



На правах рукописи

Панкевич Дарья Константиновна

**МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ СВОЙСТВ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ
ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С МЕМБРАНОЙ
ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Специальность 2.6.16.

Технология производства изделий текстильной и легкой промышленности

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени доктора технических наук

Москва – 2026

Работа выполнена в рамках соглашения о сотрудничестве № 01-012 21 от 05.11.2021 г. между Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации и Учреждением образования «Витебский государственный технологический университет» Министерства образования Республики Беларусь на кафедре Материаловедения и товарной экспертизы ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина» и кафедре Технического регулирования и товароведения УО «ВГТУ».

Научный консультант: доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технического регулирования и товароведения УО «Витебский государственный технологический университет», г. Витебск
Буркин Александр Николаевич

Официальные оппоненты: доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой материалов и технологий легкой промышленности ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань
Азанова Альбина Альбертовна

доктор технических наук, доцент, профессор кафедры дизайна, технологии, материаловедения и экспертизы потребительских товаров ФГБОУ ВО «Костромской государственный университет» (КГУ), г. Кострома
Чагина Любовь Леонидовна

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой инженерного материаловедения и метрологии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», г. Санкт-Петербург
Цобкалло Екатерина Сергеевна

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет», г. Иваново

Защита состоится «11» ноября 2026 г. в 10.00 часов на заседании диссертационного совета 24.2.368.02, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» по адресу: 119071, г. Москва, ул. Малая Калужская, д. 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина» и на официальном сайте университета <https://rguk.ru>.

Автореферат разослан «_____» _____ 2026 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета 24.2.368.02



Мезенцева Татьяна Васильевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Повышение и сохранение уровня качества продукции легкой промышленности зависит от наличия методической и приборной базы определения и оценки характеристик свойств материалов, возможности контролировать показатели свойств материалов в процессе их получения, переработки и эксплуатации, полноты и достаточности выбранной для контроля совокупности показателей, способа оценки их влияния друг на друга и на качество изделия. Работа базируется на обобщении накопленного теоретического и практического опыта прогнозирования свойств изделий легкой промышленности (ИЛП) по известным взаимосвязям между параметрами строения и показателями свойств применяемых при их изготовлении материалов, с учетом того, что свойства материалов изменяются под воздействием различных факторов. При этом свойства могут рассматриваться как функции, а показатели свойств должны отражать полезный для потребителя отклик материала на внешнее воздействие. Многофункциональные текстильные материалы (МТМ) в таком контексте – это набор необходимых потребителю функций, имеющих общую область определения, ограниченную диапазоном условий эксплуатации.

Работа посвящена исследованию комплексных МТМ, содержащих текстильные и мембранные слои. Они обладают уникальным сочетанием свойств: водонепроницаемостью и паропроницаемостью, прочностью, растяжимостью и ветрозащитой, поэтому перспективны для изготовления водозащитных ИЛП бытового, специального и спортивного назначения. Анализ номенклатуры существующих видов текстильных материалов показал, что водозащитные многофункциональные текстильные материалы с мембраной (МТММ) не выделены в отдельный класс, их свойства оценивают и исследуют по стандартам, которые не учитывают изменение свойств в эксплуатационных условиях, поэтому результаты испытаний существующими методами и средствами неинформативны для потребителя. Методическая, нормативная и приборная базы исследования и оценки свойств МТММ заимствованы из базы испытаний искусственных кож или пленочных материалов и не соответствуют эксплуатационным условиям и уровню свойств МТММ. Это создает препятствия для научно обоснованного выбора таких материалов и изготовления из них высококачественных ИЛП с заданными свойствами. Разработка методологии исследования и оценки уровня функциональности МТММ позволит повысить качество и надежность ИЛП и создаст предпосылки адресного их проектирования для конкретного назначения, что свидетельствует об актуальности темы диссертационной работы.

Степень разработанности темы исследования определяется вкладом ученых Н.Ф. Измерова, Р.А. Делль, Б.П. Куликова, Ф.С. Афанасьевой, Е.И. Тимофеевой, Г.В. Федорович, П.А. Колесникова, А.В. Абрамова, разработавших теоретические и методологические основы оценки уровня комфортности материалов для одежды; работами О.В. Метелевой, К.Г. Гущиной, А.Н. Буркина, А.В. Никитина, Л.Н. Лисиенковой, развивавших методы и средства исследования свойств материалов для одежды и обуви; исследованиями ученых Б.В. Дерягина, А.Н. Браславского, А.Е. Чалых, Т.И. Чалых, С.А. Рейтлингера, Ю.В. Светлова, определивших развитие теоретических основ массопереноса в оболочках различных структур, а также D.A. Holmes, William C. Smith, J.T. Williams,

Jinlian Hu., G.R. Lomax, A.R. Tehrani-Bagha, В.И. Бесшапошниковой, Н.А. Климовой, Е.С. Боковой, в работах которых представлены результаты анализа ассортимента, исследования свойств и особенностей получения материалов с мембраной; ученых В.П. Склянникова, Ю.С. Шустова, Б.А. Бузова, А.Н. Соловьева, А.П. Жихарева, В.А. Першина, Л.А. Осипенко, Е.А. Кирсановой, С.М. Кирюхина, А. Ф. Давыдова, заложивших основы научно обоснованного выбора материалов для одежды и обуви.

Несмотря на большое количество работ, посвященных оценке свойств водозащитных материалов с целью конфекционирования, среди них практически отсутствуют комплексные исследования по разработке научно-обоснованных подходов и методологических решений, охватывающих весь процесс, от идентификации материала и выбора соответствующих методов и средств испытаний, до способа расчета критериев и методов их применения для научно обоснованного выбора материалов в пакет ИЛП. Отличительной особенностью настоящей работы являются новые технические и методические решения для оптимизации процесса испытаний и оценки материалов, что обеспечивает повышение уровня комфортности и надежности ИЛП, а также ресурсосбережение в легкой промышленности.

Область исследования диссертационной работы соответствует направлениям: п.2 «Проектирование структуры и прогнозирование показателей свойств и качества волокон, нитей, материалов и изделий текстильной и легкой промышленности (ИТЛП)», п.10 «Развитие теоретических основ проектирования и технологий переработки волокон, производства нитей, материалов и ИТЛП», п.13 «Разработка оптимальных структур, конструкций, материалов и ИТЛП для снижения затрат на организацию их производства, повышения качества продукции и оптимизации процесса работы технологического оборудования», п.15 Разработка процессов выбора, примерки, оценки качества ИТЛП и оценки свойств материалов в реальной и цифровой среде», п.26 «Методы системного анализа свойств формы и материалов в проектируемых ИТЛП», п.29 «Стандартизация, сертификация, организация производства и управление качеством материалов и ИТЛП» паспорта научной специальности 2.6.16 «Технология производства изделий текстильной и легкой промышленности».

Цели и задачи исследования. Целью работы является разработка методологических основ исследования и оценки свойств многофункциональных текстильных материалов с мембраной как технической системы с соответствующими связями между структурой, свойствами и воздействующими факторами, для прогнозирования функциональности изделий из них в заданных условиях производства и эксплуатации. Для достижения поставленной цели в работе решены следующие **задачи**:

- **определено понятие** многофункционального текстильного материала и разработан новый подход к оценке свойств материалов как набора функций, который применен на примере комплексных текстильных материалов с мембраной для водозащитной одежды;

- **проведен анализ** ассортимента и способов получения материалов с мембраной, научных работ, посвященных исследованию и оценке их свойств; актуальной нормативной документации, регламентирующей требования к водозащитной одежде и материалам для ее изготовления; современных методов и средств моделирования эксплуатации,

исследования и критериев оценки водозащитных свойств и паропроницаемости материалов легкой промышленности; условий эксплуатации и производства одежды из материалов с мембраной для определения направлений совершенствования методической и технической базы испытаний;

- методом сканирующей электронной микроскопии изучена структура материалов с мембраной;

- **выявлены**

- корреляционные зависимости коэффициента водопаропроницаемости исследуемых материалов от толщины и коэффициента массопроводности мембраны;

- корреляционные зависимости уровня водонепроницаемости исследуемых материалов от толщины и характеристик пористости мембраны;

- закономерности влияния вида и числа циклов механических воздействий на водонепроницаемость материалов, содержащих пористые (губчатые и сетчатые) и монолитные мембраны;

- взаимосвязь скорости намокания и типа структуры материала с мембраной;

- диапазоны носки одежды различных сезонов, выраженные через разность парциальных давлений водяного пара внутри и снаружи одежды, и участок ощутимых влагопотерь человека, на котором целесообразно исследовать коэффициент водопаропроницаемости материалов для одежды;

- закономерности влияния разности парциальных давлений водяного пара на величину коэффициента водопаропроницаемости материалов, содержащих гидрофобные пористые (сетчатые и губчатые) и гидрофильные монолитные мембраны;

- **разработаны**

- новые методы и средства исследования и оценки водозащитных свойств материалов, позволяющие проводить испытания в заданном диапазоне эксплуатационных условий и получать адекватную потребностям оценку;

- методика исследования водопаропроницаемости материалов на участке ощутимых влагопотерь человека, позволяющая прогнозировать уровень комфортности одежды из них;

- рекомендации по выбору условий испытаний при моделировании внешних температурно-влажностных и механических эксплуатационных воздействий в зависимости от типа структуры мембраны, содержащейся в материале;

- критерии оценки свойств материалов, позволяющие оценивать уровень их функциональности в заданных условиях с учетом потребительских предпочтений;

- алгоритм комплексной оценки уровня функциональности материалов для одежды, используемой в различных эксплуатационных условиях;

- модели, конструкции и технология изготовления водозащитной одежды;

- способ идентификации типа структуры материалов с мембраной по характеристикам намокания;

- **систематизированы данные** об уровне функциональности материалов с мембранами различных структур, разработаны и внедрены в производство рекомендации по их применению и особенностям технологической обработки;

- **изготовлены** опытные партии одежды, проведена их экспериментальная носка и проанализированы ее результаты для оценки адекватности подбора материалов по разработанным методикам условиям эксплуатации и требованиям потребителя;

- **выполнено** проектирование информационной системы, обеспечивающей автоматизацию оценки уровня функциональности, систематизацию и быстрый поиск материалов для изделий легкой промышленности, обладающих заданным набором функций.

Объект исследования – многофункциональные текстильные материалы с мембраной (МТММ), соединения и изделия из них в контексте взаимодействия с окружающей средой и пользователями.

Предмет исследования – структура и свойства многофункциональных текстильных материалов с мембраной, процессы массопереноса в них; конструкция испытательного оборудования и средств моделирования эксплуатационных воздействий на материалы легкой промышленности; потребительские свойства одежды, критерии их оценки и методы исследования материалов в системе «человек – одежда – окружающая среда».

Научная новизна определяется результатами теоретических и экспериментальных исследований по разработке научно обоснованных технических и технологических решений в области методов и средств исследования и оценки свойств многофункциональных текстильных материалов с мембраной с целью оптимизации выбора материалов для водозащитных изделий легкой промышленности, соответствующих заданным условиям эксплуатации и повышающих гигиеническую безопасность человека.

При этом **впервые:**

- разработана целостная методология функциональной оценки материалов с мембраной, основанная на модели «материала-эталона» и анализе полноты реализации приоритетных функций (водозащита, обеспечение температурного гомеостаза, надежность, конструктивно-технологическая) в заданных условиях эксплуатации;

- предложена и апробирована классификация типов структуры материалов с мембраной на основе фасетного метода, что систематизирует знания о взаимосвязи структуры, технологии получения и свойств;

- установлены новые теоретические зависимости коэффициента водопаропроницаемости от разности парциальных давлений и типа структуры мембраны, что позволяет прогнозировать комфортность одежды;

- разработаны новые критерии оценки водозащитных свойств и комфортности, учитывающие динамику намокания, теплоощущения человека и условия эксплуатации.

