностная плотность 320 г/м²

ТД «Текстиль»

Ветрозащитная ткань – Ткань капроновая ветрозащитная арт.3532

Подкладка –Ткань подкладочная арт.60х60Т (хлопок 100%) с огнестойкой отделкой Proban поверхностная плотность 160 г/м²

Образец №3

Ткань верха Ткань огнестойкая Frall Strong 240 A

100% хлопок + артистичная нить, отделка МВО, поверхностная плотность 320 г/м²

ТД «Чайковский текстиль»

Ветрозащитная ткань – Ткань капроновая ветрозащитная арт.3532

Подкладка – Ткань подкладочная арт.60х60Т (хлопок 100%) с огнестойкой отделкой Proban поверхностная плотность 160 г/м²

Образец №4

Ткань верха арамидная арт.18С4-КВгл+То+НМВО

артистичная нить, отделка НМВО, поверхностная плотность 320 г/м²

ТД «МОГОТЭКС»

Ветрозащитная ткань – Ткань капроновая ветрозащитная арт.3532

Подкладка – Ткань подкладочная с огнестойкой отделкой Моготекс
поверхностная плотность 160 г/м²

В таблице 3 представлены данные по климатическим условиям, наблюдавшимся в ходе испытаний.

Таблица 3. Климатические условия проведения испытаний

| Температура минимальная, °С | Температура максимальная, °С | Влажность, % | Скорость ветра, м/сек | Соответствие климатическому поясу (региону) |
|-----------------------------|------------------------------|--------------|-----------------------|---|
| - 20 | - 46 | 75-99 | до 14 м/с | «особый» (IA) |
| | | | | IV (IB) |

Представитель поставщика нетканых материалов: Мезенцева Елена Викторовна – главный технолог ООО «Термопол»



Рисунок 1 – Вид комплекта одежды

Заместитель генерального директора
по охране труда, промышленной безопасности
и охране окружающей среды



Г. М. Каюмов

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

(обязательное)

Опросный лист

УВАЖАЕМЫЙ ЭКСПЕРТ!

Просим Вас принять участие в исследовании качества нетканых материалов, предназначенных для использования в качестве утепляющего слоя в одежде. Мы считаем Вас специалистом в текстильной области и уверены, что Вы сможете компетентно ответить на ряд вопросов.

Для участия в опросе, просим заполнить табл. № 1, распределите показатели качества нетканых материалов в соответствии с их значимостью. Самый значимый показатель обозначьте рангом 1, менее значимый 2, 3 и т.д. Вы можете присвоить одинаковый ранг нескольким показателям по Вашему усмотрению. Допускается добавление не ограниченного количества показателей с присвоением им рангов, если Вы считаете, что требуемый показатель отсутствует в приведенном перечне. Напротив показателей можете оставлять комментарии. Если какой-либо показатель Вы считаете лишним в перечне, можете напротив него поставить прочерк. Гарантируем конфиденциальность предоставленных данных.

После проведения исследования и получения результатов, мы можем предоставить данные по запросу. Благодарим за помощь в исследовании.

В опросном листе имеется пример заполнения таблицы

Прилагаем пример заполнения таблицы оценки значимости показателей качества нетканых объемных материалов, применяемых в качестве теплоизоляционного слоя в верхней одежде (табл. № 2).

Табл. № 1. Значимость показателей качества нетканых объемных материалов для теплоизоляционных видов одежды. Пример заполнения

| № п/п | Показатель | Ранг | Примечание |
|-------|--|------|------------|
| 1 | Суммарное тепловое сопротивление до и после мокрой обработки | | |
| 2 | Воздухопроницаемость | | |
| 3 | Гигроскопичность | | |
| 4 | Миграция | | |
| 5 | Неровнота по массе | | |
| 6 | Толщина | | |
| 7 | Устойчивость к многократному сжатию | | |
| 8 | Волокнистый состав | | |
| 9 | Изменение линейных размеров (по длине и ширине) после мокрой обработки | | |
| 10 | Разрывная нагрузка (по длине и ширине) | | |
| 11 | Разрывное удлинение (по длине и ширине) | | |

Продолжение табл. 2. Показатели, которых нет среди перечисленных

| | | | |
|----|--|--|--|
| 12 | | | |
| 13 | | | |
| 14 | | | |
| 15 | | | |
| 16 | | | |
| 17 | | | |
| 18 | | | |

Примечание _____

Табл. № 2. Значимость показателей качества нетканых объемных материалов для теплоизоляционных видов одежды. Пример заполнения

| № п/п | Показатель | Ранг | Ранг (скор.) | Примечание |
|-------|--|------|--------------|------------|
| 1 | Суммарное тепловое сопротивление до и после мокрой обработки | 1,0 | 1,0 | |
| 2 | Воздухопроницаемость | 2,0 | 2,0 | |
| 3 | Гигроскопичность | 3,0 | 4,5 | |
| 4 | Миграция | 3,0 | 4,5 | |
| 5 | Неровнота по массе | 3,0 | 4,5 | |
| 6 | Толщина | 3,0 | 4,5 | |
| 7 | Устойчивость к многократному сжатию | 4,0 | 7,0 | |
| 8 | Волокнистый состав | 5,0 | 8,5 | |
| 9 | Изменение линейных размеров (по длине и ширине) после мокрой обработки | 5,0 | 8,5 | |
| 10 | Разрывная нагрузка (по длине и ширине) | 6,0 | 10,0 | |
| 11 | Разрывное удлинение (по длине и ширине) | 7,0 | 11,0 | |

Продолжение табл. 1. Показатели, которых нет среди перечисленных

| | | | | |
|----|--|--|--|--|
| 12 | | | | |
| 13 | | | | |
| 14 | | | | |
| 15 | | | | |
| 16 | | | | |
| 17 | | | | |
| 18 | | | | |

Организация _____

Должность _____

ФИО _____

Дата заполнения _____

Подпись _____

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

(обязательное)

Результаты обработки оценок всех экспертов

| Номер строки | Эксперт (m) | Показатели качества (x) | | | | | | | | | | | | | | | | | | Σ |
|--------------|------------------|-------------------------|----------|----------|----------|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|-----------------------|----------|----------|----------|-----------------------|-----------|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | |
| 39 | $S_1 - S_2$ | -245,50 | -156,00 | -119,50 | -158,50 | -165,50 | -65,00 | -64,00 | -69,00 | -50,50 | -8,50 | 160,00 | 187,50 | 151,00 | 193,50 | 196,50 | 184,50 | 193,50 | 0,00 | |
| 40 | $(S_1 - S_2)^2$ | 60270,25 | 24336,00 | 14280,25 | 25122,25 | 27390,25 | 4225,00 | 4096,00 | 4761,00 | 2550,25 | 72,25 | 25600,00 | 35156,25 | 22801,00 | 37442,25 | 38612,25 | 34040,25 | 37442,25 | 425258,00 | |
| 41 | Z_{10} | 0,10 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,06 | 0,06 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 1,00 | |
| 42 | Z_{10}^2 | 0,10 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,06 | 0,06 | — | — | — | — | — | — | — | 0,83 | |
| 43 | Z_{10}^3 | 0,12 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,07 | — | — | — | — | — | — | — | 1,00 | |
| 44 | R_1 | 2,86 | 5,28 | 6,27 | 5,22 | 5,03 | 5,05 | 7,74 | 7,77 | 7,64 | 8,14 | 9,27 | 13,82 | 14,57 | 13,58 | 14,73 | 14,81 | 14,49 | 84,09 | |
| 45 | $R_1 - R$ | -1,86 | -2,78 | -2,27 | -2,22 | -2,53 | 0,95 | 0,26 | 3,23 | -0,64 | 0,86 | 1,18 | 1,18 | 0,43 | 1,42 | 0,73 | 0,19 | 0,51 | 0,27 | |
| 46 | $(R_1 - R)^2$ | 3,48 | 7,75 | 5,15 | 0,05 | 6,39 | 0,89 | 0,07 | 10,43 | 0,40 | 0,75 | 1,38 | 1,18 | 0,19 | 2,01 | 0,07 | 0,04 | 0,26 | 0,07 | |
| 47 | $R_3 - R$ | -0,36 | 0,22 | -3,77 | 3,78 | -2,53 | 0,26 | 0,26 | 3,23 | -0,64 | -2,64 | 0,73 | 1,18 | 0,43 | 1,42 | 0,27 | 0,19 | 0,51 | 0,27 | |
| 48 | $(R_3 - R)^2$ | 0,13 | 0,05 | 14,21 | 14,32 | 6,39 | 0,07 | 0,07 | 10,43 | 0,40 | 6,94 | 0,53 | 1,38 | 0,19 | 2,01 | 0,07 | 0,04 | 0,26 | 0,07 | |
| 49 | $R_5 - R$ | -1,36 | -3,78 | -3,27 | -0,72 | 1,47 | -0,55 | -1,24 | 1,73 | 3,36 | -0,14 | 0,23 | 1,18 | 0,43 | 1,42 | 0,27 | 0,19 | 0,51 | 0,27 | |
| 50 | $(R_5 - R)^2$ | 1,86 | 14,32 | 10,69 | 0,51 | 2,17 | 0,31 | 1,55 | 2,99 | 1,132 | 0,02 | 0,05 | 1,38 | 0,19 | 2,01 | 0,07 | 0,04 | 0,26 | 0,07 | |
| 51 | $R_7 - R$ | -1,86 | -3,28 | -3,27 | -0,22 | -1,03 | 0,95 | 3,26 | -0,77 | 0,36 | 1,36 | 0,23 | 1,18 | 0,43 | 1,42 | 0,27 | 0,19 | 0,51 | 0,27 | |
| 52 | $(R_7 - R)^2$ | 3,48 | 10,78 | 10,69 | 0,05 | 1,05 | 0,89 | 10,61 | 0,59 | 0,13 | 1,86 | 0,05 | 1,38 | 0,19 | 2,01 | 0,07 | 0,04 | 0,26 | 0,07 | |
| 53 | $R_5 - R$ | -1,86 | -1,28 | -3,77 | 0,78 | 4,97 | -2,55 | -0,74 | 3,23 | -2,64 | -0,14 | -0,27 | 1,18 | 0,43 | 1,42 | 0,27 | 0,19 | 0,51 | 0,27 | |
| 54 | $(R_5 - R)^2$ | 3,48 | 1,65 | 14,21 | 0,61 | 24,73 | 6,52 | 0,55 | 10,43 | 6,94 | 0,02 | 0,07 | 1,38 | 0,19 | 2,01 | 0,07 | 0,04 | 0,26 | 0,07 | |
| 55 | $R_6 - R$ | 4,64 | 4,72 | -1,77 | 5,78 | -0,55 | -0,24 | -6,77 | -2,51 | -0,64 | -1,77 | 1,18 | 1,18 | 0,43 | 1,42 | 0,27 | 0,19 | 0,51 | 0,27 | |
| 56 | $(R_6 - R)^2$ | 21,48 | 22,24 | 3,13 | 33,45 | 6,39 | 0,31 | 0,06 | 45,84 | 26,37 | 0,40 | 3,13 | 1,38 | 0,19 | 2,01 | 0,07 | 0,04 | 0,26 | 0,07 | |
| 57 | $R_7 - R$ | -1,86 | -2,28 | 2,73 | 2,78 | -3,03 | 5,95 | -3,74 | -0,77 | 2,56 | -3,14 | -3,27 | 1,18 | 0,43 | 1,42 | 0,27 | 0,19 | 0,51 | 0,27 | |
| 58 | $(R_7 - R)^2$ | 3,48 | 5,22 | 7,45 | 7,75 | 9,16 | 35,35 | 14,01 | 0,59 | 5,59 | 9,83 | 10,69 | 1,38 | 0,19 | 2,01 | 0,07 | 0,04 | 0,26 | 0,07 | |
| 59 | $R_8 - R$ | -0,36 | 0,72 | 2,73 | -2,73 | 0,97 | -2,55 | -1,74 | 0,86 | -0,27 | 1,18 | 0,43 | 1,18 | 0,43 | 1,42 | 0,27 | 0,19 | 0,51 | 0,27 | |
| 60 | $(R_8 - R)^2$ | 0,13 | 0,51 | 7,45 | 7,38 | 0,95 | 6,52 | 3,04 | 10,43 | 26,37 | 0,75 | 0,07 | 1,38 | 0,19 | 2,01 | 0,07 | 0,04 | 0,26 | 0,07 | |
| 61 | $R_9 - R$ | -1,86 | 3,22 | -4,27 | -1,72 | 3,47 | 3,45 | 0,76 | 6,73 | -4,14 | -2,64 | -3,77 | 0,68 | -0,07 | 0,92 | -0,23 | -0,31 | 0,01 | -0,23 | |
| 62 | $(R_9 - R)^2$ | 3,48 | 10,34 | 18,24 | 2,95 | 12,06 | 11,87 | 0,57 | 45,29 | 17,10 | 6,94 | 14,21 | 0,46 | 4,57·10 ⁻³ | 0,84 | 0,05 | 0,10 | 1,83·10 ⁻⁴ | 0,05 | |
| 63 | $R_{10} - R$ | -1,86 | -2,78 | -3,77 | 1,28 | 1,47 | 1,45 | -1,24 | -1,27 | 3,36 | -1,64 | 0,73 | 1,18 | 0,43 | 1,42 | 0,27 | 0,19 | 0,51 | 0,27 | |
| 64 | $(R_{10} - R)^2$ | 3,48 | 7,75 | 14,21 | 1,65 | 2,17 | 2,09 | 1,55 | 1,61 | 11,32 | 2,67 | 0,53 | 1,38 | 0,19 | 2,01 | 0,07 | 0,04 | 0,26 | 0,07 | |
| 65 | $R_{11} - R$ | -1,86 | 2,22 | 1,23 | -2,22 | 0,97 | -2,05 | 1,58 | 2,23 | -2,64 | -5,14 | 1,73 | 1,18 | 0,43 | 1,42 | 0,27 | 0,19 | 0,51 | 0,27 | |
| 66 | $(R_{11} - R)^2$ | 3,48 | 4,91 | 1,51 | 4,91 | 0,95 | 4,22 | 1,58 | 4,97 | 6,94 | 26,37 | 2,99 | 1,38 | 0,19 | 2,01 | 0,07 | 0,04 | 0,26 | 0,07 | |
| 67 | $R_{12} - R$ | 0,14 | 1,72 | 0,73 | 5,28 | -2,03 | 5,45 | 1,26 | -4,77 | -0,64 | -5,14 | -6,27 | 1,18 | 0,43 | 1,42 | 0,27 | 0,19 | 0,51 | 0,27 | |
| 68 | $(R_{12} - R)^2$ | 0,02 | 2,95 | 0,53 | 27,92 | 4,11 | 29,66 | 1,58 | 22,76 | 0,40 | 26,37 | 39,32 | 1,38 | 0,19 | 2,01 | 0,07 | 0,04 | 0,26 | 0,07 | |
| 69 | $R_{12} - R$ | -0,86 | -0,28 | -1,27 | -0,22 | -3,03 | 4,95 | 0,26 | 3,23 | -5,64 | -0,14 | -1,27 | 1,18 | 0,43 | 1,42 | 0,27 | 0,19 | 0,51 | 0,27 | |
| 70 | $(R_{12} - R)^2$ | 0,75 | 0,08 | 1,61 | 0,05 | 9,16 | 24,46 | 0,07 | 10,43 | 31,75 | 0,02 | 1,61 | 1,38 | 0,19 | 2,01 | 0,07 | 0,04 | 0,26 | 0,07 | |
| 71 | $R_{13} - R$ | 3,14 | 1,72 | 1,73 | 4,78 | -3,03 | -4,05 | 7,53 | 1,51 | 47,13 | 40,51 | 27,35 | 96,52 | -0,07 | 111,96 | 0,05 | 0,10 | 1,83·10 ⁻⁴ | 0,05 | |
| 72 | $(R_{13} - R)^2$ | 9,83 | 2,95 | 2,99 | 22,88 | 9,16 | 16,44 | 56,20 | 2,27 | 1767,09 | 1641,01 | 1479,55 | 9315,23 | 0,00 | 12336,00 | 0,00 | 0,10 | 1,83·10 ⁻⁴ | 0,05 | |
| 73 | $R_{15} - R$ | -0,86 | -1,28 | -3,27 | 2,78 | -0,03 | 0,95 | -0,74 | -6,77 | 6,86 | 0,86 | 0,73 | 0,68 | -0,07 | 0,92 | -0,23 | -0,31 | 0,01 | -0,23 | |
| 74 | $(R_{15} - R)^2$ | 0,75 | 1,65 | 10,69 | 7,75 | 7,30·10 ⁻⁴ | 0,89 | 0,55 | 45,84 | 47,13 | 0,75 | 0,53 | 0,46 | 4,57·10 ⁻³ | 0,84 | 0,05 | 0,10 | 1,83·10 ⁻⁴ | 0,05 | |
| 75 | $R_{16} - R$ | 0,14 | 3,72 | 3,73 | -1,22 | -0,03 | -4,05 | -5,74 | -1,77 | 3,36 | -1,14 | -1,27 | 1,18 | 0,43 | 1,42 | 0,27 | 0,19 | 0,51 | 0,27 | |
| 76 | $(R_{16} - R)^2$ | 0,02 | 13,81 | 13,91 | 1,48 | 7,30·10 ⁻⁴ | 16,44 | 32,98 | 3,13 | 11,32 | 1,29 | 1,61 | 1,38 | 0,19 | 2,01 | 0,07 | 0,04 | 0,26 | 0,07 | |
| 77 | $R_{17} - R$ | -0,86 | -0,78 | -1,77 | -3,22 | 1,47 | -3,05 | 0,76 | 0,73 | -1,14 | 1,86 | 5,23 | 0,68 | -0,07 | 0,92 | -0,23 | -0,31 | 0,01 | -0,23 | |
| 78 | $(R_{17} - R)^2$ | 0,75 | 0,61 | 3,13 | 10,34 | 2,17 | 9,33 | 0,57 | 0,53 | 1,29 | 3,48 | 27,35 | 0,46 | 4,57·10 ⁻³ | 0,84 | 0,05 | 0,10 | 1,83·10 ⁻⁴ | 0,05 | |
| 79 | $R_{18} - R$ | -1,86 | -3,28 | -2,27 | -0,22 | 2,97 | 0,95 | 1,26 | -0,77 | 2,36 | -5,14 | 1,73 | 1,18 | 0,43 | 1,42 | 0,27 | 0,19 | 0,51 | 0,27 | |
| 80 | $(R_{18} - R)^2$ | 3,48 | 10,78 | 5,15 | 0,05 | 8,84 | 0,89 | 1,58 | 0,59 | 5,59 | 26,37 | 2,99 | 1,38 | 0,19 | 2,01 | 0,07 | 0,04 | 0,26 | 0,07 | |
| 81 | $R_{19} - R$ | -1,86 | -2,28 | 7,23 | -3,22 | 2,97 | -1,05 | -1,74 | -0,77 | -2,64 | -2,64 | 4,23 | -0,32 | -1,07 | -0,08 | -2,23 | -1,31 | -0,99 | -1,23 | |
| 82 | $(R_{19} - R)^2$ | 3,48 | 5,22 | 52,27 | 10,34 | 8,84 | 1,11 | 3,04 | 0,59 | 6,94 | 28,78 | 17,89 | 0,11 | 1,14 | 0,01 | 1,51 | 1,72 | 0,97 | 1,51 | |
| 83 | $R_{20} - R$ | 5,14 | 1,72 | 8,73 | 3,78 | -2,03 | -3,05 | -1,74 | 2,23 | 3,36 | -4,14 | -4,27 | 1,18 | 0,43 | 1,42 | 0,27 | 0,19 | 0,51 | 0,27 | |
| 84 | $(R_{20} - R)^2$ | 26,37 | 2,95 | 76,21 | 14,32 | 4,11 | 9,33 | 3,04 | 4,97 | 11,32 | 17,10 | 18,24 | 1,38 | 0,19 | 158,28 | 0,07 | 0,04 | 0,26 | 0,07 | |
| 85 | $R_{21} - R$ | -1,36 | -0,78 | -3,27 | 1,28 | 1,47 | 3,95 | 1,26 | -6,27 | -3,14 | 3,86 | 3,73 | -4,82 | -3,57 | 2,42 | 1,27 | 1,19 | 1,51 | 1,27 | |

| Номер строки | Эксперт (m) | Показатели качества (к) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|------------------------------|-------------------------|--------|--------|--------|--------|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------------------|--------|-------|-------|-----------------------|-------|--------|-----------------------|---------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | Σ | | | |
| 86 | $(R_{22} - \bar{R})^2$ | 1,86 | 0,61 | 10,69 | 1,65 | 2,17 | 15,57 | 9,83 | 14,94 | 13,91 | 23,27 | 12,73 | 5,85 | 1,61 | 4,41 | 2,39 | 1,61 | 2,29 | 2,39 | 1,61 | 160,92 | | |
| 87 | $(R_{22} - \bar{R})^2$ | -1,86 | -3,28 | -1,77 | -2,22 | 3,97 | 2,95 | 7,26 | 3,23 | 4,36 | 4,86 | -8,57 | 3,42 | -7,73 | -4,81 | 2,51 | -4,81 | 2,51 | 2,27 | 2,27 | 40,00 | | |
| 88 | $(R_{22} - \bar{R})^2$ | 3,48 | 10,78 | 3,13 | 4,91 | 15,78 | 8,68 | 52,66 | 10,43 | 19,05 | 23,67 | 86,94 | 11,69 | 59,75 | 23,14 | 6,32 | 5,15 | 6,32 | 5,15 | 441,35 | 441,35 | | |
| 89 | $(R_{23} - \bar{R})^2$ | 7,14 | 1,72 | 5,73 | 2,78 | -2,03 | -3,55 | -1,74 | 1,23 | 3,36 | -4,14 | -4,27 | 1,68 | 0,93 | -12,08 | 0,77 | 0,69 | 1,01 | 0,69 | 1,01 | 0,77 | 0,00 | |
| 90 | $(R_{23} - \bar{R})^2$ | 50,91 | 2,95 | 32,83 | 7,75 | 4,11 | 12,63 | 3,04 | 1,51 | 11,32 | 17,10 | 18,24 | 2,81 | 0,87 | 145,95 | 0,59 | 0,47 | 1,03 | 0,59 | 0,47 | 1,03 | 314,70 | |
| 91 | $(R_{23} - \bar{R})^2$ | -1,86 | -1,28 | 0,73 | -2,72 | 3,47 | 0,95 | 0,76 | 4,23 | -2,64 | 2,36 | 1,23 | 1,68 | 0,93 | -11,08 | 0,77 | 0,69 | 1,01 | 0,69 | 1,01 | 0,77 | 0,00 | |
| 92 | $(R_{24} - \bar{R})^2$ | 3,48 | 1,65 | 0,53 | 7,38 | 12,06 | 0,89 | 0,57 | 17,89 | 6,94 | 5,59 | 1,51 | 2,81 | 0,87 | 122,79 | 0,59 | 0,47 | 1,03 | 0,59 | 0,47 | 1,03 | 187,66 | |
| 93 | $(R_{24} - \bar{R})^2$ | -1,86 | 5,22 | 1,23 | 0,28 | -1,03 | 0,45 | 2,76 | -5,27 | -5,14 | 0,86 | -1,77 | 1,18 | 0,43 | 1,42 | 0,27 | 0,19 | 0,51 | 0,27 | 0,19 | 0,51 | 0,00 | |
| 94 | $(R_{24} - \bar{R})^2$ | 3,48 | 27,21 | 1,51 | 0,08 | 1,05 | 0,20 | 7,60 | 27,78 | 26,57 | 0,75 | 3,13 | 1,38 | 0,19 | 2,01 | 0,07 | 0,04 | 0,26 | 0,07 | 0,04 | 0,26 | 103,19 | |
| 95 | $(R_{30} - \bar{R})^2$ | -0,86 | -3,28 | -4,27 | -0,22 | 2,47 | -0,05 | -0,24 | 3,23 | 1,86 | 1,36 | -4,27 | 1,18 | 0,43 | 1,42 | 0,27 | 0,19 | 0,51 | 0,27 | 0,19 | 0,51 | 0,00 | |
| 96 | $(R_{30} - \bar{R})^2$ | 0,75 | 10,78 | 18,24 | 0,05 | 6,12 | 2,92·10 ⁻³ | 0,06 | 10,43 | 3,48 | 1,86 | 18,24 | 1,38 | 0,19 | 2,01 | 0,07 | 0,04 | 0,26 | 0,07 | 0,04 | 0,26 | 0,07 | 74,03 |
| 97 | $(R_{30} - \bar{R})^2$ | 1,64 | 6,22 | 3,73 | -3,72 | 1,47 | -2,05 | -3,24 | 3,73 | -6,14 | 0,36 | -0,77 | 1,68 | 0,93 | 1,92 | 0,77 | 0,69 | -7,99 | 0,77 | 0,69 | -7,99 | 0,00 | |
| 98 | $(R_{31} - \bar{R})^2$ | 2,67 | 38,64 | 13,91 | 13,81 | 2,17 | 4,22 | 10,52 | 13,91 | 37,64 | 0,13 | 0,59 | 2,81 | 0,87 | 3,68 | 0,59 | 0,47 | 63,78 | 0,59 | 0,47 | 63,78 | 211,03 | |
| 99 | $(R_{31} - \bar{R})^2$ | -1,86 | -2,38 | 3,73 | 1,28 | 1,47 | 7,45 | 4,76 | -4,77 | 2,36 | 1,86 | 4,73 | -10,82 | 1,93 | 2,92 | 1,77 | 1,69 | -7,99 | 1,69 | -7,99 | -8,23 | 0,00 | |
| 100 | $(R_{32} - \bar{R})^2$ | 3,48 | 5,22 | 13,91 | 1,65 | 2,17 | 59,44 | 22,63 | 22,76 | 5,59 | 3,48 | 22,37 | 117,17 | 3,73 | 8,52 | 3,13 | 2,85 | 63,78 | 2,85 | 63,78 | 67,73 | 425,61 | |
| 101 | $(R_{32} - \bar{R})^2$ | -0,86 | 4,72 | 0,73 | -1,22 | -3,03 | -3,05 | -0,74 | 3,23 | -0,64 | -1,14 | -2,27 | 1,18 | 0,43 | 1,42 | 0,27 | 0,19 | 0,51 | 0,27 | 0,19 | 0,51 | 0,00 | |
| 102 | $(R_{32} - \bar{R})^2$ | 0,75 | 22,24 | 0,53 | 1,48 | 9,16 | 9,33 | 0,55 | 10,43 | 0,40 | 1,29 | 5,15 | 1,38 | 0,19 | 2,01 | 0,07 | 0,04 | 0,26 | 0,07 | 0,04 | 0,26 | 0,07 | 65,35 |
| 103 | $(R_{30} - \bar{R})^2$ | -1,86 | -2,28 | -0,27 | -3,22 | -1,03 | -0,05 | 1,26 | 2,23 | 0,36 | -1,14 | 1,73 | 1,18 | 0,43 | 1,42 | 0,27 | 0,19 | 0,51 | 0,27 | 0,19 | 0,51 | 0,00 | |
| 104 | $(R_{30} - \bar{R})^2$ | 3,48 | 5,22 | 0,07 | 10,34 | 1,05 | 2,92·10 ⁻³ | 1,58 | 4,97 | 0,13 | 1,29 | 2,99 | 1,38 | 0,19 | 2,01 | 0,07 | 0,04 | 0,26 | 0,07 | 0,04 | 0,26 | 0,07 | 35,16 |
| 105 | $(R_{31} - \bar{R})^2$ | -1,36 | -1,78 | 0,23 | -3,72 | -1,53 | -0,05 | -1,24 | 0,23 | 2,36 | 1,86 | 0,73 | 1,18 | 0,43 | 1,42 | 0,27 | 0,19 | 0,51 | 0,27 | 0,19 | 0,51 | 0,00 | |
| 106 | $(R_{31} - \bar{R})^2$ | 1,86 | 3,18 | 0,05 | 13,81 | 2,33 | 2,92·10 ⁻³ | 1,55 | 0,05 | 5,59 | 3,48 | 0,53 | 1,38 | 0,19 | 2,01 | 0,07 | 0,04 | 0,26 | 0,07 | 0,04 | 0,26 | 0,07 | 36,47 |
| 107 | $(R_{32} - \bar{R})^2$ | 4,64 | 2,22 | 1,23 | -1,72 | -3,53 | -3,55 | -0,24 | 3,23 | -4,14 | -0,64 | -1,77 | 1,18 | 0,43 | 1,42 | 0,27 | 0,19 | 0,51 | 0,27 | 0,19 | 0,51 | 0,00 | |
| 108 | $(R_{32} - \bar{R})^2$ | 21,48 | 4,91 | 1,51 | 2,95 | 12,44 | 12,63 | 0,06 | 10,43 | 17,10 | 0,40 | 3,13 | 1,38 | 0,19 | 2,01 | 0,07 | 0,04 | 0,26 | 0,07 | 0,04 | 0,26 | 0,07 | 91,08 |
| 109 | $(R_{32} - \bar{R})^2$ | -1,86 | -2,28 | -1,27 | 2,28 | -2,03 | -2,05 | 1,26 | -1,77 | -0,14 | 2,36 | 1,23 | 1,18 | 0,43 | 1,42 | 0,27 | 0,19 | 0,51 | 0,27 | 0,19 | 0,51 | 0,00 | |
| 110 | $(R_{30} - \bar{R})^2$ | 3,48 | 5,22 | 1,61 | 5,22 | 4,11 | 4,22 | 1,58 | 3,13 | 0,02 | 5,59 | 1,51 | 1,38 | 0,19 | 2,01 | 0,07 | 0,04 | 0,26 | 0,07 | 0,04 | 0,26 | 0,07 | 39,72 |
| 111 | $(R_{30} - \bar{R})^2$ | 2,64 | -3,28 | -4,27 | -3,22 | 0,47 | 0,45 | 5,26 | -2,27 | 5,36 | 4,86 | 3,73 | -0,82 | -1,57 | -0,58 | -1,73 | -1,81 | -1,49 | -1,73 | -1,81 | -1,49 | -1,73 | 0,00 |
| 112 | $(R_{31} - \bar{R})^2$ | 6,94 | 10,78 | 18,24 | 10,34 | 0,22 | 0,20 | 27,63 | 5,15 | 28,78 | 23,67 | 13,91 | 0,68 | 2,46 | 0,34 | 2,99 | 3,28 | 2,21 | 2,99 | 3,28 | 2,21 | 2,99 | 160,82 |
| 113 | $(R_{31} - \bar{R})^2$ | 11,64 | -1,78 | -2,77 | -1,72 | -1,53 | -1,55 | 0,76 | 0,73 | -4,14 | 0,36 | -0,77 | 0,68 | -0,07 | 0,92 | -0,23 | -0,31 | 0,01 | -0,23 | -0,31 | 0,01 | -0,23 | 0,00 |
| 114 | $(R_{31} - \bar{R})^2$ | 135,38 | 3,18 | 7,67 | 2,95 | 2,33 | 2,42 | 0,57 | 0,53 | 17,10 | 0,13 | 0,59 | 0,46 | 4,57·10 ⁻³ | 0,84 | 0,05 | 0,10 | 1,83·10 ⁻⁴ | 0,05 | 0,10 | 1,83·10 ⁻⁴ | 0,05 | 174,36 |
| 115 | $(R_{30} - \bar{R})^2$ | -1,86 | 1,72 | 1,73 | -0,22 | 0,97 | -2,05 | -3,74 | -5,77 | 3,36 | 0,86 | 0,73 | 1,18 | 0,43 | 1,42 | 0,27 | 0,19 | 0,51 | 0,27 | 0,19 | 0,51 | 0,00 | |
| 116 | $(R_{30} - \bar{R})^2$ | 3,48 | 2,95 | 2,99 | 0,05 | 0,95 | 4,22 | 14,01 | 33,30 | 11,32 | 0,75 | 0,53 | 1,38 | 0,19 | 2,01 | 0,07 | 0,04 | 0,26 | 0,07 | 0,04 | 0,26 | 0,07 | 78,57 |
| 117 | $(R_{30} - \bar{R})^2$ | -1,86 | 4,72 | 4,73 | 0,78 | 0,97 | 2,95 | -1,74 | -5,77 | 1,36 | -4,64 | -5,77 | 1,18 | 0,43 | 1,42 | 0,27 | 0,19 | 0,51 | 0,27 | 0,19 | 0,51 | 0,00 | |
| 118 | $(R_{30} - \bar{R})^2$ | 3,48 | 22,24 | 22,37 | 0,61 | 0,95 | 8,68 | 3,04 | 33,30 | 1,86 | 21,48 | 33,30 | 1,38 | 0,19 | 2,01 | 0,07 | 0,04 | 0,26 | 0,07 | 0,04 | 0,26 | 0,07 | 155,34 |
| 119 | $\Sigma(R_{ij} - \bar{R})^2$ | 343,82 | 304,27 | 423,30 | 253,77 | 197,97 | 523,39 | 233,81 | 479,30 | 478,32 | 326,82 | 331,80 | 368,11 | 100,58 | 618,76 | 72,80 | 35,18 | 147,74 | 82,80 | 147,74 | 82,80 | 5122,54 | |
| 120 | σ_{Rk} | 3,09 | 2,91 | 3,43 | 2,66 | 2,35 | 3,00 | 2,55 | 3,65 | 3,65 | 3,01 | 3,04 | 3,20 | 1,67 | 4,13 | 1,42 | 0,99 | 2,03 | 0,99 | 2,03 | 1,52 | - | |

MIN MAX

ПРИЛОЖЕНИЕ И

(обязательное)

Результаты обработки оценок по группам экспертов

| Номер строки | Эксперт (m) | Показатели качества (ε) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|---------------------------|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|----------|----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| | | X_1 | X_2 | X_3 | X_4 | X_5 | X_6 | X_7 | X_8 | X_9 | X_{10} | X_{11} | X_{12} | X_{13} | X_{14} | X_{15} | X_{16} | X_{17} | X_{18} |
| 32 | $R_7 - \bar{R}$ | -1,00 | -2,00 | 4,29 | 1,79 | -3,00 | 5,33 | -3,58 | -1,54 | 3,38 | -1,63 | -2,33 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| 33 | $(R_7 - \bar{R})^2$ | 1,00 | 4,00 | 18,42 | 3,21 | 9,00 | 28,44 | 12,84 | 2,38 | 11,39 | 2,64 | 5,44 | 1,74·10 ⁻³ |
| 34 | $R_8 - \bar{R}$ | 0,50 | 1,00 | 4,29 | -3,71 | 1,00 | -3,17 | -1,58 | 2,46 | -4,13 | 2,38 | 0,67 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| 35 | $(R_8 - \bar{R})^2$ | 0,25 | 1,00 | 18,42 | 13,75 | 1,00 | 10,03 | 2,51 | 6,04 | 17,02 | 5,64 | 0,44 | 1,74·10 ⁻³ |
| 36 | $R_9 - \bar{R}$ | -1,00 | 3,50 | -2,71 | -2,71 | 3,50 | 2,83 | 0,92 | 5,96 | -3,13 | -1,13 | -2,83 | -0,46 | -0,46 | -0,46 | -0,46 | -0,46 | -0,46 | -0,46 |
| 37 | $(R_9 - \bar{R})^2$ | 1,00 | 12,25 | 7,34 | 7,34 | 12,25 | 8,03 | 0,84 | 35,50 | 9,77 | 1,27 | 8,03 | 2,10·10 ⁻¹ |
| 38 | $R_{10} - \bar{R}$ | -1,00 | -2,50 | -2,21 | 0,29 | 1,50 | 0,83 | -1,08 | -2,04 | 4,38 | -0,13 | 1,67 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| 39 | $(R_{10} - \bar{R})^2$ | 1,00 | 6,25 | 4,88 | 0,09 | 2,25 | 0,69 | 1,17 | 4,17 | 19,14 | 0,02 | 2,78 | 1,74·10 ⁻³ |
| 40 | $R_{11} - \bar{R}$ | -1,00 | 2,50 | 2,79 | -3,21 | 1,00 | -2,67 | 1,42 | 1,46 | -1,63 | -3,63 | 2,67 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| 41 | $(R_{11} - \bar{R})^2$ | 1,00 | 6,25 | 7,79 | 10,29 | 1,00 | 7,11 | 2,01 | 2,13 | 2,64 | 13,14 | 7,11 | 1,74·10 ⁻³ |
| 42 | $R_{12} - \bar{R}$ | 1,00 | 2,00 | 2,29 | 4,29 | -2,00 | 4,83 | 1,42 | -5,54 | 0,38 | -3,63 | -5,33 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| 43 | $(R_{12} - \bar{R})^2$ | 1,00 | 4,00 | 5,25 | 18,42 | 4,00 | 23,36 | 2,01 | 30,71 | 0,14 | 13,14 | 28,44 | 1,74·10 ⁻³ |
| 44 | $\Sigma(R_i - \bar{R})^2$ | 39,00 | 87,50 | 78,23 | 89,73 | 76,50 | 100,67 | 34,92 | 159,23 | 101,06 | 55,56 | 61,67 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 |
| 45 | σ_R | 1,88 | 2,82 | 2,67 | 2,86 | 2,64 | 3,03 | 1,78 | 3,46 | 3,03 | 2,25 | 2,37 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,14 |

MAX

MIN

-

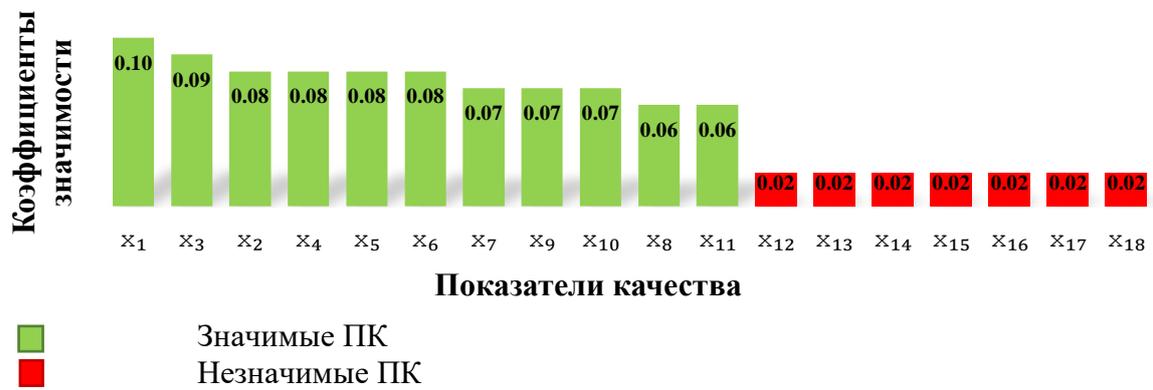


Рис. И.1. Гистограмма значимости ПК ТНМ по данным первой группы экспертов

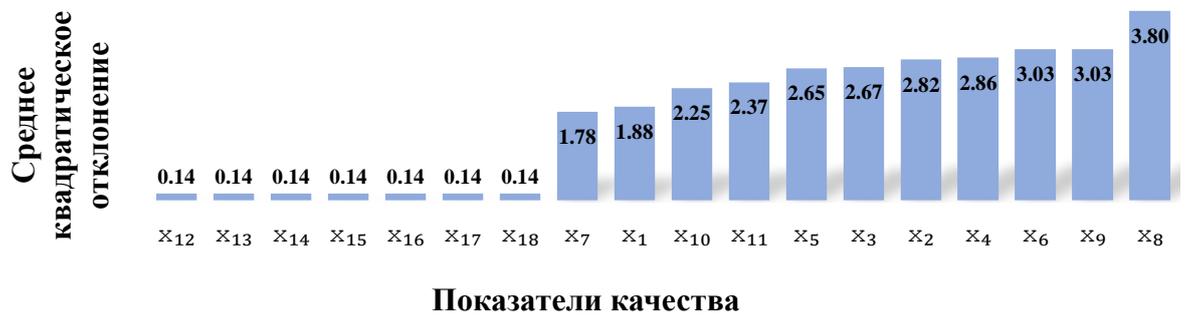


Рис. И.2. Гистограмма уровня согласованности мнений экспертов первой группы по отдельным ПК

| Номер строки | Эксперт (m) | Показатели качества (x _i) | | | | | | | | | | | | | | | | | | Σ |
|--------------|---------------------------|---------------------------------------|---------|--------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|----------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | |
| 29 | $\sum S_{ij}$ несл. № | 37,50 | 57,00 | 85,00 | 62,00 | 57,50 | 48,50 | 75,00 | 82,00 | 93,00 | 95,50 | 113,00 | 146,50 | 159,00 | 111,50 | 164,00 | 164,00 | 164,00 | 164,00 | 1881,00 |
| 30 | $S_{ii} - S_{0i}$ | -67,00 | -47,50 | -19,50 | -42,50 | -47,00 | -56,00 | -29,50 | -22,50 | -9,00 | -9,00 | 8,50 | 42,00 | 54,50 | 7,00 | 59,50 | 59,50 | 59,50 | 59,50 | 0,00 |
| 31 | $(S_{ij} - S_{0i})^2$ | 4489,00 | 2256,25 | 380,25 | 1806,25 | 2209,00 | 3136,00 | 870,25 | 506,25 | 90,25 | 81,00 | 72,25 | 1764,00 | 2970,25 | 49,00 | 3540,25 | 3540,25 | 3540,25 | 3540,25 | 34841,00 |
| 32 | $R(S_{ij})$ | 1,00 | 6,00 | 2,00 | 5,00 | 4,00 | 7,00 | 8,00 | 3,00 | 9,00 | 10,00 | 14,00 | 11,00 | 12,00 | 13,00 | 15,00 | 16,00 | 17,00 | 18,00 | 171,00 |
| 33 | $R_{37} - R(S_{ij})$ | 0,00 | -4,00 | 2,50 | -2,00 | 5,00 | 1,00 | 7,00 | 8,00 | 3,00 | 3,00 | 0,00 | -6,50 | -6,00 | 4,00 | -8,00 | -6,00 | 0,00 | -1,00 | 0,00 |
| 34 | d^2 | 0,00 | 16,00 | 6,25 | 4,00 | 25,00 | 1,00 | 49,00 | 64,00 | 9,00 | 9,00 | 0,00 | 42,25 | 36,00 | 16,00 | 64,00 | 36,00 | 0,00 | 1,00 | 378,50 |
| 35 | Z_{0i} | 0,10 | 0,08 | 0,07 | 0,08 | 0,08 | 0,09 | 0,07 | 0,07 | 0,06 | 0,06 | 0,05 | 0,03 | 0,02 | 0,05 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 1,00 |
| 36 | $\sum Z_{0i}$ | 0,10 | 0,08 | 0,07 | 0,08 | 0,08 | 0,09 | 0,07 | 0,07 | 0,06 | 0,06 | 0,05 | 0,03 | 0,02 | 0,05 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 1,00 |
| 37 | Z_{0i} | 0,12 | 0,11 | 0,09 | 0,11 | 0,11 | 0,12 | 0,10 | 0,09 | 0,08 | 0,08 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,76 |
| 38 | \bar{R}_i | 3,41 | 5,18 | 7,73 | 5,64 | 5,23 | 4,41 | 6,82 | 7,45 | 8,64 | 8,68 | 10,27 | 13,32 | 14,45 | 10,14 | 14,91 | 14,91 | 14,91 | 14,91 | 86,77 |
| 39 | $R_{13} - \bar{R}$ | -1,41 | -0,18 | -2,73 | -0,64 | -3,23 | 5,59 | 1,18 | 3,55 | -6,64 | -0,68 | -2,27 | 1,68 | 0,55 | 4,86 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,00 |
| 40 | $(R_{13} - \bar{R})^2$ | 1,99 | 0,03 | 7,44 | 0,40 | 10,42 | 31,26 | 1,40 | 12,57 | 44,04 | 0,46 | 5,17 | 2,83 | 0,30 | 23,65 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 141,99 |
| 41 | $R_{14} - \bar{R}$ | 2,59 | 1,82 | 0,27 | 4,36 | -3,23 | -3,41 | -1,82 | 1,55 | 5,86 | 5,82 | 4,23 | -9,32 | 0,05 | -7,14 | -0,41 | -0,41 | -0,41 | -0,41 | 0,00 |
| 42 | $(R_{14} - \bar{R})^2$ | 6,71 | 3,31 | 0,07 | 19,04 | 10,42 | 11,62 | 3,31 | 2,39 | 34,38 | 33,85 | 17,87 | 86,83 | 0,00 | 50,93 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 281,40 |
| 43 | $R_{15} - \bar{R}$ | -1,41 | -1,18 | -4,73 | 2,36 | -0,23 | 1,59 | 0,18 | -6,45 | 5,86 | 0,32 | -0,27 | 1,18 | 0,05 | 4,36 | -0,41 | -0,41 | -0,41 | -0,41 | 0,00 |
| 44 | $(R_{15} - \bar{R})^2$ | 1,99 | 1,40 | 22,35 | 5,59 | 0,05 | 2,53 | 0,03 | 41,66 | 34,38 | 0,10 | 0,07 | 1,40 | 0,00 | 19,04 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 131,26 |
| 45 | $R_{16} - \bar{R}$ | -0,41 | 3,82 | 2,27 | -1,64 | -0,23 | -3,41 | -4,82 | -1,45 | 2,36 | -1,68 | -2,27 | 1,68 | 0,55 | 4,86 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,00 |
| 46 | $(R_{16} - \bar{R})^2$ | 0,17 | 14,58 | 5,17 | 2,68 | 0,05 | 11,62 | 23,21 | 2,12 | 5,59 | 2,83 | 5,17 | 2,83 | 0,30 | 23,65 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 99,99 |
| 47 | $R_{17} - \bar{R}$ | -1,41 | -0,68 | -3,23 | -3,64 | 1,27 | -2,41 | 1,68 | 1,05 | -2,14 | 1,32 | 4,23 | 1,18 | 0,05 | 4,36 | -0,41 | -0,41 | -0,41 | -0,41 | 0,00 |
| 48 | $(R_{17} - \bar{R})^2$ | 1,99 | 0,46 | 10,42 | 13,22 | 1,62 | 5,80 | 2,83 | 1,09 | 4,56 | 1,74 | 17,87 | 1,40 | 0,00 | 19,04 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 82,71 |
| 49 | $R_{18} - \bar{R}$ | -2,41 | -3,18 | -3,73 | -0,64 | 2,77 | 1,59 | 2,18 | -0,45 | 1,36 | -5,68 | 0,73 | 1,68 | 0,55 | 4,86 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,00 |
| 50 | $(R_{18} - \bar{R})^2$ | 5,80 | 10,12 | 13,89 | 0,40 | 7,69 | 2,53 | 4,76 | 0,21 | 1,86 | 32,28 | 0,53 | 2,83 | 0,30 | 23,65 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 106,90 |
| 51 | $R_{19} - \bar{R}$ | -2,41 | -2,18 | 5,77 | -3,64 | 2,77 | -0,41 | -0,82 | -0,45 | -3,64 | 4,82 | 3,23 | 0,18 | -0,95 | 3,36 | -1,41 | -1,41 | -1,41 | -1,41 | 0,00 |
| 52 | $(R_{19} - \bar{R})^2$ | 5,80 | 4,76 | 33,32 | 13,22 | 7,69 | 0,17 | 0,67 | 0,21 | 13,22 | 23,21 | 10,42 | 0,03 | 0,91 | 11,31 | 1,99 | 1,99 | 1,99 | 1,99 | 132,90 |
| 53 | $R_{20} - \bar{R}$ | 4,59 | 1,82 | 7,27 | 3,36 | -2,23 | -2,41 | -0,82 | 2,55 | 2,36 | -4,68 | -5,27 | 1,68 | 0,55 | -9,14 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,00 |
| 54 | $(R_{20} - \bar{R})^2$ | 21,08 | 3,31 | 52,89 | 11,31 | 4,96 | 5,80 | 0,67 | 6,48 | 5,59 | 21,92 | 27,80 | 2,83 | 0,30 | 83,47 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 248,44 |
| 55 | $R_{21} - \bar{R}$ | -1,91 | -0,68 | -4,73 | 0,86 | 1,27 | 4,59 | 2,18 | -5,95 | -4,14 | 3,32 | 2,73 | -4,32 | -3,45 | 5,86 | 1,09 | 1,09 | 1,09 | 1,09 | 0,00 |
| 56 | $(R_{21} - \bar{R})^2$ | 3,64 | 0,46 | 22,35 | 0,75 | 1,62 | 21,08 | 4,76 | 35,46 | 17,11 | 11,01 | 7,44 | 18,65 | 11,93 | 34,38 | 1,19 | 1,19 | 1,19 | 1,19 | 195,40 |
| 57 | $R_{23} - \bar{R}$ | 6,59 | 1,82 | 4,27 | 2,36 | -2,23 | -2,91 | -0,82 | 1,55 | 2,36 | -4,68 | -5,27 | 2,18 | 1,05 | -8,64 | 0,59 | 0,59 | 0,59 | 0,59 | 0,00 |
| 58 | $(R_{23} - \bar{R})^2$ | 43,44 | 3,31 | 18,26 | 5,59 | 4,96 | 8,46 | 0,67 | 2,39 | 5,59 | 21,92 | 27,80 | 4,76 | 1,09 | 74,59 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 224,21 |
| 59 | $R_{24} - \bar{R}$ | -2,41 | -1,18 | -3,23 | -3,14 | 3,27 | 1,59 | 1,68 | 4,55 | -3,64 | 1,82 | 0,23 | 2,18 | 1,05 | -7,64 | 0,59 | 0,59 | 0,59 | 0,59 | 0,00 |
| 60 | $(R_{24} - \bar{R})^2$ | 5,80 | 1,40 | 0,53 | 9,84 | 10,71 | 2,53 | 2,83 | 20,66 | 13,22 | 3,31 | 0,05 | 4,76 | 1,09 | 58,31 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 136,44 |
| 61 | $\Sigma(R_i - \bar{R})^2$ | 98,41 | 43,14 | 186,68 | 82,05 | 60,18 | 103,41 | 45,14 | 125,23 | 179,55 | 152,64 | 120,18 | 129,14 | 16,23 | 422,05 | 4,41 | 4,41 | 4,41 | 4,41 | 1781,64 |
| 62 | σ_R | 2,99 | 1,98 | 4,12 | 2,73 | 2,34 | 3,07 | 2,03 | 3,37 | 4,04 | 3,73 | 3,31 | 3,43 | 1,21 | 6,63 | 0,63 | 0,63 | 0,63 | 0,63 | — |

MIN

MAX

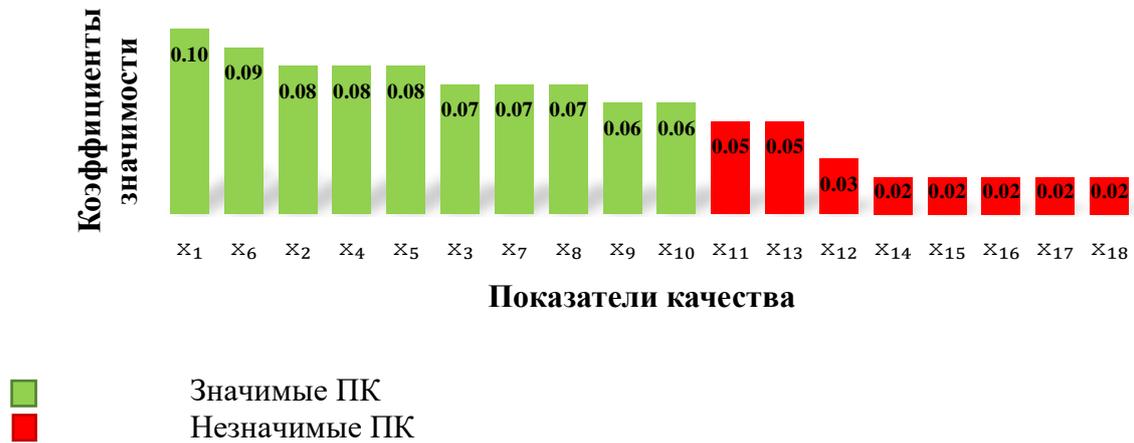


Рис. И.3. Гистограмма значимости ПК ТНМ по данным второй группы экспертов

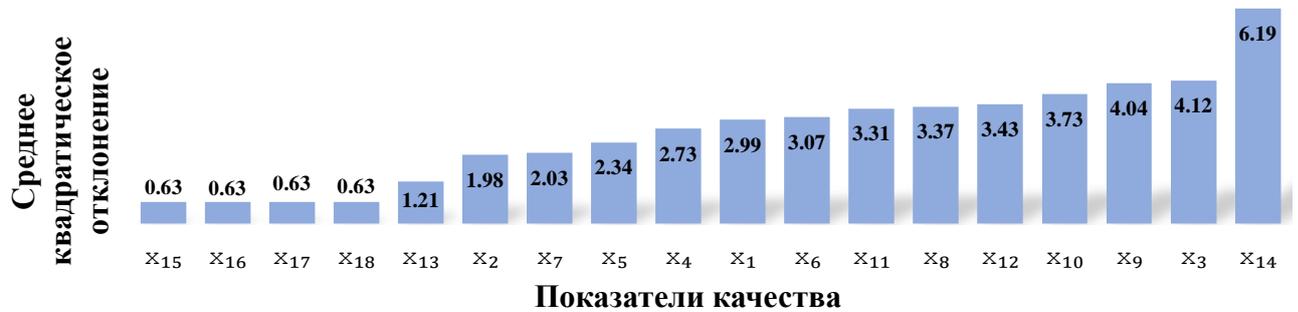


Рис. И.4. Гистограмма уровня согласованности мнений экспертов второй группы по отдельным ПК

Табл. И.3. Результаты обработки экспертных оценок. Производители одежды

| Номер строки | Эксперт (m) | Показатели качества (x) | | | | | | | | | | | | | | | | | | Σ | |
|--------------|------------------------|-------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | | |
| | | x_1 | x_2 | x_3 | x_4 | x_5 | x_6 | x_7 | x_8 | x_9 | x_{10} | x_{11} | x_{12} | x_{13} | x_{14} | x_{15} | x_{16} | x_{17} | x_{18} | | |
| 1 | 25 | 1,00 | 10,50 | 7,50 | 5,50 | 4,00 | 5,50 | 10,50 | 2,50 | 9,00 | 7,50 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 171,00 |
| 2 | 26 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 5,00 | 7,50 | 5,00 | 7,50 | 11,00 | 9,50 | 5,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 171,00 |
| 3 | 27 | 4,50 | 11,50 | 10,00 | 1,50 | 6,50 | 3,00 | 4,50 | 11,50 | 1,50 | 8,50 | 15,50 | 15,50 | 15,50 | 15,50 | 15,50 | 15,50 | 15,50 | 15,50 | 15,50 | 171,00 |
| 4 | 28 | 1,00 | 3,00 | 10,00 | 6,50 | 6,50 | 12,50 | 12,50 | 3,00 | 10,00 | 14,00 | 3,00 | 16,50 | 16,50 | 16,50 | 16,50 | 16,50 | 16,50 | 16,50 | 16,50 | 171,00 |
| 5 | 29 | 2,00 | 10,00 | 7,00 | 4,00 | 2,00 | 2,00 | 7,00 | 11,00 | 7,00 | 7,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 171,00 |
| 6 | 30 | 1,00 | 3,00 | 6,00 | 2,00 | 4,00 | 5,00 | 9,00 | 10,00 | 8,00 | 7,00 | 11,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 171,00 |
| 7 | 31 | 1,50 | 3,50 | 6,50 | 1,50 | 3,50 | 5,00 | 6,50 | 8,00 | 10,00 | 10,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 171,00 |
| 8 | 32 | 7,50 | 7,50 | 7,50 | 3,50 | 1,50 | 1,50 | 7,50 | 11,00 | 3,50 | 7,50 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 171,00 |
| 9 | 33 | 1,00 | 3,00 | 5,00 | 7,50 | 3,00 | 3,00 | 9,00 | 6,00 | 7,50 | 10,50 | 13,00 | 13,00 | 13,00 | 13,00 | 13,00 | 13,00 | 13,00 | 13,00 | 13,00 | 171,00 |
| 10 | 34 | 5,50 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 5,50 | 5,50 | 13,00 | 5,50 | 13,00 | 13,00 | 13,00 | 13,00 | 13,00 | 13,00 | 13,00 | 13,00 | 13,00 | 13,00 | 13,00 | 171,00 |
| 11 | 35 | 14,50 | 3,50 | 3,50 | 3,50 | 3,50 | 3,50 | 8,50 | 8,50 | 3,50 | 8,50 | 14,50 | 14,50 | 14,50 | 14,50 | 14,50 | 14,50 | 14,50 | 14,50 | 14,50 | 171,00 |
| 12 | 36 | 1,00 | 7,00 | 8,00 | 5,00 | 6,00 | 3,00 | 4,00 | 2,00 | 11,00 | 9,00 | 10,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 171,00 |
| 13 | 37 | 1,00 | 10,00 | 11,00 | 6,00 | 6,00 | 8,00 | 6,00 | 2,00 | 9,00 | 3,50 | 3,50 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 171,00 |
| 14 | Σ | 43,50 | 76,50 | 86,00 | 53,50 | 59,50 | 62,50 | 105,50 | 92,00 | 96,00 | 113,00 | 116,00 | 181,00 | 194,50 | 194,50 | 194,50 | 194,50 | 175,50 | 184,50 | 184,50 | 2223,00 |
| 15 | $S_i - \bar{S}$ | -80,00 | -47,00 | -37,50 | -70,00 | -64,00 | -61,00 | -18,00 | -31,50 | -27,50 | -10,50 | -7,50 | 57,50 | 71,00 | 71,00 | 71,00 | 71,00 | 71,00 | 52,00 | 61,00 | 0,00 |
| 16 | $(S_i - \bar{S})^2$ | 6400,00 | 2209,00 | 1406,25 | 4900,00 | 4096,00 | 3721,00 | 324,00 | 992,25 | 756,25 | 110,25 | 56,25 | 3306,25 | 5041,00 | 5041,00 | 5041,00 | 5041,00 | 2704,00 | 3721,00 | 3721,00 | 54866,50 |
| 17 | Z_{0i} | 0,10 | 0,08 | 0,07 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,06 | 0,07 | 0,07 | 0,06 | 0,06 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 1,00 |
| 18 | ΣZ_{0i} | 0,10 | 0,08 | 0,07 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,06 | 0,07 | 0,07 | 0,06 | 0,06 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,84 |
| 19 | Z_{0i} | 0,11 | 0,09 | 0,09 | 0,11 | 0,10 | 0,10 | 0,08 | 0,09 | 0,08 | 0,07 | 0,07 | — | — | — | — | — | — | — | — | 1,00 |
| 20 | \bar{R}_i | 3,35 | 5,88 | 6,62 | 4,12 | 4,58 | 4,81 | 8,12 | 7,08 | 7,38 | 8,69 | 8,92 | 13,92 | 14,96 | 14,96 | 14,96 | 14,96 | 13,50 | 14,19 | 14,19 | 83,46 |
| 21 | $R_{35} - \bar{R}$ | -2,35 | 4,62 | 0,88 | 1,38 | -0,58 | 0,69 | 2,38 | -4,58 | -4,88 | 0,31 | -1,42 | 1,08 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 1,50 | 0,81 | 0,00 |
| 22 | $(R_{35} - \bar{R})^2$ | 5,50 | 21,30 | 0,78 | 1,92 | 0,33 | 0,48 | 5,69 | 20,95 | 23,86 | 0,09 | 2,03 | 1,16 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,25 | 0,65 | 0,00 |
| 23 | $R_{36} - \bar{R}$ | -1,35 | -3,88 | -4,62 | 0,88 | 2,92 | 0,19 | -0,62 | 3,92 | 2,12 | 0,81 | -3,92 | 1,08 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 1,50 | 0,81 | 0,00 |
| 24 | $(R_{36} - \bar{R})^2$ | 1,81 | 15,09 | 21,30 | 0,78 | 8,54 | 0,04 | 0,38 | 15,39 | 4,47 | 0,65 | 15,39 | 1,16 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,25 | 0,65 | 0,00 |
| 25 | $R_{37} - \bar{R}$ | 1,15 | 5,62 | 3,38 | -2,62 | 1,92 | -1,81 | -3,62 | 4,42 | -5,88 | -0,19 | -0,42 | 1,58 | 0,54 | 0,54 | 0,54 | 0,54 | 0,54 | -7,00 | 1,31 | 0,00 |
| 26 | $(R_{37} - \bar{R})^2$ | 1,33 | 31,53 | 11,46 | 6,84 | 3,70 | 3,27 | 13,07 | 19,56 | 34,63 | 0,04 | 0,18 | 2,49 | 0,29 | 0,29 | 0,29 | 0,29 | 0,29 | 49,00 | 1,71 | 179,96 |
| 27 | $R_{38} - \bar{R}$ | -2,35 | -2,88 | 3,38 | 2,38 | 1,92 | 7,69 | 4,38 | -4,08 | 2,62 | 1,31 | 5,08 | -10,92 | 1,54 | 1,54 | 1,54 | 1,54 | 1,54 | -7,00 | -7,69 | 0,00 |
| 28 | $(R_{38} - \bar{R})^2$ | 5,50 | 8,32 | 11,46 | 5,69 | 3,70 | 59,17 | 19,22 | 16,62 | 6,84 | 1,71 | 25,78 | 119,31 | 2,37 | 2,37 | 2,37 | 2,37 | 2,37 | 49,00 | 59,17 | 400,96 |

| Номер строки | Эксперт (m) | Показатели качества (x _i) | | | | | | | | | | | | | | | | | | Σ |
|--------------|---------------------------|---------------------------------------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------|-------|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | |
| 29 | $R_{29} - \bar{R}$ | -1,35 | 4,12 | 0,38 | -0,12 | -2,58 | -2,81 | -1,12 | 3,92 | -0,38 | -1,69 | -1,92 | 1,08 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 1,50 | 0,81 | |
| 30 | $(R_{30} - \bar{R})^2$ | 1,81 | 16,94 | 0,15 | 0,01 | 6,64 | 7,88 | 1,24 | 15,39 | 0,15 | 2,86 | 3,70 | 1,16 | 1,48·10 ⁻³ | 1,48·10 ⁻³ | 1,48·10 ⁻³ | 1,48·10 ⁻³ | 2,25 | 0,65 | |
| 31 | $R_{31} - \bar{R}$ | -2,35 | -2,88 | -0,62 | -2,12 | -0,58 | 0,19 | 0,88 | 2,92 | 0,62 | -1,69 | 2,08 | 1,08 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 1,50 | 0,81 | |
| 32 | $(R_{32} - \bar{R})^2$ | 5,50 | 8,32 | 0,38 | 4,47 | 0,33 | 0,04 | 0,78 | 8,54 | 0,38 | 2,86 | 4,31 | 1,16 | 1,48·10 ⁻³ | 1,48·10 ⁻³ | 1,48·10 ⁻³ | 1,48·10 ⁻³ | 2,25 | 0,65 | |
| 33 | $R_{33} - \bar{R}$ | -1,85 | -2,38 | -0,12 | -2,62 | -1,08 | 0,19 | -1,62 | 0,92 | 2,62 | 1,31 | 1,08 | 1,08 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 1,50 | 0,81 | |
| 34 | $(R_{34} - \bar{R})^2$ | 3,41 | 5,69 | 0,01 | 6,84 | 1,16 | 0,04 | 2,61 | 0,85 | 6,84 | 1,71 | 1,16 | 1,16 | 1,48·10 ⁻³ | 1,48·10 ⁻³ | 1,48·10 ⁻³ | 1,48·10 ⁻³ | 2,25 | 0,65 | |
| 35 | $R_{35} - \bar{R}$ | 4,15 | 1,62 | 0,88 | -0,62 | -3,08 | -3,31 | -0,62 | 3,92 | -3,88 | -1,19 | -1,42 | 1,08 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 1,50 | 0,81 | |
| 36 | $(R_{36} - \bar{R})^2$ | 17,25 | 2,61 | 0,78 | 0,38 | 9,47 | 10,94 | 0,38 | 15,39 | 15,09 | 1,42 | 2,03 | 1,16 | 1,48·10 ⁻³ | 1,48·10 ⁻³ | 1,48·10 ⁻³ | 1,48·10 ⁻³ | 2,25 | 0,65 | |
| 37 | $R_{37} - \bar{R}$ | -2,35 | -2,88 | -1,62 | 3,38 | -1,58 | -1,81 | 0,88 | -1,08 | 0,12 | 1,81 | 1,58 | 1,08 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 1,50 | 0,81 | |
| 38 | $(R_{38} - \bar{R})^2$ | 5,50 | 8,32 | 2,61 | 11,46 | 2,49 | 3,27 | 0,78 | 1,16 | 0,01 | 3,27 | 2,49 | 1,16 | 1,48·10 ⁻³ | 1,48·10 ⁻³ | 1,48·10 ⁻³ | 1,48·10 ⁻³ | 2,25 | 0,65 | |
| 39 | $R_{39} - \bar{R}$ | 2,15 | -3,88 | -4,62 | -2,12 | 0,92 | 0,69 | 4,88 | -1,58 | 5,62 | 4,31 | 4,08 | -0,92 | -1,96 | -1,96 | -1,96 | -1,96 | -0,50 | -1,19 | |
| 40 | $(R_{40} - \bar{R})^2$ | 4,64 | 15,09 | 21,30 | 4,47 | 0,85 | 0,48 | 23,86 | 2,49 | 31,53 | 18,56 | 16,62 | 0,85 | 3,85 | 3,85 | 3,85 | 3,85 | 0,25 | 1,42 | |
| 41 | $R_{41} - \bar{R}$ | 11,15 | -2,38 | -3,12 | -0,62 | -1,08 | -1,31 | 0,38 | 1,42 | -3,88 | -0,19 | -0,42 | 0,58 | -0,46 | -0,46 | -0,46 | -0,46 | 1,00 | 0,31 | |
| 42 | $(R_{42} - \bar{R})^2$ | 124,41 | 5,69 | 9,71 | 0,38 | 1,16 | 1,71 | 0,15 | 2,03 | 15,09 | 0,04 | 0,18 | 0,33 | 0,21 | 0,21 | 0,21 | 0,21 | 1,00 | 0,09 | |
| 43 | $R_{43} - \bar{R}$ | -2,35 | 1,12 | 1,38 | 0,88 | 1,42 | -1,81 | -4,12 | -5,08 | 3,62 | 0,31 | 1,08 | 1,08 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 1,50 | 0,81 | |
| 44 | $(R_{44} - \bar{R})^2$ | 5,50 | 1,24 | 1,92 | 0,78 | 2,03 | 3,27 | 16,94 | 25,78 | 13,07 | 0,09 | 1,16 | 1,16 | 1,48·10 ⁻³ | 1,48·10 ⁻³ | 1,48·10 ⁻³ | 1,48·10 ⁻³ | 2,25 | 0,65 | |
| 45 | $R_{45} - \bar{R}$ | -2,35 | 4,12 | 4,38 | 1,88 | 1,42 | 3,19 | -2,12 | -5,08 | 1,62 | -5,19 | -5,42 | 1,08 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 1,50 | 0,81 | |
| 46 | $(R_{46} - \bar{R})^2$ | 5,50 | 16,94 | 19,22 | 3,55 | 2,03 | 10,19 | 4,47 | 25,78 | 2,61 | 26,96 | 29,41 | 1,16 | 1,48·10 ⁻³ | 1,48·10 ⁻³ | 1,48·10 ⁻³ | 1,48·10 ⁻³ | 2,25 | 0,65 | |
| 47 | $\Sigma(R_i - \bar{R})^2$ | 187,69 | 157,08 | 101,08 | 47,58 | 42,42 | 100,77 | 89,58 | 169,92 | 154,58 | 60,27 | 104,42 | 133,42 | 6,73 | 6,73 | 6,73 | 6,73 | 119,50 | 68,27 | |
| 48 | σ_R | 3,95 | 3,62 | 2,90 | 1,99 | 1,88 | 2,90 | 2,73 | 3,76 | 3,59 | 2,24 | 2,95 | 3,33 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 3,16 | 2,39 | |

MAX

MIN

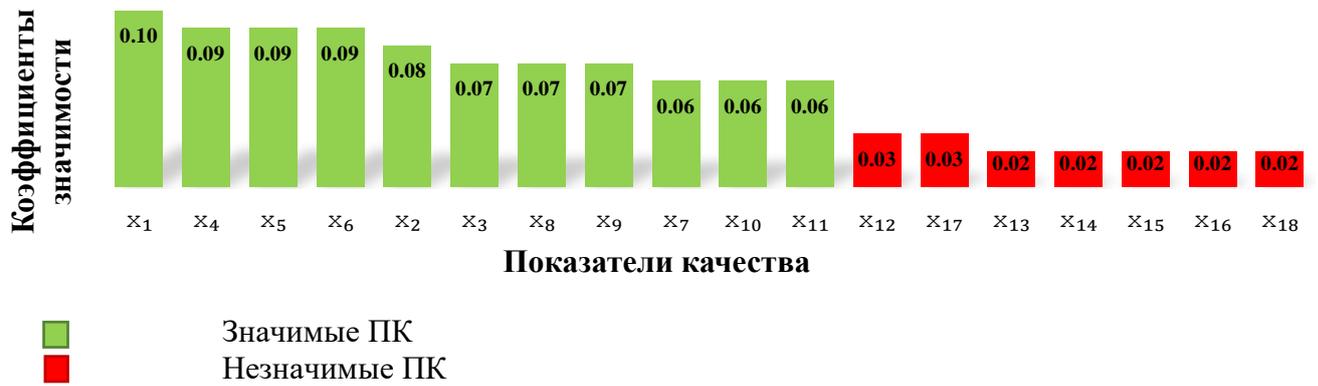


Рис. И.5. Гистограмма значимости ПК ТНМ по данным третьей группы экспертов

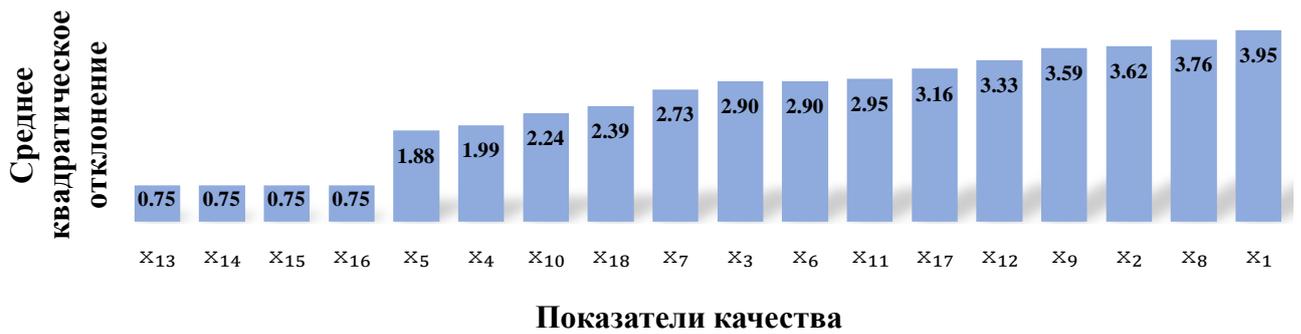


Рис. И.6. Гистограмма уровня согласованности мнений экспертов третьей группы по отдельным ПК

ПРИЛОЖЕНИЕ К

(обязательное)

Анализ по группам экспертов с использованием показателя корреляции
рангов

Табл. К.2. Ранжирование показателей качества для второй группы: производители нетканых материалов (x) и производители одежды (y)

| Показатели качества | Σ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|----------------------|--------------------|----------|--------------------|---------|-------------------------------------|--------------------|--|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------|------------|-------------------------|-----------------|-------------------|----------------|-------------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | |
| Ранжированный ряд оценок экспертов (производители нетканых материалов) | Суммарное тепловое сопротивление до и после мокрой обработки | Воздухопроницаемость | Линейная прочность | Миграция | Неровнота по массе | Толщина | Устойчивость к многократному сжатию | Волокнистый состав | Изменение линейных размеров после мокрой обработки | Разрывная нагрузка по длине и ширине | Разрывное удлинение по длине и ширине | Объемная плотность | Пористость | Поверхностная плотность | Электроизумость | Формоустойчивость | Термостойкость | Термоусадка | 171,0 |
| | 1,0 | 3,0 | 3,0 | 5,5 | 3,0 | 5,5 | 8,0 | 10,5 | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 10,5 | 15,0 | 15,0 | 15,0 | 15,0 | 15,0 | 15,0 | 15,0 |
| Ранжированный ряд оценок экспертов (производители одежды) | 1,0 | 5,0 | 7,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 10,0 | 7,0 | 7,0 | 10,0 | 10,0 | 12,5 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 12,5 | 16,0 | 171,0 |
| | 0,0 | -2,0 | -4,0 | 2,5 | 0,0 | 2,5 | -2,0 | 3,5 | 1,0 | -2,0 | 0,5 | 2,5 | -1,0 | -1,0 | -1,0 | -1,0 | 2,5 | -1,0 | 0,0 |
| d | 0,0 | 4,0 | 16,0 | 6,3 | 0,0 | 6,3 | 4,0 | 12,3 | 1,0 | 4,0 | 0,3 | 6,3 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 6,3 | 1,0 | 71,5 |