- предложен новый способ идентификации типа структуры материалов с мембраной по кинетике намокания под давлением, что является эффективным экспресс-методом для практики.

Теоретическая значимость исследования обоснована решением научной проблемы перехода от оценки статических показателей к оценке функциональности материалов как динамических систем, реагирующих на комплекс внешних воздействий, на примере систематизации знаний о материалах с мембраной, включающей:

- зависимости показателей эксплуатационных свойств от параметров структуры материалов с гидрофильной и гидрофобной мембраной;
- закономерности изменения водонепроницаемости материалов различных структур при совместном воздействии пониженной температуры и многоциклового изгиба, пониженной температуры и многоциклового растяжения;
- кинетику намокания материалов с мембранами различных структур под действием гидростатического давления;
- зависимости, описывающие изменение водопаропроницаемости материалов, содержащих пористые (сетчатые и губчатые) и монолитные мембраны, при изменении разности парциальных давлений водяного пара.

Созданы научные основы оценки свойств материалов как динамических систем, исследуемых при соответствии испытательного оборудования и методов исследования условиям эксплуатации, свойствам материалов и потребительским предпочтениям с учетом вариативности набора и способов расчета критериев оценки в зависимости от сочетания факторов в системе «человек – одежда – окружающая среда».

Практическая значимость заключается в разработке методов и средств оценки материалов для ИЛП, позволяющих установить соответствие свойств материалов запросу потребителя и условиям эксплуатации для их рационального выбора.

Предложены:

- универсальный портативный гидростатический прибор с диапазоном измерения гидростатического давления до 700 кПа, который реализует неразрушающий метод контроля, при этом схема воздействия жидкости на материал аналогична реальным условиям эксплуатации ИЛП, диапазон гидростатического давления соответствует свойствам материалов с мембраной и эксплуатационным нагрузкам на одежду и обувь, что позволяет определять уровень водозащиты материалов легкой промышленности при моделировании заданных условий эксплуатации;
- устройство для контроля паропроницаемости материалов с возможностью задания температуры нагрева воды, скорости и способа побуждения движения воздуха над образцом, что позволяет определять уровень комфортности материалов легкой промышленности и их пакетов при моделировании заданных условий эксплуатации;
- комплекс средств испытаний и рекомендуемые режимы моделирования механических воздействий в заданных температурно-влажностных условиях, позволяющие в сжатые сроки оценить стабильность водозащитных свойств материалов с мембраной в зависимости от назначения и типа структуры для оценки возможности их использования в производстве надежных и долговечных ИЛП;
- методика выбора состава и строения multifunctional текстильных материалов с мембраной по заданным требованиям и способ идентификации типа их структуры, позволяющие выполнить рациональный подбор материалов для ИЛП.
- информационная система, которая позволяет анализировать данные о проведенных испытаниях, быстро находить соответствующий условиям эксплуатации материал и прогнозировать характеристики новых материалов на основе накапливаемых данных, что позволяет на производстве использовать все полученные результаты научной работы.

Созданы и внедрены на предприятиях Беларуси и России методики и алгоритмы выбора, оценки и конфекционирования материалов для спортивной, специальной, бытовой одежды. Разработаны конструкции и технологические процессы изготовления водозащитной одежды, подтвердившие адекватность предложенных методов, что доказано результатами экспериментальной носки (получены справки).

Таким образом, реализована концепция и новые научно обоснованные решения по выбору многофункциональных текстильных материалов с мембраной для изготовления комфортной водозащитной одежды, по оптимизации режимов образования комбинированных ниточно-клеевых соединений водонепроницаемой обуви, по подбору режимов получения материалов для зонтов с высокой устойчивостью к эксплуатационным воздействиям (получены акты внедрения в производство семи предприятий РБ и РФ). Использование результатов при подготовке бакалавров, магистров, аспирантов по специальностям кафедры конструирования и технологии одежды и обуви, кафедры технического регулирования и товароведения, подтверждено актами внедрения в учебный процесс ОУ «ВГТУ», изданными монографиями и учебными пособиями.

Методология и методы исследования. При выполнении работы использованы методы системного анализа, алгоритмизации, фасетной классификации, теории подобия, текстильного материаловедения и математической статистики, квалиметрии, электрогидродинамической аналогии, структурно-графического анализа, лабораторного моделирования эксплуатационных нагрузок, инженерные методы конструирования одежды и метод экспериментальной носки, методы императивного программирования и органолептической оценки, сканирующей электронной микроскопии, газожидкостной порометрии, ИК-спектроскопии, программные продукты Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint), Gretl; технология full-stack и библиотека приложений JavaFX; прикладные графические программы CorelDRAW, AutoCAD. Для исследования свойств материалов применялись стандартные и разработанные методики, составляющие методологию оценки уровня функциональности материалов для водозащитной одежды.

Положения, выносимые на защиту:

- методология оценки уровня функциональности материалов с мембраной, включающая методы и средства исследования их свойств, алгоритм построения модели материала-эталона для формализации заданных требований, номенклатуру критериев и их градацию для прогнозирования свойств водозащитных изделий легкой промышленности как динамических систем, реагирующих на комплекс внешних воздействий;
- методика выбора состава и строения многофункциональных текстильных материалов с мембраной по заданным требованиям, включающая матрицу функциональности, отражающую взаимосвязь структуры, свойств и воздействующих на материалы факторов;
- способ исследования водозащитных свойств материалов, позволяющий определять кинетику намокания материалов при заданном гидростатическом давлении;
- критерии оценки водозащитных свойств, способ их расчета и градация значений по уровням функциональности, позволяющие устанавливать соответствие материалов заданным требованиям водозащиты и надежности в определенных условиях эксплуатации;

- критерии оценки уровня комфортности материалов для одежды и способы их расчета, основанные на определении части температурно-влажностного диапазона эксплуатации, на которой материал способен пропускать через свою структуру соответствующее влагопотерям организма человека количество избыточной парообразной влаги в заданных условиях;

- универсальный портативный гидростатический прибор, способный регистрировать различные стадии намокания материала для повышения информативности показателей водозащитных свойств материалов, конструкция которого позволяет проводить испытания на образцах малого размера без их деформации и разрушения;

- классификация типов структуры многофункциональных текстильных материалов с мембраной, основанная на фасетном методе, позволяющая систематизировать и анализировать взаимосвязь структуры и свойств материалов для принятия обоснованных решений по их проектированию и изготовлению изделий из них с заданными свойствами.

Достоверность результатов проведенных исследований и обоснованность научных положений базируется на согласованности результатов теоретических и экспериментальных исследований, использовании современных информационных технологий при корректном применении математического анализа и обработки полученных данных, апробацией основных положений диссертации в научных журналах и на конференциях различного уровня. Достоверность научных результатов обеспечена также производственной проверкой разработанных методик, апробацией приборов в лаборатории и положительной оценкой потребителями изделий, спроектированных с их применением.

Апробация результатов. Основные результаты диссертационной работы были доложены и опубликованы в материалах и тезисах докладов международных и республиканских научно-технических и научно-практических конференций, конгрессов, круглых столов, симпозиумов и форумов: «Актуальные проблемы экспертизы, технического регулирования и подтверждения соответствия продукции текстильной и легкой промышленности» (Москва, 2020, 2023); «Союз науки и практики: актуальные проблемы и перспективы развития товароведения» (Гомель, 2021); «Повышение энергоресурсоэффективности и экологической безопасности процессов и аппаратов химической и смежных отраслей промышленности (ISTS «EESTE»))» (Москва, 2021, 2024); «Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов» (Могилев, 2020); «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности» (Москва, 2022); «Научные исследования и разработки в области дизайна и технологий» (Кострома, 2019, 2023); «Новые технологии и материалы легкой промышленности», (Казань, 2020, 2023, 2024); «Олимпийский спорт и спорт для всех» (Минск, 2020); «Полимерные композиты и трибология (ПОЛИКОМТРИБ - 2022))» (Гомель, 2022); «Прогрессивные технологии и оборудование: текстиль, одежда, обувь» (Витебск, 2020); «KyivTex&Fashion» (Киев, 2021); «Инновационные направления развития науки о полимерных волокнистых и композиционных материалах» (Санкт-Петербург, 2020); «Современные методы получения материалов, обработки поверхности и нанесения покрытий (Материаловедение))» (Казань, 2023, 2024); «Теория и практика экспертизы, технического регулирования и подтверждения соответствия продукции» (Москва, 2022),

«Легкая промышленность: проблемы и перспективы» (Омск, 2021, 2022); «International conference on textile and apparel innovation (ICTAI)» (Витебск, 2021 – 2025) и других.

Результаты исследования внедрены в практику проектирования водозащитной специальной, спортивной, бытовой демисезонной и зимней одежды, в производство водонепроницаемой обуви на предприятиях РБ и РФ. Разработанные методики и средства прошли апробацию в аккредитованной лаборатории и внедрены на текстильных и швейных предприятиях РБ, в учебный процесс УО «Витебский государственный технологический университет» при подготовке бакалавров и магистров по направлениям: 7-06-0723-01 «Инновационные технологии и материаловедение одежды, обуви и текстильных изделий», 1-50-02-01-01 «Конструирование и технология швейных изделий»; 1-54-01-01-04 «Метрология, стандартизация и сертификация (легкая промышленность)».

Личный вклад автора состоит в общей постановке задачи, выборе методов и направления исследования, разработке технического задания и элементов конструкции средств исследования свойств МТММ и средств моделирования эксплуатационных воздействий, критериев оценки свойств материалов, проведении научных и вычислительных экспериментов, обработке, анализе и интерпретации экспериментальных результатов. При непосредственном участии соискателя и/или под его руководством выполнены все исследования в лабораторных и промышленных условиях, по результатам которых подготовлены научные публикации и материалы для использования в образовательном процессе. Перспективы дальнейшей разработки темы сводятся к внедрению в реальный сектор экономики разработанных методов и средств исследования и оценки свойств МТММ, рекомендаций по условиям испытаний МТММ и их соединений при конфекционировании материалов и выборе режимов производства изделий из них.

Опубликованность результатов диссертации. По материалам диссертации опубликовано 102 работы, в том числе 18 статей в изданиях, рекомендуемых ВАК при Минобрнауки России, 8 – в изданиях, рекомендуемых ВАК РБ, 19 – в других научных сборниках и журналах, 51 публикация в материалах конференций, 2 монографии, 4 патента Республики Беларусь на полезную модель.

Структура и объём диссертации. Диссертация содержит введение, шесть глав основной части, заключение, список сокращений и условных обозначений, список литературы и приложения. Работа изложена на 290 страницах машинописного текста без учета приложений, содержит 74 рисунка и 101 таблицу. Список литературы включает 323 библиографических и электронных источника. Приложения представлены на 88 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулирована цель и определены основные пути ее достижения.

В первой главе обосновано применение *функционального подхода* к оценке свойств материалов для одежды. Определено понятие многофункционального текстильного материала как объекта, функции которого можно задавать, измерять и оценивать применительно к пользователю и условиям эксплуатации. Предложено рассматривать уровень функциональности материала как результат сравнения с эталонной системой, состоящей из набора приоритетных функций, ограничений единой области их определения

(условия эксплуатации и производства), и частных ограничений области значений каждой функции (ожидания потребителя). Показано, что существующие подходы ориентированы на измерение фиксированных характеристик в стабильных условиях и их сравнение с нормативным значением, установленным для некоторого большинства случаев или обусловленным возможностями испытательного оборудования, что неприемлемо для оценки функциональности. Для решения научной проблемы разработаны основные *принципы оценки функциональности материалов*: оптимизация числа приоритетных функций, согласованность ограничений и их обусловленность целью исследования, соответствие испытательного оборудования условиям эксплуатации и свойствам материалов, обеспечение обратной связи с потребителем. Проанализированы существующие критерии оценки уровня качества материалов с мембраной и влияющие на них факторы. Показано, что единого подхода к исследованию и оценке свойств материалов с мембраной до сих пор не выработано ввиду терминологической несогласованности, отсутствия соответствующих свойствам материалов с мембраной методов и средств испытаний. Сформулированы задачи работы.