Табл. К.3. Ранжирование показателей качества для третьей группы: производители одежды (x) и ученые (y)

| Показатели качества | З | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|----------------------|----------------|----------|-------------------|---------|---------------------------------------|--------------------|--|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------|------------|-------------------------|-----------------|-------------------|----------------|-------------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | |
| | Суммарное тепловое сопротивление до и после | Воздухопроницаемость | Гирскопичность | Миграция | Неровота по массе | Толщина | Устойчивость к многократному скатанию | Волокнистый состав | Изменение линейных размеров после мокрой обработки | Разрывная нагрузка по длине и ширине | Разрывное удлинение по длине и ширине | Объемная плотность | Пористость | Поверхностная плотность | Электроизумость | Формоустойчивость | Термостойкость | Термоусадка | |
| Ранжированный ряд оценок экспертов (производители одежды) | 1,0 | 5,0 | 7,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 10,0 | 7,0 | 7,0 | 10,0 | 10,0 | 12,5 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 12,5 | 16,0 | 171,0 |
| Ранжированный ряд оценок экспертов (ученные) | 1,0 | 4,0 | 7,0 | 4,0 | 4,0 | 2,0 | 7,0 | 7,0 | 9,5 | 9,5 | 11,5 | 13,0 | 16,0 | 11,5 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 171,0 |
| d | 0,0 | 1,0 | 0,0 | -1,0 | -1,0 | 1,0 | 3,0 | 0,0 | -2,5 | 0,5 | -1,5 | -0,5 | 0,0 | 4,5 | 0,0 | 0,0 | -3,5 | 0,0 | 0,0 |
| d² | 0,0 | 1,0 | 0,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 9,0 | 0,0 | 6,3 | 0,3 | 2,3 | 0,3 | 0,0 | 20,3 | 0,0 | 0,0 | 12,3 | 0,0 | 54,5 |

ПРИЛОЖЕНИЕ Л

(обязательное)

Проверка компетентности экспертов

Табл. Л.1. Данные для корреляционного анализа ответов эксперта № 2 (x – первичные ответы и y – повторные ответы)

| № п/п | Показатели качества | Скорректированные ранги | | $y_i - \bar{y}$ | $(y_i - \bar{y})^2$ | $x_i - \bar{x}$ | $(x_i - \bar{x})^2$ | $(x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})$ |
|-------|--|-------------------------|--------|-----------------|---------------------|-----------------|---------------------|---|
| | | x_i | y_i | | | | | |
| 1 | Суммарное тепловое сопротивление до и после мокрой обработки | 2,50 | 1,50 | -8,00 | 64,00 | -7,00 | 49,00 | 56,00 |
| 2 | Воздухопроницаемость | 5,50 | 3,00 | -6,50 | 42,25 | -4,00 | 16,00 | 26,00 |
| 3 | Гигроскопичность | 2,50 | 1,50 | -8,00 | 64,00 | -7,00 | 49,00 | 56,00 |
| 4 | Миграция | 9,00 | 7,00 | -2,50 | 6,25 | -0,50 | 0,25 | 1,25 |
| 5 | Неровнота по массе | 2,50 | 6,00 | -3,50 | 12,25 | -7,00 | 49,00 | 24,50 |
| 6 | Толщина | 2,50 | 5,00 | -4,50 | 20,25 | -7,00 | 49,00 | 31,50 |
| 7 | Устойчивость к многократному сжатию | 8,00 | 4,00 | -5,50 | 30,25 | -1,50 | 2,25 | 8,25 |
| 8 | Волокнистый состав | 11,00 | 12,00 | 2,50 | 6,25 | 1,50 | 2,25 | 3,75 |
| 9 | Изменение линейных размеров после | 7,00 | 11,00 | 1,50 | 2,25 | -2,50 | 6,25 | -3,75 |
| 10 | Разрывная нагрузка по длине и ширине | 5,50 | 8,00 | -1,50 | 2,25 | -4,00 | 16,00 | 6,00 |
| 11 | Разрывное удлинение по длине и ширине | 10,00 | 9,50 | 0,00 | 0,00 | 0,50 | 0,25 | 0,00 |
| 12 | Объемная плотность | 15,00 | 9,50 | 0,00 | 0,00 | 5,50 | 30,25 | 0,00 |
| 13 | Пористость | 15,00 | 15,50 | 6,00 | 36,00 | 5,50 | 30,25 | 33,00 |
| 14 | Поверхностная плотность | 15,00 | 15,50 | 6,00 | 36,00 | 5,50 | 30,25 | 33,00 |
| 15 | Электризуемость | 15,00 | 15,50 | 6,00 | 36,00 | 5,50 | 30,25 | 33,00 |
| 16 | Формоустойчивость | 15,00 | 15,50 | 6,00 | 36,00 | 5,50 | 30,25 | 33,00 |
| 17 | Термоустойчивость | 15,00 | 15,50 | 6,00 | 36,00 | 5,50 | 30,25 | 33,00 |
| 18 | Термоусадка | 15,00 | 15,50 | 6,00 | 36,00 | 5,50 | 30,25 | 33,00 |
| 19 | Σ | 171,00 | 171,00 | 0,00 | 466,00 | 0,00 | 451,00 | 407,50 |
| 20 | Средние значения | 9,50 | 9,50 | — | — | — | — | — |

Табл. Л.2. Расчет уравнений зависимости между ответами эксперта № 2 (x – первичные ответы и y – повторные ответы)

| Расчет уравнений зависимостей параметров исследуемых данных путем однофакторного дисперсионного анализа, методом наименьших квадратов | | | | | | | | | |
|--|----------|--------|--------|-----------------|----------|------------|------------|------|------|
| n | x_i | y_i | x^2 | $x_i \cdot y_i$ | Δ | Δ_a | Δ_b | a | b |
| 18 | 2,50 | 1,50 | 6,25 | 3,75 | 8118,00 | 7335,00 | 7438,50 | 0,90 | 0,92 |
| | 5,50 | 3,00 | 30,25 | 16,50 | | | | | |
| | 2,50 | 1,50 | 6,25 | 3,75 | | | | | |
| | 9,00 | 7,00 | 81,00 | 63,00 | | | | | |
| | 2,50 | 6,00 | 6,25 | 15,00 | | | | | |
| | 2,50 | 5,00 | 6,25 | 12,50 | | | | | |
| | 8,00 | 4,00 | 64,00 | 32,00 | | | | | |
| | 11,00 | 12,00 | 121,00 | 132,00 | | | | | |
| | 7,00 | 11,00 | 49,00 | 77,00 | | | | | |
| | 5,50 | 8,00 | 30,25 | 44,00 | | | | | |
| | 10,00 | 9,50 | 100,00 | 95,00 | | | | | |
| | 15,00 | 9,50 | 225,00 | 142,50 | | | | | |
| | 15,00 | 15,50 | 225,00 | 232,50 | | | | | |
| | 15,00 | 15,50 | 225,00 | 232,50 | | | | | |
| | 15,00 | 15,50 | 225,00 | 232,50 | | | | | |
| | 15,00 | 15,50 | 225,00 | 232,50 | | | | | |
| | 15,00 | 15,50 | 225,00 | 232,50 | | | | | |
| | Σ | 171,00 | 171,00 | 2075,50 | | | | | |

Табл. Л.4. Данные для корреляционного анализа ответов эксперта № 22 (x – первичные ответы и y – повторные ответы)

| № п/п | Показатели качества | Скорректированные ранги | | $y_i - \bar{y}$ | $(y_i - \bar{y})^2$ | $x_i - \bar{x}$ | $(x_i - \bar{x})^2$ | $(x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})$ |
|-------|--|-------------------------|--------|-----------------|---------------------|-----------------|---------------------|---|
| | | x_i | y_i | | | | | |
| 1 | Суммарное тепловое сопротивление до и после мокрой обработки | 1,00 | 1,00 | -8,50 | 72,25 | -8,50 | 72,25 | 72,25 |
| 2 | Воздухопроницаемость | 2,00 | 2,00 | -7,50 | 56,25 | -7,50 | 56,25 | 56,25 |
| 3 | Гигроскопичность | 4,50 | 4,00 | -5,50 | 30,25 | -5,00 | 25,00 | 27,50 |
| 4 | Миграция | 3,00 | 7,00 | -2,50 | 6,25 | -6,50 | 42,25 | 16,25 |
| 5 | Неровнота по массе | 9,00 | 5,00 | -4,50 | 20,25 | -0,50 | 0,25 | 2,25 |
| 6 | Толщина | 8,00 | 10,00 | 0,50 | 0,25 | -1,50 | 2,25 | -0,75 |
| 7 | Устойчивость к многократному сжатию | 15,00 | 11,00 | 1,50 | 2,25 | 5,50 | 30,25 | 8,25 |
| 8 | Волокнистый состав | 11,00 | 3,00 | -6,50 | 42,25 | 1,50 | 2,25 | -9,75 |
| 9 | Изменение линейных размеров после | 12,00 | 6,00 | -3,50 | 12,25 | 2,50 | 6,25 | -8,75 |
| 10 | Разрывная нагрузка по длине и ширине | 13,00 | 8,50 | -1,00 | 1,00 | 3,50 | 12,25 | -3,50 |
| 11 | Разрывное удлинение по длине и | 14,00 | 8,50 | -1,00 | 1,00 | 4,50 | 20,25 | -4,50 |
| 12 | Объемная плотность | 4,50 | 15,00 | 5,50 | 30,25 | -5,00 | 25,00 | -27,50 |
| 13 | Пористость | 6,00 | 15,00 | 5,50 | 30,25 | -3,50 | 12,25 | -19,25 |
| 14 | Поверхностная плотность | 17,00 | 15,00 | 5,50 | 30,25 | 7,50 | 56,25 | 41,25 |
| 15 | Электризуемость | 7,00 | 15,00 | 5,50 | 30,25 | -2,50 | 6,25 | -13,75 |
| 16 | Формоустойчивость | 10,00 | 15,00 | 5,50 | 30,25 | 0,50 | 0,25 | 2,75 |
| 17 | Термостойкость | 17,00 | 15,00 | 5,50 | 30,25 | 7,50 | 56,25 | 41,25 |
| 18 | Термоусадка | 17,00 | 15,00 | 5,50 | 30,25 | 7,50 | 56,25 | 41,25 |
| 19 | Σ | 171,00 | 171,00 | 0,00 | 456,00 | 0,00 | 482,00 | 221,50 |
| 20 | Средние значения | 9,50 | 9,50 | — | — | — | — | — |

Табл. Л.5. Расчет уравнений зависимости между ответами эксперта № 22 (x – первичные ответы и y – повторные ответы)

| Расчет уравнений зависимостей параметров исследуемых данных путем однофакторного дисперсионного анализа, методом наименьших квадратов | | | | | | | | | |
|--|--------|--------|---------|-----------------|----------|------------|------------|------|------|
| n | x_i | y_i | x^2 | $x_i \cdot y_i$ | Δ | Δ_a | Δ_b | a | b |
| 18 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 8676,00 | 3987,00 | 44545,50 | 0,46 | 5,13 |
| | 2,00 | 2,00 | 4,00 | 4,00 | | | | | |
| | 4,50 | 4,00 | 20,25 | 18,00 | | | | | |
| | 3,00 | 7,00 | 9,00 | 21,00 | | | | | |
| | 9,00 | 5,00 | 81,00 | 45,00 | | | | | |
| | 8,00 | 10,00 | 64,00 | 80,00 | | | | | |
| | 15,00 | 11,00 | 225,00 | 165,00 | | | | | |
| | 11,00 | 3,00 | 121,00 | 33,00 | | | | | |
| | 12,00 | 6,00 | 144,00 | 72,00 | | | | | |
| | 13,00 | 8,50 | 169,00 | 110,50 | | | | | |
| | 14,00 | 8,50 | 196,00 | 119,00 | | | | | |
| | 4,50 | 15,00 | 20,25 | 67,50 | | | | | |
| | 6,00 | 15,00 | 36,00 | 90,00 | | | | | |
| | 17,00 | 15,00 | 289,00 | 255,00 | | | | | |
| | 7,00 | 15,00 | 49,00 | 105,00 | | | | | |
| | 10,00 | 15,00 | 100,00 | 150,00 | | | | | |
| | 17,00 | 15,00 | 289,00 | 255,00 | | | | | |
| | 17,00 | 15,00 | 289,00 | 255,00 | | | | | |
| Σ | 171,00 | 171,00 | 2106,50 | 1846,00 | | | | | |

Табл. Л.6. Ранжирование показателей качества для эксперта № 22

| Показатели качества | Σ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|------|-------|-------|------|------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | |
| Ранжированный ряд оценок эксперта № 22 (первичные ответы) | 1,0 | 2,0 | 4,5 | 3,0 | 9,0 | 8,0 | 15,0 | 11,0 | 12,0 | 13,0 | 14,0 | 4,5 | 6,0 | 17,0 | 7,0 | 10,0 | 17,0 | 17,0 | 171,00 |
| Ранжированный ряд оценок эксперта № 22 (вторичные) | 1,0 | 2,0 | 4,0 | 7,0 | 5,0 | 10,0 | 11,0 | 3,0 | 6,0 | 8,5 | 8,5 | 15,0 | 15,0 | 15,0 | 15,0 | 15,0 | 15,0 | 15,0 | 171,00 |
| d | 0,00 | 0,00 | 0,50 | -4,00 | 4,00 | -2,00 | 4,00 | 8,00 | 6,00 | 4,50 | 5,50 | -10,50 | -9,00 | 2,00 | -8,00 | -5,00 | 2,00 | 2,00 | 0,00 |
| d^2 | 0,00 | 0,00 | 0,25 | 16,00 | 16,00 | 4,00 | 16,00 | 64,00 | 36,00 | 20,25 | 30,25 | 110,25 | 81,00 | 4,00 | 64,00 | 25,00 | 4,00 | 4,00 | 495,00 |

Табл. Л.7. Данные для корреляционного анализа ответов эксперта № 21
(x – первичные ответы и y – повторные ответы)

| № п/п | Показатели качества | Скорректированные ранги | | $y_i - \bar{y}$ | $(y_i - \bar{y})^2$ | $x_i - \bar{x}$ | $(x_i - \bar{x})^2$ | $(x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})$ |
|----------|--|----------------------------|--------|-----------------|---------------------|-----------------|---------------------|---|
| | | x_i | y_i | | | | | |
| 1 | Суммарное тепловое сопротивление до и после мокрой обработки | 1,50 | 1,00 | -8,50 | 72,25 | -8,00 | 64,00 | 68,00 |
| 2 | Воздухопроницаемость | 4,50 | 2,00 | -7,50 | 56,25 | -5,00 | 25,00 | 37,50 |
| 3 | Гигроскопичность | 3,00 | 4,00 | -5,50 | 30,25 | -6,50 | 42,25 | 35,75 |
| 4 | Миграция | 6,50 | 7,00 | -2,50 | 6,25 | -3,00 | 9,00 | 7,50 |
| 5 | Неровнота по массе | 6,50 | 10,00 | 0,50 | 0,25 | -3,00 | 9,00 | -1,50 |
| 6 | Толщина | 9,00 | 7,00 | -2,50 | 6,25 | -0,50 | 0,25 | 1,25 |
| 7 | Устойчивость к многократному сжатию | 9,00 | 4,00 | -5,50 | 30,25 | -0,50 | 0,25 | 2,75 |
| 8 | Волокнистый состав | 1,50 | 4,00 | -5,50 | 30,25 | -8,00 | 64,00 | 44,00 |
| 9 | Изменение линейных размеров после | 4,50 | 7,00 | -2,50 | 6,25 | -5,00 | 25,00 | 12,50 |
| 10 | Разрывная нагрузка по длине и ширине | 12,00 | 10,00 | 0,50 | 0,25 | 2,50 | 6,25 | 1,25 |
| 11 | Разрывное удлинение по длине и ширине | 13,00 | 10,00 | 0,50 | 0,25 | 3,50 | 12,25 | 1,75 |
| 12 | Объемная плотность | 9,00 | 15,00 | 5,50 | 30,25 | -0,50 | 0,25 | -2,75 |
| 13 | Пористость | 11,00 | 15,00 | 5,50 | 30,25 | 1,50 | 2,25 | 8,25 |
| 14 | Поверхностная плотность | 16,00 | 15,00 | 5,50 | 30,25 | 6,50 | 42,25 | 35,75 |
| 15 | Электризуемость | 16,00 | 15,00 | 5,50 | 30,25 | 6,50 | 42,25 | 35,75 |
| 16 | Формоустойчивость | 16,00 | 15,00 | 5,50 | 30,25 | 6,50 | 42,25 | 35,75 |
| 17 | Термоустойчивость | 16,00 | 15,00 | 5,50 | 30,25 | 6,50 | 42,25 | 35,75 |
| 18 | Термоусадка | 16,00 | 15,00 | 5,50 | 30,25 | 6,50 | 42,25 | 35,75 |
| 19 | Σ | 171,00 | 171,00 | 0,00 | 450,50 | 0,00 | 471,00 | 395,00 |
| 20 | Средние значения | 9,50 | 9,50 | - | - | - | - | - |

Табл. Л.8. Расчет уравнений зависимости между ответами эксперта № 21 (x – первичные ответы и y – повторные ответы)

| Расчет уравнений зависимостей параметров исследуемых данных путем однофакторного дисперсионного анализа, методом наименьших квадратов | | | | | | | | | |
|--|--------|--------|---------|-----------------|----------|------------|------------|------|------|
| n | x_i | y_i | x^2 | $x_i \cdot y_i$ | Δ | Δ_a | Δ_b | a | b |
| 18 | 1,50 | 1,00 | 2,25 | 1,50 | 8478,00 | 7110,00 | 12996,00 | 0,84 | 1,53 |
| | 4,50 | 2,00 | 20,25 | 9,00 | | | | | |
| | 3,00 | 4,00 | 9,00 | 12,00 | | | | | |
| | 6,50 | 7,00 | 42,25 | 45,50 | | | | | |
| | 6,50 | 10,00 | 42,25 | 65,00 | | | | | |
| | 9,00 | 7,00 | 81,00 | 63,00 | | | | | |
| | 9,00 | 4,00 | 81,00 | 36,00 | | | | | |
| | 1,50 | 4,00 | 2,25 | 6,00 | | | | | |
| | 4,50 | 7,00 | 20,25 | 31,50 | | | | | |
| | 12,00 | 10,00 | 144,00 | 120,00 | | | | | |
| | 13,00 | 10,00 | 169,00 | 130,00 | | | | | |
| | 9,00 | 15,00 | 81,00 | 135,00 | | | | | |
| | 11,00 | 15,00 | 121,00 | 165,00 | | | | | |
| | 16,00 | 15,00 | 256,00 | 240,00 | | | | | |
| | 16,00 | 15,00 | 256,00 | 240,00 | | | | | |
| | 16,00 | 15,00 | 256,00 | 240,00 | | | | | |
| | 16,00 | 15,00 | 256,00 | 240,00 | | | | | |
| | 16,00 | 15,00 | 256,00 | 240,00 | | | | | |
| Σ | 171,00 | 171,00 | 2095,50 | 2019,50 | | | | | |

Табл. Л.10. Данные для корреляционного анализа ответов эксперта № 27

(x – первичные ответы и y – повторные ответы)

| № п/п | Показатели качества | Скорректированные ранги | | yi - ȳ | (yi - ȳ)² | xi - x̄ | (xi - x̄)² | (xi - x̄) · (yi - ȳ) |
|-------|--|-------------------------|--------|--------|-----------|---------|------------|----------------------|
| | | xi | yi | | | | | |
| 1 | Суммарное тепловое сопротивление до и после мокрой обработки | 1,00 | 1,00 | -8,50 | 72,25 | -8,50 | 72,25 | 72,25 |
| 2 | Воздухопроницаемость | 3,00 | 4,00 | -5,50 | 30,25 | -6,50 | 42,25 | 35,75 |
| 3 | Гигроскопичность | 10,00 | 11,50 | 2,00 | 4,00 | 0,50 | 0,25 | 1,00 |
| 4 | Миграция | 6,50 | 8,50 | -1,00 | 1,00 | -3,00 | 9,00 | 3,00 |
| 5 | Неровнога по массе | 6,50 | 8,50 | -1,00 | 1,00 | -3,00 | 9,00 | 3,00 |
| 6 | Толщина | 12,50 | 13,50 | 4,00 | 16,00 | 3,00 | 9,00 | 12,00 |
| 7 | Устойчивость к многократному сжатию | 12,50 | 13,50 | 4,00 | 16,00 | 3,00 | 9,00 | 12,00 |
| 8 | Волокнистый состав | 3,00 | 4,00 | -5,50 | 30,25 | -6,50 | 42,25 | 35,75 |
| 9 | Изменение линейных размеров после | 10,00 | 4,00 | -5,50 | 30,25 | 0,50 | 0,25 | -2,75 |
| 10 | Разрывная нагрузка по длине и ширине | 10,00 | 11,50 | 2,00 | 4,00 | 0,50 | 0,25 | 1,00 |
| 11 | Разрывное удлинение по длине и | 14,00 | 15,00 | 5,50 | 30,25 | 4,50 | 20,25 | 24,75 |
| 12 | Объемная плотность | 3,00 | 4,00 | -5,50 | 30,25 | -6,50 | 42,25 | 35,75 |
| 13 | Пористость | 16,50 | 4,00 | -5,50 | 30,25 | 7,00 | 49,00 | -38,50 |
| 14 | Поверхностная плотность | 16,50 | 17,00 | 7,50 | 56,25 | 7,00 | 49,00 | 52,50 |
| 15 | Электризуемость | 16,50 | 17,00 | 7,50 | 56,25 | 7,00 | 49,00 | 52,50 |
| 16 | Формоустойчивость | 16,50 | 17,00 | 7,50 | 56,25 | 7,00 | 49,00 | 52,50 |
| 17 | Термостойкость | 6,50 | 8,50 | -1,00 | 1,00 | -3,00 | 9,00 | 3,00 |
| 18 | Термоусадка | 6,50 | 8,50 | -1,00 | 1,00 | -3,00 | 9,00 | 3,00 |
| 19 | Σ | 171,00 | 171,00 | 0,00 | 466,50 | 0,00 | 470,00 | 358,50 |
| 20 | Средние значения | 9,50 | 9,50 | - | - | - | - | - |

Табл. Л.11. Расчет уравнений зависимости между ответами эксперта № 27
(x – первичные ответы и y – повторные ответы)

| Расчет уравнений зависимостей параметров исследуемых данных путем однофакторного дисперсионного анализа, методом наименьших квадратов | | | | | | | | | |
|--|--------|--------|---------|-----------------|----------|------------|------------|------|------|
| n | x_i | y_i | x^2 | $x_i \cdot y_i$ | Δ | Δ_a | Δ_b | a | b |
| 18 | 1,00 | 1,50 | 1,00 | 1,50 | 8460,00 | 5643,00 | 26761,50 | 0,67 | 3,16 |
| | 3,00 | 5,50 | 9,00 | 16,50 | | | | | |
| | 10,00 | 13,00 | 100,00 | 130,00 | | | | | |
| | 6,50 | 10,50 | 42,25 | 68,25 | | | | | |
| | 6,50 | 10,50 | 42,25 | 68,25 | | | | | |
| | 12,50 | 5,50 | 156,25 | 68,75 | | | | | |
| | 12,50 | 14,00 | 156,25 | 175,00 | | | | | |
| | 3,00 | 1,50 | 9,00 | 4,50 | | | | | |
| | 10,00 | 5,50 | 100,00 | 55,00 | | | | | |
| | 10,00 | 5,50 | 100,00 | 55,00 | | | | | |
| | 14,00 | 15,00 | 196,00 | 210,00 | | | | | |
| | 3,00 | 5,50 | 9,00 | 16,50 | | | | | |
| | 16,50 | 5,50 | 272,25 | 90,75 | | | | | |
| | 16,50 | 17,00 | 272,25 | 280,50 | | | | | |
| | 16,50 | 17,00 | 272,25 | 280,50 | | | | | |
| | 16,50 | 17,00 | 272,25 | 280,50 | | | | | |
| | 6,50 | 10,50 | 42,25 | 68,25 | | | | | |
| | 6,50 | 10,50 | 42,25 | 68,25 | | | | | |
| Σ | 171,00 | 171,00 | 2094,50 | 1938,00 | | | | | |

Табл. Л.12. ранжирование показателей качества для эксперта № 27

| Показатели качества | Σ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|----------------------|------------------|---------|--------------------|---------|-------------------------------------|--------------------|--|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------|------------|-------------------------|-----------------|-------------------|----------------|-------------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | |
| Ранжированный ряд оценок эксперта № 27 (первичные ответы) | 1,00 | 3,00 | 10,00 | 6,50 | 6,50 | 12,50 | 12,50 | 3,00 | 10,00 | 10,00 | 14,00 | 3,00 | 16,50 | 16,50 | 16,50 | 16,50 | 6,50 | 6,50 | 171,00 |
| Ранжированный ряд оценок эксперта № 27 (вторичные) | 1,00 | 4,00 | 11,50 | 8,50 | 8,50 | 13,50 | 13,50 | 4,00 | 4,00 | 11,50 | 15,00 | 4,00 | 4,00 | 17,00 | 17,00 | 17,00 | 8,50 | 8,50 | 171,00 |
| d | 0,00 | -1,00 | -1,50 | -2,00 | -2,00 | -1,00 | -1,00 | -1,00 | 6,00 | -1,50 | -1,00 | -1,00 | 12,50 | -0,50 | -0,50 | -0,50 | -2,00 | -2,00 | 0,00 |
| d^2 | 0,00 | 1,00 | 2,25 | 4,00 | 4,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 36,00 | 2,25 | 1,00 | 1,00 | 156,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 4,00 | 4,00 | 219,50 |
| | Суммарное тепловое сопротивление до и после мокрой обработки | Воздухопроницаемость | Гигроскопичность | Мирация | Неровнота по массе | Толщина | Устойчивость к многократному сжатию | Волокнистый состав | Изменение линейных размеров после мокрой обработки | Разрывная нагрузка по длине и ширине | Разрывное удлинение по длине и ширине | Объемная плотность | Пористость | Поверхностная плотность | Электризуемость | Формоустойчивость | Термостойкость | Термоусадка | |

ПРИЛОЖЕНИЕ М

(обязательное)

Методы оценки нетканых материалов

Табл. М.1. Методики оценки ОПК ТНМ

| № п/п | Определяющие показатели качества | Методика | Прибор | Значения точностных характеристик | Предел измерений |
|-------|---|----------------------|--|---|---------------------|
| 1 | Поверхностная плотность | ГОСТ 3811 [282] | Весы лабораторные ВЛКТ-500 М | 4 класс точности | 500,00 г |
| 2 | Неровнота по массе | ГОСТ 15902.2 [265] | Весы лабораторные ВЛКТ-500 М | 4 класс точности | 500,00 г |
| | | | Линейка измерительная металлическая (0-300) мм | $\pm 0,10$ мм | 300,00 мм |
| 3 | Толщина | ГОСТ 12023 [283] | Прибор ТТП (толщиномер) | Цена деления 0,01 мм | От 0,10 до 40,00 мм |
| | | | Секундомер механический СОС | 2 класс точности | 0-60 с 0-60 мин |
| 4 | Разрывная нагрузка (по длине) | ГОСТ 15902.3 [266] | Разрывная машина ИР-5074-3 | Для шкал нагрузок $\pm 1,00\%$ | Нагрузка 0-3,00 кН |
| 5 | Разрывная нагрузка (по ширине) | | | | |
| 6 | Разрывное удлинение (по длине) | | | | |
| 7 | Разрывное удлинение (по ширине) | | | | |
| 8 | Миграция | ГОСТ Р 57632 [215] | Прибор «Pilling Tester» | Хаотическое перемещение проб на приборе ящичного типа. Испытуемые пробы в виде рукава с сердечником из резиновой или латексной трубки хаотически перемещаются внутри вращающегося куба, стороны которого оклеены пробковыми пластинами. В процессе испытания пакет материалов претерпевает воздействия разнонаправленных усилий. Пакеты соприкасаются друг с другом и с пробковыми пластинами сторон куба. Плохо закрепленные в структуре теплозащитной прокладки волокна проникают между нитями, волокнами материала верха или подкладки и выходят на поверхность. Миграцию волокон, элементов наполнителя оценивают визуально после 4 ч неориентированных воздействий [227] | |
| 9 | Устойчивость к многократному сжатию | ОМУ 17-14-241 [284] | Секундомер механический СОС | 2 класс точности | 0-60 с 0-60 мин |
| | | | Прибор ТТП (толщиномер) | Цена деления 0,01 мм | От 0,10 до 40,00 мм |
| 10 | Изменение линейных размеров (по длине) после мокрой обработки | — ГОСТ 30157.0 [285] | Линейка измерительная металлическая (0-300) мм | $\pm 0,10$ мм | 300,00 мм |
| 11 | | | | | |

| № п/п | Определяющие показатели качества | Методика | Прибор | Значения точностных характеристик | Предел измерений |
|--|--|---|--|--|---|
| | Изменение линейных размеров (по ширине) после мокрой обработки | — ГОСТ 30157.1 [286] | Стиральная машина «Bosch» модели WAS 20442 OE, № 9009200048 | Температура воды — до 90 °С Скорость отжима — до 1200,00 мин ⁻¹ Загрузка — до 8,00 кг | |
| 12 | Гигроскопичность | ГОСТ 3816 [267] | Шкаф сушильный, LOIP LF-60/350-VS2, №544 | Диапазон регулируемых температур — +30 ÷ +350 °С Точность индикации температуры — 1 °С Неравномерность нагрева рабочего объема в контрольных точках — ±1 °С | |
| | | | Весы лабораторные аналитические ВСП-210 | 2 класс точности | 200,00 г |
| | | | Гигростат ГСМ | Влажность ±2% t ± 2 °С | 65±2%, t 20±2 °С |
| | | | Психрометр аспирационный М-34-М | + 1°С | 10-100% |
| 13 | Воздухопроницаемость | ГОСТ 12088 [287] | Прибор для измерения воздухопроницаемости МТ-160 (ВПТМ-М) № 160.66 | Диапазон измерения воздухопроницаемости — 0 – 4500,00 дм ³ /м ³ ·с Диапазон измерения расхода воздуха — 4 – 8000,00 дм ³ /ч Номинальная сила прижима образца в измерительном блоке — 147,00 ± 4,90 Н Перепад давления — 5,00 мм вод.ст. Площадь измерительного отверстия — 5,00; 20,00; 50,00 см ² | |
| 14 | СТС до мокрой обработки | ГОСТ 20489 [191] | Прибор ТТП (толщиномер) | Цена деления 0,01 мм | От 0,10 до 40,00 мм |
| | | | 15 | СТС после мокрой обработки | — ГОСТ 20489 [191] — ГОСТ Р ИСО 6330 [288] |
| Стиральная машина «Bosch» модели WAS 20442 OE, №9009200048 | Температура воды — до 90 °С Скорость отжима — до 1200,00 мин-1 Загрузка — до 8,00 кг | | | | |
| 16 | Теплоизоляция ТНМОПК | ГОСТ ISO 15831 [196] ASTM F2370-15 [207] ASTM F1291-16 [289] ISO 15831:2004 [290] | Термоманекен Newton фирмы Dave Heiss Thermetrics LLC, США | Особенности строения: Термопроводящая углерод-эпоксидная оболочка. Датчики для 20-ти тепловых сегментов Встроенное программное обеспечение TherDAC Датчики окружающей среды (влажности, температуры, давления, скорости ветра) Система перспирации с системой распределения жидкости Стандартная подставка для ходьбы Внешняя дыхательная система | |
| | | | | Рабочий диапазон температуры | От -50 °С до +80 °С (± 0,10 °С) |
| | | | | Рабочий диапазон влажности | 0 – 100% (± 3%) |
| | | | | Входная мощность | До 700,00 Вт/м ² |

| № п/п | Определяющие показатели качества | Методика | Прибор | Значения точностных характеристик | | Предел измерений | |
|----------------------|----------------------------------|------------------------|--|---|----------|---------------------|------------------------|
| | | | | Количество измерительных сегментов | | 20 | |
| | | | | Система «перспирации» | | 0 – 1000,00 мл/час | |
| 17 | Структура ТНМ | ISO 13322-1:2014 [240] | Трехмерный цифровой микроскоп HIROX KH-8700, Япония | Масштабирование 1 ÷ 10000х., цифровое 4х, 3 D профилирование и шероховатости, | | | |
| 18 | Волокнистый состав | Термический анализ | термоанализатор Q 600 TA Instruments (США) для определения потери и скорости потери массы, теплот фазовых переходов в материале при нагревании | Чувствительность весов | 0,10 мкг | Диапазон температур | от комнатной до 1500°С |
| | | | | Калориметрическая точность/воспроизводимость | ±2% | | |
| Чувствительность ДТА | 0,001 °С | | | | | | |
| | | ИК спектроскопия | ИК-Фурье спектрометр Nicolet iS5 с приставкой НПВО | Спектральный диапазон – 7800,00-350,00 см ⁻¹ Спектральное разрешение – 0,50 – 0,80 см ⁻¹ Точность по волновому числу – 0,01 см ⁻¹ Соотношение сигнал/шум – 22 000:1 Светоделитель – KBr/Ge | | | |

Табл. М.2. Требования для ТНМ согласно ГОСТ

| № п/п | ОПК | ГОСТ Р 57027 [214] | ГОСТ Р 57632 [215] | Используемое значение |
|-------|---|---------------------|---|-----------------------|
| 1 | Неровнота по массе, % не более | 8,00 | 7,00 | 7,00 |
| 2 | Толщина, мм | 3,50 – 10,00 | – | 3,50 – 10,00 |
| 3 | Разрывная нагрузка (по длине), Н, не менее | – | 7,00 | 7,00 |
| 4 | Разрывная нагрузка (по ширине), Н, не менее | – | | 7,00 |
| 5 | Разрывное удлинение (по длине), %, не более | – | 55,00 | 55,00 |
| 6 | Разрывное удлинение (по ширине), %, не более | – | | 55,00 |
| 7 | Миграция, шт/150 см ² , не более | – | 2,00 | 2,00 |
| 8 | Устойчивость к многократному сжатию, %, не менее | 70,0 | 60,00 | 60,00 |
| 9 | Изменение линейных размеров (по длине) после мокрой обработки, %, не более | 2,50 | -2,00 | -2,00 |
| 10 | Изменение линейных размеров (по ширине) после мокрой обработки, %, не более | | ±2,00 | ±2,00 |
| 11 | Гигроскопичность, % | Не регламентируется | | |
| 12 | Воздухопроницаемость, дм ³ /м ³ ·с | 1000,00 – 1900,00 | – | 1000,00 – 1900,00 |
| 13 | СТС до мокрой обработки, м ² ·°С/Вт, не менее | 0,25 – 0,45 | 0,30** | 0,25 – 0,45 |
| 14 | СТС после мокрой обработки, м ² ·°С/Вт | – | Сохранение класса защиты по ГОСТ 12.4.303 [198] | 0,25 – 0,45 |
| 15 | Волокнистый состав | Не регламентируется | | фактические значения |

** Для поверхностной плотности ТНМ – 150 г/м².

ПРИЛОЖЕНИЕ Н

(обязательное)

Наработка экспериментальных теплоизоляционных нетканых материалов на площадке индустриального партнера ООО «Термопол»

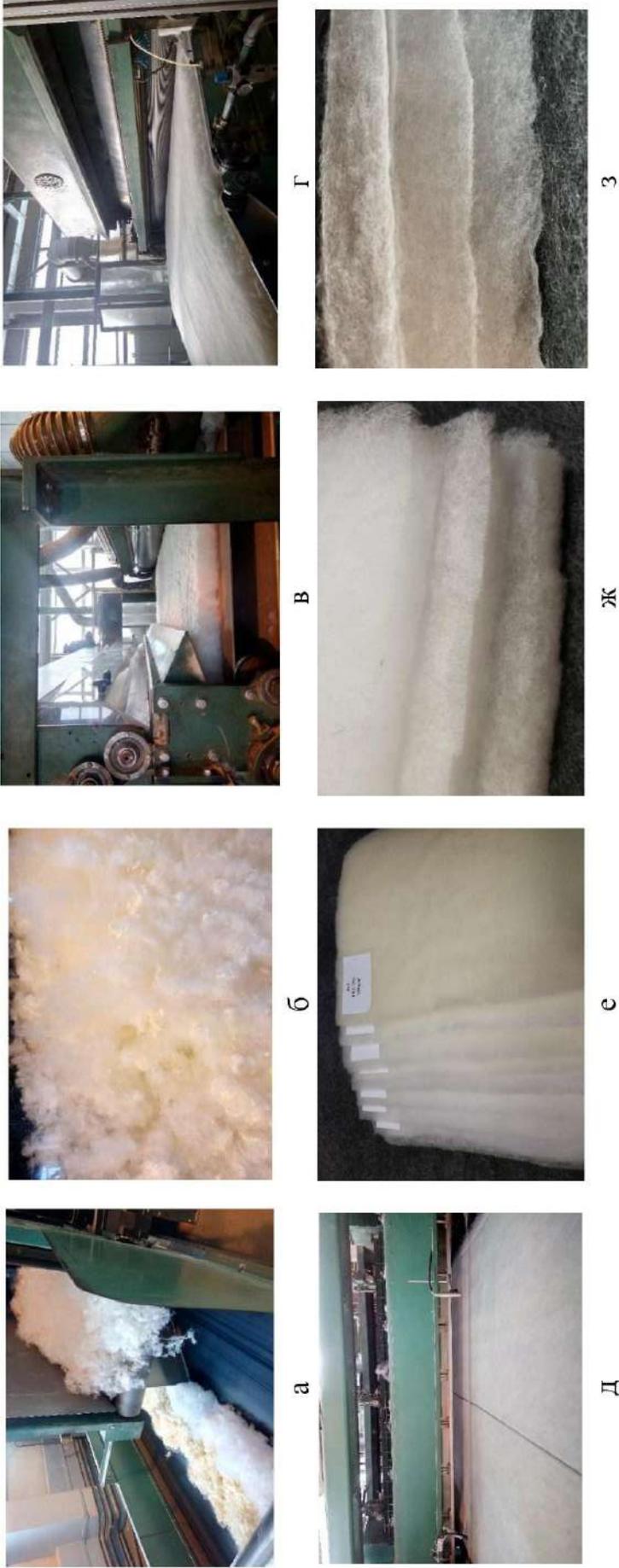


Рис. Н.1. Процесс производства теплоизоляционных нетканых материалов на производственной площадке индустриального партнера ООО «Термопол»: а – процесс взвешивания на автоматических весах двух видов