Во второй главе дана характеристика объектов исследования и систематизированы знания о технологии получения, свойствах и структуре МТММ. Методом сканирующей электронной микроскопии и порометрии исследована структура материалов и определены основные типы структуры водозащитных МТММ, разработана их *классификация* и система кодирования (рис. 1), дано описание характерных образцов каждого типа (рис. 2). Выявлено, что мембраны в составе МТММ по своей структуре могут быть монолитными (гидрофильными), пористыми (гидрофобными или гидрофильными) губчатыми или сетчатыми, многокомпонентными (слоистыми или комбинированными).

Составлены упорядоченные выборки материалов и систематизированы данные о структуре 124 образцов материалов толщиной от 0,11 мм до 1,92 мм, поверхностной плотностью от 72 г/м² до 388 г/м², с мембранами толщиной от 15 мкм до 150 мкм, с порами диаметром от 0,08 мкм до 50 мкм.

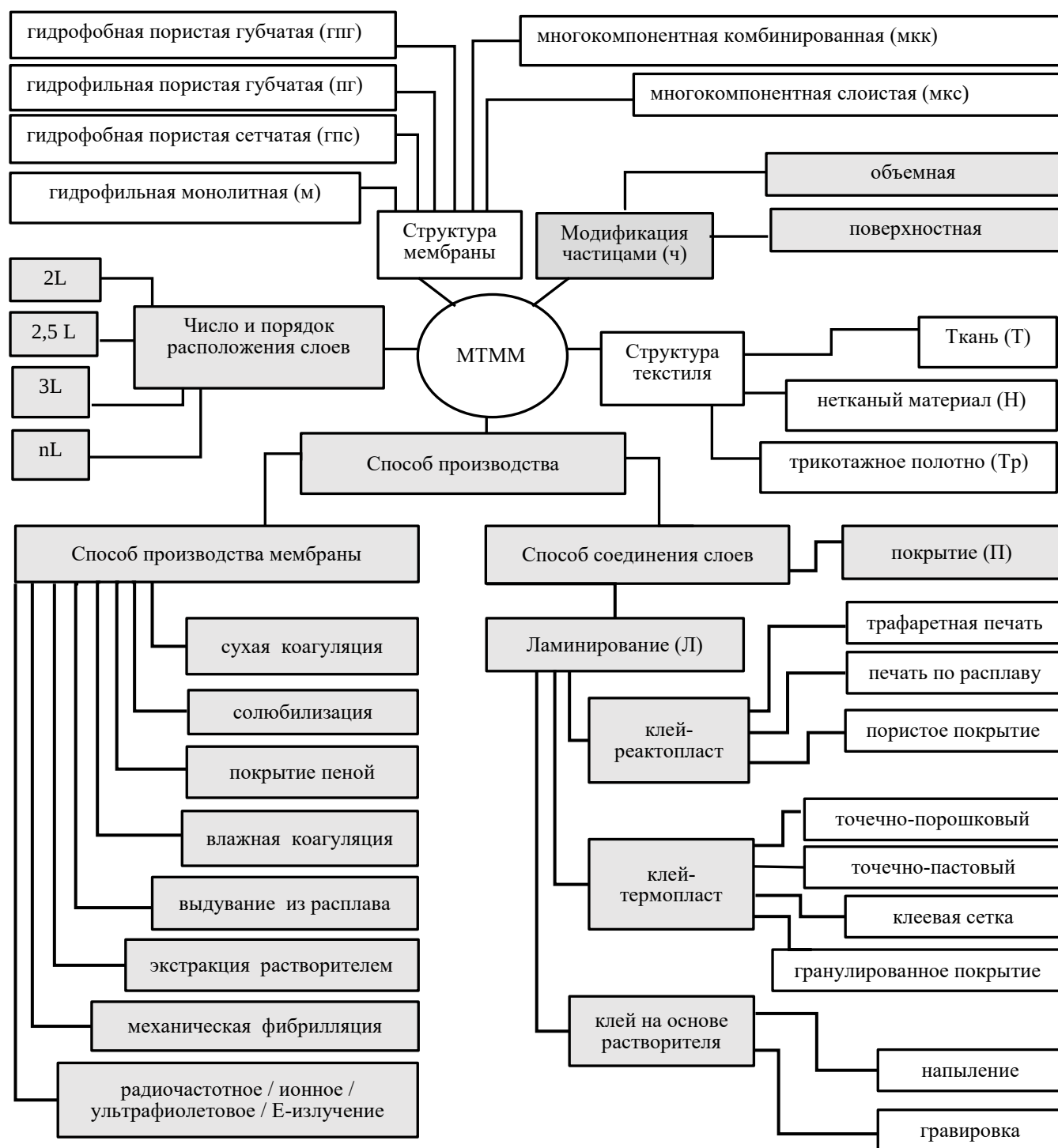


Рис. 1. Классификация и кодирование водозащитных материалов с мембраной

Проведено исследование водопаропроницаемости и выявлены факторы, существенно влияющие на значение коэффициента WVP водопаропроницаемости MTMM: толщина и коэффициент массопроводности мембраны и разность Δp парциальных давлений пара над и под образцом. Определено понятие диапазона разности Δp парциальных давлений пара внутри и снаружи одежды в условиях эксплуатации. Установлено, что при проведении испытаний стандартными методиками разность Δp составляет от 818 Па до 6638 Па, а получаемые в различных условиях значения коэффициента водопаропроницаемости материала увеличиваются при увеличении Δp . Для MTMM, содержащих гидрофобную пористую

сетчатую мембрану, кратность увеличения может составлять до 30 раз, гидрофильную монолитную мембрану – до 20 раз, гидрофобную губчатую мембрану – до 8 раз.

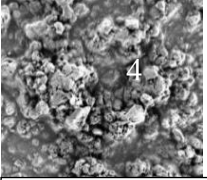
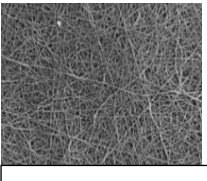
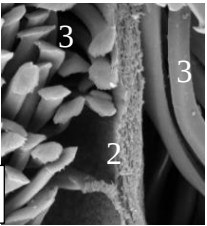
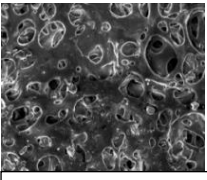
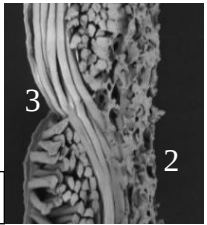
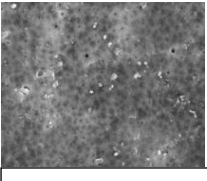
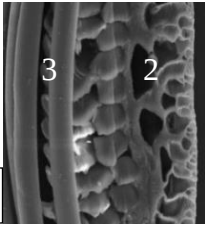
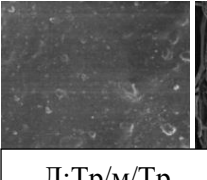
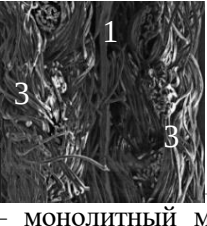
Поверхность мембраны	Поперечный срез МТММ	Характеристика типа структуры МТММ
 Л:Т/мксч		МТММ, полученные способом ламинирования, с комбинированной слоистой мембраной: гидрофобный пористый слой толщиной до 60 мкм анизотропный, с порами диаметром 1-50 мкм. Монолитный гидрофильный слой толщиной до 25 мкм содержит частицы диаметром 0,2-10 мкм.
 Л:Тр/гпс/Тр		МТММ, полученные способом ламинирования, с сетчатой изотропной гидрофобной мембраной толщиной до 25 мкм: толщина волокон мембраны менее 0,1 мкм. Соединение: точка клея диаметром до 100 мкм с шагом более 500 мкм.
 П:Т/гпг		МТММ, полученные наносным способом: вспененный полиуретан нанесен на текстильную основу с помощью ракля. Мембранный слой гидрофобный, изотропный, грубый, толщиной до 80 мкм, размеры пор до 50 мкм.
 Л:Т/ (пг) пг		МТММ, полученные способом ламинирования, с (гидрофобной) гидрофильной микропористой мембраной губчатой структуры толщиной до 60 мкм: поры конические с размером устьев пор от 0,08 мкм до 1,5 мкм, оснований – до 25 мкм.
 Л:Тр/м/Тр		МТММ, полученные способом ламинирования, с монолитной гидрофильной мембраной толщиной до 25 мкм. Соединение: точка клея диаметром около 350 мкм с шагом более 500 мкм.
Примечание: 1 – монолитный мембранный слой; 2 – пористый мембранный слой; 3 – филаменты текстильного слоя; 4 – микрочастицы		

Рис. 2. СЭМ-изображение и характеристика МТММ различных типов структуры

Поэтому начало и конец диапазона разностей парциальных давлений, в котором материал эксплуатируется, важны для оценки его способности пропускать водяной пар.

Проведен анализ условий эксплуатации одежды. Рассчитан *обобщенный диапазон разности Δp* с использованием данных метеорологических и физиолого-гигиенических исследований по известной формуле (1), составляющий от 107 до 5561 Па.

$$\Delta p = 1,84 \cdot 10^9 \cdot (W_{вн} \cdot \exp(-\frac{5330}{T_{вн}}) - W_{н} \cdot \exp(-\frac{5330}{T_{н}})) \quad (1)$$

где $T_n, T_{вн}$ – значения температуры, °C;

W_n , $W_{вн}$ – значения относительной влажности, %, снаружи и внутри одежды.

Установлено, что для всех изученных МТММ возможна аппроксимация графика изменения WVP прямой линией на участке *ощутимых влагопотерь человека* от 2800 Па до 5600 Па, для которого характерны теплоощущения человека «тепло», «жарко», «очень жарко» и необходим вывод водяного пара из пространства под одеждой наружу.

Усовершенствованы средства моделирования эксплуатационных нагрузок и проведены испытания МТММ в различных температурно-влажностных условиях многоциклового механического воздействия. По результатам исследования водонепроницаемости до и после моделирования эксплуатационных нагрузок установлены типы структуры мембран, наименее устойчивые к растяжению или изгибу. Выявлено, что МТММ всех типов неустойчивы к пониженным температурам и к повышенной влажности. Разработаны рекомендации по режимам испытаний для оценки стабильности водозащитных свойств материалов с мембраной (табл. 1).

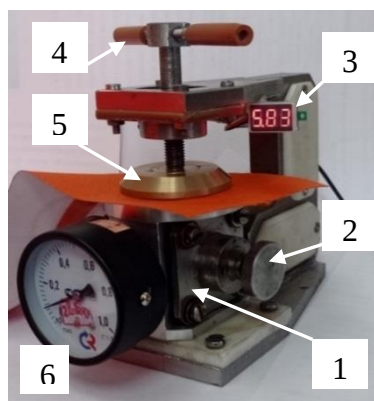
Табл. 1. Рекомендации по режимам моделирования эксплуатационных нагрузок

Назначение одежды	Тип структуры мембраны	Условия эксперимента: $T=\min$; $W=\max$		
		число циклов, тыс.	удлинение, %	вид нагрузки
бытовая одежда	гпг, гпс, мкс	10-40	5	растяжение
	м		-	изгиб
	пг		-	изгиб
специальная, спортивная одежда	гпг, гпс, мкс	40-80	5-20	растяжение
	м		-	изгиб
	пг		-	изгиб

Разработаны модели, конструкции, технологические процессы изготовления одежды из МТММ и сформулированы рекомендации по особенностям проектирования и изготовления одежды из них. Выявлен минимум приоритетных функций, выполняемых исследуемыми материалами в одежде: *водозащиты, обеспечения температурного гомеостаза человека; надежности, конструктивно-технологическая*. Установлены диапазоны изменения основных эксплуатационных факторов, влияющих на свойства материалов водозащитной одежды, которые при оценке свойств материалов как функций являются обобщенными ограничениями области их определения.