ПРИЛОЖЕНИЕ П

(обязательное)

Результаты исследования определяющих показателей качества и обработки результатов по матрице предварительного эксперимента Коно-2

Табл. П.1. Неровнота по массе ТНМ

| № опыта | Неровнота по массе, % | | | | | $\bar{y} - \hat{y}$ | $(\bar{y} - \hat{y})^2$ | $S_u^2\{y\}$ |
|----------|-----------------------|--------|--------|-----------|-----------|---------------------|-------------------------|--------------|
| | фактическое | | | | расчетное | | | |
| | y_1 | y_2 | y_3 | \bar{y} | \hat{y} | | | |
| 1 | 3,9000 | 4,0000 | 4,2000 | 4,0333 | 4,7044 | -0,6710 | 0,4503 | 0,0233 |
| 2 | 6,9000 | 7,8000 | 5,5000 | 6,7333 | 6,2347 | 0,4987 | 0,2487 | 1,3433 |
| 3 | 9,0000 | 7,3000 | 8,7000 | 8,3333 | 7,7847 | 0,5487 | 0,3010 | 0,8233 |
| 4 | 4,3000 | 5,0000 | 4,5000 | 4,6000 | 4,5031 | 0,0969 | 0,0094 | 0,1300 |
| 5 | 5,8000 | 6,0000 | 6,5000 | 6,1000 | 6,0531 | 0,0469 | 0,0022 | 0,1300 |
| 6 | 5,1000 | 5,6000 | 5,2000 | 5,3000 | 4,7044 | 0,5956 | 0,3548 | 0,0700 |
| 7 | 6,7000 | 7,7000 | 5,4000 | 6,6000 | 7,0097 | -0,4097 | 0,1678 | 1,3300 |
| 8 | 6,0000 | 5,5000 | 5,7000 | 5,7333 | 4,7044 | 1,0290 | 1,0588 | 0,0633 |
| 9 | 6,0000 | 5,5000 | 8,0000 | 6,5000 | 5,2781 | 1,2219 | 1,4930 | 1,7500 |
| Σ | — | — | — | — | — | 2,9568 | 4,0859 | 5,6633 |

Табл. П.2. Коэффициенты значимости регрессии (зависимость неровноты по массе ТНМ от поверхностной плотности и содержания ПАК волокон)

| Коэффициенты регрессии | b_0 | b_1 | b_2 | b_{12} | b_{11} | b_{22} |
|---|-------|-------|-------|----------|----------|----------|
| Числовое значение коэффициентов регрессии | 4,70 | -0,07 | 0,87 | -0,78 | 0,40 | 1,44 |
| t_R | 16,77 | 0,24 | 3,09 | 2,76 | 1,44 | 5,13 |
| $t_{T_{0,05}}$ | 2,31 | | | | | |

Табл. П.3. Толщина ТНМ

| № опыта | Толщина при давлении 0,2 кПа, мм | | | | | $\bar{y} - \hat{y}$ | $(\bar{y} - \hat{y})^2$ | $S_u^2\{y\}$ |
|---------|----------------------------------|---------|---------|-----------|-----------|---------------------|-------------------------|--------------|
| | фактическое | | | | расчетное | | | |
| | y_1 | y_2 | y_3 | \bar{y} | \hat{y} | | | |
| 1 | 8,8000 | 9,8000 | 10,0000 | 9,5333 | 8,9994 | 0,5339 | 0,2851 | 0,4133 |
| 2 | 13,0000 | 13,1000 | 14,1000 | 13,4000 | 13,6986 | -0,2986 | 0,0892 | 0,3700 |
| 3 | 8,3000 | 7,9000 | 7,9000 | 8,0333 | 8,0979 | -0,0646 | 0,0042 | 0,0533 |
| 4 | 8,1000 | 7,9000 | 8,0000 | 8,0000 | 8,0979 | -0,0979 | 0,0096 | 0,0100 |
| 5 | 14,6000 | 14,1000 | 14,9000 | 14,5333 | 13,6986 | 0,8347 | 0,6967 | 0,1633 |
| 6 | 12,0000 | 11,1000 | 12,1000 | 11,7333 | 12,6817 | -0,9484 | 0,8994 | 0,3033 |
| 7 | 9,9000 | 9,8000 | 9,3000 | 9,6667 | 10,0163 | -0,3497 | 0,1223 | 0,1033 |
| 8 | 7,7000 | 7,6000 | 6,9000 | 7,4000 | 7,0810 | 0,3190 | 0,1018 | 0,1900 |
| 9 | 10,0000 | 9,4000 | 9,8000 | 9,7333 | 10,0163 | -0,2830 | 0,0801 | 0,0933 |

| № опыта | Толщина при давлении 0,2 кПа, мм | | | | $\bar{y} - \hat{y}$ | $(\bar{y} - \hat{y})^2$ | $S_u^2\{y\}$ | |
|----------|----------------------------------|-------|-------|-----------|---------------------|-------------------------|--------------|-----------|
| | фактическое | | | расчетное | | | | |
| | y_1 | y_2 | y_3 | \bar{y} | | | | \hat{y} |
| Σ | — | — | — | — | — | -0,3544 | 2,2883 | 1,7000 |

Табл. П.4. Коэффициенты значимости регрессии (зависимость толщины ТНМ от поверхностной плотности и содержания ПАК волокон)

| Коэффициенты регрессии | b_0 | b_1 | b_2 | b_{12} | b_{11} | b_{22} |
|---|-------|-------|-------|----------|----------|----------|
| Числовое значение коэффициентов регрессии | 9,00 | 2,80 | -0,22 | -0,29 | 0,88 | 1,02 |
| t_R | 58,57 | 18,22 | 1,45 | 1,89 | 5,74 | 6,62 |
| $t_{T_{0,05}}$ | 2,31 | | | | | |

Табл. П.5. Разрывная нагрузка (по длине) ТНМ

| № опыта | Разрывная нагрузка (по длине), Н | | | | $\bar{y} - \hat{y}$ | $(\bar{y} - \hat{y})^2$ | $S_u^2\{y\}$ | |
|----------|----------------------------------|---------|---------|-----------|---------------------|-------------------------|--------------|-----------|
| | фактическое | | | Расчетное | | | | |
| | y_1 | y_2 | y_3 | \bar{y} | | | | \hat{y} |
| 1 | 10,5000 | 10,5000 | 10,8000 | 10,6000 | 9,8527 | 0,7473 | 0,5585 | 0,0300 |
| 2 | 8,7000 | 7,5000 | 6,9000 | 7,7000 | 8,7291 | -1,0291 | 1,0590 | 0,8400 |
| 3 | 6,0000 | 6,9000 | 5,8000 | 6,2333 | 6,1218 | 0,1115 | 0,0124 | 0,3433 |
| 4 | 6,3000 | 5,9000 | 7,5000 | 6,5667 | 7,2951 | -0,7284 | 0,5306 | 0,6933 |
| 5 | 10,0000 | 9,3000 | 11,2000 | 10,1667 | 9,9023 | 0,2644 | 0,0699 | 0,9233 |
| 6 | 10,0000 | 10,9000 | 10,2000 | 10,3667 | 11,1563 | -0,7896 | 0,6235 | 0,2233 |
| 7 | 6,7000 | 7,7000 | 7,8000 | 7,4000 | 7,4254 | -0,0254 | 0,0006 | 0,3700 |
| 8 | 7,7000 | 6,8000 | 8,0000 | 7,5000 | 8,5491 | -1,0491 | 1,1006 | 0,3900 |
| 9 | 7,7000 | 8,0000 | 7,5000 | 7,7333 | 8,5987 | -0,8653 | 0,7488 | 0,0633 |
| Σ | — | — | — | — | — | -3,3638 | 4,7039 | 3,8767 |

Табл. П.6. Коэффициенты значимости регрессии (зависимость разрывной нагрузки по длине ТНМ от поверхностной плотности и содержания ПАК волокон)

| Коэффициенты регрессии | b_0 | b_1 | b_2 | b_{12} | b_{11} | b_{22} |
|---|-------|-------|-------|----------|----------|----------|
| Числовое значение коэффициентов регрессии | 9,85 | 1,30 | -0,59 | -0,53 | -0,47 | -1,84 |
| t_R | 42,46 | 5,62 | 2,53 | 2,29 | 2,03 | 7,93 |
| $t_{T_{0,05}}$ | 2,31 | | | | | |

Табл. П.7. Разрывная нагрузка (по ширине) ГНМ

| № опыта | Разрывная нагрузка (по ширине), Н | | | | | $\bar{y} - \hat{y}$ | $(\bar{y} - \hat{y})^2$ | $S_u^2\{y\}$ |
|----------|-----------------------------------|--------|---------|-----------|-----------|---------------------|-------------------------|--------------|
| | фактическое | | | | расчетное | | | |
| | y_1 | y_2 | y_3 | \bar{y} | \hat{y} | | | |
| 1 | 9,3000 | 9,5000 | 9,9000 | 9,5667 | 9,0933 | 0,4734 | 0,2241 | 0,0933 |
| 2 | 8,7000 | 6,9000 | 6,9000 | 7,5000 | 8,0796 | -0,5796 | 0,3359 | 1,0800 |
| 3 | 5,5000 | 5,4000 | 5,8000 | 5,5667 | 6,0428 | -0,4761 | 0,2267 | 0,0433 |
| 4 | 6,8000 | 6,9000 | 6,7000 | 6,8000 | 6,0428 | 0,7572 | 0,5734 | 0,0100 |
| 5 | 8,1000 | 8,6000 | 9,4000 | 8,7000 | 8,0796 | 0,6204 | 0,3849 | 0,4300 |
| 6 | 9,0000 | 8,0000 | 10,2300 | 9,0767 | 9,4731 | -0,3965 | 0,1572 | 1,2476 |
| 7 | 6,6000 | 7,5000 | 7,8000 | 7,3000 | 7,6997 | -0,3997 | 0,1598 | 0,3900 |
| 8 | 6,9000 | 6,9800 | 6,9000 | 6,9267 | 7,4363 | -0,5097 | 0,2598 | 0,0021 |
| 9 | 7,5000 | 7,2000 | 7,9000 | 7,5333 | 7,6997 | -0,1664 | 0,0277 | 0,1233 |
| Σ | — | — | — | — | — | -0,6769 | 2,3494 | 3,4198 |

Табл. П.8. Коэффициенты значимости регрессии (зависимость разрывной нагрузки по ширине ГНМ от поверхностной плотности и содержания ПАК волокон)

| Коэффициенты регрессии | b_0 | b_1 | b_2 | b_{12} | b_{11} | b_{22} |
|---|-------|-------|-------|----------|----------|----------|
| Числовое значение коэффициентов регрессии | 9,09 | 1,02 | -0,50 | 0,01 | -0,64 | -1,39 |
| t_R | 41,72 | 4,67 | 2,30 | 0,03 | 2,93 | 6,39 |
| $t_{T,0,05}$ | 2,31 | | | | | |

Табл. П.9. Миграция

| № опыта | Миграция | | | | | $\bar{y} - \hat{y}$ | $(\bar{y} - \hat{y})^2$ | $S_u^2\{y\}$ |
|----------|-------------|--------|--------|-----------|-----------|---------------------|-------------------------|--------------|
| | фактическое | | | | расчетное | | | |
| | y_1 | y_2 | y_3 | \bar{y} | \hat{y} | | | |
| 1 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 1,0000 | 3,0000 | 5,0000 | 3,0000 | 2,3224 | 0,6776 | 1,0000 | 4,0000 |
| 3 | 3,0000 | 5,0000 | 4,0000 | 4,0000 | 2,3224 | 1,6776 | 3,0000 | 1,0000 |
| 4 | 2,0000 | 3,0000 | 1,0000 | 2,0000 | 2,3224 | -0,3224 | 2,0000 | 1,0000 |
| 5 | 2,0000 | 1,0000 | 0,0000 | 1,0000 | 2,3224 | -1,3224 | 2,0000 | 1,0000 |
| 6 | 2,0000 | 1,0000 | 0,0000 | 1,0000 | 1,1612 | -0,1612 | 2,0000 | 1,0000 |
| 7 | 1,0000 | 3,0000 | 2,0000 | 2,0000 | 1,1612 | 0,8388 | 1,0000 | 1,0000 |
| 8 | 2,0000 | 1,0000 | 3,0000 | 2,0000 | 1,1612 | 0,8388 | 2,0000 | 1,0000 |
| 9 | 0,0000 | 1,0000 | 2,0000 | 1,0000 | 1,1612 | -0,1612 | 0,0000 | 1,0000 |
| Σ | — | — | — | — | — | 2,0656 | 6,59 | 11,0000 |

Табл. П.10. Коэффициенты значимости регрессии (зависимость миграции волокон ТНМ через ткань от поверхностной плотности и содержания ПАК волокон)

| Коэффициенты регрессии | b_0 | b_1 | b_2 | b_{12} | b_{11} | b_{22} |
|---|-------|-------|-------|----------|----------|----------|
| Числовое значение коэффициентов регрессии | 0,21 | -0,50 | 0,89 | 0,00 | 1,16 | 1,16 |
| t_R | 0,57 | 1,34 | 2,39 | 0,00 | 3,12 | 3,12 |
| $t_{T_{0,05}}$ | 2,31 | | | | | |

Табл. П.11. Устойчивость к многократному сжатию ТНМ

| № опыта | Устойчивость к многократному сжатию, % | | | | | $\bar{y} - \hat{y}$ | $(\bar{y} - \hat{y})^2$ | $S_u^2\{y\}$ |
|----------|--|---------|---------|-----------|-----------|---------------------|-------------------------|--------------|
| | фактическое | | | | Расчетное | | | |
| | y_1 | y_2 | y_3 | \bar{y} | \hat{y} | | | |
| 1 | 88,0000 | 83,0000 | 86,0000 | 85,6667 | 85,3846 | 0,2821 | 0,0796 | 6,3333 |
| 2 | 59,0000 | 58,0000 | 63,0000 | 60,0000 | 60,8636 | -0,8636 | 0,7458 | 7,0000 |
| 3 | 60,0000 | 59,0000 | 58,0000 | 59,0000 | 60,8636 | -1,8636 | 3,4730 | 1,0000 |
| 4 | 74,0000 | 80,0000 | 69,0000 | 74,3333 | 70,9896 | 3,3437 | 11,1802 | 30,3333 |
| 5 | 69,0000 | 72,0000 | 71,0000 | 70,6667 | 70,9896 | -0,3230 | 0,1043 | 2,3333 |
| 6 | 77,0000 | 80,0000 | 81,0000 | 79,3333 | 80,9881 | -1,6548 | 2,7383 | 4,3333 |
| 7 | 68,0000 | 72,0000 | 71,0000 | 70,3333 | 65,2601 | 5,0732 | 25,7378 | 4,3333 |
| 8 | 83,0000 | 85,0000 | 79,0000 | 82,3333 | 80,9881 | 1,3452 | 1,8096 | 9,3333 |
| 9 | 65,0000 | 73,0000 | 72,0000 | 70,0000 | 75,3861 | -5,3861 | 29,0105 | 19,0000 |
| Σ | — | — | — | — | — | -0,0469 | 74,8791 | 84,0000 |

Табл. П.12. Коэффициенты значимости регрессии (зависимость устойчивости к многократному сжатию ТНМ от поверхностной плотности и содержания ПАК волокон)

| Коэффициенты регрессии | b_0 | b_1 | b_2 | b_{12} | b_{11} | b_{22} |
|---|-------|-------|-------|----------|----------|----------|
| Числовое значение коэффициентов регрессии | 85,38 | -0,85 | -5,06 | 1,17 | -4,40 | -15,06 |
| t_R | 79,05 | 0,78 | 4,69 | 1,08 | 4,07 | 13,94 |
| $t_{T_{0,05}}$ | 2,31 | | | | | |

Табл. П.13. Изменение линейных размеров ТНМ (по длине) после мокрой обработки

| № опыта | Изменение линейных размеров ТНМ (по длине) после мокрой обработки, % | | | | | $\bar{y} - \hat{y}$ | $(\bar{y} - \hat{y})^2$ | $S_u^2\{y\}$ |
|----------|--|---------|---------|-----------|-----------|---------------------|-------------------------|--------------|
| | фактическое | | | | расчетное | | | |
| | y_1 | y_2 | y_3 | \bar{y} | \hat{y} | | | |
| 1 | 0,0000 | -0,1200 | -0,1800 | -0,1000 | -0,1416 | 0,0416 | 0,0017 | 0,0084 |
| 2 | -0,1500 | -0,2500 | -0,2000 | -0,2000 | -0,2729 | 0,0729 | 0,0053 | 0,0025 |
| 3 | -0,3000 | -0,2500 | -0,3500 | -0,3000 | -0,2729 | -0,0271 | 0,0007 | 0,0025 |
| 4 | -0,4000 | -0,3500 | -0,4500 | -0,4000 | -0,3905 | -0,0095 | 0,0001 | 0,0025 |
| 5 | -0,4200 | -0,4100 | -0,3700 | -0,4000 | -0,3905 | -0,0095 | 0,0001 | 0,0007 |
| 6 | -0,1800 | -0,2500 | -0,2100 | -0,2133 | -0,1983 | -0,0150 | 0,0002 | 0,0012 |
| 7 | -0,3500 | -0,2700 | -0,2800 | -0,3000 | -0,2161 | -0,0839 | 0,0070 | 0,0019 |
| 8 | -0,2000 | -0,2500 | -0,2500 | -0,2333 | -0,1983 | -0,0350 | 0,0012 | 0,0008 |
| 9 | -0,2500 | -0,3100 | -0,3400 | -0,3000 | -0,3338 | 0,0338 | 0,0011 | 0,0021 |
| Σ | — | — | — | — | — | -0,0317 | 0,0176 | 0,0227 |

Табл. П.14. Коэффициенты значимости регрессии (зависимость изменения линейных размеров ТНМ по длине после мокрой обработки от поверхностной плотности и содержания ПАК волокон)

| Коэффициенты регрессии | b_0 | b_1 | b_2 | b_{12} | b_{11} | b_{22} |
|---|-------|-------|-------|----------|----------|----------|
| Числовое значение коэффициентов регрессии | -0,14 | 0,02 | 0,06 | 0,03 | -0,06 | -0,13 |
| t_R | 7,98 | 1,23 | 3,32 | 1,41 | 3,20 | 7,52 |
| $t_{T_{0,05}}$ | 2,31 | | | | | |

Табл. П.15. Изменение линейных размеров ТНМ (по ширине) после мокрой обработки

| № опыта | Изменение линейных размеров ТНМ (по ширине) после мокрой обработки, % | | | | | $\bar{y} - \hat{y}$ | $(\bar{y} - \hat{y})^2$ | $S_u^2\{y\}$ |
|---------|---|---------|---------|-----------|-----------|---------------------|-------------------------|--------------|
| | фактическое | | | | Расчетное | | | |
| | y_1 | y_2 | y_3 | \bar{y} | \hat{y} | | | |
| 1 | -0,1000 | 0,0000 | -0,2000 | -0,1000 | -0,0884 | -0,0116 | 0,0001 | 0,0100 |
| 2 | -0,1500 | -0,2500 | -0,3500 | -0,2500 | -0,2810 | 0,0310 | $9,6137 \cdot 10^{-04}$ | 0,0100 |
| 3 | -0,2000 | -0,4000 | -0,3000 | -0,3000 | -0,2810 | -0,0190 | 0,0004 | 0,0100 |
| 4 | -0,4000 | -0,5000 | -0,6000 | -0,5000 | -0,5398 | 0,0398 | 0,0016 | 0,0100 |
| 5 | -0,5200 | -0,6500 | -0,6300 | -0,6000 | -0,5398 | -0,0602 | 0,0036 | 0,0049 |
| 6 | -0,0100 | -0,3000 | -0,2000 | -0,1700 | -0,1919 | 0,0219 | 0,0005 | 0,0217 |

| № опыта | Изменение линейных размеров ТНМ (по ширине) после мокрой обработки, % | | | | | $\bar{y} - \hat{y}$ | $(\bar{y} - \hat{y})^2$ | $S_u^2\{y\}$ |
|----------|---|---------|---------|-----------|-----------|---------------------|-------------------------|--------------|
| | фактическое | | | | Расчетное | | | |
| | y_1 | y_2 | y_3 | \bar{y} | \hat{y} | | | |
| 7 | -0,1000 | -0,2000 | -0,3000 | -0,2000 | -0,1775 | -0,0225 | 0,0005 | 0,0100 |
| 8 | -0,1000 | -0,2000 | -0,3000 | -0,2000 | -0,1919 | -0,0081 | 0,0001 | 0,0100 |
| 9 | -0,4800 | -0,3500 | -0,3700 | -0,4000 | -0,4363 | 0,0363 | 0,0013 | 0,0049 |
| Σ | — | — | — | — | — | 0,0076 | 0,0090 | 0,0915 |

Табл. П.16. Коэффициенты значимости регрессии (зависимость изменения линейных размеров ТНМ по ширине после мокрой обработки от поверхностной плотности и содержания ПАК волокон)

| Коэффициенты регрессии | b_0 | b_1 | b_2 | b_{12} | b_{11} | b_{22} |
|---|-------|-------|-------|----------|----------|----------|
| Числовое значение коэффициентов регрессии | -0,09 | -0,01 | 0,13 | 0,04 | -0,10 | -0,22 |
| t_R | 2,48 | 0,18 | 3,63 | 1,05 | 2,90 | 6,13 |
| $t_{T_{0,05}}$ | 2,31 | | | | | |

Табл. П.17. Гигроскопичность ТНМ

| № опыта | Гигроскопичность, % | | | | | $\bar{y} - \hat{y}$ | $(\bar{y} - \hat{y})^2$ | $S_u^2\{y\}$ |
|----------|---------------------|---------|---------|-----------|-----------|---------------------|-------------------------|--------------|
| | фактическое | | | | расчетное | | | |
| | y_1 | y_2 | y_3 | \bar{y} | \hat{y} | | | |
| 1 | 16,0000 | 18,0000 | 17,0000 | 17,0000 | 16,8848 | 0,1152 | 0,0133 | 1,0000 |
| 2 | 22,0000 | 24,0000 | 23,0000 | 23,0000 | 22,6376 | 0,3624 | 0,1313 | 1,0000 |
| 3 | 18,9000 | 19,0000 | 19,1000 | 19,0000 | 18,3670 | 0,6330 | 0,4007 | 0,0100 |
| 4 | 0,6800 | 0,7200 | 0,7000 | 0,7000 | 0,2514 | 0,4486 | 0,2013 | 0,0004 |
| 5 | 0,9500 | 0,9800 | 1,0400 | 0,9900 | 0,8119 | 0,1781 | 0,0317 | 0,0021 |
| 6 | 18,1000 | 19,2000 | 19,4000 | 18,9000 | 18,0926 | 0,8074 | 0,6519 | 0,4900 |
| 7 | 20,0000 | 20,3000 | 20,0000 | 20,1000 | 20,5023 | -0,4023 | 0,1619 | 0,0300 |
| 8 | 15,0000 | 16,5000 | 15,0000 | 15,5000 | 15,6770 | -0,1770 | 0,0313 | 0,7500 |
| 9 | 0,7900 | 0,8100 | 0,7900 | 0,7967 | 0,5316 | 0,2650 | 0,0702 | 0,0001 |
| Σ | — | — | — | — | — | 2,2304 | 1,6936 | 3,2826 |

Табл. П.18. Коэффициенты значимости регрессии (зависимость гигроскопичности ТНМ от поверхностной плотности и содержания ПАК волокон)

| Коэффициенты регрессии | b_0 | b_1 | b_2 | b_{12} | b_{11} | b_{22} |
|---|-------|-------|-------|----------|----------|----------|
| Числовое значение коэффициентов регрессии | 16,88 | 1,21 | 9,99 | 0,93 | 0,38 | -6,37 |
| t_R | 79,08 | 5,66 | 46,76 | 4,34 | 1,79 | 29,82 |
| $t_{T_{0,05}}$ | 2,31 | | | | | |

Табл. П.19. Воздухопроницаемость ТНМ

| № опыта | Воздухопроницаемость, $\text{дм}^3/\text{м}^3 \cdot \text{с}$ | | | | | $\bar{y} - \hat{y}$ | $(\bar{y} - \hat{y})^2$ | $S_u^2\{y\}$ |
|----------|---|---------|---------|-----------|-----------|---------------------|-------------------------|--------------|
| | фактическое | | | | расчетное | | | |
| | y_1 | y_2 | y_3 | \bar{y} | \hat{y} | | | |
| 1 | 1800,00 | 1700,00 | 1300,00 | 1600,00 | 1547,15 | 52,85 | 2793,12 | 70000,00 |
| 2 | 1400,00 | 1560,00 | 1420,00 | 1460,00 | 1451,01 | 8,99 | 80,82 | 7600,00 |
| 3 | 1900,00 | 1800,00 | 1700,00 | 1800,00 | 1911,79 | -111,79 | 12497,00 | 10000,00 |
| 4 | 1900,00 | 1800,00 | 2000,00 | 1900,00 | 1911,79 | -11,79 | 139,00 | 10000,00 |
| 5 | 1290,00 | 1430,00 | 1300,00 | 1340,00 | 1451,01 | -111,01 | 12323,22 | 6100,00 |
| 6 | 1200,00 | 1400,00 | 1000,00 | 1200,00 | 1316,76 | -116,76 | 13632,90 | 40000,00 |
| 7 | 1800,00 | 1700,00 | 1600,00 | 1700,00 | 1681,40 | 18,60 | 345,96 | 10000,00 |
| 8 | 1800,00 | 1700,00 | 1600,00 | 1700,00 | 1777,54 | -77,54 | 6012,45 | 10000,00 |
| 9 | 1900,00 | 1500,00 | 1400,00 | 1600,00 | 1681,40 | -81,40 | 6625,96 | 70000,00 |
| Σ | — | — | — | — | — | -429,85 | 54450,44 | 233700,00 |

Табл. П.20. Коэффициенты значимости регрессии (зависимость воздухопроницаемости ТНМ от поверхностной плотности и содержания ПАК волокон)

| Коэффициенты регрессии | b_0 | b_1 | b_2 | b_{12} | b_{11} | b_{22} |
|---|---------|---------|-------|----------|----------|----------|
| Числовое значение коэффициентов регрессии | 1547,15 | -230,39 | 14,70 | 55 | -65,75 | 134,25 |
| t_R | 27,16 | 4,04 | 0,26 | 0,97 | 1,15 | 2,36 |
| $t_{T_{0,05}}$ | 2,31 | | | | | |

Табл. П.21. СТС ТНМ до мокрой обработки

| № опыта | СТС ТНМ до мокрой обработки, $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ | | | | | $\bar{y} - \hat{y}$ | $(\bar{y} - \hat{y})^2$ | $S_u^2\{y\}$ |
|---------|---|--------|--------|-----------|-----------|---------------------|-------------------------|--------------|
| | фактическое | | | | расчетное | | | |
| | y_1 | y_2 | y_3 | \bar{y} | \hat{y} | | | |
| 1 | 0,5500 | 0,6000 | 0,5000 | 0,5500 | 0,5427 | 0,0073 | 0,0001 | 0,0025 |
| 2 | 0,5500 | 0,5100 | 0,5600 | 0,5400 | 0,5761 | -0,0361 | 0,0013 | 0,0007 |

| № опыта | СТС ТНМ до мокрой обработки, м ² ·°С/Вт | | | | | $\bar{y} - \hat{y}$ | $(\bar{y} - \hat{y})^2$ | $S_u^2\{y\}$ |
|---------|--|--------|--------|-----------|-----------|---------------------|-------------------------|--------------|
| | фактическое | | | | расчетное | | | |
| | y_1 | y_2 | y_3 | \bar{y} | \hat{y} | | | |
| 3 | 0,3700 | 0,4000 | 0,3500 | 0,3733 | 0,3724 | 0,0009 | 0,0000 | 0,0006 |
| 4 | 0,4000 | 0,3600 | 0,2900 | 0,3500 | 0,3724 | -0,0224 | 0,0005 | 0,0031 |
| 5 | 0,5100 | 0,5600 | 0,5700 | 0,5467 | 0,5761 | -0,0295 | 0,0009 | 0,0010 |
| 6 | 0,7000 | 0,6500 | 0,5900 | 0,6467 | 0,6446 | 0,0021 | 4,4136·10 ⁻⁶ | 0,0030 |
| 7 | 0,5000 | 0,4600 | 0,4800 | 0,4800 | 0,4743 | 0,0057 | 3,2632·10 ⁻⁵ | 0,0004 |
| 8 | 0,3700 | 0,3300 | 0,4400 | 0,3800 | 0,4408 | -0,0608 | 0,0037 | 0,0031 |
| 9 | 0,4000 | 0,4600 | 0,5100 | 0,4567 | 0,4743 | -0,0176 | 0,0003 | 0,0030 |
| Σ | — | — | — | — | — | -0,1505 | 0,0068 | 0,0175 |

Табл. П.22. Коэффициенты значимости регрессии (зависимость СТС ТНМ до мокрой обработки от поверхностной плотности и содержания ПАК волокон)

| Коэффициенты регрессии | b_0 | b_1 | b_2 | b_{12} | b_{11} | b_{22} |
|---|--------|-------|-------|----------|----------|----------|
| Числовое значение коэффициентов регрессии | 0,543 | 0,102 | 0,004 | -0,008 | -0,023 | -0,068 |
| t_R | 34,778 | 6,527 | 0,276 | 0,497 | 1,501 | 4,384 |
| $t_{T_{0,05}}$ | 2,306 | | | | | |

Табл. П.23. СТС ТНМ после мокрой обработки

| № опыта | СТС ТНМ после мокрой обработки, м ² ·°С/Вт | | | | | $\bar{y} - \hat{y}$ | $(\bar{y} - \hat{y})^2$ | $S_u^2\{y\}$ |
|---------|---|--------|--------|-----------|-----------|---------------------|-------------------------|--------------|
| | фактическое | | | | Расчетное | | | |
| | y_1 | y_2 | y_3 | \bar{y} | \hat{y} | | | |
| 1 | 0,5400 | 0,6100 | 0,5000 | 0,5500 | 0,5437 | 0,0063 | 4,0221·10 ⁻⁵ | 0,0031 |
| 2 | 0,5000 | 0,4900 | 0,5500 | 0,5133 | 0,5185 | -0,0052 | 2,6550·10 ⁻⁵ | 0,0010 |
| 3 | 0,3600 | 0,3800 | 0,3500 | 0,3633 | 0,3391 | 0,0243 | 0,0006 | 0,0002 |
| 4 | 0,3700 | 0,3600 | 0,3000 | 0,3433 | 0,3391 | 0,0043 | 1,8074·10 ⁻⁵ | 0,0014 |
| 5 | 0,4700 | 0,5000 | 0,5500 | 0,5067 | 0,5185 | -0,0118 | 0,0001 | 0,0016 |
| 6 | 0,6900 | 0,6300 | 0,5800 | 0,6333 | 0,5984 | 0,0349 | 0,0012 | 0,0030 |
| 7 | 0,4900 | 0,4800 | 0,4500 | 0,4733 | 0,4637 | 0,0096 | 0,0001 | 0,0004 |
| 8 | 0,3700 | 0,3700 | 0,3900 | 0,3767 | 0,4190 | -0,0424 | 0,0018 | 0,0001 |
| 9 | 0,3900 | 0,4600 | 0,5000 | 0,4500 | 0,4637 | -0,0137 | 0,0002 | 0,0031 |
| Σ | — | — | — | — | — | 0,0063 | 0,0041 | 0,0141 |

Табл. П.24. Коэффициенты значимости регрессии (зависимость СТС ТНМ после мокрой обработки от поверхностной плотности и содержания ПАК волокон)

| Коэффициенты регрессии | b_0 | b_1 | b_2 | b_{12} | b_{11} | b_{22} |
|---|--------|-------|-------|----------|----------|----------|
| Числовое значение коэффициентов регрессии | 0,544 | 0,090 | 0,006 | -0,005 | -0,035 | -0,080 |
| t_R | 38,803 | 6,402 | 0,434 | 0,357 | 2,494 | 5,705 |
| $t_{T_{0,05}}$ | 2,306 | | | | | |

Табл. П.25. Разрывное удлинение (по длине) ТНМ

| № опыта | Разрывное удлинение по длине, % | | | | | $\bar{y} - \hat{y}$ | $(\bar{y} - \hat{y})^2$ | $S_u^2\{y\}$ |
|----------|---------------------------------|---------|---------|-----------|-----------|---------------------|-------------------------|--------------|
| | фактическое | | | | расчетное | | | |
| | y_1 | y_2 | y_3 | \bar{y} | \hat{y} | | | |
| 1 | 5,8000 | 5,0000 | 6,0000 | 5,6000 | 7,5008 | -1,9008 | 3,6132 | 0,2800 |
| 2 | 6,0000 | 9,0000 | 7,0000 | 7,3333 | 7,6071 | -0,2738 | 0,0750 | 2,3333 |
| 3 | 8,0000 | 8,1000 | 7,0000 | 7,7000 | 6,7409 | 0,9591 | 0,9198 | 0,3700 |
| 4 | 26,0000 | 33,0000 | 31,0100 | 30,0033 | 30,3433 | -0,3399 | 0,1156 | 13,0100 |
| 5 | 15,0000 | 18,0000 | 13,0000 | 15,3333 | 16,9061 | -1,5728 | 2,4737 | 6,3333 |
| 6 | 7,0000 | 6,0000 | 6,3000 | 6,4333 | 3,0465 | 3,3868 | 11,4704 | 0,2633 |
| 7 | 8,0000 | 6,0000 | 7,8000 | 7,2667 | 8,4856 | -1,2189 | 1,4858 | 1,2133 |
| 8 | 7,7000 | 10,0000 | 7,0000 | 8,2333 | 9,3320 | -1,0987 | 1,2071 | 2,4633 |
| 9 | 30,0000 | 25,0000 | 30,3300 | 28,4433 | 24,9363 | 3,5071 | 12,2995 | 8,9196 |
| Σ | — | — | — | — | — | 1,4479 | 33,6600 | 35,1863 |

Табл. П.26. Коэффициенты значимости регрессии (зависимость разрывного удлинения по длине ТНМ от поверхностной плотности и содержания ПАК волокон)

| Коэффициенты регрессии | b_0 | b_1 | b_2 | b_{12} | b_{11} | b_{22} |
|---|-------|-------|-------|----------|----------|----------|
| Числовое значение коэффициентов регрессии | 7,50 | -3,14 | -8,23 | 3,58 | -1,31 | 9,21 |
| t_R | 10,73 | 4,50 | 11,77 | 5,12 | 1,88 | 13,17 |
| $t_{T_{0,05}}$ | 2,31 | | | | | |

Табл. П.27 – Разрывное удлинение (по ширине) ТНМ

| № опыта | Разрывное удлинение (по ширине), % | | | | | $\bar{y} - \hat{y}$ | $(\bar{y} - \hat{y})^2$ | $S_u^2\{y\}$ |
|---------|------------------------------------|---------|---------|-----------|-----------|---------------------|-------------------------|--------------|
| | фактическое | | | | расчетное | | | |
| | y_1 | y_2 | y_3 | \bar{y} | \hat{y} | | | |
| 1 | 4,0000 | 6,0000 | 5,6000 | 5,2000 | 7,3950 | -2,1950 | 4,8182 | 1,1200 |
| 2 | 7,5000 | 5,0000 | 9,0000 | 7,1667 | 9,9710 | -2,8043 | 7,8640 | 4,0833 |
| 3 | 6,5000 | 8,0000 | 10,5000 | 8,3333 | 8,9277 | -0,5944 | 0,3533 | 4,0833 |
| 4 | 38,5000 | 42,0000 | 42,2000 | 40,9000 | 43,0359 | -2,1359 | 4,5622 | 4,3300 |
| 5 | 17,0000 | 26,5000 | 22,0000 | 21,8333 | 26,1792 | -4,3458 | 18,8862 | 22,5833 |
| 6 | 4,9000 | 9,0000 | 6,1000 | 6,6667 | 3,4417 | 3,2250 | 10,4007 | 4,4433 |

| № опыта | Разрывное удлинение (по ширине), % | | | | | $\bar{y} - \hat{y}$ | $(\bar{y} - \hat{y})^2$ | $S_u^2\{y\}$ |
|----------|------------------------------------|---------|---------|-----------|-----------|---------------------|-------------------------|--------------|
| | фактическое | | | | расчетное | | | |
| | y_1 | y_2 | y_3 | \bar{y} | \hat{y} | | | |
| 7 | 8,0000 | 10,0000 | 5,9000 | 7,9667 | 9,4493 | -1,4827 | 2,1983 | 4,2033 |
| 8 | 5,8000 | 4,8000 | 9,0000 | 6,5333 | 11,3484 | -4,8151 | 23,1851 | 4,8133 |
| 9 | 44,0000 | 34,0000 | 38,2000 | 38,7333 | 34,6075 | 4,1258 | 17,0221 | 25,2133 |
| Σ | — | — | — | — | — | -11,0224 | 89,2902 | 74,8733 |

Табл. П.28. Коэффициенты значимости регрессии (зависимость разрывного удлинения по ширине ТНМ от поверхностной плотности и содержания ПАК волокон)

| Коэффициенты регрессии | b_0 | b_1 | b_2 | b_{12} | b_{11} | b_{22} |
|---|-------|-------|--------|----------|----------|----------|
| Числовое значение коэффициентов регрессии | 7,40 | -3,95 | -12,58 | 4,48 | -2,12 | 14,63 |
| t_R | 7,25 | 3,88 | 12,34 | 4,39 | 2,08 | 14,35 |
| $t_{T_{0,05}}$ | 2,31 | | | | | |

ПРИЛОЖЕНИЕ Р

(обязательное)

Стендовые испытания на термоманекене

Табл. Р.1. Состав пакетов материалов готовых комплектов одежды для испытаний на «потеющем» термоманекене

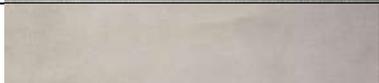
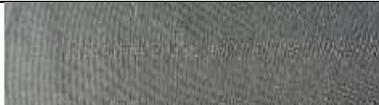
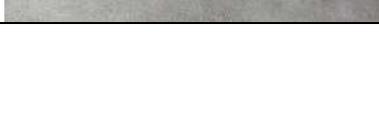
| № п/п | Внешний вид | Состав пакета материалов | Поверхностная плотность, г/м ² |
|-------|---|---|---|
| 1 |  | Основа. 56515RHFL 10k/10k 2way. Артикул 59308, черный (580) (полочка, спинка, рукава) | 180 |
| 2 |  | | |
| 3 |  | Отделка. 56515RHFL 10k/10k 2way. Артикул 593-08, бирюзовый (13-0650ТРХ) (кокетка, спинка и полочка, капюшон) | 180 |
| 4 |  | | |
| 5 |  | Подкладка. Подкладочная Корея. Артикул 744-01, черный (13-0650ТРХ) (подкладка спинки и полочки, воротник, ластовица спинки, подкладка капюшона) | 150 |
| 6 |  | | |
| 7 |  | Подкладка 1. Лайкра meгуl 2. Артикул 741-02. Черный (580) (перчатка) | 200 |
| 8 |  | Подкладка 2. Подкладка п/э с лого. Арт. 802-01, черный (580) (подкладка рукавов, ластовица подкладки переда) | 60 |
| 9 |  | Подкладка 3. Непромокаемая тк. Арт. 803-02. Пелерина, обтачка низа изделия | 60 |
| 10 |  | КО № 1: 80 % ПЭ волокна, 20 % легкоплавкие волокна | 150 |
| 11 |  | КО № 2: 45 % ПЭ волокна, 35 % ПАК волокна | 150 |
| 12 |  | КО № 3: 70 % ПАК волокна, 20 % легкоплавкие волокна, 10 % ПЭ волокна | 150 |
| 13 |  | КО № 4: 80 % ПЭ волокна, 20 % легкоплавкие волокна + КО № 2: 45 % ПЭ волокна, 35 % ПАК волокна | 150 |
| 14 |  | | |

Табл. Р.2. Средние арифметические значения температуры поверхностей сегментов корпуса манекена (T_{si} , °C). Режим перспирации

| № сегмента п/п | Комплект одежды № 1 | | | | Комплект одежды № 2 | | | | Комплект одежды № 3 | | | | Комплект одежды № 4 | | | |
|----------------|---------------------|------------------|-------------------|------------------|---------------------|------------------|-------------------|------------------|---------------------|------------------|-------------------|------------------|---------------------|------------------|-------------------|------------------|
| | $T_{s_{i1}}$, °C | $C_{w_{i1}}$, % | $T_{s_{i2}}$, °C | $C_{w_{i2}}$, % | $T_{s_{i1}}$, °C | $C_{w_{i1}}$, % | $T_{s_{i2}}$, °C | $C_{w_{i2}}$, % | $T_{s_{i1}}$, °C | $C_{w_{i1}}$, % | $T_{s_{i2}}$, °C | $C_{w_{i2}}$, % | $T_{s_{i1}}$, °C | $C_{w_{i1}}$, % | $T_{s_{i2}}$, °C | $C_{w_{i2}}$, % |
| 1 | 33,95 | 0,57 | 34,05 | 0,05 | 34,00 | 33,99 | 0,07 | 33,97 | 0,29 | 33,98 | 34,00 | 0,03 | 34,00 | 34,00 | 0,03 | 34,00 |
| 2 | 33,99 | 0,02 | 34,04 | 0,06 | 34,02 | 34,03 | 0,09 | 34,00 | 0,07 | 34,02 | 34,00 | 0,07 | 34,00 | 34,00 | 0,06 | 34,00 |
| 3 | 33,94 | 0,30 | 34,06 | 0,16 | 34,00 | 34,07 | 0,12 | 33,98 | 0,24 | 34,03 | 34,00 | 0,04 | 34,16 | 34,08 | 0,07 | 34,00 |
| 4 | 33,96 | 0,19 | 34,02 | 0,07 | 33,99 | 34,01 | 0,08 | 33,98 | 0,12 | 34,00 | 34,00 | 0,03 | 34,00 | 34,00 | 0,02 | 34,00 |
| 5 | 33,98 | 0,08 | 34,03 | 0,12 | 34,01 | 34,00 | 0,06 | 33,98 | 0,07 | 33,99 | 34,00 | 0,05 | 34,00 | 34,01 | 0,07 | 34,01 |
| 6 | 33,98 | 0,14 | 34,03 | 0,11 | 34,01 | 34,00 | 0,06 | 33,98 | 0,11 | 33,99 | 34,01 | 0,03 | 34,00 | 34,01 | 0,04 | 34,01 |
| 7 | 33,94 | 0,26 | 34,00 | 0,05 | 33,97 | 34,08 | 0,15 | 34,00 | 0,05 | 34,04 | 34,00 | 0,07 | 34,00 | 34,00 | 0,02 | 34,00 |
| 8 | 33,98 | 0,14 | 34,00 | 0,07 | 33,99 | 34,03 | 0,09 | 33,95 | 0,17 | 33,99 | 34,00 | 0,05 | 34,00 | 34,00 | 0,07 | 34,00 |
| 9 | 34,01 | 0,15 | 34,02 | 0,08 | 34,02 | 34,01 | 0,06 | 34,00 | 0,07 | 34,01 | 34,00 | 0,02 | 34,00 | 34,01 | 0,04 | 34,01 |
| 10 | 34,01 | 0,03 | 34,02 | 0,05 | 34,02 | 34,03 | 0,07 | 34,00 | 0,05 | 34,02 | 34,00 | 0,01 | 34,00 | 34,00 | 0,03 | 34,00 |
| 11 | 33,98 | 0,12 | 34,02 | 0,07 | 34,00 | 34,00 | 0,05 | 33,99 | 0,13 | 34,00 | 34,00 | 0,07 | 34,00 | 34,00 | 0,03 | 34,00 |
| 12 | 33,99 | 0,07 | 34,02 | 0,04 | 34,01 | 33,99 | 0,07 | 34,00 | 0,05 | 34,00 | 34,00 | 0,04 | 34,00 | 34,00 | 0,03 | 34,00 |
| 13 | 33,99 | 0,06 | 34,02 | 0,11 | 34,01 | 33,99 | 0,04 | 34,00 | 0,06 | 34,00 | 34,01 | 0,06 | 34,00 | 34,01 | 0,06 | 34,00 |
| 14 | 34,01 | 0,31 | 34,07 | 0,18 | 34,04 | 34,00 | 0,05 | 34,01 | 0,08 | 34,01 | 34,01 | 0,04 | 34,01 | 34,00 | 0,05 | 34,00 |
| 15 | 33,96 | 0,19 | 34,03 | 0,10 | 34,00 | 34,00 | 0,03 | 33,98 | 0,11 | 33,99 | 34,00 | 0,05 | 34,03 | 34,02 | 0,02 | 34,00 |
| 16 | 33,95 | 0,28 | 34,03 | 0,08 | 33,99 | 34,00 | 0,06 | 33,96 | 0,20 | 33,98 | 34,01 | 0,08 | 34,00 | 34,01 | 0,09 | 34,00 |
| 17 | 33,97 | 0,12 | 34,02 | 0,08 | 34,00 | 34,00 | 0,05 | 33,96 | 0,18 | 33,98 | 34,01 | 0,03 | 34,00 | 34,01 | 0,02 | 34,01 |
| 18 | 33,97 | 0,09 | 34,03 | 0,13 | 34,00 | 34,00 | 0,06 | 33,97 | 0,26 | 33,99 | 34,00 | 0,05 | 34,00 | 34,01 | 0,08 | 34,01 |
| 19 | 33,99 | 0,07 | 34,06 | 0,25 | 34,03 | 34,03 | 0,16 | 33,99 | 0,02 | 34,01 | 34,00 | 0,04 | 34,00 | 34,02 | 0,04 | 34,02 |
| 20 | 33,98 | 0,26 | 34,05 | 0,26 | 34,02 | 34,02 | 0,14 | 33,99 | 0,11 | 34,01 | 34,00 | 0,05 | 34,04 | 34,02 | 0,06 | 34,02 |
| — | $T_{s_1(1,2)}$ | | | | $T_{s_2(1,2)}$ | | | | $T_{s_3(1,2)}$ | | | | $T_{s_4(1,2)}$ | | | |
| | 34,00 | | | | 34,00 | | | | 34,01 | | | | 34,00 | | | |

Табл. Р.4. Данные РОТ КО и отдельных сегментов, полученные в состоянии движения и перспирации термоманекена

| № сегмента п/п | Комплект одежды № 1 | | | | | Комплект одежды № 2 | | | | | Комплект одежды № 3 | | | | | Комплект одежды № 4 | | | | | | | |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | $I_{tr(1)}^{0C \cdot M^2/Bt}$ | $I_{tr(2)}^{0C \cdot M^2/Bt}$ | $I_{tr(1)}^{0C \cdot M^2/Bt}$ |
| 1 | 0,112 | 0,003 | 0,118 | 0,003 | 0,115 | 0,003 | 0,104 | 0,003 | 0,115 | 0,154 | 0,004 | 0,122 | 0,003 | 0,138 | 0,153 | 0,004 | 0,158 | 0,004 | 0,156 | | | | |
| 2 | 0,429 | 0,023 | 0,362 | 0,019 | 0,396 | 0,371 | 0,020 | 0,473 | 0,025 | 0,422 | 0,415 | 0,373 | 0,020 | 0,394 | 0,424 | 0,023 | 0,412 | 0,022 | 0,418 | | | | |
| 3 | 0,156 | 0,007 | 0,147 | 0,007 | 0,152 | 0,139 | 0,006 | 0,146 | 0,007 | 0,143 | 0,277 | 0,013 | 0,292 | 0,285 | 0,240 | 0,011 | 0,266 | 0,012 | 0,253 | | | | |
| 4 | 0,236 | 0,011 | 0,228 | 0,010 | 0,232 | 0,214 | 0,010 | 0,213 | 0,010 | 0,214 | 0,437 | 0,020 | 0,452 | 0,445 | 0,404 | 0,019 | 0,432 | 0,020 | 0,418 | | | | |
| 5 | 0,198 | 0,007 | 0,190 | 0,007 | 0,194 | 0,193 | 0,007 | 0,186 | 0,007 | 0,190 | 0,335 | 0,012 | 0,372 | 0,353 | 0,285 | 0,010 | 0,299 | 0,011 | 0,292 | | | | |
| 6 | 0,185 | 0,007 | 0,185 | 0,007 | 0,185 | 0,189 | 0,007 | 0,177 | 0,006 | 0,183 | 0,317 | 0,011 | 0,330 | 0,324 | 0,288 | 0,010 | 0,294 | 0,010 | 0,291 | | | | |
| 7 | 0,098 | 0,002 | 0,098 | 0,002 | 0,098 | 0,162 | 0,004 | 0,228 | 0,006 | 0,195 | 0,240 | 0,006 | 0,246 | 0,243 | 0,236 | 0,006 | 0,236 | 0,006 | 0,236 | | | | |
| 8 | 0,088 | 0,002 | 0,089 | 0,002 | 0,089 | 0,102 | 0,003 | 0,098 | 0,002 | 0,100 | 0,243 | 0,006 | 0,245 | 0,244 | 0,233 | 0,006 | 0,226 | 0,006 | 0,230 | | | | |
| 9 | 0,341 | 0,023 | 0,313 | 0,021 | 0,327 | 0,326 | 0,022 | 0,454 | 0,030 | 0,390 | 0,523 | 0,035 | 0,463 | 0,493 | 0,428 | 0,029 | 0,478 | 0,032 | 0,453 | | | | |
| 10 | 0,611 | 0,034 | 0,363 | 0,020 | 0,487 | 0,426 | 0,024 | 0,704 | 0,039 | 0,565 | 0,536 | 0,030 | 0,531 | 0,030 | 0,472 | 0,026 | 0,489 | 0,027 | 0,480 | | | | |
| 11 | 0,324 | 0,021 | 0,341 | 0,022 | 0,332 | 0,271 | 0,018 | 0,293 | 0,019 | 0,282 | 0,475 | 0,031 | 0,422 | 0,428 | 0,449 | 0,028 | 0,444 | 0,029 | 0,436 | | | | |
| 12 | 0,400 | 0,021 | 0,379 | 0,020 | 0,390 | 0,377 | 0,020 | 0,366 | 0,019 | 0,371 | 0,533 | 0,028 | 0,628 | 0,628 | 0,581 | 0,029 | 0,593 | 0,031 | 0,575 | | | | |
| 13 | 0,325 | 0,014 | 0,334 | 0,014 | 0,329 | 0,337 | 0,014 | 0,305 | 0,013 | 0,321 | 0,512 | 0,021 | 0,544 | 0,528 | 0,465 | 0,019 | 0,487 | 0,020 | 0,476 | | | | |
| 14 | 0,333 | 0,014 | 0,361 | 0,015 | 0,347 | 0,403 | 0,017 | 0,356 | 0,015 | 0,380 | 0,501 | 0,021 | 0,573 | 0,537 | 0,465 | 0,019 | 0,503 | 0,021 | 0,484 | | | | |
| 15 | 0,130 | 0,011 | 0,127 | 0,011 | 0,128 | 0,135 | 0,011 | 0,139 | 0,012 | 0,137 | 0,282 | 0,024 | 0,310 | 0,296 | 0,364 | 0,030 | 0,376 | 0,031 | 0,370 | | | | |
| 16 | 0,134 | 0,011 | 0,129 | 0,011 | 0,131 | 0,136 | 0,011 | 0,134 | 0,011 | 0,135 | 0,298 | 0,025 | 0,308 | 0,303 | 0,345 | 0,029 | 0,355 | 0,030 | 0,350 | | | | |
| 17 | 0,123 | 0,009 | 0,118 | 0,009 | 0,121 | 0,122 | 0,009 | 0,124 | 0,009 | 0,123 | 0,285 | 0,021 | 0,296 | 0,290 | 0,397 | 0,030 | 0,413 | 0,031 | 0,405 | | | | |
| 18 | 0,122 | 0,009 | 0,121 | 0,009 | 0,121 | 0,113 | 0,008 | 0,103 | 0,008 | 0,108 | 0,270 | 0,020 | 0,274 | 0,272 | 0,363 | 0,027 | 0,400 | 0,030 | 0,382 | | | | |
| 19 | 0,144 | 0,005 | 0,160 | 0,005 | 0,152 | 0,155 | 0,005 | 0,145 | 0,005 | 0,150 | 0,225 | 0,007 | 0,231 | 0,228 | 0,174 | 0,006 | 0,221 | 0,007 | 0,197 | | | | |
| 20 | 0,128 | 0,004 | 0,140 | 0,005 | 0,134 | 0,146 | 0,005 | 0,134 | 0,004 | 0,140 | 0,132 | 0,004 | 0,139 | 0,005 | 0,136 | 0,005 | 0,219 | 0,007 | 0,180 | | | | |
| Σ | - | 0,238 | - | 0,219 | 0,229 | - | 0,224 | - | 0,250 | 0,237 | - | 0,362 | - | 0,369 | 0,366 | - | 0,366 | - | 0,377 | | | | |
| $I_{tr(1)}^{0C \cdot M^2/Bt}$ | - | - | - | - | 0,228 | - | - | - | - | 0,237 | - | - | - | - | 0,366 | - | - | - | 0,377 | | | | |
| $I_{tr(2)}^{0C \cdot M^2/Bt}$ | - | - | - | - | 0,228 | - | - | - | - | 0,236 | - | - | - | - | 0,366 | - | - | - | 0,377 | | | | |
| $r, \%$ | - | - | - | - | 1,865 | - | - | - | - | 2,643 | - | - | - | - | 0,640 | - | - | - | 2,189 | | | | |

Табл. Р.5. Характеристики температуры и давления

| $T_{в},$ °С | $P_{в},$ кПа | $T_{в\text{ьд.}},$ °С | $P_{в\text{ьд.}},$ кПа | Климатический пояс (регион) | Наиболее вероятная температура воздуха зимних месяцев соответствующего климатического пояса (региона), °С |
|----------------|-----------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------------|---|
| 0 | 0,61 | 29 | 4,01 | – | – |
| -5 | 0,42 | 28 | 3,78 | II-I (III-IV) | -9,7 |
| -10 | 0,29 | 27 | 3,57 | | |
| -15 | 0,19 | 26 | 3,36 | III (II) | -18 |
| -20 | 0,13 | 25 | 3,17 | | |
| -25 | 0,08 | 24 | 2,99 | «Особый» (IA) | -25 |
| -30 | 0,05 | 23 | 2,81 | – | – |
| -35 | 0,03 | 22 | 2,65 | – | – |
| -40 | 0,02 | 21 | 2,49 | IV (1Б) | -41 |
| -45 | 0,01 | 20 | 2,34 | | |

Табл. Р.6. Характеристика отдельных категорий работ [230, 305 – 307]

| Энерготраты (q_a), Вт/м ² | Категория | Энерготраты Вт/м ² | Энерготраты Вт | Энерготраты ккал/ч·м ² | Влаготери (погооделение), г/час | Характеристика |
|---|----------------------------|-------------------------------|----------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---|
| – | Иа – легкая | До 77 | До 139 | До 120 | 40 – 60 | Сидя, в сопровождении с незначительным физическим напряжением |
| 88 | Иб – легкая | 77 – 96 | 140 – 174 | 121 – 150 | 61 – 100 | Сидя, стоя, ходьба в сопровождении некоторым физическим напряжением |
| 113 | Па – средней тяжести | 96 – 128 | 175 – 232 | 151 – 200 | 80 – 150 | Постоянная ходьба, перемещение мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя в сопровождении определенного физического напряжения |
| 145 | Пб – средней тяжести | 128 – 160 | 233 – 290 | 201 – 250 | 100 – 190 | Ходьба, перемещение, переноска тяжестей до 10 кг в сопровождении с умеренным физическим напряжением |
| 170 | Ш – тяжелая | Более 160 | Более 290 | Более 250 | 120 – 250 | Постоянное передвижение, перемещение и переноска значительных (свыше 10 кг) тяжестей в сопровождении с большими физическими усилиями |

Табл. Р.7. Значения уровня теплового потока и теплототерь ($\text{Вт}/\text{м}^2$) при температуре воздуха окружающей среды ($^{\circ}\text{C}$) и интенсивности физической нагрузки ($\text{Вт}/\text{м}^2$)

| Температура воздуха окружающей среды ($T_{\text{в}}$), $^{\circ}\text{C}$ | Энергографы (q), $\text{Вт}/\text{м}^2$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|-------|-------|--------|-------|---|-------|-------|-------|-------|--|-------|-------|-------|-------|---|-------|-------|-------|-------|
| | $q_{\text{п.к.}}$, $\text{Вт}/\text{м}^2$ | | | | | $q_{\text{кон.дых}}$, $\text{Вт}/\text{м}^2$ | | | | | $q_{\text{ид.дых}}$, $\text{Вт}/\text{м}^2$ | | | | | $q_{\text{ид.кон.}}$, $\text{Вт}/\text{м}^2$ | | | | |
| | (Iб) | (IIа) | (IIб) | (III) | (III) | (Iб) | (IIа) | (IIб) | (III) | (III) | (Iб) | (IIа) | (IIб) | (III) | (III) | (Iб) | (IIа) | (IIб) | (III) | (III) |
| 0 | 60,65 | 77,79 | 99,73 | 116,87 | 3,57 | 4,59 | 5,89 | 6,90 | 5,17 | 6,64 | 8,52 | 9,99 | 18,61 | 23,98 | 30,86 | 36,24 | | | | |
| -5 | 60,15 | 77,17 | 98,95 | 115,97 | 4,07 | 5,22 | 6,70 | 7,85 | 5,12 | 6,57 | 8,43 | 9,88 | 18,66 | 24,04 | 30,92 | 36,29 | | | | |
| -10 | 59,66 | 76,57 | 98,22 | 115,13 | 4,56 | 5,85 | 7,51 | 8,81 | 4,99 | 6,41 | 8,23 | 9,65 | 18,79 | 24,16 | 31,04 | 36,41 | | | | |
| -15 | 59,17 | 75,99 | 97,52 | 114,33 | 5,05 | 6,49 | 8,32 | 9,76 | 4,83 | 6,20 | 7,96 | 9,33 | 18,95 | 24,33 | 31,21 | 36,58 | | | | |
| -20 | 58,68 | 75,41 | 96,83 | 113,56 | 5,54 | 7,12 | 9,14 | 10,71 | 4,63 | 5,95 | 7,64 | 8,95 | 19,15 | 24,52 | 31,40 | 36,77 | | | | |
| -25 | 58,18 | 74,84 | 96,15 | 112,81 | 6,04 | 7,75 | 9,95 | 11,66 | 4,42 | 5,68 | 7,29 | 8,54 | 19,36 | 24,73 | 31,61 | 36,99 | | | | |
| -30 | 57,69 | 74,27 | 95,48 | 112,06 | 6,53 | 8,38 | 10,76 | 12,61 | 4,20 | 5,40 | 6,92 | 8,12 | 19,58 | 24,95 | 31,83 | 37,21 | | | | |
| -35 | 57,20 | 73,70 | 94,82 | 111,32 | 7,02 | 9,02 | 11,57 | 13,57 | 3,98 | 5,11 | 6,56 | 7,69 | 19,80 | 25,17 | 32,05 | 37,43 | | | | |
| -40 | 56,71 | 73,13 | 94,15 | 110,57 | 7,52 | 9,65 | 12,38 | 14,52 | 3,76 | 4,83 | 6,20 | 7,26 | 20,02 | 25,39 | 32,27 | 37,65 | | | | |
| -45 | 56,21 | 72,56 | 93,47 | 109,82 | 8,01 | 10,28 | 13,20 | 15,47 | 3,55 | 4,55 | 5,84 | 6,85 | 20,23 | 25,61 | 32,49 | 37,86 | | | | |

Табл. Р.8. Значения реальной величины теплового потока ($\text{Вт}/\text{м}^2$) с учетом имеющейся теплоизоляции комплектов одежды ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$), измеренной в состоянии перспирации

| Тем- пера- тура воздуха окру- жаю- щей среды (T_B), °C | Энерготраты (q), $\text{Вт}/\text{м}^2$ | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--------|--------|--|--------|--------|--|--------|--------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Категория работ | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 88 | 113 | 145 | 170 | 88 | 113 | 145 | 170 | 88 | 113 | 145 | 170 | 88 | 113 | 145 | 170 |
| | (I6) | (IIa) | (II6) | (III) | (I6) | (IIa) | (II6) | (III) | (I6) | (IIa) | (II6) | (III) | (I6) | (IIa) | (II6) | (III) |
| | $Q_{\text{потока}_1}$, $\text{Вт}/\text{м}^2$ | | | $Q_{\text{потока}_2}$, $\text{Вт}/\text{м}^2$ | | | $Q_{\text{потока}_3}$, $\text{Вт}/\text{м}^2$ | | | $Q_{\text{потока}_4}$, $\text{Вт}/\text{м}^2$ | | | | | | |
| 0 | 132,25 | 128,38 | 123,42 | 119,55 | 127,59 | 123,85 | 119,07 | 115,33 | 82,65 | 80,23 | 77,14 | 74,72 | 80,17 | 77,83 | 74,82 | 72,47 |
| -5 | 154,13 | 150,26 | 145,30 | 141,43 | 148,69 | 144,96 | 140,18 | 136,44 | 96,33 | 93,91 | 90,81 | 88,39 | 93,44 | 91,09 | 88,08 | 85,74 |
| -10 | 176,01 | 172,14 | 167,18 | 163,31 | 169,80 | 166,06 | 161,28 | 157,55 | 110,00 | 107,58 | 104,48 | 102,06 | 106,70 | 104,35 | 101,35 | 99,00 |
| -15 | 197,89 | 194,02 | 189,06 | 185,19 | 190,91 | 187,17 | 182,39 | 178,65 | 123,68 | 121,25 | 118,16 | 115,74 | 119,96 | 117,62 | 114,61 | 112,26 |
| -20 | 219,77 | 215,89 | 210,94 | 207,07 | 212,01 | 208,28 | 203,49 | 199,76 | 137,35 | 134,93 | 131,83 | 129,41 | 133,23 | 130,88 | 127,87 | 125,53 |
| -25 | 241,65 | 237,77 | 232,82 | 228,94 | 233,12 | 229,38 | 224,60 | 220,86 | 151,02 | 148,60 | 145,50 | 143,08 | 146,49 | 144,14 | 141,14 | 138,79 |
| -30 | 263,52 | 259,65 | 254,69 | 250,82 | 254,22 | 250,49 | 245,71 | 241,97 | 164,70 | 162,28 | 159,18 | 156,76 | 159,75 | 157,40 | 154,40 | 152,05 |
| -35 | 285,40 | 281,53 | 276,57 | 272,70 | 275,33 | 271,59 | 266,81 | 263,08 | 178,37 | 175,95 | 172,85 | 170,43 | 173,01 | 170,67 | 167,66 | 165,31 |
| -40 | 307,28 | 303,41 | 298,45 | 294,58 | 296,44 | 292,70 | 287,92 | 284,18 | 192,04 | 189,62 | 186,52 | 184,10 | 186,28 | 183,93 | 180,93 | 178,58 |
| -45 | 329,16 | 325,29 | 320,33 | 316,46 | 317,54 | 313,81 | 309,03 | 305,29 | 205,72 | 203,30 | 200,20 | 197,78 | 199,54 | 197,19 | 194,19 | 191,84 |

Табл. Р.9. Допустимое время непрерывного пребывания человека на холоде (ч) в состоянии перспирации при различной температуре воздуха (°С) и интенсивности физической работы (Вт/м²)

| Температура воздуха окружающей среды (Т _в), °С | Энерготраги (q _в), Вт/м ² | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|-------|-------|--------------------|------|-------|--------------------|--------|------|--------------------|--------|--------|------|--------|--------|--------|
| | Категория работ | | | | | | | | | | | | | | | |
| | τ ₁ , ч | | | τ ₂ , ч | | | τ ₃ , ч | | | τ ₄ , ч | | | | | | |
| | 88 | 113 | 145 | 170 | 88 | 113 | 145 | 170 | 88 | 113 | 145 | 170 | 88 | 113 | 145 | 170 |
| | (Iб) | (IIа) | (IIб) | (III) | (Iб) | (IIа) | (IIб) | (III) | (Iб) | (IIа) | (IIб) | (III) | (Iб) | (IIа) | (IIб) | (III) |
| 0 | 0,73 | 1,03 | 2,19 | >10,00 | 0,78 | 1,13 | 2,69 | >10,00 | 2,36 | >10,00 | >10,00 | >10,00 | 2,66 | >10,00 | >10,00 | >10,00 |
| -5 | 0,55 | 0,71 | 1,12 | 2,04 | 0,59 | 0,77 | 1,26 | 2,54 | 1,44 | 3,11 | 10,00 | >10,00 | 1,56 | 3,74 | >10,00 | >10,00 |
| -10 | 0,45 | 0,54 | 0,75 | 1,08 | 0,47 | 0,58 | 0,82 | 1,23 | 1,03 | 1,68 | 8,30 | >10,00 | 1,11 | 1,87 | >10,00 | >10,00 |
| -15 | 0,37 | 0,44 | 0,57 | 0,73 | 0,39 | 0,47 | 0,61 | 0,81 | 0,81 | 1,15 | 2,52 | >10,00 | 0,86 | 1,25 | 3,04 | >10,00 |
| -20 | 0,32 | 0,37 | 0,46 | 0,56 | 0,34 | 0,39 | 0,49 | 0,60 | 0,66 | 0,87 | 1,49 | 3,28 | 0,70 | 0,94 | 1,68 | 4,35 |
| -25 | 0,28 | 0,32 | 0,38 | 0,45 | 0,30 | 0,34 | 0,40 | 0,48 | 0,56 | 0,70 | 1,05 | 1,72 | 0,59 | 0,75 | 1,16 | 2,00 |
| -30 | 0,25 | 0,28 | 0,33 | 0,37 | 0,26 | 0,30 | 0,35 | 0,40 | 0,49 | 0,59 | 0,82 | 1,16 | 0,51 | 0,63 | 0,88 | 1,30 |
| -35 | 0,23 | 0,25 | 0,29 | 0,32 | 0,24 | 0,26 | 0,30 | 0,34 | 0,43 | 0,51 | 0,67 | 0,88 | 0,45 | 0,54 | 0,71 | 0,96 |
| -40 | 0,21 | 0,23 | 0,25 | 0,28 | 0,22 | 0,24 | 0,27 | 0,30 | 0,38 | 0,45 | 0,56 | 0,71 | 0,40 | 0,47 | 0,60 | 0,76 |
| -45 | 0,19 | 0,21 | 0,23 | 0,25 | 0,20 | 0,22 | 0,24 | 0,27 | 0,35 | 0,40 | 0,49 | 0,59 | 0,36 | 0,42 | 0,52 | 0,63 |

Табл. Р.10. Аппроксимирующие уравнения линей тренда, отображающих динамику зависимости допустимого времени пребывания человека на холоде в состоянии перспирации при различной температуре воздуха и интенсивности физической работы и соответствующие им коэффициенты детерминации

| Комплекты одежды | Энергограги (q_0), Вт/м ² | | | | | | | |
|------------------|--|-------|-----------------------|-------|------------------------|-------|------------------------|-------|
| | 88 | | 113 | | 145 | | 170 | |
| | Категория работ | | | | | | | |
| № | (Iб) | | (IIа) | | (IIб) | | (III) | |
| | Уравнение | R^2 | Уравнение | R^2 | Уравнение | R^2 | Уравнение | R^2 |
| № 1 | $y = 0,804x^{-0,596}$ | 0,983 | $y = 1,123x^{-0,713}$ | 0,991 | $y = 2,209x^{-0,982}$ | 1,000 | $y = 7,142x^{-1,524}$ | 0,976 |
| № 2 | $y = 0,860x^{-0,606}$ | 0,983 | $y = 1,229x^{-0,733}$ | 0,992 | $y = 2,630x^{-1,043}$ | 1,000 | $y = 7,929x^{-1,538}$ | 0,986 |
| № 3 | $y = 2,508x^{-0,843}$ | 0,997 | $y = 8,525x^{-1,374}$ | 0,992 | $y = 19,793x^{-1,567}$ | 0,891 | $y = 24,310x^{-1,445}$ | 0,766 |
| № 4 | $y = 2,798x^{-0,875}$ | 0,998 | $y = 9,318x^{-1,385}$ | 0,996 | $y = 20,897x^{-1,546}$ | 0,869 | $y = 24,092x^{-1,387}$ | 0,752 |

ПРИЛОЖЕНИЕ С

(обязательное)

Оценка качества теплоизоляционных нетканых материалов

Табл. С.1.1. Относительные показатели для ТНМ поверхностной плотностью 100 г/м²

| ТНМ | СТС до мокрой обработки, °С·м ² /Вт | СТС после мокрой обработки, °С·м ² /Вт | Воздухопроницаемость, л/м ³ /м ² ·с | Гидроскопичность, % | Митрация, шт/150 см ² | Неровнота по массе, % | Толщина, мм | Устойчивость к многократному скатанию, % | Изменение линейных размеров (по длине) после мокрой обработки, % | Изменение линейных размеров (по ширине) после мокрой обработки, % | Разрывная нагрузка (по длине), Н | Разрывная нагрузка (по ширине), Н | Разрывное удлинение (по длине), % | Разрывное удлинение (по ширине), % |
|--|--|---|---|---------------------|----------------------------------|-----------------------|-------------|--|--|---|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| | ОПК | | | | | | | | | | | | | |
| Фактические значения | | | | | | | | | | | | | | |
| ТНМ № 1 | 0,35 | 0,34 | 1900,00 | 0,70 | 3,00 | 4,60 | 8,00 | 74,33 | -0,40 | -0,50 | 6,57 | 6,80 | 30,00 | 40,90 |
| ТНМ № 2 | 0,38 | 0,38 | 1700,00 | 15,50 | 3,00 | 5,73 | 7,40 | 82,33 | -0,23 | -0,20 | 7,50 | 6,93 | 8,23 | 6,53 |
| ТНМ № 3 | 0,37 | 0,36 | 1800,00 | 19,00 | 5,00 | 8,33 | 8,03 | 59,00 | -0,30 | -0,30 | 6,23 | 5,57 | 7,70 | 8,33 |
| Относительные показатели | | | | | | | | | | | | | | |
| ТНМ № 1 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,06 | 1,67 | 1,81 | 1,00 | 1,26 | 0,58 | 0,40 | 1,05 | 1,22 | 1,00 | 1,00 |
| ТНМ № 2 | 1,09 | 1,10 | 1,12 | 1,32 | 1,67 | 1,45 | 1,09 | 1,40 | 1,00 | 1,00 | 1,20 | 1,24 | 3,64 | 6,26 |
| ТНМ № 3 | 1,07 | 1,06 | 1,06 | 1,62 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,78 | 0,67 | 1,00 | 1,00 | 3,90 | 4,91 |
| Дискретные ранговые оценки ПК (R) | | | | | | | | | | | | | | |
| ТНМ № 1 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 1,00 | 1,50 | 1,00 | 2,00 | 2,00 | 3,00 | 3,00 | 2,00 | 2,00 | 3,00 | 3,00 |
| ТНМ № 2 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 2,00 | 1,50 | 2,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 2,00 | 1,00 |
| ТНМ № 3 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 2,00 | 2,00 | 3,00 | 3,00 | 1,00 | 2,00 |
| Непрерывные ранговые оценки ПК (Rи) | | | | | | | | | | | | | | |
| ТНМ № 1 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 1,00 | 1,50 | 1,00 | 2,89 | 1,69 | 3,00 | 3,00 | 2,47 | 1,19 | 3,00 | 3,00 |
| ТНМ № 2 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 2,62 | 1,50 | 1,61 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,05 | 1,00 |
| ТНМ № 3 | 1,44 | 1,80 | 2,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 1,80 | 1,67 | 3,00 | 3,00 | 1,00 | 1,10 |
| Дискретные балльные оценки ПК (Б) | | | | | | | | | | | | | | |
| ТНМ № 1 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 3,00 | 2,50 | 3,00 | 2,00 | 2,00 | 1,00 | 1,00 | 2,00 | 2,00 | 1,00 | 1,00 |
| ТНМ № 2 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 2,00 | 2,50 | 2,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 2,00 | 3,00 |
| ТНМ № 3 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 2,00 | 2,00 | 1,00 | 1,00 | 3,00 | 2,00 |
| Непрерывные балльные оценки ПК (Би) | | | | | | | | | | | | | | |
| ТНМ № 1 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 3,00 | 2,50 | 3,00 | 1,11 | 2,31 | 1,00 | 1,00 | 1,53 | 2,81 | 1,00 | 1,00 |
| ТНМ № 2 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 1,38 | 2,50 | 2,39 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 2,95 | 3,00 |
| ТНМ № 3 | 2,56 | 2,20 | 2,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 2,20 | 2,33 | 1,00 | 1,00 | 3,00 | 2,90 |
| Функция желательности | | | | | | | | | | | | | | |

| ОПК | ТНЛ | ТНМ № 1 | ТНМ № 2 | ТНМ № 3 | |
|------------------------------------|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | СТС до мокрой обработки, °С·м²/Вт | 6,18·10 ⁻⁴ | 0,80 | 6,18·10 ⁻⁴ | 0,62 |
| | СТС после мокрой обработки, °С·м²/Вт | 6,18·10 ⁻⁴ | 0,80 | 6,18·10 ⁻⁴ | 0,40 |
| | Воздухопроницаемость γ , дм³/м²·с | 6,18·10 ⁻⁴ | 0,80 | 6,18·10 ⁻⁴ | 0,28 |
| | Гигроскопичность, % | 0,80 | 0,02 | 6,18·10 ⁻⁴ | 0,02 |
| | Миграция, шт/150 см² | 0,80 | 0,80 | 6,18·10 ⁻⁴ | 6,18·10 ⁻⁴ |
| | Неровнота по массе, % | 0,80 | 0,52 | 6,18·10 ⁻⁴ | 6,18·10 ⁻⁴ |
| | Толщина, мм | 2,14·10 ⁻³ | 0,80 | 6,18·10 ⁻⁴ | 6,18·10 ⁻⁴ |
| | Устойчивость к многократному скатанию, % | 0,48 | 0,80 | 6,18·10 ⁻⁴ | 6,18·10 ⁻⁴ |
| | Изменение линейных размеров (по длине) после мокрой обработки, % | 6,18·10 ⁻⁴ | 0,80 | 6,18·10 ⁻⁴ | 0,40 |
| | Изменение линейных размеров (по ширине) после мокрой обработки, % | 6,18·10 ⁻⁴ | 0,80 | 6,18·10 ⁻⁴ | 0,49 |
| | Разрывная нагрузка (по длине), Н | 0,05 | 0,80 | 6,18·10 ⁻⁴ | 6,18·10 ⁻⁴ |
| | Разрывная нагрузка (по ширине), Н | 0,73 | 0,80 | 6,18·10 ⁻⁴ | 6,18·10 ⁻⁴ |
| Разрывное удлинение (по длине), % | 6,18·10 ⁻⁴ | 0,78 | 6,18·10 ⁻⁴ | 0,80 | |
| Разрывное удлинение (по ширине), % | 6,18·10 ⁻⁴ | 0,80 | 6,18·10 ⁻⁴ | 0,76 | |