Третья глава посвящена разработке средств исследования свойств МТММ, критериев и способов оценки их свойств. Для оценки МТММ по *функции водозащиты* разработан *новый гидростатический прибор* (рис. 3).

Конструкция прибора позволяет проводить испытания на образцах малого размера без их прогиба, растяжения, разрушения или проскальзывания с возможностью автоматически регистрировать различные стадии намокания материала, обусловленные увеличением содержания влаги в нем. Это повышает достоверность результатов испытаний при определении традиционных критериев водонепроницаемости – *максимального давления WPR , кПа, которое материал выдерживает до сквозного промокания, и времени сквозного промокания материала при заданном гидростатическом давлении, t_n , мин.*



- 1 – измерительная ячейка (корпус);
- 2 – ручка регулировки давления;
- 3 – экран индикатора намокания;
- 4 – ручка зажима образца;
- 5 – крышка (датчик воды);
- 6 – манометр.

Рис. 3. Внешний вид разработанного прибора

При этом площадь контакта образца с водой соответствует действующим стандартам, схема воздействия жидкости на материал аналогична реальным условиям носки одежды, диапазон гидростатического давления соответствует свойствам МТММ и эксплуатационным нагрузкам на водозащитную одежду.

Разработан *новый способ исследования водозащитных свойств материалов*, заключающийся в пропускании электрического тока через систему «электролит – образец – датчик» и измерении напряжения, нарастающего в цепи при воздействии заданного стабильного или изменяющегося гидростатического давления.

В отличие от существующих, новый способ позволяет идентифицировать состояния материала, намокающего под воздействием заданного гидростатического давления, характеризующиеся различным влагосодержанием и вызывающие при контакте определенные теплоощущения у человека. При испытании устанавливают время наступления четырех стадий намокания материала, которым соответствуют определенное напряжение U , В, привес влаги в материале Δw , % от максимального, и конкретные теплоощущения человека (табл. 2). Данные передаются программой в табличный редактор для построения графика (рис. 4).

Табл. 2. Характеристика стадий намокания материалов с мембраной

Обозначение и наименование стадии намокания	U , В	Δw , %	Изменение теплоощущения человека при контакте с изнанкой материала
t_1 – начало насыщения влагой	3	3-9	не ощущается
t_2 – полное насыщение влагой	6	10-36	едва заметное охлаждение
t_3 – начало сквозного промокания	9	37-65	охлаждение
t_4 – сквозное промокание	12	66-82	увлажнение

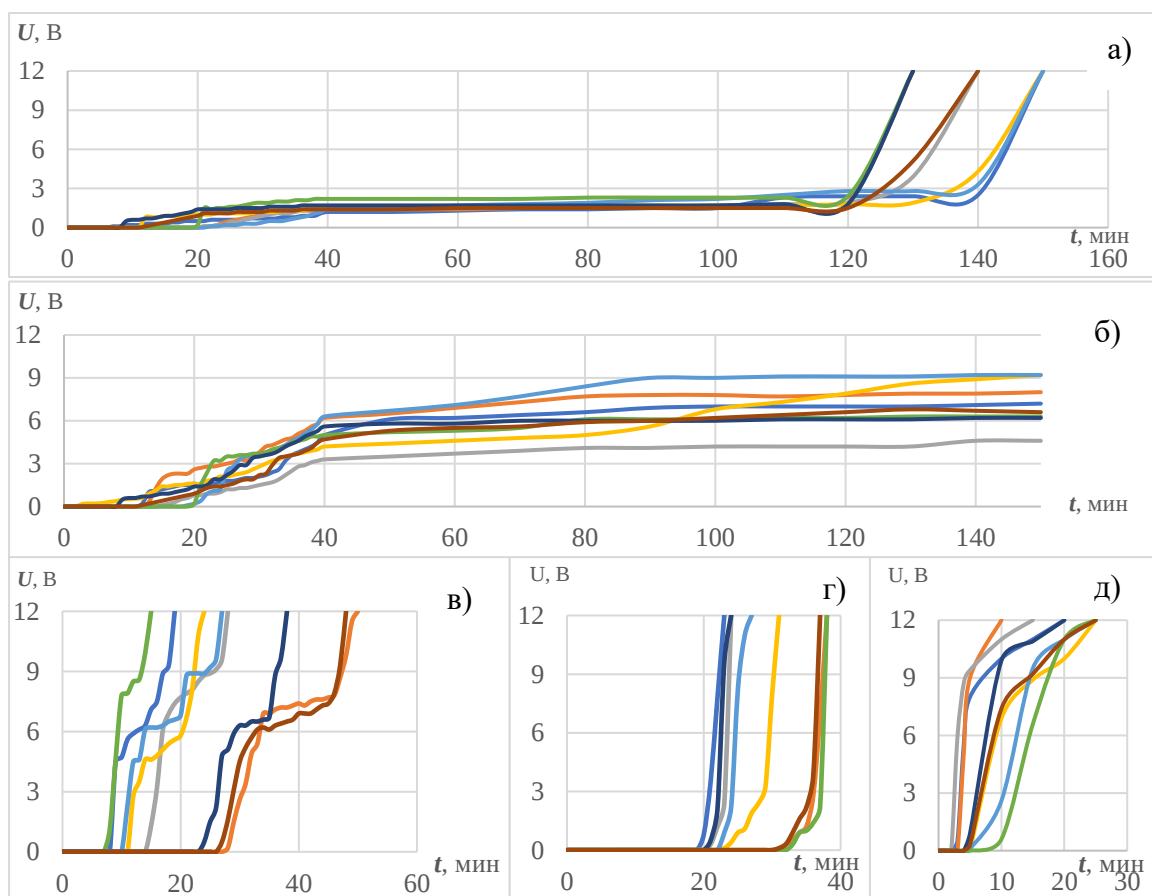


Рис. 4. Графики намокания материалов с мембранами различных типов: а) многокомпонентной комбинированной слоистой; гидрофобной пористой: б) сетчатой, в) губчатой; гидрофильной: г) монолитной, д) пористой

Обоснование градации стадий намокания выполнено с учетом результатов органолептических тестов и особенностей намокания МТММ различных структур, для которых в определенных диапазонах значений напряжения наблюдается характерное изменение скорости намокания.

Разработан новый способ идентификации типа структуры водозащитных МТММ по характеристикам намокания. Он включает набор экспресс-методик и порядок интерпретации результатов исследования: 1) определение давления промокания и построение графика намокания для выявления типа структуры мембраны; 2) визуальный анализ образца и тестирование при окунании в воду для определения числа и порядка расположения слоев, наличия гидрофильного мембранного слоя; 3) отделение мембраны от текстиля и идентификация способа соединения; 4) обобщение данных и формулировка выводов.

Идентификация способствует оптимизации выбора материалов в пакет водозащитных ИЛП, поскольку каждому структурному типу МТММ присущ определенный набор свойств.

Разработаны новые критерии оценки водозащитной функции МТММ для одежды.

1. Давление промокания, P_n , кПа, которое определяется методом дискретного повышения гидростатического давления со скоростью 10 кПа/мин до напряжения свыше 0,01 В.

2. *Критерий полноты реализации водозащитной функции* материалов, $K_v(P; t_T; U_T)$ (формула (2)) – относительное значение времени «сухости» материала при воздействии заданного гидростатического давления P в течение требуемого времени t_T , оцениваемое по заданному значению напряжения U_T .

3. *Динамический критерий уровня водозащитной функции* материалов, $K_{vd}(P; t_T; t_i)$ (формула (3)) – относительное значение времени «сухости» материала при воздействии заданного гидростатического давления P в течение требуемого времени t_T ; оцениваемое с учетом длительности заданных теплоощущений человека.

$$K_v = 1 - \frac{U_T \cdot (t_T - t_u) + \int_0^{t_u} f(t_u) dt}{U_T \cdot t_T} \quad (2) \quad K_{vd} = \frac{\sum_{i=1}^i t_i}{i \cdot t_T} \quad (3)$$

где t_u – время достижения заданного значения напряжения, мин;

t_T – требуемое время защиты от увлажнения, мин;

U_T – напряжение, В, соответствующее требуемому привесу влаги;

$f(t_u)$ – функция намокания, описываемая графиком зависимости напряжения в системе «раствор – образец – датчик» от времени, интегрирование которой на промежутке от 0 до t_u определяет значение площади фигуры под графиком намокания.

Для исследования МТММ и оценки *функции надежности* предложены устройства моделирования эксплуатационных механических нагрузок и методика исследования свойств МТММ в заданных температурно-влажностных условиях. Методика предполагает воздействие на материалы заданного количества циклов изгиба, растяжения, сжатия в диапазоне температур от $(-30)^\circ\text{C}$ до $(+30)^\circ\text{C}$, при влажности от 20% до 98% в соответствии с назначением материала, и сопоставление значений выбранных критериев оценки до и после испытаний. В качестве критериев надежности предложено использовать относительную водонепроницаемость, ΔWPR , относительное давление промокания, ΔPn , относительное время промокания, Δtn , при заданном давлении, относительный динамический критерий уровня водозащитной функции после моделирования эксплуатационных нагрузок, ΔK_{vd} . Базовое значение любого из них равно 1.

Для оценки функции обеспечения температурного гомеостаза человека предложено устройство и методика, позволяющие определять коэффициент WVP водопаропроницаемости материала в условиях, приближенных к эксплуатационным.

Величина WVP зависит от разности Δp парциальных давлений пара снаружи и внутри одежды. На основании анализа литературы установлены характеристики теплоощущений человека и определено требуемое значение коэффициента WVP_{prec} водопаропроницаемости для различных уровней активности человека в одежде. Разработан новый критерий комфортности K_k материалов для одежды, определяющий часть расчетного диапазона разности Δp , на которой материал способен пропустить через свою структуру характерное для заданной активности человека количество паровообразной влаги (рис. 5).

По результатам лабораторных испытаний материала при $\Delta p = 2800$ Па и $\Delta p = 5600$ Па получают значения a и c коэффициента WVP соответственно. Пусть зависимость WVP от Δp , показанная пунктиром на схеме (рис.5), внутри диапазона испытаний аппроксимируется

прямой, тогда по формуле (4) можно рассчитать значение абсциссы x точки пересечения этой прямой с границей **WVPrec** любого заданного уровня активности:

$$x = \frac{2800 \cdot (WVP_{rec} - 2a + c)}{(c - a)} \quad (4)$$

Значение критерия **Kк** комфортности для заданного уровня активности и конкретного расчетного диапазона условий носки определяют по формуле (5):

$$K_k = \frac{(\Delta p_{max} - x)}{(\Delta p_{max} - \Delta p_{min})} \quad (5)$$

где Δp_{max} , Δp_{min} – расчетная максимальная и минимальная разность парциальных давлений соответственно, вычисленная по формуле (1) для конкретных условий носки, Па;

x – абсцисса точки пересечения графика изменения **WVP** материала с границей требуемого значения **WVPrec**. Базовое значение **Kк** равно 1.

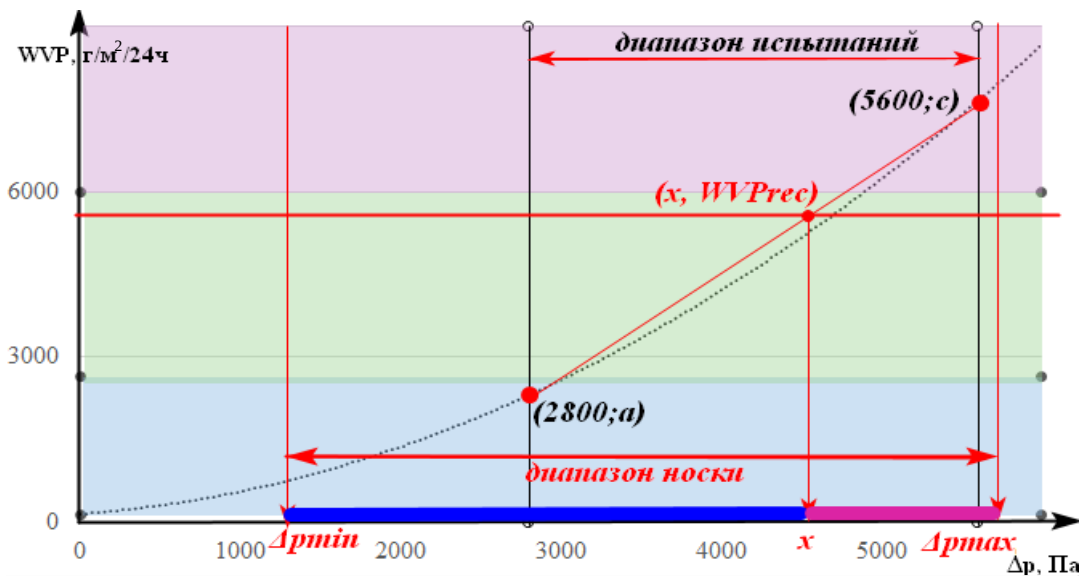


Рис. 5. Схема для пояснения расчета критериев комфортности

Обобщенный критерий комфортности, **Kо**, показывает эффективность удаления влаги за счет паропроницаемости материала в пределах диапазона испытаний. Расчет значения критерия **Kо** основан на том, что абсциссы точек пересечения графика изменения **WVP** исследуемого материала с границами теплоощущений «комфорт-тепло» и «тепло-жарко» (выделены цветом на рисунке 5) делят диапазон испытаний на зоны, в которых возможно различное по эффективности удаление влаги. Максимальные влагопотери человека, принимаемые за 100%, характерны для теплоощущения «жарко» и эффективное удаление влаги возможно при значениях **WVP** материала свыше 6000 г/м²/24 ч. При теплоощущении «тепло» влагопотери составляют до 25% и требуется значение **WVP** материала свыше 2666 г/м²/24 ч. Теплоощущение «комфорт» характеризуется низкими влагопотерями, до 10% от максимума. Расчет значения обобщенного критерия комфортности ведется по формуле (6):

$$K_o = \frac{(5600 - x_{ж}) + 0,25 \cdot (x_{ж} - x_{т}) + 0,1 \cdot (x_{т} - 2800)}{2800} \quad (6)$$

где $x_{т}$, $x_{ж}$ – абсциссы точек пересечения графика изменения WVP материала с WVP_{prec} для теплоощущений «тепло» и «жарко», 2666 г/м²/24 ч и 6000 г/м²/24 ч соответственно.

Критерии **Кк** и **Ко** предоставляют маневренность в выборе способа расчета оценки в зависимости от цели (оценка соответствия требованиям или сравнительный анализ).

Четвертая глава посвящена исследованию и сравнительной оценке свойств МТММ различных структурных типов, обобщению и систематизации полученных результатов.

Разработаны правила интерпретации критериев функциональности водозащитных МТММ через категории (очень низкий, низкий, средний, высокий, очень высокий). При этом цифрой «5» обозначен высокий уровень оцениваемого свойства, а цифрой «1» – низкий.

Разработана матрица функциональности МТММ (табл. 3), которая содержит в строках идентификацию типа структуры МТММ, а в столбцах – обозначение критериев оценки и влияющих на них факторов.

Табл. 3 – Часть матрицы функциональности водозащитных материалов с мембраной

Обозначение элементов структуры МТММ	Уровень функциональности по критерию / влияние фактора									
	WPR		tn		ΔWPR			WVPmax		
	d	b	d	b	ΔT	D	δ	Δp	b	λ_m
Л: м	5		5		3			2		
	нет	+	нет	+	++	нет	-	+	-	++

В матрице учтено влияние изменения температуры $ΔT$, разности парциальных давлений $Δp$, толщины $δ$ материала, толщины b мембранного слоя, диаметра d и разброса D размеров пор мембраны, коэффициента массопроводности полимера мембраны, $λ_m$: установленные позитивные тенденции в изменении значений критериев обозначены знаком «плюс», негативные – «минус». Удвоенный знак показывает высокий темп изменения свойства.

Разработана методика выбора состава и строения водозащитных материалов с заданными свойствами, включающая три этапа: задание уровней функциональности проектируемой одежды, изменяющихся в кодированных значениях от 1 до 5, для формирования кода материала-эталона; выбор по матрице функциональности оптимальной структуры МТММ, код которой максимально близок к коду материала-эталона; контроль показателей, обеспечивающих повышение уровня функциональности, если он ниже эталонного. Методика позволяет конкретизировать техническое задание по закупке или изготовлению материалов, сокращая затраты времени на подготовку производства.

Пятая глава посвящена разработке методики оценки функциональности материалов для водозащитной одежды конкретного назначения. Обоснована номенклатура критериев функциональности, которые совместно учитывают основные факторы, воздействующие на материалы одежды в процессе их эксплуатации и разработан алгоритм оценки (рис. 6).

Разработанные методы и средства исследования свойств МТММ, алгоритм построения модели материала-эталона для формализации заданных требований, номенклатура критериев и их градация для прогнозирования свойств водозащитных

изделий легкой промышленности как динамических систем, реагирующих на комплекс внешних воздействий, составляют целостную *методологию исследования и оценки уровня функциональности материалов с мембраной для изделий легкой промышленности.*



Рис. 6. Алгоритм оценки функциональности материалов для водозащитной одежды

С использованием разработанной методологии выполнена оценка уровня функциональности МТММ для экипировки гребца и бытовой куртки-штормовки. Эффективность подбора МТММ для одежды различного назначения с помощью новой методологии оценки функциональности проверена в условиях экспериментальной носки изделий. (рис. 7). Разработаны два способа подготовки, сопровождения и анализа результатов исследования: анкетирование участников и периодические испытания изделий. Для двух указанных способов разработана программа испытаний и расчетные формулы для сопоставления результатов носки и данных лабораторных исследований, выбраны объекты исследования, изготовлены образцы одежды, разработаны формы анкет и карточек учета, правила их заполнения, подобраны соответствующие команды волонтеров и удобные способы обмена информацией. Общий объем проведенных исследований составил 8 образцов материалов, из которых изготовили 12 курток для занятий греблей на каноэ и 16 курток-штормовок, носку которых по разработанной программе выполняли 17 волонтеров.



Рис. 7. Спортивная экипировка гребцов в процессе экспериментальной носки

По результатам экспериментальной носки выявлено, что отзывы волонтеров хорошо согласуются между собой. Числовое значение K_k коррелирует с долей комфортных теплоощущений человека в одежде при заявленном уровне активности в конкретном диапазоне носки одежды, отклонение не превышает 10%. Анализ отзывов о намокании одежды из исследуемых материалов с мембраной показал, что отклонение $\Delta K_{вд}$ от расчетного значения динамического критерия уровня водозащитной функции не превышает 15%. Это позволяет рекомендовать разработанную методологию оценки функциональности материалов с мембраной к внедрению в практику предприятий легкой промышленности.

Шестая глава посвящена перспективам развития производства одежды из МТММ с применением разработанных методов и средств. Апробация проведена в нескольких направлениях: оптимизация режимов производства материалов с мембраной, выбор материалов для одежды различного назначения, установление режимов получения ниточных и комбинированных ниточно-клеевых соединений.

Разработана методика оценки сохранения внешнего вида ниточных соединений деталей изделий из растяжимых материалов с мембраной при моделировании процесса эксплуатации. Методика позволяет по результатам непродолжительных испытаний оценить эффективность выбранных режимов ниточных соединений и предотвратить появление неустранимого дефекта скрытой прорубки.

Разработана и внедрена в учебный процесс УО «ВГТУ» информационная система «КОМФОРТ», которая позволяет систематизировать данные о проведенных испытаниях, оперативно находить соответствующий условиям эксплуатации материал, принимать наилучшее технологическое решение при производстве МТММ, поскольку обеспечивает быстрый доступ к данным о структуре и способе получения материалов, обладающих наивысшим уровнем определяющих качество свойств. В перспективе по мере накопления данных информационная система «КОМФОРТ» может быть внедрена в производство для повышения степени его цифровизации и развития ассортимента новых материалов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработаны теоретико-методологические основы проектирования многофункциональных текстильных материалов и концепция функционально-

ориентированной оценки их свойств в заданных условиях эксплуатации. В отличие от традиционного подхода, ориентированного на констатацию нормативных показателей, предложенная парадигма рассматривает свойства материала как переменные, производные от внешних факторов, что позволяет формализовать требования к выбору приоритетных функций, методам испытаний и критериям оценки на этапе постановки задачи проектирования.

2. Проанализирован современный рынок, способы получения и потребительские характеристики многофункциональных текстильных материалов с мембраной, актуальная нормативная, методическая и приборная база исследования и оценки их свойств. Выявлено, что разнообразие ассортимента и отсутствие единой системы комплексного изучения характеристик свойств материалов с мембраной затрудняют их идентификацию, сравнение и рациональное использование в изделиях.

3. Проведен системный анализ морфологических и субстанциональных признаков материалов с мембраной. Выполнена типологизация структуры материалов, на основе которой разработана их фасетная классификация. Предложенная таксономия, учитывающая слоистость, тип полимерной матрицы мембраны и характер соединения слоев, обеспечивает возможность формализации научных знаний, их систематизации и экстраполяции при прогнозировании эксплуатационных характеристик проектируемых материалов и изделий.

4. Разработан новый метод исследования водозащитных свойств материалов, основанный на электрофизическом мониторинге процесса намокания. Сущность метода заключается в непрерывной регистрации напряжения в системе «электролит – образец – датчик» при динамическом или статическом нагружении гидростатическим давлением. В отличие от стандартных методов, фиксирующих момент потери герметичности, разработанный подход позволяет изучать кинетику массопереноса влаги в структуре материала, дифференцируя четыре стадии намокания, коррелирующих с психофизиологическими реакциями человека. Для реализации метода создано оригинальное приборное обеспечение.

5. Обоснованы новые критерии оценки водозащитных свойств материалов, учитывающие динамический характер взаимодействия материала с водной средой и телом человека. Предложены показатели, характеризующие интенсивность влагонакопления в материале при воздействии гидростатического давления. Критерии позволяют перейти от бинарной оценки водонепроницаемости к непрерывной шкале, где мерой водозащитных свойств выступает интегральный показатель сопротивления материала водопроницанию, нормируемый либо по допустимой стадии намокания (для оценки физиологического комфорта человека), либо по предельному влагосодержанию (для оценки массопереноса).

6. Установлены аналитические зависимости коэффициента водопаропроницаемости материалов от их структурных параметров и термодинамических условий. Получены регрессионные модели, описывающие нелинейный характер процесса переноса водяного пара через многослойные системы текстильных материалов с мембраной. Выявлено, что скорость изменения паропроницаемости при росте разности парциальных давлений водяного пара во-многом обусловлена структурой и свойствами мембранного слоя, поэтому определение типа мембраны в комплексном материале дает возможность прогнозировать его

способность пропускать водяные пары в диапазоне микроклиматических параметров пододежного пространства.

7. Разработаны критерии оценки комфортности материалов для одежды, представляющие собой меру (в долях единицы) расчетного диапазона варьирования разности парциальных давлений водяного пара, в пределах которого материал обеспечивает заданный уровень паропроницаемости, необходимый для поддержания температурного гомеостаза организма человека. Создано новое устройство для исследования паропроницаемости в контролируемых условиях при моделировании динамики изменения внешней среды.

8. На основе многомерного анализа экспериментальных данных разработана методика параметрического синтеза состава и строения материалов, включающая матрицу функциональности материалов с мембранами различных структур. Сформирован банк данных по показателям водозащитных свойств, водопаропроницаемости, надежности и влияющим на них факторам. Матрица позволяет по заданным граничным значениям пяти критериальных показателей определить тип материала, обеспечивающий требуемый уровень функциональности, и факторы, варьирование которых приведет к его целенаправленному изменению, что минимизирует объем натурного эксперимента.