Табл. С.2. Относительные показатели для ТНМ поверхностной плотностью 150 г/м²

| ТНМ | ОПК | | | | | | | | | | Разрывное удлинение (по ширине), % | Разрывное удлинение (по длине), % | Разрывная нагрузка (по ширине), Н | Разрывная нагрузка (по длине), Н | Изменение линейных размеров (по ширине) после мокрой обработки, % | Изменение линейных размеров (по длине) после мокрой обработки, % | Устойчивость к многократному скатанию, % | Толщина, мм | Неровнота по массе, % | Митрация, шт/150 см ² | Гигроскопичность, % | Воздухопроницаемость, л/м ³ /м ² ·с | СГС после мокрой обработки, °С·м ² /Вт | СГС до мокрой обработки, °С·м ² /Вт |
|---|----------------------|------|---------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|---|--|--|-------------|-----------------------|----------------------------------|---------------------|---|---|--|
| | Фактические значения | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ТНМ № 4 | 0,46 | 0,45 | 1600,00 | 0,80 | 2,00 | 6,50 | 9,73 | 70,00 | -0,30 | -0,40 | 7,73 | 7,53 | 28,44 | 38,73 | | | | | | | | | | |
| ТНМ № 5 | 0,55 | 0,55 | 1600,00 | 17,00 | 1,00 | 4,03 | 9,53 | 85,67 | -0,10 | -0,10 | 10,60 | 9,57 | 5,60 | 5,20 | | | | | | | | | | |
| ТНМ № 6 | 0,48 | 0,47 | 1700,00 | 20,10 | 3,00 | 6,60 | 9,67 | 70,33 | -0,30 | -0,20 | 7,40 | 7,30 | 7,27 | 7,97 | | | | | | | | | | |
| Относительные показатели | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ТНМ № 4 | 1,00 | 1,00 | 1,06 | 0,06 | 1,50 | 1,02 | 1,00 | 1,00 | 0,33 | 0,25 | 1,05 | 1,03 | 1,00 | 1,00 | | | | | | | | | | |
| ТНМ № 5 | 1,20 | 1,22 | 1,06 | 1,35 | 3,00 | 1,64 | 1,02 | 1,22 | 1,00 | 1,00 | 1,43 | 1,31 | 5,08 | 7,45 | | | | | | | | | | |
| ТНМ № 6 | 1,05 | 1,05 | 1,00 | 1,59 | 1,00 | 1,00 | 1,01 | 1,00 | 0,33 | 0,50 | 1,00 | 1,00 | 3,91 | 4,86 | | | | | | | | | | |
| Дискретные ранговые оценки ПК (R) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ТНМ № 4 | 3,00 | 3,00 | 1,50 | 1,00 | 2,00 | 2,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 2,00 | 2,00 | 3,00 | 3,00 | | | | | | | | | | |
| ТНМ № 5 | 1,00 | 1,00 | 1,50 | 2,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | | | | | | | | | | |
| ТНМ № 6 | 2,00 | 2,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 3,00 | 3,00 | 2,00 | 2,00 | | | | | | | | | | |
| Непрерывные ранговые оценки ПК (R_н) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ТНМ № 4 | 3,00 | 3,00 | 1,50 | 1,00 | 2,00 | 2,92 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 2,79 | 2,79 | 3,00 | 3,00 | | | | | | | | | | |
| ТНМ № 5 | 1,00 | 1,00 | 1,50 | 2,68 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | | | | | | | | | | |
| ТНМ № 6 | 2,50 | 2,53 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 2,33 | 2,96 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 1,15 | 1,17 | | | | | | | | | | |
| Дискретные балльные оценки ПК (Б) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ТНМ № 4 | 1,00 | 1,00 | 2,50 | 3,00 | 2,00 | 2,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 2,00 | 2,00 | 1,00 | 1,00 | | | | | | | | | | |
| ТНМ № 5 | 3,00 | 3,00 | 2,50 | 2,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | | | | | | | | | | |
| ТНМ № 6 | 2,00 | 2,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 1,00 | 1,00 | 2,00 | 2,00 | | | | | | | | | | |
| Непрерывные балльные оценки ПК (Б_н) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ТНМ № 4 | 1,00 | 1,00 | 2,50 | 3,00 | 2,00 | 1,08 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,21 | 1,21 | 1,00 | 1,00 | | | | | | | | | | |
| ТНМ № 5 | 3,00 | 3,00 | 2,50 | 1,32 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | | | | | | | | | | |
| ТНМ № 6 | 1,50 | 1,47 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,67 | 1,04 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 2,85 | 2,83 | | | | | | | | | | |
| Функция желательности | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | |
|-----|-----|---------|-----------------------|------|-----------------------|--|
| ОПК | ТНМ | ТНМ № 6 | 0,05 | 0,80 | 6,18·10 ⁻⁴ | СТС до мокрой обработки, °С·м ² /Вт |
| | | ТНМ № 5 | 0,04 | 0,80 | 6,18·10 ⁻⁴ | СТС после мокрой обработки, °С·м ² /Вт |
| | | ТНМ № 4 | 6,18E-04 | 0,80 | 0,80 | Воздухопроницаемость в, дм ³ /м ² ·с |
| | | | 6,18·10 ⁻⁴ | 0,01 | 0,80 | Гигроскопичность, % |
| | | | 6,18·10 ⁻⁴ | 0,80 | 0,28 | Миграция, шт/150 см ² |
| | | | 6,18·10 ⁻⁴ | 0,80 | 1,59·10 ⁻³ | Неровнота по массе, % |
| | | | 0,10 | 0,80 | 6,18·10 ⁻⁴ | Толщина, мм |
| | | | 1,05·10 ⁻³ | 0,80 | 6,18·10 ⁻⁴ | Устойчивость к многократному скатию, % |
| | | | 6,18·10 ⁻⁴ | 0,80 | 6,18·10 ⁻⁴ | Изменение линейных размеров (по длине) после мокрой обработки, % |
| | | | 0,49 | 0,80 | 6,18·10 ⁻⁴ | Изменение линейных размеров (по ширине) после мокрой обработки, % |
| | | | 6,18·10 ⁻⁴ | 0,80 | 0,01 | Разрывная нагрузка (по длине), Н |
| | | | 6,18·10 ⁻⁴ | 0,80 | 0,01 | Разрывная нагрузка (по ширине), Н |
| | | | 0,75 | 0,80 | 6,18·10 ⁻⁴ | Разрывное удлинение (по длине), % |
| | | | 0,74 | 0,80 | 6,18·10 ⁻⁴ | Разрывное удлинение (по ширине), % |

Табл. С.3. Относительные показатели для ТНМ поверхностной плотностью 200 г/м²

| ТНМ | ОПК | | | | | | | | | | Разрывное удлинение по ширине, % | | | |
|---------|--|---|---|---------------------|----------------------------------|-----------------------|-------------|--|--|---|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| | СГС до мокрой обработки, °С·м ² /Вт | СГС после мокрой обработки, °С·м ² /Вт | Воздухопроницаемость, л/м ³ /м ² ·с | Гигроскопичность, % | Митрация, шт/150 см ² | Неровнота по массе, % | Толщина, мм | Устойчивость к многократному скатанию, % | Изменение линейных размеров (по длине) после мокрой обработки, % | Изменение линейных размеров (по ширине) после мокрой обработки, % | | Разрывная нагрузка (по длине), Н | Разрывная нагрузка (по ширине), Н | Разрывное удлинение по длине, % |
| | Фактические значения | | | | | | | | | | | | | |
| ТНМ № 7 | 0,55 | 0,51 | 1340,00 | 0,99 | 2,00 | 6,10 | 14,53 | 70,67 | -0,40 | -0,60 | 10,17 | 8,70 | 15,33 | 21,83 |
| ТНМ № 8 | 0,65 | 0,63 | 1200,00 | 18,90 | 2,00 | 5,30 | 11,73 | 79,33 | -0,21 | -0,17 | 10,37 | 9,08 | 6,43 | 6,67 |
| ТНМ № 9 | 0,54 | 0,51 | 1460,00 | 23,00 | 4,00 | 6,73 | 13,40 | 60,00 | -0,20 | -0,25 | 7,70 | 7,50 | 7,33 | 7,17 |
| | Относительные показатели | | | | | | | | | | | | | |
| ТНМ № 7 | 1,01 | 1,00 | 1,09 | 0,07 | 2,00 | 1,10 | 1,00 | 1,18 | 0,50 | 0,28 | 1,32 | 1,16 | 1,00 | 1,00 |
| ТНМ № 8 | 1,20 | 1,25 | 1,22 | 1,32 | 2,00 | 1,27 | 1,24 | 1,32 | 0,94 | 1,00 | 1,35 | 1,21 | 2,38 | 3,28 |
| ТНМ № 9 | 1,00 | 1,01 | 1,00 | 1,61 | 1,00 | 1,00 | 1,08 | 1,00 | 1,00 | 0,68 | 1,00 | 1,00 | 2,09 | 3,05 |
| | Дискретные ранговые оценки ПК (R) | | | | | | | | | | | | | |
| ТНМ № 7 | 2,00 | 3,00 | 2,00 | 1,00 | 1,50 | 2,00 | 3,00 | 2,00 | 3,00 | 3,00 | 2,00 | 2,00 | 3,00 | 3,00 |
| ТНМ № 8 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 2,00 | 1,50 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 2,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| ТНМ № 9 | 3,00 | 2,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 2,00 | 3,00 | 1,00 | 2,00 | 3,00 | 3,00 | 2,00 | 2,00 |
| | Непрерывные ранговые оценки ПК (Ru) | | | | | | | | | | | | | |
| ТНМ № 7 | 2,88 | 3,00 | 2,08 | 1,00 | 1,50 | 2,12 | 3,00 | 1,90 | 3,00 | 3,00 | 1,15 | 1,48 | 3,00 | 3,00 |
| ТНМ № 8 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 2,63 | 1,50 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,13 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| ТНМ № 9 | 3,00 | 2,89 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 2,19 | 3,00 | 1,00 | 1,37 | 3,00 | 3,00 | 1,20 | 1,07 |
| | Дискретные балльные оценки ПК (B) | | | | | | | | | | | | | |
| ТНМ № 7 | 2,00 | 1,00 | 2,00 | 3,00 | 2,50 | 2,00 | 1,00 | 2,00 | 1,00 | 1,00 | 2,00 | 2,00 | 1,00 | 1,00 |
| ТНМ № 8 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 2,00 | 2,50 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 2,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 |
| ТНМ № 9 | 1,00 | 2,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 2,00 | 1,00 | 3,00 | 2,00 | 1,00 | 1,00 | 2,00 | 2,00 |
| | Непрерывные балльные оценки ПК (Bu) | | | | | | | | | | | | | |
| ТНМ № 7 | 1,13 | 1,00 | 1,92 | 3,00 | 2,50 | 1,88 | 1,00 | 2,10 | 1,00 | 1,00 | 2,85 | 2,52 | 1,00 | 1,00 |
| ТНМ № 8 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 1,37 | 2,50 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 2,87 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 |
| ТНМ № 9 | 1,00 | 1,11 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,81 | 1,00 | 3,00 | 2,63 | 1,00 | 1,00 | 2,80 | 2,93 |
| | Функция желательности | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | |
|-----|-----|---------|-----------------------|------|-----------------------|---|
| ОПК | ТНМ | ТНМ № 6 | 6,18·10 ⁻⁴ | 0,80 | 2,64·10 ⁻³ | СТС до мокрой обработки, °С·м ² /Вт |
| | ТНМ | ТНМ № 8 | 6,18·10 ⁻⁴ | 0,80 | 2,14·10 ⁻³ | СТС после мокрой обработки, °С·м ² /Вт |
| | ТНМ | ТНМ № 7 | 6,18·10 ⁻⁴ | 0,23 | 0,23 | Воздухопроницаемость, дм ³ /м ² ·с |
| | ТНМ | ТНМ № 6 | 6,18·10 ⁻⁴ | 0,02 | 0,80 | Гигроскопичность, % |
| | ТНМ | ТНМ № 6 | 6,18·10 ⁻⁴ | 0,80 | 0,80 | Миграция, шт/150 см ² |
| | ТНМ | ТНМ № 6 | 6,18·10 ⁻⁴ | 0,80 | 0,21 | Неровнота по массе, % |
| | ТНМ | ТНМ № 6 | 6,18·10 ⁻⁴ | 0,80 | 0,17 | Толщина, мм |
| | ТНМ | ТНМ № 6 | 6,18·10 ⁻⁴ | 0,80 | 0,34 | Устойчивость к многократному скатию, % |
| | ТНМ | ТНМ № 6 | 6,18·10 ⁻⁴ | 0,75 | 0,80 | Изменение линейных размеров (по длине) после мокрой обработки, % |
| | ТНМ | ТНМ № 6 | 6,18·10 ⁻⁴ | 0,80 | 0,65 | Изменение линейных размеров (по ширине) после мокрой обработки, % |
| | ТНМ | ТНМ № 6 | 6,18·10 ⁻⁴ | 0,80 | 0,75 | Разрывная нагрузка (по длине), Н |
| | ТНМ | ТНМ № 6 | 6,18·10 ⁻⁴ | 0,80 | 0,60 | Разрывная нагрузка (по ширине), Н |
| | ТНМ | ТНМ № 6 | 6,18·10 ⁻⁴ | 0,80 | 0,73 | Разрывное удлинение по длине, % |
| | ТНМ | ТНМ № 6 | 6,18·10 ⁻⁴ | 0,80 | 0,78 | Разрывное удлинение по ширине, % |

Табл. С.4. Относительные показатели для всех исследуемых ТНМ

| ТНМ | ОПК | | | | | | | | | | Фактические значения | | | | | | | | | |
|--|---|--|---|-------------------|--------------------------------|-----------------------|-------------|--|--|---|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|--|--|--|--|--|--|
| | СТС до мокрой обработки, $0, \text{С}\cdot\text{м}^2/\text{Вт}$ | СТС после мокрой обработки, $0, \text{С}\cdot\text{м}^2/\text{Вт}$ | Воздухопроницаемость, $\text{л}\cdot\text{м}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$ | Гирскопичность, % | Митрация, шт/150 см^2 | Неровнота по массе, % | Толщина, мм | Устойчивость к многократному сжатию, % | Изменение линейных размеров (по длине) после мокрой обработки, % | Изменение линейных размеров (по ширине) после мокрой обработки, % | Разрывная нагрузка (по длине), Н | Разрывная нагрузка (по ширине), Н | Разрывное удлинение (по длине), % | Разрывное удлинение (по ширине), % | | | | | | |
| ТНМ № 1 | 0,35 | 0,34 | 1900,00 | 0,70 | 3,00 | 4,60 | 8,00 | 74,33 | -0,40 | -0,50 | 6,57 | 6,80 | 30,00 | 40,90 | | | | | | |
| ТНМ № 2 | 0,38 | 0,38 | 1700,00 | 15,50 | 3,00 | 5,73 | 7,40 | 82,33 | -0,23 | -0,20 | 7,50 | 6,93 | 8,23 | 6,53 | | | | | | |
| ТНМ № 3 | 0,37 | 0,36 | 1800,00 | 19,00 | 5,00 | 8,33 | 8,03 | 59,00 | -0,30 | -0,30 | 6,23 | 5,57 | 7,70 | 8,33 | | | | | | |
| ТНМ № 4 | 0,46 | 0,45 | 1600,00 | 0,80 | 2,00 | 6,50 | 9,73 | 70,00 | -0,30 | -0,40 | 7,73 | 7,53 | 28,44 | 38,73 | | | | | | |
| ТНМ № 5 | 0,55 | 0,55 | 1600,00 | 17,00 | 1,00 | 4,03 | 9,53 | 85,67 | -0,10 | -0,10 | 10,60 | 9,57 | 5,60 | 5,20 | | | | | | |
| ТНМ № 6 | 0,48 | 0,47 | 1700,00 | 20,10 | 3,00 | 6,60 | 9,67 | 70,33 | -0,30 | -0,20 | 7,40 | 7,30 | 7,27 | 7,97 | | | | | | |
| ТНМ № 7 | 0,55 | 0,51 | 1340,00 | 0,99 | 2,00 | 6,10 | 14,53 | 70,67 | -0,40 | -0,60 | 10,17 | 8,70 | 15,33 | 21,83 | | | | | | |
| ТНМ № 8 | 0,65 | 0,63 | 1200,00 | 18,90 | 2,00 | 5,30 | 11,73 | 79,33 | -0,21 | -0,17 | 10,37 | 9,08 | 6,43 | 6,67 | | | | | | |
| ТНМ № 9 | 0,54 | 0,51 | 1460,00 | 23,00 | 4,00 | 6,73 | 13,40 | 60,00 | -0,20 | -0,25 | 7,70 | 7,50 | 7,33 | 7,17 | | | | | | |
| Относительные показатели | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ТНМ № 1 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,05 | 1,67 | 1,81 | 1,82 | 1,26 | 0,25 | 0,20 | 1,05 | 1,22 | 1,00 | 1,00 | | | | | | |
| ТНМ № 2 | 1,09 | 1,10 | 1,12 | 1,20 | 1,67 | 1,45 | 1,96 | 1,40 | 0,43 | 0,50 | 1,20 | 1,24 | 3,64 | 6,26 | | | | | | |
| ТНМ № 3 | 1,07 | 1,06 | 1,06 | 1,47 | 1,00 | 1,00 | 1,81 | 1,00 | 0,33 | 0,33 | 1,00 | 1,00 | 3,90 | 4,91 | | | | | | |
| ТНМ № 4 | 1,30 | 1,31 | 1,19 | 0,06 | 2,50 | 1,28 | 1,49 | 1,19 | 0,33 | 0,25 | 1,24 | 1,35 | 1,05 | 1,06 | | | | | | |
| ТНМ № 5 | 1,57 | 1,60 | 1,19 | 1,32 | 5,00 | 2,07 | 1,52 | 1,45 | 1,00 | 1,00 | 1,70 | 1,72 | 5,36 | 7,87 | | | | | | |
| ТНМ № 6 | 1,37 | 1,38 | 1,12 | 1,56 | 1,67 | 1,26 | 1,50 | 1,19 | 0,33 | 0,50 | 1,19 | 1,31 | 4,13 | 5,13 | | | | | | |
| ТНМ № 7 | 1,56 | 1,48 | 1,42 | 0,08 | 2,50 | 1,37 | 1,00 | 1,20 | 0,25 | 0,17 | 1,63 | 1,56 | 1,96 | 1,87 | | | | | | |
| ТНМ № 8 | 1,85 | 1,84 | 1,58 | 1,47 | 2,50 | 1,57 | 1,24 | 1,34 | 0,47 | 0,59 | 1,66 | 1,63 | 4,66 | 6,14 | | | | | | |
| ТНМ № 9 | 1,54 | 1,50 | 1,30 | 1,78 | 1,25 | 1,24 | 1,08 | 1,02 | 0,50 | 0,40 | 1,24 | 1,35 | 4,09 | 5,71 | | | | | | |
| Дискретные ранговые оценки ПК (R) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ТНМ № 1 | 9,00 | 9,00 | 9,00 | 1,00 | 6,00 | 2,00 | 2,00 | 4,00 | 8,50 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 9,00 | 9,00 | | | | | | |
| ТНМ № 2 | 7,00 | 7,00 | 6,50 | 4,00 | 6,00 | 4,00 | 1,00 | 2,00 | 4,00 | 3,50 | 6,00 | 7,00 | 6,00 | 2,00 | | | | | | |
| ТНМ № 3 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 7,00 | 9,00 | 9,00 | 3,00 | 9,00 | 5,50 | 6,00 | 9,00 | 9,00 | 5,00 | 6,00 | | | | | | |
| ТНМ № 4 | 6,00 | 6,00 | 4,50 | 2,00 | 3,00 | 6,00 | 6,00 | 7,00 | 7,00 | 7,00 | 4,00 | 4,00 | 8,00 | 8,00 | | | | | | |
| ТНМ № 5 | 2,00 | 2,00 | 4,50 | 5,00 | 1,00 | 1,00 | 4,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | | | | | | |
| ТНМ № 6 | 5,00 | 5,00 | 6,50 | 8,00 | 6,00 | 7,00 | 5,00 | 6,00 | 5,50 | 3,50 | 7,00 | 6,00 | 3,00 | 5,00 | | | | | | |
| ТНМ № 7 | 3,00 | 4,00 | 2,00 | 3,00 | 3,00 | 5,00 | 9,00 | 5,00 | 8,50 | 9,00 | 3,00 | 3,00 | 7,00 | 7,00 | | | | | | |
| ТНМ № 8 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 9,00 | 3,00 | 3,00 | 7,00 | 3,00 | 3,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 3,00 | | | | | | |

| ИИМ | ОПК | | | | | | | | | | | | Функция желательности | | | | | |
|---------|------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|--------------|--|---|--|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|--|--|--|--|
| | СТС до морской обработки, °С·м²/Вт | СТС после морской обработки, °С·м²/Вт | Воздухопроницаемость, лм³/м²·с | Гигроскопичность, % | Миграция, шт/150 см² | Неровнота по массе, % | Толщина, мм | Устойчивость к многократному скатию, % | Изменение линейных размеров (по длине) после морской обработки, % | Изменение линейных размеров (по ширине) после морской обработки, % | Разрывная нагрузка (по длине), Н | Разрывная нагрузка (по ширине), Н | Разрывное удлинение (по длине), % | Разрывное удлинение (по ширине), % | | | | |
| | 9,00 6,12 | 9,00 5,69 | 9,00 6,03 | 2,47 1,00 | 7,00 3,00 | 6,64 3,98 | 4,14 2,27 | 7,10 1,30 | 6,17 6,50 | 7,88 6,90 | 8,57 3,69 | 8,02 4,87 | 8,73 8,43 | 8,67 8,56 | | | | |
| ТНМ № 1 | 6,18·10 ⁻⁴ | 6,18·10 ⁻⁴ | 6,18·10 ⁻⁴ | 0,10 | 0,28 | 0,70 | 0,74 | 0,37 | 6,18·10 ⁻⁴ | 0,03 | 3,49·10 ⁻³ | 0,08 | 6,18·10 ⁻⁴ | 6,18·10 ⁻⁴ | | | | |
| ТНМ № 2 | 0,01 | 0,01 | 0,07 | 0,10 | 0,28 | 0,41 | 0,80 | 0,71 | 0,35 | 0,64 | 0,07 | 0,11 | 0,72 | 0,78 | | | | |
| ТНМ № 3 | 3,66·10 ⁻³ | 3,01·10 ⁻³ | 0,01 | 0,02 | 6,18·10 ⁻⁴ | 6,18·10 ⁻⁴ | 0,74 | 6,18·10 ⁻⁴ | 0,10 | 0,40 | 6,18·10 ⁻⁴ | 6,18·10 ⁻⁴ | 0,74 | 0,74 | | | | |
| ТНМ № 4 | 0,12 | 0,13 | 0,19 | 0,80 | 0,59 | 0,19 | 0,50 | 0,17 | 0,10 | 0,16 | 0,11 | 0,27 | 0,00 | 2,54·10 ⁻³ | | | | |
| ТНМ № 5 | 0,50 | 0,54 | 0,19 | 0,06 | 0,80 | 0,80 | 0,53 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | | | | |
| ТНМ № 6 | 0,20 | 0,21 | 0,07 | 0,01 | 0,28 | 0,16 | 0,51 | 0,19 | 0,10 | 0,64 | 0,05 | 0,20 | 0,75 | 0,75 | | | | |

| ОПК | ИИЛ | ТНМ № 9 | ТНМ № 8 | ТНМ № 7 | |
|------------------------------------|------|---|-----------------------|---------|-----------------------|
| | | СТС до мокрой обработки, °С·м ² /Вт | 0,46 | 0,80 | 0,48 |
| | | СТС после мокрой обработки, °С·м ² /Вт | 0,39 | 0,80 | 0,36 |
| | | Воздухопроницаемость в, дм ³ /м ² ·с | 0,44 | 0,80 | 0,64 |
| | | Гирсокопнижность, % | 6,18·10 ⁻⁴ | 0,02 | 0,79 |
| | | Миграция, шт/150 см ² | 0,05 | 0,59 | 0,59 |
| | | Неповнота по массе, % | 0,13 | 0,53 | 0,30 |
| | | Толщина, мм | 0,01 | 0,15 | 6,18·10 ⁻⁴ |
| | | Устойчивость к многократному сжатию, % | 1,53·10 ⁻³ | 0,60 | 0,20 |
| | | Изменение линейных размеров (по длине) после мокрой обработки, % | 0,49 | 0,43 | 6,18·10 ⁻⁴ |
| | | Изменение линейных размеров (по ширине) после мокрой обработки, % | 0,53 | 0,69 | 6,18·10 ⁻⁴ |
| | | Разрывная нагрузка (по длине), Н | 0,10 | 0,76 | 0,73 |
| | | Разрывная нагрузка (по ширине), Н | 0,26 | 0,71 | 0,62 |
| Разрывное удлинение (по длине), % | 0,75 | 0,78 | 0,41 | | |
| Разрывное удлинение (по ширине), % | 0,76 | 0,77 | 0,32 | | |

Табл. С.5. Системы уравнений для ТНМ поверхностной плотностью 100 г/м²

| ОПК | Система линейных уравнений | Значения | |
|---|---|----------------|----------------|
| | | a ₀ | a ₁ |
| СТС до мокрой обработки, °С*м ² /Вт | $\begin{cases} a_0 + 0,38a_1 = 1,50 \\ a_0 + 0,35a_1 = -2,00 \end{cases}$ | -42,83 | 116,67 |
| СТС после мокрой обработки, °С*м ² /Вт | $\begin{cases} a_0 + 0,38a_1 = 1,50 \\ a_0 + 0,34a_1 = -2,00 \end{cases}$ | -38,05 | 105,00 |
| Воздухопроницаемость, дм ³ /м ² *с | $\begin{cases} a_0 + 1700,00a_1 = 1,50 \\ a_0 + 1900,00a_1 = -2,00 \end{cases}$ | 31,25 | -0,02 |
| Гигроскопичность, % | $\begin{cases} a_0 + 0,70a_1 = 1,50 \\ a_0 + 19,00a_1 = -2,00 \end{cases}$ | 1,63 | -0,19 |
| Миграция, шт/150 см ² | $\begin{cases} a_0 + 3,00a_1 = 1,50 \\ a_0 + 5,00a_1 = -2,00 \end{cases}$ | 6,75 | -1,75 |
| Неровнота по массе, % | $\begin{cases} a_0 + 4,60a_1 = 1,50 \\ a_0 + 8,33a_1 = -2,00 \end{cases}$ | 5,81 | -0,94 |
| Толщина, мм | $\begin{cases} a_0 + 7,40a_1 = 1,50 \\ a_0 + 8,03a_1 = -2,00 \end{cases}$ | 42,39 | -5,53 |
| Устойчивость к многократному сжатию, % | $\begin{cases} a_0 + 82,33a_1 = 1,50 \\ a_0 + 59,00a_1 = -2,00 \end{cases}$ | -10,85 | 0,15 |
| Изменение линейных размеров (по длине) после мокрой обработки, % | $\begin{cases} a_0 - 0,23a_1 = 1,50 \\ a_0 - 0,40a_1 = -2,00 \end{cases}$ | 6,40 | 21,00 |
| Изменение линейных размеров (по ширине) после мокрой обработки, % | $\begin{cases} a_0 - 0,20a_1 = 1,50 \\ a_0 - 0,50a_1 = -2,00 \end{cases}$ | 3,83 | 11,67 |
| Разрывная нагрузка (по длине), Н | $\begin{cases} a_0 + 7,50a_1 = 1,50 \\ a_0 + 6,23a_1 = -2,00 \end{cases}$ | -19,22 | 2,76 |
| Разрывная нагрузка (по ширине), Н | $\begin{cases} a_0 + 6,93a_1 = 1,50 \\ a_0 + 5,57a_1 = -2,00 \end{cases}$ | -16,33 | 2,57 |
| Разрывное удлинение (по длине), % | $\begin{cases} a_0 + 7,70a_1 = 1,50 \\ a_0 + 30,00a_1 = -2,00 \end{cases}$ | 2,71 | -0,16 |
| Разрывное удлинение (по ширине), % | $\begin{cases} a_0 + 6,53a_1 = 1,50 \\ a_0 + 40,90a_1 = -2,00 \end{cases}$ | 2,17 | -0,10 |

Табл. С.6. Системы уравнений для ТНМ поверхностной плотностью 150 г/м²

| ОПК | Система линейных уравнений | Значения | |
|---|---|----------------|----------------|
| | | a ₀ | a ₁ |
| СТС до мокрой обработки, °С*м ² /Вт | $\begin{cases} a_0 + 0,55a_1 = 1,50 \\ a_0 + 0,46a_1 = -2,00 \end{cases}$ | -19,13 | 37,50 |
| СТС после мокрой обработки, °С*м ² /Вт | $\begin{cases} a_0 + 0,55a_1 = 1,50 \\ a_0 + 0,45a_1 = -2,00 \end{cases}$ | -17,75 | 35,00 |
| Воздухопроницаемость, дм ³ /м ² *с | $\begin{cases} a_0 + 1600,00a_1 = 1,50 \\ a_0 + 1700,00a_1 = -2,00 \end{cases}$ | 57,50 | -0,04 |
| Гигроскопичность, % | $\begin{cases} a_0 + 0,80a_1 = 1,50 \\ a_0 + 20,10a_1 = -2,00 \end{cases}$ | 1,64 | -0,18 |
| Миграция, шт/150 см ² | $\begin{cases} a_0 + a_1 = 1,50 \\ a_0 + 3,00a_1 = -2,00 \end{cases}$ | 3,25 | -1,75 |
| Неровнота по массе, % | $\begin{cases} a_0 + 4,03a_1 = 1,50 \\ a_0 + 6,60a_1 = -2,00 \end{cases}$ | 7,00 | -1,36 |
| Толщина, мм | $\begin{cases} a_0 + 9,53a_1 = 1,50 \\ a_0 + 9,73a_1 = -2,00 \end{cases}$ | 168,33 | -17,50 |
| Устойчивость к многократному сжатию, % | $\begin{cases} a_0 + 85,67a_1 = 1,50 \\ a_0 + 70,00a_1 = -2,00 \end{cases}$ | -17,64 | 0,22 |
| Изменение линейных размеров (по длине) после мокрой обработки, % | $\begin{cases} a_0 - 0,10a_1 = 1,50 \\ a_0 - 0,30a_1 = -2,00 \end{cases}$ | 3,25 | 17,50 |
| Изменение линейных размеров (по ширине) после мокрой обработки, % | $\begin{cases} a_0 - 0,10a_1 = 1,50 \\ a_0 - 0,40a_1 = -2,00 \end{cases}$ | 2,67 | 11,67 |
| Разрывная нагрузка (по длине), Н | $\begin{cases} a_0 + 10,60a_1 = 1,50 \\ a_0 + 7,40a_1 = -2,00 \end{cases}$ | -10,09 | 1,09 |
| Разрывная нагрузка (по ширине), Н | $\begin{cases} a_0 + 9,57a_1 = 1,50 \\ a_0 + 7,30a_1 = -2,00 \end{cases}$ | -13,27 | 1,54 |
| Разрывное удлинение (по длине), % | $\begin{cases} a_0 + 5,60a_1 = 1,50 \\ a_0 + 28,44a_1 = -2,00 \end{cases}$ | 2,36 | -0,15 |
| Разрывное удлинение (по ширине), % | $\begin{cases} a_0 + 5,20a_1 = 1,50 \\ a_0 + 38,73a_1 = -2,00 \end{cases}$ | 2,04 | -0,10 |

Табл. С.7. Системы уравнений для ТНМ поверхностной плотностью 200 г/м²

| ОПК | Система линейных уравнений | Значения | |
|---|---|----------------|----------------|
| | | a ₀ | a ₁ |
| СТС сопротивление до мокрой обработки, °С*м ² /Вт | $\begin{cases} a_0 + 0,65a_1 = 1,50 \\ a_0 + 0,54a_1 = -2,00 \end{cases}$ | -19,72 | 32,81 |
| СТС сопротивление после мокрой обработки, °С*м ² /Вт | $\begin{cases} a_0 + 0,63a_1 = 1,50 \\ a_0 + 0,51a_1 = -2,00 \end{cases}$ | -16,00 | 27,63 |
| Воздухопроницаемость, дм ³ /м ² *с | $\begin{cases} a_0 + 1200,00a_1 = 1,50 \\ a_0 + 1460,00a_1 = -2,00 \end{cases}$ | 17,65 | -0,01 |
| Гигроскопичность, % | $\begin{cases} a_0 + 0,99a_1 = 1,50 \\ a_0 + 23,00a_1 = -2,00 \end{cases}$ | 1,66 | -0,16 |

| ОПК | Система линейных уравнений | Значения | |
|---|---|----------|-------|
| | | a_0 | a_1 |
| Миграция, шт/150 см ² | $\begin{cases} a_0 + 2,00a_1 = 1,50 \\ a_0 + 4,00a_1 = -2,00 \end{cases}$ | 5,00 | -1,75 |
| Неровнота по массе, % | $\begin{cases} a_0 + 5,30a_1 = 1,50 \\ a_0 + 6,73a_1 = -2,00 \end{cases}$ | 14,44 | -2,44 |
| Толщина, мм | $\begin{cases} a_0 + 11,73a_1 = 1,50 \\ a_0 + 14,53a_1 = -2,00 \end{cases}$ | 16,17 | -1,25 |
| Устойчивость к многократному сжатию, % | $\begin{cases} a_0 + 79,33a_1 = 1,50 \\ a_0 + 60,00a_1 = -2,00 \end{cases}$ | -12,86 | 0,18 |
| Изменение линейных размеров (по длине) после мокрой обработки, % | $\begin{cases} a_0 - 0,20a_1 = 1,50 \\ a_0 - 0,40a_1 = -2,00 \end{cases}$ | 5,00 | 17,50 |
| Изменение линейных размеров (по ширине) после мокрой обработки, % | $\begin{cases} a_0 - 0,17a_1 = 1,50 \\ a_0 - 0,60a_1 = -2,00 \end{cases}$ | 2,88 | 8,14 |
| Разрывная нагрузка (по длине), Н | $\begin{cases} a_0 + 10,37a_1 = 1,50 \\ a_0 + 7,70a_1 = -2,00 \end{cases}$ | -12,11 | 1,31 |
| Разрывная нагрузка (по ширине), Н | $\begin{cases} a_0 + 9,08a_1 = 1,50 \\ a_0 + 7,50a_1 = -2,00 \end{cases}$ | -18,65 | 2,22 |
| Разрывное удлинение (по длине), % | $\begin{cases} a_0 + 6,43a_1 = 1,50 \\ a_0 + 15,33a_1 = -2,00 \end{cases}$ | 4,03 | -0,39 |
| Разрывное удлинение (по ширине), % | $\begin{cases} a_0 + 6,67a_1 = 1,50 \\ a_0 + 21,83a_1 = -2,00 \end{cases}$ | 3,04 | -0,23 |

Табл. С.8. Системы уравнений для всех исследуемых ТНМ

| ОПК | Система линейных уравнений | Значения | |
|--|---|----------|-------|
| | | a_0 | a_1 |
| СТС до мокрой обработки, °С*м ² /Вт | $\begin{cases} a_0 + 0,65a_1 = 1,50 \\ a_0 + 0,35a_1 = -2,00 \end{cases}$ | -6,13 | 11,80 |
| СТС после мокрой обработки, °С*м ² /Вт | $\begin{cases} a_0 + 0,63a_1 = 1,50 \\ a_0 + 0,34a_1 = -2,00 \end{cases}$ | -6,14 | 12,07 |
| Воздухопроницаемость, дм ³ /м ² *с | $\begin{cases} a_0 + 1200,00a_1 = 1,50 \\ a_0 + 1900,00a_1 = -2,00 \end{cases}$ | 7,50 | -0,01 |
| Гигроскопичность, % | $\begin{cases} a_0 + 0,70a_1 = 1,50 \\ a_0 + 23,00a_1 = -2,00 \end{cases}$ | 1,61 | -0,16 |
| Миграция, шт/150 см ² | $\begin{cases} a_0 + 1,00a_1 = 1,50 \\ a_0 + 5,00a_1 = -2,00 \end{cases}$ | 2,38 | -0,88 |
| Неровнота по массе, % | $\begin{cases} a_0 + 4,03a_1 = 1,50 \\ a_0 + 8,33a_1 = -2,00 \end{cases}$ | 4,78 | -0,81 |
| Толщина, мм | $\begin{cases} a_0 + 7,40a_1 = 1,50 \\ a_0 + 14,53a_1 = -2,00 \end{cases}$ | 5,13 | -0,49 |
| Устойчивость к многократному сжатию, % | $\begin{cases} a_0 + 85,67a_1 = 1,50 \\ a_0 + 59,00a_1 = -2,00 \end{cases}$ | -9,74 | 0,13 |
| Изменение линейных размеров (по длине) после мокрой обработки, % | $\begin{cases} a_0 - 0,10a_1 = 1,50 \\ a_0 - 0,40a_1 = -2,00 \end{cases}$ | 2,67 | 11,67 |

| ОПК | Система линейных уравнений | Значения | |
|---|--|----------|-------|
| | | a_0 | a_1 |
| Изменение линейных размеров (по ширине) после мокрой обработки, % | $\begin{cases} a_0 - 0,10a_1 = 1,50 \\ a_0 - 0,60a_1 = -2,00 \end{cases}$ | 2,20 | 7,00 |
| Разрывная нагрузка (по длине), Н | $\begin{cases} a_0 + 10,60a_1 = 1,50 \\ a_0 + 6,23a_1 = -2,00 \end{cases}$ | -7,00 | 0,80 |
| Разрывная нагрузка (по ширине), Н | $\begin{cases} a_0 + 9,57a_1 = 1,50 \\ a_0 + 5,57a_1 = -2,00 \end{cases}$ | -6,87 | 0,88 |
| Разрывное удлинение (по длине), % | $\begin{cases} a_0 + 5,60a_1 = 1,50 \\ a_0 + 30,00a_1 = -2,00 \end{cases}$ | 2,30 | -0,14 |
| Разрывное удлинение (по ширине), % | $\begin{cases} a_0 + 5,20a_1 = 1,50 \\ a_0 + 40,90a_1 = -2,00 \end{cases}$ | 2,01 | -0,10 |

Табл. С.9. Комплексная оценка качества ТНМ поверхностной плотностью 100 г/м² по относительным показателям

| Комплексная оценка качества ТНМ по относительным показателям | | | |
|--|------|------|------|
| ТНМ | K | G | H |
| ТНМ № 1 | 1,29 | 0,80 | 0,36 |
| ТНМ № 2 | 2,06 | 1,53 | 1,03 |
| ТНМ № 3 | 1,76 | 1,24 | 0,86 |

Табл. С.10. Комплексная оценка качества ТНМ поверхностной плотностью 100 г/м² по рангам

| Комплексная оценка качества ТНМ по рангам | | | | | | |
|---|---------------------------------------|-------|-------|--|-----------|-----------|
| ТНМ | Дискретные ранговые оценки ПК (R) | | | Непрерывные ранговые оценки ПК (R_n) | | |
| | K_R | G_R | H_R | K_{R_n} | G_{R_n} | H_{R_n} |
| ТНМ № 1 | 2,92 | 2,64 | 1,56 | 2,96 | 2,64 | 1,54 |
| ТНМ № 2 | 1,58 | 1,25 | 0,91 | 1,53 | 1,20 | 0,88 |
| ТНМ № 3 | 3,09 | 2,96 | 1,78 | 2,90 | 2,64 | 1,58 |

Табл. С.11. Комплексная оценка качества ТНМ поверхностной плотностью 100 г/м² по баллам

| Комплексная оценка качества ТНМ по баллам | | | | | | |
|---|---------------------------------------|-------|-------|--|-----------|-----------|
| ТНМ | Дискретные балльные оценки ПК (B) | | | Непрерывные балльные оценки ПК (B_n) | | |
| | K_B | G_B | H_B | K_{B_n} | G_{B_n} | H_{B_n} |
| ТНМ № 1 | 2,14 | 1,71 | 1,10 | 2,10 | 1,64 | 1,06 |
| ТНМ № 2 | 3,48 | 3,54 | 2,12 | 3,53 | 3,58 | 2,11 |
| ТНМ № 3 | 1,97 | 1,60 | 1,07 | 2,16 | 1,74 | 1,11 |

Табл. С.12. Комплексная оценка качества ТНМ поверхностной плотностью 100 г/м² по функции желательности

| Комплексная оценка качества ТНМ функции желательности | | | |
|---|------|----------------------|----------------------|
| ТНМ | K | G | H |
| ТНМ № 1 | 0,33 | $3,36 \cdot 10^{-3}$ | $9,28 \cdot 10^{-4}$ |
| ТНМ № 2 | 0,91 | 0,52 | 0,18 |
| ТНМ № 3 | 0,33 | 0,01 | $9,80 \cdot 10^{-4}$ |

Табл. С.13. Комплексная оценка качества ТНМ поверхностной плотностью 150 г/м² по относительным показателям

| Комплексная оценка качества ТНМ по относительным показателям | | | |
|--|------|------|------|
| ТНМ | K | G | H |
| ТНМ № 4 | 1,13 | 0,67 | 0,33 |
| ТНМ № 5 | 2,42 | 1,74 | 1,09 |
| ТНМ № 6 | 1,70 | 1,12 | 0,74 |

Табл. С.14. Комплексная оценка качества ТНМ поверхностной плотностью 150 г/м² по рангам

| Комплексная оценка качества ТНМ по рангам | | | | | | |
|---|---------------------------------------|-------|-------|--|-----------|-----------|
| ТНМ | Дискретные ранговые оценки ПК (R) | | | Непрерывные ранговые оценки ПК (R_n) | | |
| | K_R | G_R | H_R | K_{R_n} | G_{R_n} | H_{R_n} |
| ТНМ № 4 | 3,11 | 2,93 | 1,74 | 3,32 | 3,21 | 1,86 |
| ТНМ № 5 | 1,41 | 1,11 | 0,84 | 1,47 | 1,14 | 0,85 |
| ТНМ № 6 | 3,08 | 3,00 | 1,85 | 3,25 | 3,14 | 1,85 |

Табл. С.15. Комплексная оценка качества ТНМ поверхностной плотностью 150 г/м² по баллам

| Комплексная оценка качества ТНМ по баллам | | | | | | |
|---|---------------------------------------|-------|-------|--|-----------|-----------|
| ТНМ | Дискретные балльные оценки ПК (B) | | | Непрерывные балльные оценки ПК (B_n) | | |
| | K_B | G_B | H_B | K_{B_n} | G_{B_n} | H_{B_n} |
| ТНМ № 4 | 1,95 | 1,55 | 1,04 | 1,74 | 1,35 | 0,94 |
| ТНМ № 5 | 3,65 | 3,80 | 2,25 | 3,59 | 3,66 | 2,14 |
| ТНМ № 6 | 1,98 | 1,64 | 1,10 | 1,81 | 1,43 | 0,99 |

Табл. С.16. Комплексная оценка качества ТНМ поверхностной плотностью 150 г/м² по функции желательности

| Комплексная оценка качества ТНМ функции желательности | | | |
|---|------|----------------------|----------------------|
| ТНМ | K | G | H |
| ТНМ № 4 | 0,18 | $9,85 \cdot 10^{-4}$ | $7,98 \cdot 10^{-4}$ |
| ТНМ № 5 | 0,94 | 0,52 | 0,13 |
| ТНМ № 6 | 0,16 | $1,87 \cdot 10^{-3}$ | $9,08 \cdot 10^{-4}$ |

Табл. С.17. Комплексная оценка качества ТНМ поверхностной плотностью 200 г/м² по относительным показателям

| Комплексная оценка качества ТНМ по относительным показателям | | | |
|--|------|------|------|
| ТНМ | K | G | H |
| ТНМ № 7 | 1,25 | 0,76 | 0,37 |
| ТНМ № 8 | 1,83 | 1,50 | 1,05 |
| ТНМ № 9 | 1,52 | 1,16 | 0,85 |

Табл. С.18. Комплексная оценка качества ТНМ поверхностной плотностью 200 г/м² по рангам

| Комплексная оценка качества ТНМ по рангам | | | | | | |
|---|---------------------------------------|-------|-------|--|-----------|-----------|
| ТНМ | Дискретные ранговые оценки ПК (R) | | | Непрерывные ранговые оценки ПК (R_H) | | |
| | K_R | G_R | H_R | K_{R_H} | G_{R_H} | H_{R_H} |
| ТНМ № 7 | 2,91 | 2,70 | 1,64 | 2,92 | 2,66 | 1,59 |
| ТНМ № 8 | 1,49 | 1,17 | 0,87 | 1,48 | 1,15 | 0,86 |
| ТНМ № 9 | 3,20 | 3,07 | 1,82 | 3,15 | 2,91 | 1,67 |

Табл. С.19. Комплексная оценка качества ТНМ поверхностной плотностью 200 г/м² по баллам

| Комплексная оценка качества ТНМ по баллам | | | | | | |
|---|---------------------------------------|-------|-------|--|-----------|-----------|
| ТНМ | Дискретные балльные оценки ПК (B) | | | Непрерывные балльные оценки ПК (B_H) | | |
| | K_B | G_B | H_B | K_{B_H} | G_{B_H} | H_{B_H} |
| ТНМ № 7 | 2,15 | 1,78 | 1,15 | 2,14 | 1,73 | 1,12 |
| ТНМ № 8 | 3,57 | 3,67 | 2,19 | 3,59 | 3,66 | 2,15 |
| ТНМ № 9 | 1,87 | 1,48 | 1,01 | 1,91 | 1,47 | 0,99 |

Табл. С.20. Комплексная оценка качества ТНМ поверхностной плотностью 200 г/м² по функции желательности

| Комплексная оценка качества ТНМ функции желательности | | | |
|---|------|----------------------|----------------------|
| ТНМ | K | G | H |
| ТНМ № 7 | 0,33 | 0,01 | $1,13 \cdot 10^{-3}$ |
| ТНМ № 8 | 0,94 | 0,54 | 0,17 |
| ТНМ № 9 | 0,24 | $1,48 \cdot 10^{-3}$ | $7,91 \cdot 10^{-4}$ |

Табл. С.21. Комплексная оценка качества всех исследуемых ТНМ по относительным показателям

| Комплексная оценка качества ТНМ по относительным показателям | | | |
|--|------|------|------|
| ТНМ | K | G | H |
| ТНМ № 1 | 1,33 | 0,74 | 0,31 |
| ТНМ № 2 | 2,05 | 1,42 | 0,89 |
| ТНМ № 3 | 1,77 | 1,15 | 0,72 |
| ТНМ № 4 | 1,45 | 0,85 | 0,35 |
| ТНМ № 5 | 2,93 | 2,22 | 1,30 |
| ТНМ № 6 | 2,02 | 1,43 | 0,87 |
| ТНМ № 7 | 1,64 | 0,94 | 0,37 |
| ТНМ № 8 | 2,45 | 1,84 | 1,07 |
| ТНМ № 9 | 2,04 | 1,43 | 0,88 |

Табл. С.22. Комплексная оценка качества всех исследуемых ТНМ по рангам

| Комплексная оценка качества ТНМ по рангам | | | | | | |
|---|---------------------------------------|-------|-------|--|-----------|-----------|
| ТНМ | Дискретные ранговые оценки ПК (R) | | | Непрерывные ранговые оценки ПК (R_n) | | |
| | K_R | G_R | H_R | K_{R_n} | G_{R_n} | H_{R_n} |
| ТНМ № 1 | 8,25 | 8,45 | 3,11 | 8,03 | 8,09 | 2,99 |
| ТНМ № 2 | 6,10 | 6,19 | 2,71 | 6,14 | 5,83 | 2,45 |
| ТНМ № 3 | 9,25 | 11,76 | 5,24 | 8,63 | 9,42 | 3,65 |
| ТНМ № 4 | 6,98 | 8,02 | 3,77 | 6,78 | 7,42 | 3,22 |
| ТНМ № 5 | 2,52 | 1,83 | 1,09 | 3,08 | 2,15 | 1,16 |
| ТНМ № 6 | 7,15 | 8,64 | 4,21 | 6,46 | 7,06 | 3,26 |
| ТНМ № 7 | 6,27 | 6,54 | 3,12 | 5,86 | 5,73 | 2,63 |
| ТНМ № 8 | 3,50 | 2,85 | 1,51 | 3,42 | 2,64 | 1,40 |
| ТНМ № 9 | 6,91 | 7,60 | 3,54 | 6,64 | 7,07 | 3,20 |

Табл. С.23. Комплексная оценка качества всех исследуемых ТНМ по баллам

| Комплексная оценка качества ТНМ по баллам | | | | | | |
|---|--------------------------------------|----------------|----------------|---|----------------------------|----------------------------|
| ТНМ | Дискретные балльные оценки ПК (Б) | | | Непрерывные балльные оценки ПК (Б _н) | | |
| | К _Б | G _Б | H _Б | К _{Б_н} | G _{Б_н} | H _{Б_н} |
| ТНМ № 1 | 4,40 | 3,01 | 1,39 | 4,63 | 3,22 | 1,43 |
| ТНМ № 2 | 6,55 | 7,29 | 3,54 | 6,51 | 6,71 | 3,06 |
| ТНМ № 3 | 3,40 | 2,64 | 1,39 | 4,02 | 2,79 | 1,36 |
| ТНМ № 4 | 5,67 | 6,07 | 3,04 | 5,87 | 6,25 | 3,01 |
| ТНМ № 5 | 10,13 | 13,57 | 6,07 | 9,57 | 12,26 | 5,41 |
| ТНМ № 6 | 5,50 | 6,07 | 3,13 | 6,19 | 6,88 | 3,39 |
| ТНМ № 7 | 6,39 | 6,05 | 2,40 | 6,80 | 6,59 | 2,52 |
| ТНМ № 8 | 9,15 | 11,59 | 5,16 | 9,23 | 11,57 | 5,06 |
| ТНМ № 9 | 5,74 | 5,45 | 2,41 | 6,02 | 5,90 | 2,55 |

Табл. С.24. Комплексная оценка качества всех исследуемых ТНМ по функции желательности

| Комплексная оценка качества ТНМ функции желательности | | | |
|---|------|----------------------|----------------------|
| ТНМ | K | G | H |
| ТНМ № 1 | 0,29 | $4,90 \cdot 10^{-3}$ | $1,08 \cdot 10^{-3}$ |
| ТНМ № 2 | 0,42 | 0,08 | 0,02 |
| ТНМ № 3 | 0,22 | $3,29 \cdot 10^{-3}$ | $1,26 \cdot 10^{-3}$ |
| ТНМ № 4 | 0,32 | 0,08 | 0,02 |
| ТНМ № 5 | 0,79 | 0,44 | 0,27 |
| ТНМ № 6 | 0,35 | 0,11 | 0,06 |
| ТНМ № 7 | 0,50 | 0,07 | $2,33 \cdot 10^{-3}$ |
| ТНМ № 8 | 0,76 | 0,38 | 0,15 |
| ТНМ № 9 | 0,38 | 0,06 | $4,69 \cdot 10^{-3}$ |

Табл. С.26. Распределение ранговых мест в зависимости от значения комплексного ПК всех исследуемых ТНМ

| ТНМ | Комплексная оценка качества ТНМ по относительным показателям | | | Комплексная оценка качества ТНМ по рангам | | | | | | Комплексная оценка качества ТНМ по баллам | | | | | | Комплексная оценка качества ТНМ функции желательности | | |
|---------|--|------|------|---|----------------|----------------|--|----------------------------|----------------------------|---|----------------|----------------|---|----------------------------|----------------------------|---|------|------|
| | K | G | H | Дискретные ранговые оценки ПК (R) | | | Непрерывные ранговые оценки ПК (R _n) | | | Дискретные балльные оценки ПК (Б) | | | Дискретные балльные оценки ПК (Б _n) | | | K | G | H |
| | | | | K _R | G _R | H _R | K _{R_n} | G _{R_n} | H _{R_n} | K _Б | G _Б | H _Б | K _{Б_n} | G _{Б_n} | H _{Б_n} | | | |
| ТНМ № 1 | 9,00 | 9,00 | 9,00 | 8,00 | 7,00 | 4,00 | 8,00 | 8,00 | 5,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 9,00 |
| ТНМ № 2 | 3,00 | 5,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 4,00 | 4,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 |
| ТНМ № 3 | 6,00 | 6,00 | 6,00 | 9,00 | 9,00 | 9,00 | 9,00 | 9,00 | 9,00 | 9,00 | 9,00 | 9,00 | 9,00 | 9,00 | 9,00 | 9,00 | 9,00 | 8,00 |
| ТНМ № 4 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 6,00 | 6,00 | 7,00 | 7,00 | 7,00 | 7,00 | 7,00 | 6,00 | 6,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 7,00 | 5,00 | 5,00 |
| ТНМ № 5 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| ТНМ № 6 | 5,00 | 4,00 | 5,00 | 7,00 | 8,00 | 8,00 | 5,00 | 5,00 | 8,00 | 8,00 | 7,00 | 7,00 | 4,00 | 4,00 | 3,00 | 6,00 | 3,00 | 3,00 |
| ТНМ № 7 | 7,00 | 7,00 | 7,00 | 4,00 | 4,00 | 5,00 | 3,00 | 3,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 6,00 | 7,00 | 7,00 | 3,00 | 3,00 | 6,00 | 7,00 |
| ТНМ № 8 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| ТНМ № 9 | 4,00 | 3,00 | 4,00 | 5,00 | 5,00 | 6,00 | 6,00 | 6,00 | 6,00 | 6,00 | 5,00 | 5,00 | 7,00 | 7,00 | 6,00 | 5,00 | 7,00 | 6,00 |

Табл. С.27. Корреляционный анализ комплексных оценок качества ТНМ поверхностной плотностью 100 г/м²

| ПК | Относительные показатели | Ошибка | Дискретные ранговые оценки ПК (R) | Ошибка | Непрерывные ранговые оценки ПК (Rn) | Ошибка | Дискретные балльные оценки ПК (Б) | Ошибка | Непрерывные балльные оценки ПК (Бн) | Ошибка | Функция желательности | Ошибка |
|-------------------------------------|--------------------------|--------|---|--------|-------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | | | | | | | | | | | |
| Относительные показатели | 1,00 | 0,00 | -0,72 | 0,34 | -0,81 | 0,24 | 0,72 | 0,34 | 0,81 | 0,24 | 0,79 | 0,27 |
| Дискретные ранговые оценки ПК (R) | -0,72 | 0,34 | 1,00 | 0,00 | 0,99 | 0,01 | -1,00 | 0,00 | -0,99 | 0,01 | -1,00 | 0,01 |
| Непрерывные ранговые оценки ПК (Rn) | -0,81 | 0,24 | 0,99 | 0,01 | 1,00 | 0,00 | -0,99 | 0,01 | -1,00 | 0,00 | -1,00 | 1,68·10 ⁻³ |
| Дискретные балльные оценки ПК (Б) | 0,72 | 0,34 | -1,00 | 0,00 | -0,99 | 0,01 | 1,00 | 0,00 | 0,99 | 0,01 | 1,00 | 0,01 |
| Непрерывные балльные оценки ПК (Бн) | 0,81 | 0,24 | -0,99 | 0,01 | -1,00 | 0,00 | 0,99 | 0,01 | 1,00 | 0,00 | 1,00 | 1,68·10 ⁻³ |
| Функция желательности | 0,79 | 0,27 | -1,00 | 0,01 | -1,00 | 1,68·10 ⁻³ | 1,00 | 0,01 | 1,00 | 1,68·10 ⁻³ | 1,00 | 0,00 |
| | | | Средняя геометрическая комплексная оценка (G) | | | | | | | | | |
| Относительные показатели | 1,00 | 0,00 | -0,69 | 0,37 | -0,81 | 0,25 | 0,77 | 0,29 | 0,83 | 0,22 | 0,81 | 0,25 |
| Дискретные ранговые оценки ПК (R) | -0,69 | 0,37 | 1,00 | 0,00 | 0,98 | 0,02 | -0,99 | 0,01 | -0,98 | 0,03 | -0,98 | 0,02 |
| Непрерывные ранговые оценки ПК (Rn) | -0,81 | 0,25 | 0,98 | 0,02 | 1,00 | 0,00 | -1,00 | 2,13·10 ⁻³ | -1,00 | 1,34·10 ⁻³ | -1,00 | 2,25·10 ⁻⁶ |
| Дискретные балльные оценки ПК (Б) | 0,77 | 0,29 | -0,99 | 0,01 | -1,00 | 2,13·10 ⁻³ | 1,00 | 0,00 | 1,00 | 0,01 | 1,00 | 2,27·10 ⁻³ |
| Непрерывные балльные оценки ПК (Бн) | 0,83 | 0,22 | -0,98 | 0,03 | -1,00 | 1,34·10 ⁻³ | 1,00 | 0,01 | 1,00 | 0,00 | 1,00 | 1,23·10 ⁻³ |
| Функция желательности | 0,81 | 0,25 | -0,98 | 0,02 | -1,00 | 2,25·10 ⁻⁶ | 1,00 | 2,27·10 ⁻³ | 1,00 | 1,23·10 ⁻³ | 1,00 | 0,00 |
| | | | Средняя гармоническая комплексная оценка (H) | | | | | | | | | |
| Относительные показатели | 1,00 | 0,00 | -0,51 | 0,53 | -0,65 | 0,40 | 0,68 | 0,38 | 0,73 | 0,33 | 0,70 | 0,36 |

| ПК | Относительные показатели | Ошибка | Дискретные ранговые оценки ПК (R) | Ошибка | Непрерывные ранговые оценки ПК (Rн) | Ошибка | Дискретные балльные оценки ПК (Б) | Ошибка | Непрерывные балльные оценки ПК (Бн) | Ошибка | Функция желательности | Ошибка |
|-------------------------------------|--------------------------|--------|-----------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Дискретные ранговые оценки ПК (R) | -0,51 | 0,53 | 1,00 | 0,02 | 0,98 | 0,02 | -0,98 | 0,03 | -0,96 | 0,06 | -0,97 | 0,04 |
| Непрерывные ранговые оценки ПК (Rн) | -0,65 | 0,40 | 0,98 | 0,00 | 1,00 | 0,00 | -1,00 | 7,66·10 ⁻⁴ | -0,99 | 0,01 | -1,00 | 2,60·10 ⁻³ |
| Дискретные балльные оценки ПК (Б) | 0,68 | 0,38 | -0,98 | 7,66·10 ⁻⁴ | -1,00 | 0,00 | 1,00 | 0,00 | 1,00 | 3,87·10 ⁻³ | 1,00 | 5,44·10 ⁻⁴ |
| Непрерывные балльные оценки ПК (Бн) | 0,73 | 0,33 | -0,96 | 0,01 | -0,99 | 0,01 | 1,00 | 3,87·10 ⁻³ | 1,00 | 0,00 | 1,00 | 1,51·10 ⁻³ |
| Функция желательности | 0,70 | 0,36 | -0,97 | 2,60·10 ⁻³ | -1,00 | 2,60·10 ⁻³ | 1,00 | 5,44·10 ⁻⁴ | 1,00 | 1,51·10 ⁻³ | 1,00 | 0,00 |

Табл. С.28. Корреляционный анализ комплексных оценок качества ГНМ поверхностной плотностью 150 г/м²

| ПК | Относительные показатели | Ошибка | Дискретные ранговые оценки ПК и ПК (R) | Ошибка | Непрерывные ранговые оценки ПК и ПК (Rн) | Ошибка | Дискретные балльные оценки ПК и ПК (Б) | Ошибка | Непрерывные балльные оценки ПК (Бн) | Ошибка | Функция желательности | Ошибка |
|---|--------------------------|--------|--|-----------------------|--|-----------------------|--|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | | | | | | | | | | | |
| Относительные показатели | 1,00 | 0,00 | -0,90 | 0,13 | -0,91 | 0,12 | 0,90 | 0,13 | 0,91 | 0,12 | 0,89 | 0,15 |
| Дискретные ранговые оценки ПК (R) | -0,90 | 0,13 | 1,00 | 0,00 | 1,00 | 2,85·10 ⁻⁴ | -1,00 | 0,00 | -1,00 | 2,85·10 ⁻⁴ | -1,00 | 9,86·10 ⁻⁴ |
| Непрерывные ранговые оценки ПК (Rн) | -0,91 | 0,12 | 1,00 | 2,85·10 ⁻⁴ | 1,00 | 0,00 | -1,00 | 2,85·10 ⁻⁴ | -1,00 | 0,00 | -1,00 | 2,33·10 ⁻³ |
| Дискретные балльные оценки ПК (Б) | 0,90 | 0,13 | -1,00 | 0,00 | -1,00 | 2,85·10 ⁻⁴ | 1,00 | 0,00 | 1,00 | 2,85·10 ⁻⁴ | 1,00 | 9,86·10 ⁻⁴ |
| Непрерывные балльные оценки ПК (Бн) | 0,91 | 0,12 | -1,00 | 2,85·10 ⁻⁴ | -1,00 | 0,00 | 1,00 | 2,85·10 ⁻⁴ | 1,00 | 0,00 | 1,00 | 2,33·10 ⁻³ |
| Функция желательности | 0,89 | 0,15 | -1,00 | 9,86·10 ⁻⁴ | -1,00 | 2,33·10 ⁻³ | 1,00 | 9,86·10 ⁻⁴ | 1,00 | 2,33·10 ⁻³ | 1,00 | 0,00 |
| Средняя геометрическая комплексная оценка (G) | | | | | | | | | | | | |
| Относительные показатели | 1,00 | 0,00 | -0,90 | 0,14 | -0,92 | 0,11 | 0,92 | 0,10 | 0,92 | 0,11 | 0,91 | 0,12 |
| Дискретные ранговые оценки ПК (R) | -0,90 | 0,14 | 1,00 | 0,00 | 1,00 | 2,73·10 ⁻³ | -1,00 | 3,36·10 ⁻³ | -1,00 | 3,00·10 ⁻³ | -1,00 | 8,04·10 ⁻⁴ |
| Непрерывные ранговые оценки ПК (Rн) | -0,92 | 0,11 | 1,00 | 2,73·10 ⁻³ | 1,00 | 0,00 | -1,00 | 3,25·10 ⁻⁵ | -1,00 | 6,26·10 ⁻⁶ | -1,00 | 5,74·10 ⁻⁴ |
| Дискретные балльные оценки ПК (Б) | 0,92 | 0,10 | -1,00 | 3,36·10 ⁻³ | -1,00 | 3,25·10 ⁻⁵ | 1,00 | 0,00 | 1,00 | 1,02·10 ⁻⁵ | 1,00 | 8,79·10 ⁻⁴ |
| Непрерывные балльные оценки ПК (Бн) | 0,92 | 0,11 | -1,00 | 3,00·10 ⁻³ | -1,00 | 6,26·10 ⁻⁶ | 1,00 | 1,02·10 ⁻⁵ | 1,00 | 0,00 | 1,00 | 7,00·10 ⁻⁴ |
| Функция желательности | 0,91 | 0,12 | -1,00 | 8,04·10 ⁻⁴ | -1,00 | 5,74·10 ⁻⁴ | 1,00 | 8,79·10 ⁻⁴ | 1,00 | 7,00·10 ⁻⁴ | 1,00 | 0,00 |
| Средняя гармоническая комплексная оценка (H) | | | | | | | | | | | | |
| Относительные показатели | 1,00 | 0,00 | -0,79 | 0,27 | -0,85 | 0,19 | 0,87 | 0,17 | 0,87 | 0,18 | 0,85 | 0,20 |

| ПК | Относительные показатели | Ошибка | Дискретные ранговые оценки ПК (R) | Ошибка | Непрерывные ранговые оценки ПК (Rн) | Ошибка | Дискретные балльные оценки ПК (Б) | Ошибка | Непрерывные балльные оценки ПК (Бн) | Ошибка | Функция желательности | Ошибка |
|-------------------------------------|--------------------------|--------|-----------------------------------|--------|-------------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|-------------------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| Дискретные ранговые оценки ПК (R) | -0,79 | 0,27 | 1,00 | 0,00 | 0,99 | 0,01 | -0,99 | 0,02 | -0,99 | 0,01 | -0,99 | 0,01 |
| Непрерывные ранговые оценки ПК (Rн) | -0,85 | 0,19 | 0,99 | 0,01 | 1,00 | 0,00 | -1,00 | $1,05 \cdot 10^{-3}$ | -1,00 | $4,09 \cdot 10^{-4}$ | -1,00 | $7,81 \cdot 10^{-5}$ |
| Дискретные балльные оценки ПК (Б) | 0,87 | 0,17 | -0,99 | 0,02 | -1,00 | $1,05 \cdot 10^{-3}$ | 1,00 | 0,00 | 1,00 | $1,50 \cdot 10^{-4}$ | 1,00 | $1,71 \cdot 10^{-3}$ |
| Непрерывные балльные оценки ПК (Бн) | 0,87 | 0,18 | -0,99 | 0,01 | -1,00 | $4,09 \cdot 10^{-4}$ | 1,00 | $1,50 \cdot 10^{-4}$ | 1,00 | 0,00 | 1,00 | $8,44 \cdot 10^{-4}$ |
| Функция желательности | 0,85 | 0,20 | -0,99 | 0,01 | -1,00 | $7,81 \cdot 10^{-5}$ | 1,00 | $1,71 \cdot 10^{-3}$ | 1,00 | $8,44 \cdot 10^{-4}$ | 1,00 | 0,00 |

Табл. С.29. Корреляционный анализ комплексных оценок качества ТНМ поверхностной плотностью 200 г/м²

| ПК | Относительные показатели | Ошибка | Дискретные ранговые оценок и ПК (R) | Ошибка | Непрерывные ранговые оценок ПК (R _H) | Ошибка | Дискретные балльные оценок и ПК (Б) | Ошибка | Непрерывные балльные оценок ПК (Б _H) | Ошибка | Функция желательности | Ошибка |
|--|--------------------------|--------|-------------------------------------|-----------------------|--|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | | | | | | | | | | | |
| Средняя арифметическая комплексная оценка (K) | | | | | | | | | | | | |
| Относительные показатели | 1,00 | 0,00 | -0,81 | 0,25 | -0,82 | 0,23 | 0,81 | 0,25 | 0,82 | 0,23 | 0,83 | 0,22 |
| Дискретные ранговые оценок ПК (R) | -0,81 | 0,25 | 1,00 | 0,00 | 1,00 | 5,65·10 ⁻⁴ | -1,00 | 0,00 | -1,00 | 5,65·10 ⁻⁴ | -1,00 | 1,02·10 ⁻³ |
| Непрерывные ранговые оценок ПК (R _H) | -0,82 | 0,23 | 1,00 | 5,65·10 ⁻⁴ | 1,00 | 0,00 | -1,00 | 5,65·10 ⁻⁴ | -1,00 | 0,00 | -1,00 | 6,59·10 ⁻⁵ |
| Дискретные балльные оценок ПК (Б) | 0,81 | 0,25 | -1,00 | 0,00 | -1,00 | 5,65·10 ⁻⁴ | 1,00 | 0,00 | 1,00 | 5,65·10 ⁻⁴ | 1,00 | 1,02·10 ⁻³ |
| Непрерывные балльные оценок ПК (Б _H) | 0,82 | 0,23 | -1,00 | 5,65·10 ⁻⁴ | -1,00 | 0,00 | 1,00 | 5,65·10 ⁻⁴ | 1,00 | 0,00 | 1,00 | 6,59·10 ⁻⁵ |
| Функция желательности | 0,83 | 0,22 | -1,00 | 1,02·10 ⁻³ | -1,00 | 6,59·10 ⁻⁵ | 1,00 | 1,02·10 ⁻³ | 1,00 | 6,59·10 ⁻⁵ | 1,00 | 0,00 |
| Средняя геометрическая комплексная оценка (G) | | | | | | | | | | | | |
| Относительные показатели | 1,00 | 0,00 | -0,73 | 0,33 | -0,76 | 0,30 | 0,77 | 0,29 | 0,78 | 0,28 | 0,84 | 0,21 |
| Дискретные ранговые оценок ПК (R) | -0,73 | 0,33 | 1,00 | 0,00 | 1,00 | 1,88·10 ⁻³ | -1,00 | 2,43·10 ⁻³ | -1,00 | 3,95·10 ⁻³ | -0,98 | 0,02 |
| Непрерывные ранговые оценок ПК (R _H) | -0,76 | 0,30 | 1,00 | 1,88·10 ⁻³ | 1,00 | 0,00 | -1,00 | 3,51·10 ⁻⁵ | -1,00 | 3,82·10 ⁻⁴ | -0,99 | 0,01 |
| Дискретные балльные оценок ПК (Б) | 0,77 | 0,29 | -1,00 | 2,43·10 ⁻³ | -1,00 | 3,51·10 ⁻⁵ | 1,00 | 0,00 | 1,00 | 1,85·10 ⁻⁴ | 0,99 | 0,01 |
| Непрерывные балльные оценок ПК (Б _H) | 0,78 | 0,28 | -1,00 | 3,95·10 ⁻³ | -1,00 | 3,82·10 ⁻⁴ | 1,00 | 1,85·10 ⁻⁴ | 1,00 | 0,00 | 0,99 | 0,01 |
| Функция желательности | 0,84 | 0,21 | -0,98 | 0,02 | -0,99 | 0,01 | 0,99 | 0,01 | 0,99 | 0,01 | 1,00 | 0,00 |
| Средняя гармоническая комплексная оценка (H) | | | | | | | | | | | | |
| Относительные показатели | 1,00 | 0,00 | -0,59 | 0,46 | -0,65 | 0,40 | 0,64 | 0,41 | 0,65 | 0,41 | 0,72 | 0,34 |

| ПК | Относительные показатели | Ошибка | Дискретные ранговые оценки ПК (R) | Ошибка | Непрерывные ранговые оценки ПК (Rн) | Ошибка | Дискретные балльные оценки ПК (Б) | Ошибка | Непрерывные балльные оценки ПК (Бн) | Ошибка | Функция желательности | Ошибка |
|-------------------------------------|--------------------------|--------|-----------------------------------|----------------------|-------------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|-------------------------------------|----------------------|-----------------------|--------|
| Дискретные ранговые оценки ПК (R) | -0,59 | 0,46 | 1,00 | 0,00 | 1,00 | $4,56 \cdot 10^{-3}$ | -1,00 | $2,99 \cdot 10^{-3}$ | -1,00 | $4,09 \cdot 10^{-3}$ | -0,98 | 0,02 |
| Непрерывные ранговые оценки ПК (Rн) | -0,65 | 0,40 | 1,00 | $4,56 \cdot 10^{-3}$ | 1,00 | 0,00 | -1,00 | $1,65 \cdot 10^{-4}$ | -1,00 | $1,30 \cdot 10^{-5}$ | -1,00 | 0,01 |
| Дискретные балльные оценки ПК (Б) | 0,64 | 0,41 | -1,00 | $2,99 \cdot 10^{-3}$ | -1,00 | $1,65 \cdot 10^{-4}$ | 1,00 | 0,00 | 1,00 | $8,54 \cdot 10^{-5}$ | 0,99 | 0,01 |
| Непрерывные балльные оценки ПК (Бн) | 0,65 | 0,41 | -1,00 | $4,09 \cdot 10^{-3}$ | -1,00 | $1,30E-05$ | 1,00 | $8,54 \cdot 10^{-5}$ | 1,00 | 0,00 | 0,99 | 0,01 |
| Функция желательности | 0,72 | 0,34 | -0,98 | 0,02 | -1,00 | 0,01 | 0,99 | 0,01 | 0,99 | 0,01 | 1,00 | 0,00 |