9. Предложен способ идентификации типа структуры материалов с мембраной по кинетическим параметрам намокания. Установлено, что график намокания и величина давления промокания являются структурно-чувствительными характеристиками, позволяющими дифференцировать материалы по типу мембраны (монолитная, пористая, гидрофильная, гидрофобная, многокомпонентная) в их составе. Способ применим для входного контроля и оптимизации комплектования пакетов материалов, обеспечивая обоснованный выбор структуры с заданным набором свойств.

10. Разработана методология комплексной оценки уровня функциональности материалов целевого назначения, базирующаяся на концепции модели «материала-эталона». Методология включает алгоритм формализации условий эксплуатации, результатом которого являются требования к условиям испытаний и диапазон базовых значений параметров, влияющих на расчет критериев оценки. Адекватность методологии подтверждена корреляционным анализом результатов лабораторных испытаний и данных экспериментальной носки, что доказывает правомерность экстраполяции лабораторных оценок на реальные эксплуатационные процессы.

11. Сформулированы научно-технические предпосылки для оптимизации режимов соединения деталей из материалов с мембраной. Разработанные методики и приборное оснащение обеспечивают возможность проведения испытаний швов по показателям водонепроницаемости и долговечности в режимах, моделирующих эксплуатационные нагрузки. Полученные результаты создают основу для проектирования ресурсосберегающих технологий производства водонепроницаемых изделий и могут быть использованы при разработке нормативно-технической документации, регламентирующей требования к качеству ниточных, клеевых и комбинированных соединений. Разработаны конструктивно-технологические решения для изготовления швейных изделий и рекомендации по проектированию одежды, учитывающие свойства материалов с мембраной. Результаты

внедрены в производственную практику предприятий легкой промышленности, что обеспечило повышение технического уровня и конкурентоспособности продукции.

12. Разработана информационная система «КОМФОРТ», которая является реализацией результатов диссертационного исследования в цифровом продукте, позволяющем на производстве использовать все итоги комплексной работы, в перспективе расширяя базу знаний о свойствах материалов с мембраной, изменяющихся в зависимости от условий эксплуатации.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России и изданиях, входящих в международную базу цитирования Scopus

1. Буркин А.Н., Панкевич Д.К., Кудрицкий В.Г. Структура и свойства мембранных текстильных материалов // Полимерные материалы и технологии. - 2020. - Т. 6. - № 3. - С. 16 - 28.
2. Панкевич Д.К., Буланчиков И.А. Эксплуатационные свойства ниточных соединений мембранных материалов на трикотажной основе // Технологии и качество. - 2021. - № 2(52). - С. 43 - 48.
3. Панкевич Д.К., Буркин А.Н. Функциональность материалов для одежды: ретроспекция, понятие, концепция оценки // Дизайн и технологии. - 2021. - № 85-86 (127-128). - С. 139 - 149.
4. Панкевич, Д.К., Иванова Н.Н. Влияние структуры на водопаропроницаемость композиционных текстильных материалов для водозащитной одежды // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности - 2022. - Т. 55. - № 1. - С. 65 - 70.
5. Панкевич Д.К., Буркин А.Н., Леонов В.В. Оценка водозащитных свойств мембранных материалов для изделий легкой промышленности // Костюмология. - 2022. - Т. 7. - № 1. - 22TLKL122.
6. Панкевич Д.К., Буркин, А.Н. Методология оценки свойств материалов для водонепроницаемой одежды // Технологии и качество. - 2022. - № 2(56). - С. 5 - 10.
7. Панкевич Д.К., Харापудько Ю.В., Кудрицкий В.Г. Анализ структуры и эксплуатационных свойств мембранных материалов для водонепроницаемой одежды // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. - 2022. - №3(399). - С. 101 - 108.
8. Панкевич, Д.К., Буркин А.Н. Комплексная оценка водозащитных свойств материалов для одежды // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 4. Промышленные технологии - 2022. - №3. - С. 100 - 104.
9. Панкевич Д.К., Ивашко Е.И., Кудрицкий В.Г. Оценка свойств многослойных мембранных текстильных материалов различных структур // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. - 2022. - №6(402). - С. 51 - 59.
10. Панкевич Д.К. Разработка критерия оценки способности материалов для водозащитной одежды обеспечивать температурный гомеостаз // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. - 2024. - № 1 (409). - С. 61 - 70.
11. Панкевич Д.К. Классификация и способ идентификации многофункциональных текстильных материалов для водозащитной одежды // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности - 2024. - Т. 66. - № 2. - С. 65 - 70.
12. Панкевич Д.К. Оценка водопаропроницаемости материалов для водозащитной одежды методами лабораторных исследований и экспериментальной носки // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности - 2024. - Т. 55. - № 4. - С. 65 - 70.
13. Панкевич Д.К. Оценка уровня функциональности материалов для спортивной водозащитной экипировки // Костюмология. - 2024. - Т.9. - № 4. - 05TLKL424.
14. Панкевич Д.К. Рекомендации по области применения и исследованию свойств водозащитных многофункциональных текстильных материалов для одежды // Костюмология. - 2024. - Т 9. - №4. - 30TLKL424.
15. Панкевич Д.К. Водопаропроницаемость материалов для одежды: новые критерии и методы оценки // Дизайн и Технологии, 2024. - №100(142). - С. 62 - 72.

16. **Панкевич Д.К.** Способ и критерии оценки водозащитных свойств материалов и изделий из них // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. - 2025. - №3(417). - С. 146 - 156.

17. Буркин А.Н., **Панкевич Д.К.**, Борозна В.Д. Оценка стабильности свойств материалов и их соединений при моделировании условий эксплуатации // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. - 2025. - №4(418). - С. 126 - 134.

18. **Панкевич Д.К.** Органолептическое исследование водозащитных текстильных материалов для обоснования признака сквозного промокания // Костюмология. - 2025. - Т 10. - №4. - 10TLKL425.

Статьи в журналах из перечня ВАК Республики Беларусь

19. **Панкевич Д.К.**, Кукушкин М.Л. Влияние многоцикловых механических нагрузок на структуру водозащитных материалов с полиэфируретановой мембраной // Вестник Витебского государственного технологического университета. - 2017. - № 1 (32). - С. 99 - 108.

20. **Панкевич Д.К.**, Ивашко Е.И. Водонепроницаемость мембранных текстильных материалов в условиях эксплуатации // Вестник Витебского государственного технологического университета. - 2020. - №1(38) - С. 91- 99.

21. **Панкевич Д.К.**, Ивашко Е.И., Лядова А.С. Анализ факторов, влияющих на водонепроницаемость эластичных композиционных текстильных материалов для одежды // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2021. – № 1 (40). – С. 82–93.

22. **Панкевич Д.К.**, Буланчиков И.А. Исследование износостойкости ниточных соединений мембранных материалов на трикотажной основе // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2021. – №2(41) – С. 51-58.

23. **Панкевич Д.К.**, Ивашко Е.И. Влияние структуры и свойств мембран на водопаропроницаемость содержащих их материалов // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2022. – №1(42) – С. 68-79.

24. Ивашко Е.И., **Панкевич Д.К.** Паропроницаемость мембранных текстильных материалов в условиях, близких к эксплуатационным // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2022. – №2 (43). – С.47-52.

25. **Панкевич Д.К.**, Мойсейчик А.Ю. Исследование паропроницаемости мембранных материалов различных структур // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2023. – №2 (45) – С. 27-32.

26. **Панкевич Д.К.**, Буланчиков И.А., Прудникова Т.А. Оценка уровня функциональности материалов для одежды методом лабораторных испытаний и экспериментальной носки // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2025. – №2 (52) – С. 55-68.

Авторские свидетельства и патенты

27. Патент на полезную модель ВУ 10791 У, Республика Беларусь, МПК G 01N 33/36 (2006.01). Приспособление для крепления образцов в процессе испытания: № и 20140272; заявл. 23.07.2014; опубл. 30.10.2015; Бюл. №5. / заявители и патентообладатели: Бондарева Е.В., **Панкевич Д.К.**, Кукушкина, Ю.М., Борозна В.Д., Буркин А.Н.

28. Патент на полезную модель ВУ 12574 У, Республика Беларусь, МПК G01N3/20. Установка для испытания эластичных полимерных материалов: № и 20200088; заявл. 04.04.2020; опубл. 30.04.2021; Бюл. №2. / Буркин А.Н., Борозна В.Д., Лядова, А.С., **Панкевич Д.К.**, Радюк А.Н.; заявитель и патентообладатель: Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет».

29. Патент на полезную модель ВУ 12855 У, Республика Беларусь, МПК G 01N 15/08 (2006.01). Прибор для определения водозащитных свойств материалов методом гидростатического давления: № и 20210283; заявл. 15.10.2021; опубл. 30.04.2022; Бюл. №2. / заявители и патентообладатели: Буркин А.Н., **Панкевич Д.К.**, Ивашко Е.И., Терентьев А.А.

30. Патент на полезную модель ВУ 13087 У, Республика Беларусь, МПК G 01N 15/00 (2006.01). Устройство для контроля паропроницаемости материалов: № и 20220111; заявл. 16.05.2022; опубл. 30.12.2022; Бюл. №6. / заявители и патентообладатели: Буркин А.Н., **Панкевич Д.К.**, Борозна В.Д., Ивашко Е.И., Терентьев А.А.

Монографии

31. Буркин А.Н., Махонь А.Н., **Панкевич Д.К.** Эксплуатационные свойства текстильных материалов : монография // под общ. ред. А.Н. Буркина. - Витебск: УО «ВГТУ», 2019. - 218 с.
32. Буркин А.Н., **Панкевич Д.К.** Гигиенические свойства мембранных текстильных материалов : монография // под общ. ред. А. Н. Буркина. - Витебск: УО «ВГТУ», 2020. - 190 с.

Статьи в других научных журналах

33. **Панкевич Д.К.**, Буркин А.Н., Ивашко Е.И. Анализ нормативной и приборной базы определения водопроницаемости композиционных слоистых текстильных материалов, содержащих мембранный слой // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. – 2020. – №6 (58). – С. 305-314.
34. Лядова А.С., **Панкевич Д.К.**, Буркин А.Н. Разработка дизайна и обоснование выбора пакета материалов для костюма биатлониста // Материалы и технологии. – 2021. – № 1 (7). – С. 28-34.
35. **Панкевич Д.К.**, Черкасова Т.С. Структура и свойства водозащитных мембранных текстильных материалов для одежды // Материалы и технологии. – 2021. – №1(7). – С. 35-42.
36. **Панкевич Д.К.**, Ульянова Н.В. Разработка чехлов для лыжных ботинок из композиционных многофункциональных материалов // Материалы и технологии. – 2021. – № 2 (8). – С. 47–53.
37. **Панкевич Д.К.**, Шеремет Е.А., Князева А.И. Анализ требований к водопаропроницаемости композиционных текстильных материалов с мембранным слоем // Материалы и технологии. – 2022. – № 1 (9). – С. 39–44.
38. **Панкевич Д.К.**, Бодяло Н.Н., Лисовская Л.Л. Одежда для городской экологичной мобильности // Ноэма (Архитектура. Урбанистика. Искусство). – 2023. – № 1. – С. 73-76.