Табл. С.30. Корреляционный анализ комплексных оценок качества всех исследуемых ТНМ

| ПК | Относительные показатели | Ошибка | Дискретные ранговые оценки ПК (R) | Ошибка | Непрерывные ранговые оценки ПК (R _n) | Ошибка | Дискретные балльные оценки ПК (Б) | Ошибка | Непрерывные балльные оценки ПК (Б _n) | Ошибка | Функция желательности | Ошибка |
|---|--|--------|-----------------------------------|--------|--|--------|-----------------------------------|--------|--|--------|-----------------------|--------|
| | | | | | | | | | | | | |
| ПК | Относительные показатели | 1,00 | 0,00 | 0,11 | -0,83 | 0,11 | 0,83 | 0,11 | 0,83 | 0,11 | 0,83 | 0,11 |
| | Дискретные ранговые оценки ПК (R) | -0,83 | 0,11 | 0,00 | 0,99 | 0,01 | -1,00 | 0,00 | -0,99 | 0,01 | -0,98 | 0,02 |
| | Непрерывные ранговые оценки ПК (R _n) | -0,83 | 0,11 | 0,01 | 1,00 | 0,00 | -0,99 | 0,01 | -1,00 | 0,00 | -0,98 | 0,01 |
| | Дискретные балльные оценки ПК (Б) | 0,83 | 0,11 | 0,00 | -0,99 | 0,01 | 1,00 | 0,00 | 0,99 | 0,01 | 0,98 | 0,02 |
| | Непрерывные балльные оценки ПК (Б _n) | 0,83 | 0,11 | 0,01 | -1,00 | 0,00 | 0,99 | 0,01 | 1,00 | 0,00 | 0,98 | 0,01 |
| | Функция желательности | 0,83 | 0,11 | 0,02 | -0,98 | 0,01 | 0,98 | 0,02 | 0,98 | 0,01 | 1,00 | 0,00 |
| | | | | | | | | | | | | |
| Средняя геометрическая комплексная оценка (G) | | | | | | | | | | | | |
| ПК | Относительные показатели | 1,00 | 0,00 | 0,16 | -0,80 | 0,13 | 0,86 | 0,09 | 0,84 | 0,10 | 0,87 | 0,08 |
| | Дискретные ранговые оценки ПК (R) | -0,74 | 0,16 | 0,00 | 0,98 | 0,01 | -0,95 | 0,04 | -0,94 | 0,04 | -0,90 | 0,07 |
| | Непрерывные ранговые оценки ПК (R _n) | -0,80 | 0,13 | 0,01 | 1,00 | 0,00 | -0,97 | 0,02 | -0,97 | 0,02 | -0,94 | 0,04 |
| | Дискретные балльные оценки ПК (Б) | 0,86 | 0,09 | 0,04 | -0,97 | 0,02 | 1,00 | 0,00 | 0,99 | 0,01 | 0,97 | 0,02 |
| | Непрерывные балльные оценки ПК (Б _n) | 0,84 | 0,10 | 0,04 | -0,97 | 0,02 | 0,99 | 0,01 | 1,00 | 0,00 | 0,96 | 0,03 |
| | Функция желательности | 0,87 | 0,08 | 0,07 | -0,94 | 0,04 | 0,97 | 0,02 | 0,96 | 0,03 | 1,00 | 0,00 |
| | | | | | | | | | | | | |
| Средняя гармоническая комплексная оценка (H) | | | | | | | | | | | | |
| Относительные показатели | 1,00 | 0,00 | -0,52 | 0,26 | -0,63 | 0,21 | 0,77 | 0,14 | 0,75 | 0,15 | 0,78 | 0,14 |

| ПК | Относительные показатели | Ошибка | Дискретные ранговые оценки ПК (R) | Ошибка | Непрерывные ранговые оценки ПК (Rn) | Ошибка | Дискретные балльные оценки ПК (Б) | Ошибка | Непрерывные балльные оценки ПК (Бн) | Ошибка | Функциональность | Ошибка |
|-------------------------------------|--------------------------|--------|-----------------------------------|--------|-------------------------------------|--------|-----------------------------------|--------|-------------------------------------|--------|------------------|--------|
| Дискретные ранговые оценки ПК (R) | -0,52 | 0,26 | 1,00 | 0,00 | 0,96 | 0,03 | -0,83 | 0,11 | -0,80 | 0,13 | -0,77 | 0,14 |
| Непрерывные ранговые оценки ПК (Rn) | -0,63 | 0,21 | 0,96 | 0,03 | 1,00 | 0,00 | -0,90 | 0,07 | -0,86 | 0,09 | -0,86 | 0,09 |
| Дискретные балльные оценки ПК (Б) | 0,77 | 0,14 | -0,83 | 0,11 | -0,90 | 0,07 | 1,00 | 0,00 | 0,99 | 0,01 | 0,92 | 0,06 |
| Непрерывные балльные оценки ПК (Бн) | 0,75 | 0,15 | -0,80 | 0,13 | -0,86 | 0,09 | 0,99 | 0,01 | 1,00 | 0,00 | 0,90 | 0,07 |
| Функциональность | 0,78 | 0,14 | -0,77 | 0,14 | -0,86 | 0,09 | 0,92 | 0,06 | 0,90 | 0,07 | 1,00 | 0,00 |

ПРИЛОЖЕНИЕ Т

(обязательное)

Корреляционная матрица определяющих показателей качества

Табл. Т.1. Корреляционная матрица ОПК

| Определяющие показатели качества | x_1 | x_2 | x_3 | x_4 | x_5 | x_6 | x_7 | x_8 | x_9 | x_{10} | x_{11} | x_{12} | x_{13} | x_{14} | x_{15} |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|-----------------------|----------|----------|----------|
| x_1 | 1,00 | 0,99 | -0,92 | 0,28 | -0,52 | -0,25 | 0,75 | 0,20 | 0,06 | 0,44 | 0,28 | 0,85 | 0,84 | -0,43 | -0,39 |
| x_2 | 0,99 | 1,00 | -0,88 | 0,31 | -0,56 | -0,30 | 0,67 | 0,27 | 0,08 | 0,51 | 0,37 | 0,85 | 0,85 | -0,45 | -0,41 |
| x_3 | -0,92 | -0,88 | 1,00 | -0,13 | 0,42 | 0,10 | -0,81 | -0,12 | 0,08 | -0,25 | -0,07 | -0,78 | -0,72 | 0,34 | 0,30 |
| x_4 | 0,28 | 0,31 | -0,13 | 1,00 | 0,36 | 0,24 | -0,03 | -0,11 | 0,93 | 0,69 | 0,84 | 2,99·10 ⁻¹ | -0,03 | -0,89 | -0,90 |
| x_5 | -0,52 | -0,56 | 0,42 | 0,36 | 1,00 | 0,77 | -0,21 | -0,78 | 0,60 | -0,25 | -0,05 | -0,79 | -0,87 | -0,14 | -0,16 |
| x_6 | -0,25 | -0,30 | 0,10 | 0,24 | 0,77 | 1,00 | 0,05 | -0,85 | 0,51 | -0,27 | -0,13 | -0,54 | -0,67 | -0,16 | -0,15 |
| x_7 | 0,75 | 0,67 | -0,81 | -0,03 | -0,21 | 0,05 | 1,00 | -0,25 | -0,07 | -0,05 | -0,28 | 0,57 | 0,55 | -0,16 | -0,10 |
| x_8 | 0,20 | 0,27 | -0,12 | -0,11 | -0,78 | -0,85 | -0,25 | 1,00 | -0,40 | 0,37 | 0,34 | 0,56 | 0,60 | -0,07 | -0,08 |
| x_9 | 0,06 | 0,08 | 0,08 | 0,93 | 0,60 | 0,51 | -0,07 | -0,40 | 1,00 | 0,45 | 0,65 | -0,27 | -0,31 | -0,77 | -0,78 |
| x_{10} | 0,44 | 0,51 | -0,25 | 0,69 | -0,25 | -0,27 | -0,05 | 0,37 | 0,45 | 1,00 | 0,89 | 0,40 | 0,43 | -0,65 | -0,68 |
| x_{11} | 0,28 | 0,37 | -0,07 | 0,84 | -0,05 | -0,13 | -0,28 | 0,34 | 0,65 | 0,89 | 1,00 | 0,17 | 0,19 | -0,73 | -0,76 |
| x_{12} | 0,85 | 0,85 | -0,78 | 2,99·10 ⁻³ | -0,79 | -0,54 | 0,57 | 0,56 | -0,27 | 0,40 | 0,17 | 1,00 | 0,96 | -0,32 | -0,28 |
| x_{13} | 0,84 | 0,85 | -0,72 | -0,03 | -0,87 | -0,67 | 0,55 | 0,60 | -0,31 | 0,43 | 0,19 | 0,96 | 1,00 | -0,21 | -0,17 |
| x_{14} | -0,43 | -0,45 | 0,34 | -0,89 | -0,14 | -0,16 | -0,16 | -0,07 | -0,77 | -0,65 | -0,73 | -0,32 | -0,21 | 1,00 | 1,00 |
| x_{15} | -0,39 | -0,41 | 0,30 | -0,90 | -0,16 | -0,15 | -0,10 | -0,08 | -0,78 | -0,68 | -0,76 | -0,28 | -0,17 | 1,00 | 1,00 |

| | | | |
|-------|-------------------------------------|----------|--|
| x_1 | СТС до мокрой обработки | x_9 | Волокнистый состав |
| x_2 | СТС после мокрой обработки | x_{10} | Изменение линейных размеров (по длине) после мокрой обработки |
| x_3 | Воздухопроницаемость | x_{11} | Изменение линейных размеров (по ширине) после мокрой обработки |
| x_4 | Гигроскопичность | x_{12} | Разрывная нагрузка (по длине) |
| x_5 | Миграция | x_{13} | Разрывная нагрузка (по ширине) |
| x_6 | Неровнота по массе | x_{14} | Разрывное удлинение (по длине) |
| x_7 | Толщина | x_{15} | Разрывное удлинение (по ширине) |
| x_8 | Устойчивость к многократному сжатию | | |

ПРИЛОЖЕНИЕ У

(обязательное)

Контроль качества

Табл. У.1. Числовые значения показателей качества

| Номер испытания | Показатели качества | | | | |
|--------------------|--|--|------------------------|--------------------------|---|
| | Поверхностная плотность, г/м ² | СТС до мокрой обработки, м ² .°С/Вт | Гигроскопичность, % | Неровнота по массе, % | Разрывное удлинение (по длине), % |
| 1 | 151,00 | 0,549 | 16,00 | 3,90 | 5,80 |
| 2 | 155,00 | 0,580 | 18,00 | 4,00 | 5,00 |
| 3 | 150,00 | 0,550 | 17,00 | 4,20 | 6,00 |
| 4 | 143,00 | 0,490 | 16,28 | 4,60 | 6,35 |
| 5 | 151,00 | 0,545 | 16,41 | 4,50 | 6,00 |
| 6 | 150,00 | 0,550 | 17,30 | 3,20 | 6,65 |
| 7 | 143,00 | 0,495 | 17,68 | 3,00 | 4,35 |
| 8 | 156,00 | 0,498 | 15,39 | 3,00 | 6,00 |
| 9 | 150,00 | 0,500 | 16,00 | 4,40 | 5,60 |
| 10 | 157,00 | 0,561 | 17,01 | 4,40 | 4,30 |

Табл. У.2. Расчетные данные для проверки гипотезы о логарифмически нормальном распределении значений поверхностной плотности по критерию Колмогорова

| № п/п | Поверхностная плотность (x_i), г/м ² | $lg x_i$ | ω_i | t | ω'_i | $ \omega'_i - \omega_i $ |
|-------|--|----------|------------|-------|-------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 143,00 | 2,16 | 0,10 | -1,60 | 0,06 | 0,05 |
| 2 | 143,00 | 2,16 | 0,10 | -1,60 | 0,06 | 0,05 |
| 3 | 150,00 | 2,18 | 0,35 | -0,11 | 0,46 | 0,11 |
| 4 | 150,00 | 2,18 | 0,35 | -0,11 | 0,46 | 0,11 |
| 5 | 150,00 | 2,18 | 0,35 | -0,11 | 0,46 | 0,11 |
| 6 | 151,00 | 2,18 | 0,60 | 0,10 | 0,54 | 0,06 |
| 7 | 151,00 | 2,18 | 0,60 | 0,10 | 0,54 | 0,06 |
| 8 | 155,00 | 2,19 | 0,75 | 0,91 | 0,82 | 0,07 |
| 9 | 156,00 | 2,19 | 0,85 | 1,11 | 0,86 | 0,01 |
| 10 | 157,00 | 2,20 | 0,95 | 1,31 | 0,90 | 0,05 |

Табл. У.4. Расчетные данные СТС до мокрой обработки для вероятностной бумаги нормального закона распределения

| № п/п | СТС до мокрой обработки (x_i), м ² ·°С/Вт | ω_i | U_p' |
|-------|--|------------|--------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 0,49 | 0,05 | -1,65 |
| 2 | 0,50 | 0,15 | -1,04 |
| 3 | 0,50 | 0,25 | -0,67 |
| 4 | 0,50 | 0,35 | -0,39 |
| 5 | 0,55 | 0,45 | -0,13 |
| 6 | 0,55 | 0,55 | 0,13 |
| 7 | 0,55 | 0,70 | 0,52 |
| 8 | 0,55 | 0,70 | 0,52 |
| 9 | 0,56 | 0,85 | 1,04 |
| 10 | 0,58 | 0,95 | 1,65 |

Табл. У.5. Расчетные данные для проверки гипотезы о нормальном распределении значений СТС до мокрой обработки по критерию Колмогорова

| № п/п | СТС до мокрой обработки (x_i), м ² ·°С/Вт | ω_i | t | ω'_i | $ \omega'_i - \omega_i $ |
|-------|--|------------|-------|-------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 0,49 | 0,05 | -1,28 | 0,10 | 0,05 |
| 2 | 0,50 | 0,15 | -1,13 | 0,14 | 0,01 |
| 3 | 0,50 | 0,25 | -1,04 | 0,16 | 0,09 |
| 4 | 0,50 | 0,35 | -0,98 | 0,50 | 0,15 |
| 5 | 0,55 | 0,45 | 0,40 | 0,66 | 0,21 |
| 6 | 0,55 | 0,55 | 0,53 | 0,69 | 0,14 |
| 7 | 0,55 | 0,70 | 0,56 | 0,73 | 0,03 |
| 8 | 0,55 | 0,70 | 0,56 | 0,73 | 0,03 |
| 9 | 0,56 | 0,85 | 0,90 | 0,82 | 0,03 |
| 10 | 0,58 | 0,95 | 1,48 | 0,93 | 0,02 |

Табл. У.6. Расчетные данные для проверки гипотезы о нормальном распределении значений СТС до мокрой обработки по критерию Шапиро-Уилка

| № п/п | x_i | x_i^2 | j | a_{n-i+1} | $x_{n-j+1} - x_j$ |
|-------|-------|---------|-----|-------------|-------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 0,49 | 0,24 | | | |
| 2 | 0,50 | 0,25 | | | |
| 3 | 0,50 | 0,25 | | | |
| 4 | 0,50 | 0,25 | | | |
| 5 | 0,55 | 0,30 | | | |

| № п/п | x_i | x_i^2 | j | a_{n-i+1} | $x_{n-j+1} - x_j$ |
|-------|-------|---------|------|-------------|-------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 6 | 0,55 | 0,30 | 5,00 | 0,04 | 0,00 |
| 7 | 0,55 | 0,30 | 4,00 | 0,12 | 0,05 |
| 8 | 0,55 | 0,30 | 3,00 | 0,21 | 0,05 |
| 9 | 0,56 | 0,31 | 2,00 | 0,33 | 0,07 |
| 10 | 0,58 | 0,34 | 1,00 | 0,57 | 0,09 |

Табл. У.7. Расчетные данные для проверки гипотезы о законе распределения экстремальных величин I типа значений СТС до мокрой обработки по критерию Колмогорова

| № п/п | СТС до мокрой обработки (x_i), м ² ·°С/Вт | ω_i | y | ω'_i | $ \omega'_i - \omega_i $ |
|-------|--|------------|-------|-------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 0,58 | 0,05 | -0,91 | 0,08 | 0,03 |
| 2 | 0,56 | 0,15 | -0,36 | 0,24 | 0,09 |
| 3 | 0,55 | 0,30 | -0,04 | 0,35 | 0,05 |
| 4 | 0,55 | 0,30 | -0,04 | 0,35 | 0,05 |
| 5 | 0,55 | 0,45 | -0,01 | 0,37 | 0,08 |
| 6 | 0,55 | 0,55 | 0,11 | 0,41 | 0,14 |
| 7 | 0,50 | 0,65 | 1,42 | 0,79 | 0,14 |
| 8 | 0,50 | 0,75 | 1,48 | 0,80 | 0,05 |
| 9 | 0,50 | 0,85 | 1,57 | 0,81 | 0,04 |
| 10 | 0,49 | 0,95 | 1,71 | 0,84 | 0,11 |

Табл. У.9. Расчетные данные гигроскопичности для вероятностной бумаги нормального закона распределения

| № п/п | Гигроскопичность (x_i), % | ω_i | U_p' |
|-------|----------------------------------|------------|--------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 15,39 | 0,05 | -1,65 |
| 2 | 16,00 | 0,20 | -0,84 |
| 3 | 16,00 | 0,20 | -0,84 |
| 4 | 16,28 | 0,35 | -0,39 |
| 5 | 16,41 | 0,45 | -0,13 |
| 6 | 17,00 | 0,55 | 0,13 |
| 7 | 17,01 | 0,65 | 0,39 |
| 8 | 17,30 | 0,75 | 0,67 |
| 9 | 17,68 | 0,85 | 1,04 |
| 10 | 18,00 | 0,95 | 1,65 |

Табл. У.10. Расчетные данные для проверки гипотезы о нормальном распределении значений гигроскопичности по критерию Колмогорова

| № п/п | Гигроскопичность (x_i), % | ω_i | t | ω'_i | $ \omega'_i - \omega_i $ |
|-------|----------------------------------|------------|-------|-------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 15,39 | 0,05 | -1,59 | 0,06 | 0,01 |
| 2 | 16,00 | 0,20 | -0,86 | 0,18 | 0,02 |
| 3 | 16,00 | 0,20 | -0,86 | 0,18 | 0,02 |
| 4 | 16,28 | 0,35 | -0,52 | 0,31 | 0,04 |
| 5 | 16,41 | 0,45 | -0,36 | 0,35 | 0,11 |
| 6 | 17,00 | 0,55 | 0,35 | 0,66 | 0,11 |
| 7 | 17,01 | 0,65 | 0,37 | 0,66 | 0,01 |
| 8 | 17,30 | 0,75 | 0,72 | 0,76 | 0,01 |
| 9 | 17,68 | 0,85 | 1,18 | 0,89 | 0,04 |
| 10 | 18,00 | 0,95 | 1,56 | 0,95 | 0,01 |

Табл. У.11. Расчетные данные для проверки гипотезы о нормальном распределении значений гигроскопичности по критерию Шапиро-Уилка

| № п/п | x_i | x_i^2 | j | a_{n-i+1} | $x_{n-j+1} - x_j$ |
|-------|-------|---------|------|-------------|-------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 15,39 | 236,85 | | | |
| 2 | 16,00 | 256,00 | | | |
| 3 | 16,00 | 256,00 | | | |
| 4 | 16,28 | 265,04 | | | |
| 5 | 16,41 | 269,29 | | | |
| 6 | 17,00 | 289,00 | 5,00 | 0,04 | 0,59 |

| № п/п | x_i | x_i^2 | j | a_{n-i+1} | $x_{n-j+1} - x_j$ |
|-------|-------|---------|------|-------------|-------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 7 | 17,01 | 289,34 | 4,00 | 0,12 | 0,73 |
| 8 | 17,30 | 299,29 | 3,00 | 0,21 | 1,30 |
| 9 | 17,68 | 312,58 | 2,00 | 0,33 | 1,68 |
| 10 | 18,00 | 324,00 | 1,00 | 0,57 | 2,61 |

Табл. У.12. Расчетные данные гигроскопичности для вероятностной бумаги логарифмически нормального закона распределения

| № п/п | Гигроскопичность (x_i), % | $lg x_i$ | ω_i | U'_p |
|-------|----------------------------------|----------|------------|--------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 15,39 | 1,19 | 0,05 | -1,65 |
| 2 | 16,00 | 1,20 | 0,20 | -0,84 |
| 3 | 16,00 | 1,20 | 0,20 | -0,84 |
| 4 | 16,28 | 1,21 | 0,35 | -0,39 |
| 5 | 16,41 | 1,22 | 0,45 | -0,13 |
| 6 | 17,00 | 1,23 | 0,55 | 0,13 |
| 7 | 17,01 | 1,23 | 0,65 | 0,39 |
| 8 | 17,30 | 1,24 | 0,75 | 0,67 |
| 9 | 17,68 | 1,25 | 0,85 | 1,04 |
| 10 | 18,00 | 1,26 | 0,95 | 1,65 |

Табл. У.13. Расчетные данные для проверки гипотезы о логарифмически нормальном распределении значений гигроскопичности по критерию Колмогорова

| № п/п | Гигроскопичность (x_i), % | $lg x_i$ | ω_i | t | ω'_i | $ \omega'_i - \omega_i $ |
|-------|----------------------------------|----------|------------|-------|-------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 15,39 | 1,19 | 0,05 | -1,64 | 0,06 | 0,01 |
| 2 | 16,00 | 1,20 | 0,20 | -0,85 | 0,18 | 0,02 |
| 3 | 16,00 | 1,20 | 0,20 | -0,85 | 0,18 | 0,02 |
| 4 | 16,28 | 1,21 | 0,35 | -0,50 | 0,31 | 0,04 |
| 5 | 16,41 | 1,22 | 0,45 | -0,34 | 0,38 | 0,07 |
| 6 | 17,00 | 1,23 | 0,55 | 0,37 | 0,35 | 0,21 |
| 7 | 17,01 | 1,23 | 0,65 | 0,39 | 0,35 | 0,31 |
| 8 | 17,30 | 1,24 | 0,75 | 0,73 | 0,76 | 0,01 |
| 9 | 17,68 | 1,25 | 0,85 | 1,17 | 0,89 | 0,04 |
| 10 | 18,00 | 1,26 | 0,95 | 1,53 | 0,93 | 0,02 |

Табл. У.15. Расчетные данные неровноты по массе для вероятностной бумаги нормального закона распределения

| № п/п | Неровнота по массе (x_i), % | ω_i | U_p' |
|-------|---------------------------------|------------|--------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 3,00 | 0,10 | -1,28 |
| 2 | 3,00 | 0,10 | -1,28 |
| 3 | 3,20 | 0,25 | -0,67 |
| 4 | 3,90 | 0,35 | -0,39 |
| 5 | 4,00 | 0,45 | -0,13 |
| 6 | 4,20 | 0,55 | 0,13 |
| 7 | 4,40 | 0,70 | 0,52 |
| 8 | 4,40 | 0,70 | 0,52 |
| 9 | 4,50 | 0,85 | 1,04 |
| 10 | 4,60 | 0,95 | 1,65 |

Табл. У.16. Расчетные данные для проверки гипотезы о нормальном распределении значений неровноты по массе по критерию Колмогорова

| № п/п | Неровнота по массе (x_i), % | ω_i | t | ω'_i | $ \omega'_i - \omega_i $ |
|-------|---------------------------------|------------|-------|-------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 3,00 | 0,10 | -1,46 | 0,07 | 0,03 |
| 2 | 3,00 | 0,10 | -1,46 | 0,07 | 0,03 |
| 3 | 3,20 | 0,25 | -1,15 | 0,14 | 0,11 |
| 4 | 3,90 | 0,35 | -0,03 | 0,50 | 0,15 |
| 5 | 4,00 | 0,45 | 0,13 | 0,54 | 0,09 |
| 6 | 4,20 | 0,55 | 0,45 | 0,66 | 0,11 |
| 7 | 4,40 | 0,70 | 0,76 | 0,79 | 0,09 |
| 8 | 4,40 | 0,70 | 0,76 | 0,79 | 0,09 |
| 9 | 4,50 | 0,85 | 0,92 | 0,82 | 0,03 |
| 10 | 4,60 | 0,95 | 1,08 | 0,86 | 0,09 |

Табл. У.17. Расчетные данные для проверки гипотезы о нормальном распределении значений неровноты по массе по критерию Шапиро-Уилка

| № п/п | x_i | x_i^2 | j | a_{n-i+1} | $x_{n-j+1} - x_j$ |
|-------|-------|---------|------|-------------|-------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 3,00 | 9,00 | | | |
| 2 | 3,00 | 9,00 | | | |
| 3 | 3,20 | 10,24 | | | |
| 4 | 3,90 | 15,21 | | | |
| 5 | 4,00 | 16,00 | | | |
| 6 | 4,20 | 17,64 | 5,00 | 0,04 | 0,20 |
| 7 | 4,40 | 19,36 | 4,00 | 0,12 | 0,50 |
| 8 | 4,40 | 19,36 | 3,00 | 0,21 | 1,20 |

| № п/п | x_i | x_i^2 | j | a_{n-i+1} | $x_{n-j+1} - x_j$ |
|-------|-------|---------|------|-------------|-------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 9 | 4,50 | 20,25 | 2,00 | 0,33 | 1,50 |
| 10 | 4,60 | 21,16 | 1,00 | 0,57 | 1,60 |

Табл. У.18. Расчетные данные неровноты по массе для вероятностной бумаги закона распределения экстремальных величин III типа

| № п/п | Неровнота по массе (x_i), % | Логарифм от неровноты по массе, ($lg x_i$) | ω_i | Y_i' |
|-------|---------------------------------|--|------------|--------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 4,60 | 0,66 | 0,05 | -1,10 |
| 2 | 4,50 | 0,65 | 0,15 | -0,64 |
| 3 | 4,40 | 0,64 | 0,30 | -0,18 |
| 4 | 4,40 | 0,64 | 0,30 | -0,18 |
| 5 | 4,20 | 0,62 | 0,45 | 0,22 |
| 6 | 4,00 | 0,60 | 0,55 | 0,51 |
| 7 | 3,90 | 0,59 | 0,65 | 0,84 |
| 8 | 3,20 | 0,51 | 0,75 | 1,24 |
| 9 | 3,00 | 0,48 | 0,90 | 2,25 |
| 10 | 3,00 | 0,48 | 0,90 | 2,25 |

Табл. У.19. Расчетные данные для проверки гипотезы о законе распределения экстремальных величин III типа значений неровноты по массе по критерию Колмогорова

| № п/п | Логарифм от неровноты по массе, ($lg x_i$) | ω_i | y | ω_i' | $ \omega_i' - \omega_i $ |
|-------|--|------------|-------|-------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 0,66 | 0,05 | -0,47 | 0,20 | 0,15 |
| 2 | 0,65 | 0,15 | -0,35 | 0,24 | 0,09 |
| 3 | 0,64 | 0,30 | -0,22 | 0,29 | 0,01 |
| 4 | 0,64 | 0,30 | -0,22 | 0,29 | 0,01 |
| 5 | 0,62 | 0,45 | 0,04 | 0,38 | 0,07 |
| 6 | 0,60 | 0,55 | 0,31 | 0,48 | 0,07 |
| 7 | 0,59 | 0,65 | 0,45 | 0,53 | 0,12 |
| 8 | 0,51 | 0,75 | 1,56 | 0,81 | 0,06 |
| 9 | 0,48 | 0,90 | 1,92 | 0,86 | 0,04 |
| 10 | 0,48 | 0,90 | 1,92 | 0,86 | 0,04 |

Табл. У.21. Расчетные данные разрывного удлинения по длине для вероятностной бумаги нормального закона распределения

| № п/п | Разрывное удлинение (по длине) (x_i), % | ω_i | U_p' |
|-------|--|------------|--------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 4,30 | 0,05 | -1,65 |
| 2 | 4,35 | 0,15 | -1,04 |
| 3 | 5,00 | 0,25 | -0,67 |
| 4 | 5,60 | 0,35 | -0,39 |
| 5 | 5,80 | 0,45 | -0,13 |
| 6 | 6,00 | 0,65 | 0,39 |
| 7 | 6,00 | 0,65 | 0,39 |
| 8 | 6,00 | 0,65 | 0,39 |
| 9 | 6,35 | 0,85 | 1,04 |
| 10 | 6,65 | 0,95 | 1,65 |

Табл. У.22. Расчетные данные для проверки гипотезы о нормальном распределении значений разрывного удлинения по длине по критерию Колмогорова

| № п/п | Разрывное удлинение (по длине) (x_i), % | ω_i | t | ω'_i | $ \omega'_i - \omega_i $ |
|-------|--|------------|-------|-------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 4,30 | 0,05 | -1,63 | 0,06 | 0,01 |
| 2 | 4,35 | 0,15 | -1,56 | 0,06 | 0,10 |
| 3 | 5,00 | 0,25 | -0,75 | 0,21 | 0,04 |
| 4 | 5,60 | 0,35 | -0,01 | 0,50 | 0,15 |
| 5 | 5,80 | 0,45 | 0,24 | 0,58 | 0,13 |
| 6 | 6,00 | 0,65 | 0,49 | 0,69 | 0,04 |
| 7 | 6,00 | 0,65 | 0,49 | 0,69 | 0,04 |
| 8 | 6,00 | 0,65 | 0,49 | 0,69 | 0,04 |
| 9 | 6,35 | 0,85 | 0,93 | 0,82 | 0,03 |
| 10 | 6,65 | 0,95 | 1,30 | 0,90 | 0,05 |

Табл. У.23. Расчетные данные для проверки гипотезы о нормальном распределении значений разрывного удлинения по длине по критерию Шапиро-Уилка

| № п/п | x_i | x_i^2 | j | a_{n-i+1} | $x_{n-j+1} - x_j$ |
|-------|-------|---------|------|-------------|-------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 4,30 | 18,49 | | | |
| 2 | 4,35 | 18,92 | | | |
| 3 | 5,00 | 25,00 | | | |
| 4 | 5,60 | 31,36 | | | |
| 5 | 5,80 | 33,64 | | | |
| 6 | 6,00 | 36,00 | 5,00 | 0,04 | 0,20 |

| № п/п | x_i | x_i^2 | j | a_{n-i+1} | $x_{n-j+1} - x_j$ |
|-------|-------|---------|------|-------------|-------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 7 | 6,00 | 36,00 | 4,00 | 0,12 | 0,40 |
| 8 | 6,00 | 36,00 | 3,00 | 0,21 | 1,00 |
| 9 | 6,35 | 40,32 | 2,00 | 0,33 | 2,00 |
| 10 | 6,65 | 44,22 | 1,00 | 0,57 | 2,35 |

Табл. У.24. Расчетные данные разрывного удлинения по длине для вероятностной бумаги закона распределения экстремальных величин I типа

| № п/п | Разрывное удлинение (по длине) (x_i), % | ω_i | Y_i' |
|-------|---|------------|--------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 6,65 | 0,05 | -1,10 |
| 2 | 6,35 | 0,15 | -0,64 |
| 3 | 6,00 | 0,35 | -0,05 |
| 4 | 6,00 | 0,35 | -0,05 |
| 5 | 6,00 | 0,35 | -0,05 |
| 6 | 5,80 | 0,55 | 0,51 |
| 7 | 5,60 | 0,65 | 0,84 |
| 8 | 5,00 | 0,75 | 1,24 |
| 9 | 4,35 | 0,85 | 1,82 |
| 10 | 4,30 | 0,95 | 2,97 |

Табл. У.25. Расчетные данные для проверки гипотезы о законе распределения экстремальных величин I типа значений разрывного удлинения по длине по критерию Колмогорова

| № п/п | Разрывное удлинение (по длине) (x_i), % | ω_i | y | ω_i' | $ \omega_i' - \omega_i $ |
|-------|---|------------|-------|-------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 0,58 | 0,05 | -0,91 | 0,08 | 0,03 |
| 2 | 0,56 | 0,15 | -0,36 | 0,24 | 0,09 |
| 3 | 0,55 | 0,30 | -0,04 | 0,35 | 0,05 |
| 4 | 0,55 | 0,30 | -0,04 | 0,35 | 0,05 |
| 5 | 0,55 | 0,45 | -0,01 | 0,37 | 0,08 |
| 6 | 0,55 | 0,55 | 0,11 | 0,41 | 0,14 |
| 7 | 0,50 | 0,65 | 1,42 | 0,79 | 0,14 |
| 8 | 0,50 | 0,75 | 1,48 | 0,80 | 0,05 |
| 9 | 0,50 | 0,85 | 1,57 | 0,81 | 0,04 |
| 10 | 0,49 | 0,95 | 1,71 | 0,84 | 0,11 |

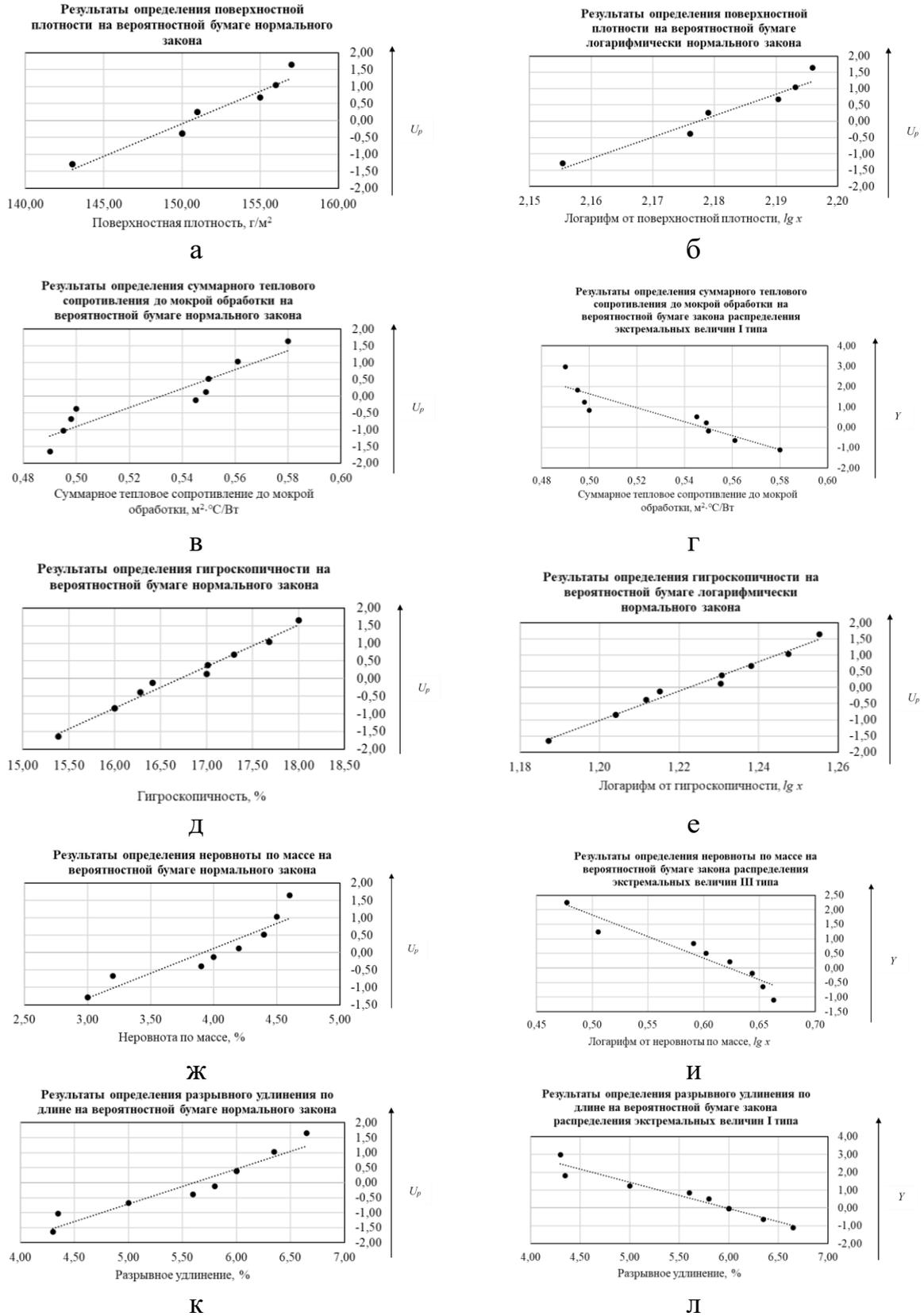


Рис. У.1. Вероятностные бумаги законов распределения