Статьи в сборниках научных трудов

39. **Панкевич Д.К.** Методика экспериментальной носки спортивной водозащитной экипировки // Технологии, дизайн, наука, образование в контексте инклюзии : сборник статей / ФГБОУ ВО «РГУ им. А. Н. Косыгина». – Москва, 2018. – Ч. 1. – С. 95-100.
40. **Панкевич Д.К.**, Алахова С.С. Исходные предпосылки проектирования одежды для людей с ограниченными возможностями // Концепции, теория, методики фундаментальных и прикладных научных исследований в области инклюзивного дизайна и технологий : сборник научных трудов по итогам Международной научно-практической заочной конференции, Москва, 25-27 марта 2020 г. : в 3 ч. / РГУ им. А. Н. Косыгина. — Москва, 2020. – Ч. 1. – С. 20–26.
41. **Панкевич Д.К.** Проблемы исследования водонепроницаемости мембранных текстильных материалов // Актуальные проблемы экспертизы, технического регулирования и подтверждения соответствия продукции текстильной и легкой промышленности : Сборник трудов по итогам работы Круглого стола с международным участием, Москва, 28 октября 2020 г. – Москва: ФГБОУ ВО «РГУ им. А. Н. Косыгина». – 2020.– С. 97-100.
42. **Панкевич Д.К.**, Ивашко Е.И. Влияние способа получения на свойства водозащитных композиционных текстильных материалов для одежды // Симпозиум «Современные инженерные проблемы в производстве товаров народного потребления» : сборник научных трудов III Международного Косыгинского Форума «Современные задачи инженерных наук», Москва, 20–21 октября 2021 г. / Москва: ФГБОУ ВО «РГУ им. А. Н. Косыгина». – 2021. – С. 159–163.
43. **Панкевич Д.К.** Износостойкость водозащитных мембранных материалов для одежды // Симпозиум «Современные инженерные проблемы в производстве товаров народного потребления» : сборник научных трудов III Международного Косыгинского Форума «Современные задачи инженерных наук», Москва, 20–21 октября 2021 г. / ФГБОУ ВО «РГУ им. А. Н. Косыгина». – Москва, 2021. – С. 193-198.
44. **Панкевич Д.К.**, Черкасова Т.С. Технология изготовления спортивной одежды из мембранных текстильных материалов // Повышение энергоресурсоэффективности и экологической безопасности процессов и аппаратов химической и смежных отраслей промышленности (ISTS «EESTE–2021») : сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума, посвященного 110-летию А. Н. Плановского, Москва, 20–21 октября 2021 г. / ФГБОУ ВО «РГУ им. А. Н. Косыгина». – Москва, 2021. – Т. 1. – С. 330–334.
45. **Панкевич Д.К.**, Буркин А.Н. Прогнозирование свойств мембранных текстильных материалов для одежды // Повышение энергоресурсоэффективности и экологической безопасности

процессов и аппаратов химической и смежных отраслей промышленности (ISTS «EESTE–2021»): сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума, посвященного 110-летию А. Н. Плановского, Москва, 20–21 октября 2021 г. / ФГБОУ ВО «РГУ им. А. Н. Косыгина». – Москва, 2021. – Т. 2. – С. 178–182.

46. **Панкевич Д.К.** Влияние пониженной температуры на свойства мембранных материалов для одежды при моделировании эксплуатации // Союз науки и практики: актуальные проблемы и перспективы развития товароведения: сборник научных статей международной научно-практической конференции, Гомель, 09–10 ноября 2021 г. / БТЭУ. – Гомель, 2021. – С. 113–117.

47. **Панкевич Д.К., Шеремет Е.А., Наумова Ю.В.** Оценка качества ниточных соединений, применяемых в швейных изделиях из мембранных материалов // Союз науки и практики: актуальные проблемы и перспективы развития товароведения: сборник научных статей международной научно-практической конференции, Гомель, 09–10 ноября 2021 г. / БТЭУ. – Гомель, 2021. – С. 118–122.

48. **Панкевич Д.К.** Влияние поровой структуры мембран на водозащитные свойства мембранных текстильных материалов // Сборник научных трудов Международной научной конференции, посвященной 75-летию со дня рождения профессора А. П. Жихарева, Москва, 19 октября 2022 г. / ФГБОУ ВО «РГУ им. А. Н. Косыгина». – Москва, 2023. – С. 133–138.

49. **Панкевич Д.К., Лисовская Л.Л.** Исследование теплоизоляционных свойств комплексных текстильных материалов с мембраной // Актуальные проблемы экспертизы, технического регулирования и подтверждения соответствия продукции текстильной и легкой промышленности: сборник научных трудов по материалам 3-го Круглого стола с международным участием, Москва, 29 декабря 2023 г. / ФГБОУ ВО «РГУ им. А. Н. Косыгина». – Москва, 2023. – С. 79–84.

50. **Панкевич Д.К.** Исследование водопаропроницаемости комплексных текстильных материалов с мембраной // Актуальные проблемы экспертизы, технического регулирования и подтверждения соответствия продукции текстильной и легкой промышленности: сборник научных трудов по материалам 3-го Круглого стола с международным участием, Москва, 29 декабря 2023 г. / ФГБОУ ВО «РГУ им. А. Н. Косыгина». – Москва, 2023. – С. 100–104.

51. **Панкевич Д.К.** Оценка качества многофункциональных материалов для одежды // Повышение энергоресурсоэффективности, экологической и технологической безопасности процессов и аппаратов химической и смежных отраслей промышленности: сборник научных трудов четвертого Международного Косыгинского форума, посвященного 120-летию со дня рождения П. Г. Романкова (ISTS "EESTE-2024"), Москва, 20–22 февраля 2024 г. / ФГБОУ ВО «РГУ им. А. Н. Косыгина». – Москва, 2024. – Т. 2. – С. 149–153.

Материалы конференций

52. **Панкевич Д.К., Цуран А.А.** Влияние многоцикловых механических нагрузок на водонепроницаемость материалов для водозащитной одежды // Материалы докладов 50-й международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, посвященной году науки: 50-я междунар. научно-технич. конф.: в 2-х томах, Витебск, 12–13 апреля 2017 г. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2017. – Т. 2. – С. 169–172.

53. **Макеев Н.А., Панкевич Д.К.** Разработка технологии изготовления водозащитной экипировки спортсмена-байдарочника // Научные исследования учащихся – основа формирования будущего конкурентоспособного специалиста: материалы междунар. научно-технич. конф. преподавателей, студентов, учащихся учреждений высшего и среднего специального образования, Барановичи, 01 июня 2017 г. / УО «БГКЛП им. В. Е. Чернышева». – Барановичи, 2017. – С. 59–61.

54. **Лядова А.С., Панкевич Д.К.** Подбор пакета материалов для изготовления водозащитной спортивной экипировки // Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности: материалы докладов междунар. научно-технич. конф., посвященной Году науки, Витебск, 21–22 ноября 2017 г. / УО "ВГТУ". – Витебск, 2017. – С. 149–151.

55. **Панкевич Д.К., Домбровская Е.А.** Исследование свойств материалов верха специальной одежды для защиты от пониженных температур // Материалы докладов 51-й междунар. научно-технич. конф. преподавателей и студентов, Витебск, 25 апреля 2018 г, в 2 т. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2018. – Т. 2. – С. 155–157.

56. **Панкевич Д.К.**, Кукушкин М.Л. Водонепроницаемость материалов с полиуретановой мембраной в различных температурно-влажностных условиях многоциклового // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2018) : сборник материалов междунар. научно-технич. конф., Москва, 14–15 ноября 2018 г., Часть 1. – 2018. – С. 54–57.

57. Махонь А.Н., Буркин А.Н., **Панкевич Д.К.**, Палтинникова Н.В. Обзор методов исследования сопротивления текстильных материалов деформированию при комбинированных нагрузках // Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности : сборник научных статей, Витебск, 21–22 ноября 2018 года. – Витебск: Витебский государственный технологический университет, 2018. – С. 314–316.

58. Ульянова Н.В., Рик О.Н., Довыденкова В.П., **Панкевич Д.К.** Исследование свойств комбинированных соединений деталей одежды из материалов с покрытием // Научные исследования и разработки в области дизайна и технологий : Материалы Всероссийск. научно-практич. конф., 04 апреля 2019 года. – Кострома: Костромской государственный университет, 2019. – С. 184–187.

59. Ивашко Е.И., **Панкевич Д.К.** Проблемы исследования водопроницаемости текстильных материалов // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности : материалы Междунар. научно-технич. конф. молодых ученых, 24–25 октября 2019 г. – Могилев, 2019. – С. 158.

60. **Панкевич Д.К.**, Ульянова Н.В., Федорова Е.А., Гасюта С.В. Анализ особенностей обработки аксессуаров для занятий биатлоном // Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности : материалы междунар. научно-технич. конф., Витебск, 13–14 ноября 2019 г. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2019. – С. 179–181.

61. Ивашко Е.И., **Панкевич Д.К.**, Махонь А.Н., Юрьева А.М. Характеристика приборов, применяемых для определения водопроницаемости текстильных // Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности : Материалы Международной научно-технической конференции, Витебск, 13–14 ноября 2019 г. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2019. – С. 271–273.

62. **Панкевич Д.К.**, Хадарович М.В., Черкасова Т.С., Войтеховская М.Д. Выбор пакета материалов для экипировки биатлониста // Материалы докладов 53-й Международной научно-технич. конф. преподавателей и студентов, 22 апреля 2020 г., Т.2. – Витебск: УО «ВГТУ», 2020. – С. 172–175.

63. Шараева А.М. Ивашко Е.И., **Панкевич Д.К.**, Махонь А.Н. Анализ технических требований европейского союза к защитной одежде из водонепроницаемых материалов // Материалы докладов 53-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, 22 апреля 2020 г., Т.2. – Витебск: УО «ВГТУ», 2020. – С. 230–232.

64. Довыденкова В.П., **Панкевич Д.К.**, Чайковский К.Д., Гришаев А.Н. Проектирование накладки для флексометра методом скоростного прототипирования / В. П. Довыденкова, К. Д., Д. К. Панкевич, А. Н. // Материалы докладов 53-й Международной научно-технич. конф. преподавателей и студентов, 22 апреля 2020 г., Т.2. – Витебск: УО «ВГТУ», 2020. – С. 332–334.

65. Хадарович М.В., Черкасова Т.С., **Панкевич Д.К.** Разработка спортивной экипировки из мембранных текстильных материалов // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених, 13–15 травня 2020 р., м. Херсон (Україна), Херсонський національний технічний університет, 2020. – С. 144–145.

66. **Панкевич Д.К.**, Ивашко Е.И. Влияние эксплуатационных воздействий на уровень водонепроницаемости композиционных текстильных материалов с мембраной // Новые технологии и материалы легкой промышленности: XVI Всероссийская научно-практическая конференция с элементами научной школы для студентов и молодых ученых : сборник статей, Казань, 19–23 мая 2020 г. / КНИТУ. – Казань, 2020. – С. 361–368.

67. **Панкевич Д.К.**, Ивашко Е.И. Анализ условий проведения испытания водопроницаемости мембранных материалов универсальным прибором // Сучасні технології промислового комплексу – 2020 : матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції, Херсон, 08–12 вересня 2020 р. / ХНТУ. – Херсон, 2020. – Вип. 6. – С. 211–215.

68. **Панкевич Д.К.**, Буркин А.Н., Ивашко Е.И. Методика исследования водопроницаемости мембранных материалов при моделировании условий эксплуатации // Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов : сборник статей 7-й Международной

научно-технической конференции, Могилев, 24–25 сентября 2020 г. / Белорусско-Российский университет. – Могилев, 2020. – С. 139–145.

69. **Панкевич Д.К.** Разработка спортивной экипировки для детей младшего школьного возраста // Олимпийский спорт и спорт для всех : материалы XXV Международного научного конгресса, Минск, 15–17 октября 2020 г. : в 2 ч. / БГУФК. – Минск, 2020. – Ч. 1. – С. 425–433.

70. **Панкевич Д.К.,** Буркин А.Н., Ивашко Е.И. Исследование водопроницаемости композиционных слоистых текстильных материалов прибором с открытой испытательной ячейкой // Прогрессивные технологии и оборудование: текстиль, одежда, обувь : материалы докладов Международного научно-практического симпозиума, Витебск, 3 ноября 2020 г. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2020. – С. 91–94.

71. **Панкевич Д.К.,** Хадарович М.В. Технология изготовления экипировки биатлониста // Прогрессивные технологии и оборудование: текстиль, одежда, обувь : материалы докладов Международного научно-практического симпозиума, Витебск, 3 ноября 2020 г. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2020. – С. 199–202.

72. **Панкевич Д.К.,** Буркин А.Н. Прогнозирование надежности водозащитной спортивной экипировки // Материалы Межвузовского международного конгресса «Высшая школа: научные исследования», Москва, 26 ноября 2020 г. / Инфинити (Уфа). – Москва, 2020. – С. 218–227.

73. **Панкевич Д.К.,** Буланчиков И. А., Сермяжко В. А. Исследование факторов, влияющих на характеристики ниточных соединений мембранных материалов на трикотажной основе // Материалы докладов 54-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, Витебск, 28 апреля 2021 г. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2021. – Т. 2. – С. 175–177.

74. Черкасова Т.С., **Панкевич Д.К.** Особенности получения качественных ниточных соединений мембранных текстильных материалов // Материалы докладов 54-й Междунар. научно-технич. конф. препод. и студентов, Витебск, 28 апреля 2021 г. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2021. – Т. 2. – С. 183-185.

75. **Pankevich D.,** Bodyalo N., Alakhova S. Construction and technology of sports clothing from membrane materials and highstretch fabric // International conference on textile and apparel innovation (ICTAI 2021), Vitebsk, 8–10 June 2021 / VGTU. – Vitebsk, 2021. – Vol. 2430. – P. 020006-1–020006-6.

76. **Burkin A., Pankevich D.,** Ivashko K., Lyadova A. Properties of membrane textile materials for apparel in modeling exploitation wear // International conference on textile and apparel innovation (ICTAI 2021), Vitebsk, 8–10 June 2021 / VGTU. – Vitebsk, 2021. – Vol. 2430. – P. 030005-1-030005-6.

77. **Панкевич Д.К.** Оценка гигиенических свойств мембранных материалов для бытовой водозащитной одежды Легкая промышленность: проблемы и перспективы : материалы Международной научно-технической конференции, Омск, 23–24 ноября 2021 г. / ОмГТУ. – Омск, 2021. – С. 64–71.

78. Бондаренко О.В. **Панкевич Д.К.,** Ульянова Н.В. Спортивная экипировка биатлониста // Материалы докладов 55-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов : в 2 т., Витебск, 27 апреля 2022 г. / УО "ВГТУ". - Витебск, 2022. - Т. 2. - С. 191-193.

79. Казимиренко В.М., **Панкевич Д.К.,** Ульянова Н.В. Выбор материалов и конструктивных решений для водозащитной куртки каноиста // Материалы докладов 55-й междунар. научно-технич. конф. преподавателей и студентов : в 2 т. , Витебск, 27 апреля 2022 г. / УО "ВГТУ". - Витебск, 2022. - Т. 2. - С. 207-209.

80. **Панкевич Д.К.,** Мойсейчик А.Ю. Оценка теплозащитных свойств мембранных материалов различных структур // Материалы докладов 55-й междунар. научно-технич. конф. преподавателей и студентов : в 2 т., Витебск, 27 апреля 2022 г. / УО "ВГТУ". - Витебск, 2022. – Т.2. – С. 245-248.

81. **Панкевич Д.К.,** Шеремет Е.А., Князева А.И. Паропроницаемость мембранных материалов для спортивной водозащитной одежды: методы и средства оценки // Материалы докладов 55-й междунар. научно-технич. конф. преподавателей и студентов : в 2 т., Витебск, 27 апреля 2022 г. / УО "ВГТУ". – Витебск, 2022. – Т. 2. – С. 248-251.

82. **Панкевич Д.К.,** Аленицкая В.А. Методика исследования водозащитных свойств материалов для одежды и обуви // Материалы докладов 55-й междунар. научно-технич. конф. преподавателей и студентов : в 2 т., Витебск, 27 апреля 2022 г. / УО "ВГТУ". – Витебск, 2022. – Т. 2. – С. 243-245.

83. Буркин А.Н., **Панкевич Д.К.** История возникновения и развития мембранных технологий в текстиле продукции : материалы II Круглого стола с международным участием, Москва, 07 июня 2022 г. / ФГБОУ ВО «РГУ им. А. Н. Косыгина». – Москва, 2022. – С. 8–12.

84. Алахова С.С., **Панкевич Д.К.**, Мойсейчик А.Ю. Анализ моделей-аналогов спортивной экипировки байдарочника // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ–2022) : сборник материалов междунар. научно-технич. конф., Москва, 16 ноября 2022 г. / ФГБОУ ВО «РГУ им. А. Н. Косыгина». – Москва, 2022. – Ч. 1. – С. 80–83.

85. **Панкевич Д.К.**, Алахова С.С., Мойсейчик А.Ю. Разработка модели и конструкции спортивной водонепроницаемой экипировки // Инновации в текстиле, одежде, обуви (ИСТАИ-2022) : материалы докладов междунар. научно-технич. Конф., Витебск, 23-24 ноября 2022 / ВГТУ. – Витебск, 2022. – С. 65-70.

86. **Панкевич Д.К.**, Лисовская Л.Л., Бодяло Н.Н. Современные материалы и технологии соединения деталей спортивной водозащитной одежды / Д. К. Панкевич, Л. Л. Лисовская, Н. Н. Бодяло // Легкая промышленность: проблемы и перспективы : материалы Международной научно-технической конференции, Россия, Омск, 29–30 ноября 2022 года / ОмГТУ. – Омск, 2022. – С. 63-69.

87. **Панкевич Д.К.**, Лисовская Л.Л. Исследование свойств комбинированных соединений деталей ветро-влагозащитной спортивной одежды // Научные исследования и разработки в области дизайна и технологий : материалы Всеросс. научно-практич. конференции, Кострома, 23-24 марта 2023 г. / Костромской государственный университет. – Кострома, 2023. – С. 225-229.

88. **Панкевич Д.К.**, Мойсейчик А.Ю. Влияние стирки на водонепроницаемость мембранных текстильных материалов для одежды // Научные исследования и разработки в области дизайна и технологий : материалы Всеросс. научно-практич. конференции, Кострома, 23-24 марта 2023 г. / Костромской государственный университет. – Кострома, 2023. – С. 229–232.

89. **Панкевич Д.К.** Оценка водозащитных свойств комплексных материалов с мембраной: новый прибор, способ и критерий // Современные методы получения материалов, обработки поверхности и нанесения покрытий (Материаловедение–2023) : материалы I Всеросс. конф. с междунар. участием, Казань, 30 марта –1 апреля 2023 г. / под ред. В. А. Сысоева [и др.]; Казан. нац. исслед. технол.ун-т. – Казань : Изд-во КНИТУ, 2023.– С. 187-192.

90. Бодяло Н.Н., **Панкевич Д.К.**, Лисовская Л.Л. К вопросу технологии изготовления спортивной одежды // Материалы докладов 56 Междунар. научно-техн. конф. преподавателей и студентов : в 2 т., Витебск, 19 апреля 2023 г / УО «ВГТУ». – Витебск, 2023. – Т. 2. – С. 218–220.

91. Бодяло Н.Н., **Панкевич Д.К.**, Лисовская Л.Л. Особенности технологии обработки водозащитной спортивной одежды // Новации в процессах проектирования и производства изделий легкой промышленности : материалы I Всеросс. научн. конф. с междунар. участием, Казань, 25–28 апреля 2023 г. – Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань : Изд-во КНИТУ. – 2023.– С.143-146.

92. **Панкевич Д.К.**, Мойсейчик А.Ю. Особенности проектирования водозащитной спортивной экипировки // Новации в процессах проектирования и производства изделий легкой промышленности : материалы I Всеросс. научн. конф. с междунар. участием, Казань, 25–28 апреля 2023 г., Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань : Изд-во КНИТУ, 2023.– С.231-237.

93. Бодяло Н.Н., **Панкевич Д.К.**, Лисовская Л.Л. Особенности обработки одежды из водозащитных комплексных материалов с мембраной // Новые технологии и материалы легкой промышленности : материалы XIX Всеросс. научно-практич. конф. с элементами научной школы для студентов и молодых ученых, Казань, 15–19 мая 2023 г. / КНИТУ. – Казань, 2023. – С. 170–173.

94. **Панкевич Д.К.**, Иванова Ю.С. Классификация и свойства мембранных текстильных материалов // Материалы докладов 57-й Междунар. научно-технич. конф. препод. и студентов. – В 2-х т., Витебск, 18–19 апреля 2024 г. – Т. 2 / УО «ВГТУ». – Витебск, 2024. – С. 114–116.

95. **Панкевич Д.К.**, Прудникова Т.А., Буланчиков И.А. Апробация критерия водопаропроницаемости на примере водозащитной спортивной одежды // Материалы докладов 57-й Междунар. научно-технич. конф. препод. и студентов. – В 2-х т., Витебск, 18–19 апреля 2024 г. – Т. 2 / УО «ВГТУ». – Витебск, 2024. – С. 275–278.

96. **Панкевич Д.К.**, Шеремет Е.А., Борздыко Е.С. Опытная носка одежды из многофункциональных материалов: методика и результат // Материалы докладов 57-й Междунар.

научно-технич. конф. препод. и студентов. – В 2-х т., Витебск, 18–19 апреля 2024 г. – Т. 2 / УО «ВГТУ». – Витебск, 2024. – С. 297–299.

97. **Панкевич Д.К.**, Деркаченко П.Г., Сиваченко Д.С., Руммо Д.С. Разработка информационной системы для комплексной оценки материалов при функционально обоснованных режимах тестирования // Материалы докладов 57-й Междунар. научно-технич. конф. препод. и студентов. – В 2-х т., Витебск, 18–19 апреля 2024 г. – Т. 2 / УО «ВГТУ». – Витебск, 2024. – С. 326–328.

98. **Панкевич Д.К.** Подбор материалов в пакет водозащитной одежды по уровню функциональности // Новые технологии и материалы легкой промышленности: XX Всеросс. с междунар. участием научно-практич. Конф. с элементами научной школы для студентов и молодых ученых (13–15 мая 2024 г., Казань); Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань : Изд-во КНИТУ, 2024. – С. 126–129.

Тезисы докладов на конференциях

99. **Панкевич Д.К.** Свойства композиционных текстильных материалов с мембраной // Инновационные направления развития науки о полимерных волокнистых и композиционных материалах : тезисы докладов международной научной конференции, Санкт-Петербург, 2020 г. / ФГБОУВО «СПбГУПТД». – Санкт-Петербург, 2020. – С. 96–97.

100. **Панкевич Д.К.** Взаимосвязь структуры и паропроницаемости водонепроницаемых «дышащих» мембранных материалов // KyivTex&Fashion : збірник тез доповідей V Міжнародної науково-практичної конференції текстильних та фешн технологій, Київ, 21 жовтня 2021 р. / КНУТД. – Київ, 2021. – С. 107–108.

101. **Панкевич Д.К.**, Кудрицкий В.Г. Кинетика промокания водозащитных композиционных материалов различных структур // Полимерные композиты и трибология (ПОЛИКОМТРИБ - 2022) : международная научно-техническая конференция, Гомель, 28-30 июня 2022 г. : тезисы докладов / ИММС НАНБ. – Гомель, 2022. – С. 153.

102. **Панкевич Д.К.**, Мойсейчик А.Ю. Исследование водопаропроницаемости мембранных материалов различных структур для оценки уровня комфортности одежды из них // Тезисы докладов 56 Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов / УО «ВГТУ». – Витебск, 2023. – С. 217–218.

ПАНКЕВИЧ ДАРЬЯ КОНСТАНТИНОВНА

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук

МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ СВОЙСТВ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ
ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С МЕМБРАНОЙ
ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Усл.-печ. 2 п.л. Тираж 100 экз. Заказ №

Редакционно-издательский отдел
ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина»
119071, г. Москва, ул. Малая Калужская, д. 1.
Отпечатано в РИО ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина»