

*На правах рукописи*



КЛИМОВА НАТАЛИЯ АЛЕКСАНДРОВНА

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ТЕРМОРЕГУЛИРУЮЩИХ  
МАТЕРИАЛОВ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПАКЕТОВ  
ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

**Специальность: 05.19.01 – Материаловедение производств текстильной  
и легкой промышленности**

**АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание учёной степени  
кандидата технических наук**

**Москва-2021**

Работа выполнена на кафедре материаловедения и товарной экспертизы Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» (ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина»).

**Научный руководитель:**

**Бесшапошникова Валентина Иосифовна**, доктор технических наук, профессор кафедры материаловедения и товарной экспертизы ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина».

**Официальные оппоненты:**

**Пехташева Елена Леонидовна**, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры товароведения и товарной экспертизы ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова», г. Москва.

**Родичева Маргарита Всеволодовна**, кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой индустрии моды ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орёл.

**Ведущая организация:**

ООО «Центральный научно-исследовательский институт швейной промышленности», г. Москва.

Защита состоится «15» декабря 2021 г. в 10:00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.144.06 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» по адресу: г. Москва, ул. Малая Калужская, д. 1, онлайн-зал.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина» и на сайте университета [www.kosygin-rgu.ru/](http://www.kosygin-rgu.ru/).

Автореферат разослан « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета Д 212.144.06  
доктор технических наук, профессор



Е.А. Кирсанова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы:** Современное общество предъявляет высокие требования к текстильным материалам: они должны обладать специфическими свойствами, уметь варьировать и приспосабливаться к изменяющимся условиям эксплуатации и обеспечивать комфорт пододежного пространства, работоспособность и хорошее самочувствие человека, быть легкими и надежными. Существенный вклад в изучение вопросов, связанных с теплозащитными материалами и пакетами одежды внесли ученые: Колесников П.А., Бузов Б.А., Жихарев А.П., Бринк И.Ю., Алейникова О.А, Черунова И.В., Стефанова Е.Б., Михеев М.А., Родичева М.В. и другие. Несмотря на это, некоторые вопросы остаются малоизученными, прежде благодаря появлению новых инновационных материалов. Развитие ассортимента инновационных текстильных материалов находится на стадии становления и развития, и информация об особенностях структуры и качестве мембранных и терморегулируемых материалов в основном носит рекламный характер. Поэтому комплексное исследование инновационных мембранных тканей и разработанных терморегулируемых обогревающих материалов, формирующих пакеты теплозащитной одежды, прогнозирование свойств материалов, как на стадии проектирования, так и их изменения в процессе эксплуатации изделий, является одним из перспективных направлений текстильного материаловедения и развития отечественной легкой промышленности, что подтверждает актуальность диссертационного исследования на тему «Прогнозирование свойств терморегулирующих материалов и проектирование пакетов теплозащитных изделий».

Диссертационная работа выполнена в соответствии с планом НИР РГУ им. А.Н. Косыгина, пункт 3.12 «Разработка методов оценки и прогнозирования физико-механических свойств материалов специального назначения».

**Объекты исследования** – инновационные отечественные и импортные мембранные ткани, утепляющие, терморегулирующие материалы и пакеты одежды.

**Предмет исследования** – влияние производственных и эксплуатационных факторов на свойства мембранных тканей и разработка новых инновационных термообогревающих материалов, оценка качества и прогнозирование их свойств.

**Целью работы является** разработка структуры терморегулирующих обогревающих текстильных материалов, выявление закономерностей и прогнозирование свойств мембранных и утепляющих материалов и пакетов одежды.

Достижение поставленной цели потребовало решения следующих **задач**:

- провести анализ ассортимента и разработать классификацию современных утепляющих материалов для одежды;
- провести анализ требований и установить значимые показатели качества мембранных тканей и утеплителей одежды;
- разработать терморегулируемый обогревающий текстильный материал для теплозащитной одежды;
- установить взаимосвязь структуры и свойств мембранных тканей, термообогревающих и нетканых объемных утеплителей, которая позволит прогнозировать показатели качества, как на стадии проектирования изделий, так и их изменение в процессе эксплуатации изделий;

- установить влияние эксплуатационных факторов – низких температур, многократной стирки и деформаций сжатия на структуру и свойства утепляющих материалов, мембранных тканей и пакетов одежды;
- оценить кинетику процесса изменения влажности и температуры пододежного пространства изделий из отечественных и импортных мембранных тканей;
- разработать термообогревающий чехол для людей с ограниченными возможностями движения, способный обеспечить регулируемый комфорт пододежного пространства и эксплуатацию при минусовых температурах;
- получить справочные данные физико-механических, технологических и эксплуатационных свойств исследуемых отечественных и импортных мембранных тканей, нетканых утеплителей одежды и разработанного терморегулируемого текстильного материала.

**Научная новизна работы** состоит в том, что:

- получена математическая зависимость паропроницаемости от параметров структуры и свойств мембранных тканей, которая позволяет прогнозировать свойства мембранных тканей на стадии проектирования и их изменение в процессе эксплуатации изделий;
- установлена зависимость изменения паропроницаемости и водоупорности от количества циклов криолиза мембранных тканей. Доказана более высокая устойчивость к многократному криолизу тканей с поровыми мембранами, по сравнению с беспоровыми мембранными тканями;
- установлена зависимость теплового сопротивления от основных параметров структуры и свойств объемных нетканых утеплителей одежды, которая позволяет прогнозировать теплозащитные свойства материалов на стадии их проектирования;
- установлена кинетика процесса изменения влажности и температуры пододежного пространства мембранных тканей отечественного и зарубежного производства;
- доказано, что исследуемые утеплители характеризуются высокой устойчивостью к деформациям многократного сжатия после многократного криолиза при температуре (-20) °С и после пятикратной мокрой обработки;
- разработана иерархическая классификация утепляющих материалов, в которой систематизированы инновационные пассивные и активные утеплители одежды, с учётом их функционирования, способов производства, структуры, волокнистого состава и специальных видов отделки. Классификация позволяет рационально конфекционировать материалы в пакет одежды с учетом назначения изделий и требований нормативно-технической документации.

**Теоретическая значимость работы** заключается в установлении взаимосвязей структуры и свойств инновационных мембранных и утепляющих, в том числе терморегулирующих материалов и пакетов одежды, которые вносят вклад в развитие теории проницаемости и теплового сопротивления, и позволяют прогнозировать свойства материалов, как на стадии их проектирования, так и в результате изменения свойств в процессе эксплуатации.

**Практическая значимость работы:**

- разработан термообогревающий текстильный материал, который обеспечивает равномерный регулируемый нагрев поверхности материала до температуры 28-40°C;

- разработан способ производства терморегулируемых текстильных материалов, наработана опытная партия материалов, исследованы свойства и определены области их применения;

- разработан пакет материалов и изготовлен чехол для людей с ограниченными возможностями движения. Доказано, что термообогреваемый чехол в режиме нагрева до 34-36°C, обеспечивает термальный комфорт в течение двух и более часовой прогулки в коляске при температуре до (-10) °C и ниже. Опытная носка термообогреваемого чехла (ТОЧ) подтвердила комфортные термальные условия при его эксплуатации;

- доказано повреждение мембраны в процессе стачивания деталей одежды, которое через 30 минут приводит к намоканию мембранной ткани, поэтому герметизация швов является обязательной и обеспечивает надежную защиту потребителя более чем на 24 часа;

- определена рациональная длина стежка при стачивании деталей одежды из мембранных тканей, при которой образуется надежный прочный шов, обеспечивающий качество изделий;

- получены справочные данные физико-механических и эксплуатационных свойств исследуемых отечественных и импортных мембранных тканей и нетканых утеплителей, которые позволяют обоснованно формировать пакеты материалов для утепленной одежды. Разработанные пакеты материалов рекомендуются, как для людей с ограниченными возможностями движения, так и для изготовления спецодежды МЧС, нефтяников и других профессий, а также бытовой одежды для эксплуатации в суровых условиях Крайнего Севера, Заполярья и Сибири.

Теоретические и экспериментальные результаты работы внедрены в учебный процесс подготовки магистров по направлению 29.04.02 «Технология и проектирование текстильных изделий». Способ производства термообогревающего текстильного материала внедрен на предприятии ООО «КВН СЕРВИС», что подтверждают акты апробации и внедрения.

**Основные методы исследования.** Исследования выполнялись на базе экспериментально-теоретических подходов с применением теории классификации, теории подобия и анализа размерностей, метода экспертных оценок и системного анализа. Экспериментальные исследования структуры и свойств осуществляли по стандартным и известным методам и методикам. Обработку данных осуществляли с помощью прикладной математики и математической статистики, а также графических, расчетных и аналитических средств MS Windows, MS Excel.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

- 1) новые сведения о свойствах и параметрах структуры инновационных мембранных, терморегулирующих и утепляющих материалов и пакетов одежды;
- 2) разработанный способ производства и формирования структуры и свойств терморегулирующих материалов;
- 3) установленные зависимости прогнозирования показателей качества от параметров структуры и свойств материалов;

4) доказанное влияние производственных и эксплуатационных факторов на структуру и свойства исследуемых материалов одежды;

5) разработанные пакеты материалов, их свойства и назначение.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с паспортом специальности 05.19.01 «Материаловедение производств текстильной и легкой промышленности» пунктов 1, 2, 3, 8.

**Апробация работы.** Основные результаты научных исследований докладывались и получили положительную оценку на: Международной научно-технической конференции (Инновации-2016), (Инновации-2018), (Инновации-2020), Москва; Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Инновационное развитие легкой промышленности», КНИТУ, Казань, 2016, 2017 и 2018 гг.; Международной конференции «Церевитиновские чтения 2017», «Церевитиновские чтения 2019», «Церевитиновские чтения – 2020» Москва; Международной заочной научно-практической конференции «Техническое регулирование: базовая основа качества материалов, изделий и услуг», г. Шахты, 2017 и 2018 гг.; Международной научно-технической конференции «Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности», Витебск, 2017 г; 51-й международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, Витебск, 2018 г; Международной научной студенческой конференции «Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности» (ИНТЕКС-2018), (ИНТЕКС-2019), (ИНТЕКС-2021). Москва; Международной научной конференции «Высокие технологии и инновации в науке» Москва, 2018 г.; Международной научной конференции «Эргодизайн как инновационная технология проектирования изделий и предметно-пространственной среды: инклюзивный аспект», Москва, 2019 г.; VIII международной научно-технической конференции «Перспективные полимерные композиционные материалы. Альтернативные технологии. Переработка. Применение. Экология» («Композит-2019»), г. Энгельс, 2019 г; Международном научно-техническом симпозиуме, Международном Косыгинском Форуме «Инженерные проблемы в производстве товаров народного потребления», Москва, 2019 г; Международной научной конференции, посвященной 110-летию со дня рождения профессора А.Г. Севостьянова. Москва, 2020 г; на Круглом столе с международным участием «Актуальные проблемы экспертизы, технического регулирования и подтверждения соответствия продукции текстильной и легкой промышленности», Москва, 2021 г.; Международной научной конференции, посвященной 150-летию со дня рождения профессора Н.А. Васильева, Москва, 2021 г.

**Личное участие автора** состоит в обосновании темы, постановке цели и задач исследования, анализе и обобщении полученных результатов, формулировании теоретических положений и выводов диссертации, разработке новых терморегулирующих материалов и изделий, проведении экспериментальных исследований и промышленной апробации.

**Публикации.** По результатам диссертационного исследования опубликовано 33 работы (лично автором 6,95 п.л.) из них: 3 статьи в журналах, входящих в «Перечень ВАК», 3 статьи в зарубежных научных журналах (в т.ч. 1 статья в издании, входящем в базы цитирования Web of Science и Scopus), а также 1 статья в

русском журнале и 26 статей в сборниках материалов докладов международных и всероссийских конференций.

**Объем и структура диссертации.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов по работе, списка литературы и приложений. Работа изложена на 202 страницах машинописного текста, содержит 43 таблицы, 52 рисунка. Список литературы включает 232 наименования.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность работы, сформулированы цели и основные задачи исследований. Дана общая характеристика, научная новизна и практическая значимость результатов работы.

**В первой главе** приведен анализ и систематизация достижений в области проектирования структуры и прогнозирования свойств инновационных мембранных и утепляющих материалов и изделий. На основе системного анализа и принципов классификации в работе разработана иерархическая классификация ассортимента утепляющих материалов. В основу классификации положен классификационный признак - способ функционирования утепляющих материалов, который делит все современные утепляющие материалы на две группы: пассивные и активные утеплители. Классификация утепляющих материалов также учитывает - способ производства, структуру, волокнистый состав, свойства и специальные виды отделки. Классификация позволяет рационально конфекционировать материалы в пакет одежды с учетом назначения изделий и требований нормативно-технической документации.

**Во второй главе** представлен обоснованный выбор и характеристика объектов исследования, материалов, формирующих пакеты теплозащитной одежды: тканей верха - мембранных отечественных и импортных тканей; утеплителей - нетканых объемных утеплителей, подкладочных и вспомогательных материалов и разработанных пакетов теплозащитной одежды.

Описаны стандартные и известные методы и методики исследования и обработки результатов экспериментов.

**Третья глава** посвящена исследованию влияния эксплуатационных и производственных факторов на структуру и свойства мембранных тканей, формирующих пакеты материалов одежды. С помощью статистического анализа диаграмм Исикавы и экспертного метода, определены наиболее значимые показатели качества мембранных тканей, которые были исследованы в работе.

Исследование механических свойств доказывает высокую устойчивость мембранных тканей к истиранию по плоскости (36750-71800 цикл), несминаемость более 80%, прочность при расслаивании 7,2-8,5 Н/см и растяжении до разрыва 60-91 кгс, удлинение 46-59%, жесткость при изгибе <7200 мкН·см<sup>2</sup>.

По показателям физических свойств (табл. 1), мембранные ткани образцы 1 и 3, характеризуются высокой паропроницаемостью и водоотталкиванием – 90 усл.ед. Образцы 2 и 5, имеют дополнительно водоотталкивающую отделку лицевой стороны тканей, поэтому водоотталкивание оценивается как 100 усл.ед. Дополнительная отделка снижает паропроницаемость мембранных тканей до 446 и 600 г/м<sup>2</sup>·24ч и влагопоглощение до 0,18 и 0,46%, соответственно. Все образцы характеризуются очень низкой воздухопроницаемостью, менее 7 дм<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·с.

Таблица 1 - Показатели физических свойства отечественных мембранных тканей

Номер образца	Наименование образцов	Ms, г/м <sup>2</sup>	V <sub>h</sub> - (пар), г/м <sup>2</sup> 24ч	V <sub>p</sub> , дм <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> с	Водоупорность, мм.вод ст,	Водоотталкивание, усл.ед,	Влагопоглощение, %
1	Мембранная ткань арт. С 911М (отделка ПТФЕ «Parel»)	150	5500	<6,9	2100	90	1,98
2	Мембранная ткань арт. 09С20-КВ (отделка ПЛЛАМ)	148	446	<6,9	8900	100	0,18
3	Мембранная ткань арт. ПЭ/М 003.19 (отделка ПЛЛАМ)	192	2800	<6,9	2070	90	1,96
4	Мембранная ткань арт.09С13-КВ (отделка ПЛПУМ)	170	520	<6,9	400	80	2,49
5	Мембранная ткань арт. 80021 (отделка МВОКлЗ)	190	900	<6,9	8800	100	0,46

Примечания: ПЛЛАМ – пленочное покрытие ламинированное политетрафторэтиленовой мембраной; ПЛПУМ- пленочное покрытие ламинированное полиуретановой мембраной; ВО - водоотталкивающая отделка; МВОКлЗ –масловодоотталкивающая отделка – пленочное покрытие «Климат 3»; ПТФЕ «Parel» - политетрафторэтиленовая мембрана фирмы «Parel»; Ms- поверхностная плотность; V<sub>h</sub>- паропроницаемость, V<sub>p</sub> – воздухопроницаемость.

Все образцы зарубежных мембранных тканей (табл. 2), характеризуются высокой паропроницаемостью и водоупорностью, что и обеспечивает их высокую конкурентоспособность на мировом рынке. Отмечена лучшая паропроницаемость и водоупорность образцов №1, 4, 5 с 2-3-х слойной структурой ткани и пористой мембраной из тефлона.

Таблица 2 – Показатели качества мембранных тканей импортного производства

Номер образца	Структура ткани, характеристика мембраны, обозначение, производитель	Ms, г/м <sup>2</sup>	V <sub>h</sub> , г/м <sup>2</sup> 24ч	Водоупорность, мм.вод.ст	Водоотталкивание, усл.ед,	V <sub>p</sub> , дм <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> с	P <sub>p</sub> , кгс, основа /уток
1	Ткань мембранная «Тогау» TSD 1716DPF2L RIP Lamination., (мембрана пористая ПТФЭ) (Япония)	140	20 000	20 000	90	<6,9	88/90
2	Ткань мембранная «Тогеу» Dermizax-2L RIP Гидрофильный полиуретан - беспоровая (Япония)	95	10 000	5 000	90	<6,9	65/71
3	Ткань мембранная -ALM049 (мембрана поровая –100% ПУ, ВО DWR), (Германия)	133	10 000	10 000	100	<6,9	68/72
4	Ткань мембранная «GORE-TEX» SPL70HS 2L, (мембрана GORE-TEX из ПТФЭ, ВО DWR) (США)	148	9 000	28 000	100	<6,9	63/59
5	Мембранная ткань арт. TSD 3008 DP3L RIP (мембрана пористая ПТФЭ) (США)	140	15 000	15 000	90	<6,9	64/58
6	Ткань мембранная арт. EAE-0765, (мембрана беспоровая, ВО DWR) (Корея)	158	10 000	7 000	100	<6,9	60/62

Примечания: ПТФЭ – политетрафторэтилен (тефлон); ВО DWR - водоотталкивающая обработка на основе фторсодержащих средств и силиконов; ПЭ –полиэфир; ПА – полиамид. Ms- поверхностная плотность; V<sub>h</sub>- паропроницаемость; V<sub>p</sub> – воздухопроницаемость; P<sub>p</sub> – разрывная нагрузка.



Исследование кинетики прохождения влаги и изменения температуры пододежного пространства изделий из мембранных тканей позволило установить, что максимальная влажность 81% пододежного пространства отечественных мембранных тканей достигается в течение 40 минут (рис. 1 А). Затем в течение 10-15 минут снижается до 55-60%, и поддерживается на данном уровне до конца опыта, за счет прохождения влаги через поры мембран. При этом температура пододежного пространства сначала возрастает до 40°C, а затем снижается до комфортной 35-36 °С.

Максимальная влажность 62% пододежного пространства импортных мембранных тканей достигается в течение 35 минут (рис. 1 Б). Затем влажность пододежного пространства снижается, то есть мембрана начинает «дышать», и постепенно достигает влажности 40%, что обеспечивает преимущество импортных мембранных тканей и делает их привлекательными и конкурентоспособными.

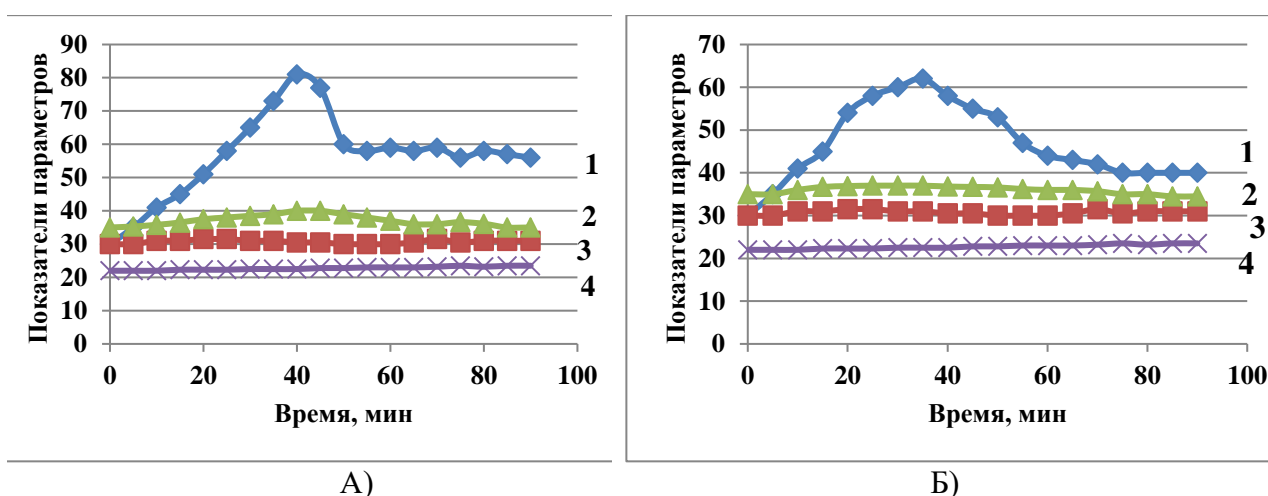


Рисунок 1 - Данные кинетики изменения влажности (1 и 3), % и температуры (2 и 4), °С, пододежного пространства мембранных тканей: А) – арт. С 911М; Б) - арт. ALM049, со стороны ткани: - 1 и 2 - изнаночной, 3 и 4 - лицевой

Криолиз (многократное замораживание - оттаивание) тканей с поровыми мембранами приводит к снижению: на 6-17% разрывной нагрузки, на 5-15% жесткости при изгибе и на 20-41% водоупорности. При этом паропроницаемость возрастает на 47-64%. Криолиз тканей с беспоровыми мембранами приводит к снижению: на 8-27% разрывной нагрузки, жесткости при изгибе на 8-15% и водоупорности на 28-51% и возрастанию ~2-3 раза паропроницаемости. Поровые мембраны более устойчивы к криолизу, чем беспоровые, поскольку влага сорбируется всей поверхностью беспоровых мембран, а при замораживании вода увеличивается в объеме, ухудшая свойства мембраны.

Исследование влияния технологических факторов производства одежды на структуру и свойства мембранных тканей показало, что места прокола иглой имеют рваный вид неправильной формы со значительными размерами, от 0,6 до 1,2 мм. Поэтому швы мембранных тканей необходимо герметизировать. Швы с герметизацией не намокают в течение 24 часов эксперимента.

**Четвертая глава** посвящена исследованию утепляющих материалов. Представлены результаты исследования и разработки инновационного электрообогреваемого терморегулирующего текстильного материала (ТТМ). Для формирования структуры терморегулируемого слоя в качестве основного

электроизоляционного слоя использовали хлопчатобумажную ткань арт. 210 поверхностной плотностью 110 г/м<sup>2</sup>, на которую по разметке «синусоидально» укладывали углеродную нить (УН). Сверху располагали клеевой прокладочный материал и дублировали на прессе. В результате УН надежно фиксируется в структуре электрообогреваемого композиционного текстильного материала (ЭОКТМ). Установлено, что образцы с синусоидальным расположением УН линейной плотности 205 и 400 текс и расстоянием между витками  $h=20$  и 30 мм обеспечивают нагрев поверхности многослойного материала до температуры 28-45°C. Предложенная схема электропитания, даже при выходе из строя нескольких элементов ЭОКТМ, будет сохранять свои функциональные способности. Источником питания является аккумулятор Li-PO (3S) массой - 165 г, емкостью - 2200 мА/ч, с безопасным рабочим напряжением - 12 В и работой в нескольких температурных режимах, что позволяет пользователю сохранять свободу перемещения и управлять микроклиматом пододежного пространства.

На предприятии ООО «КВН СЕРВИС» была создана опытно-промышленная установка по разработанному способу производства ЭОКТМ, и наработана опытно-промышленная партия материала, о чем свидетельствует акт предприятия. Образцы ЭОКТМ, полученные в производственных условиях характеризуются поверхностной плотностью 195-225 г/м<sup>2</sup>, прочностью клеевого соединения -  $8\pm 0,3$  Н/см, разрывной нагрузкой -  $(67/75)\pm 1$  даН, воздухопроницаемостью - 230 дм<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>с, жесткостью при изгибе - 4200/4610 мкН·см<sup>2</sup>, относительной паропроницаемостью - 35,8%. Температура поверхности на первом режиме работы аккумулятора в течение 1 минуты достигает  $33\pm 1$ °С. Разработанный ЭОКТМ можно рекомендовать для изготовления широкого ассортимента изделий: специальной и бытовой терморегулируемой одежды, а также изделий бытового и технического назначения (одеял, подушек автомобилей) и других целей.

Полученные справочные данные теплофизических и прочностных свойств нетканых утеплителей позволяют обоснованно формировать пакеты материалов для утепленной одежды. Установлена функциональная зависимость теплового сопротивления от основных параметров структуры и свойств объемных нетканых утеплителей одежды. Установлено, что утеплители характеризуются высокой устойчивостью к деформациям многократного сжатия 94%. После многократного криолиза при температуре (-20) °С устойчивость к деформациям многократного сжатия снижается на 7,5-10%, что гарантирует сохранение теплозащитных свойств в процессе эксплуатации изделий.

**Пятая глава** посвящена разработке структуры и исследованию свойств пакетов материалов терморегулируемой утепленной одежды для людей с ограниченными возможностями движения (ЛОВД). Формирование без барьерной среды для ЛОВД - является стратегической задачей правительства РФ. Вопросами проектирования одежды для ЛОВД с учетом заболевания посвящены труды российских и зарубежных ученых: Волковой В.М., Савченковой И.Е., Харловой О.Н., Андреевой Е.Г., Meinander Н. и других, что подчеркивает актуальность проблемы. Формирование структуры пакетов материалов ТОЧ для ЛОВД выполняли с учетом требований ГОСТ Р 53453-2009.

Структура пакетов включала: ткань верха – мембранная ткань арт. С 911М; утеплитель - Холлофайбер СОФТ поверхностной плотности 100 и 200 г/м<sup>2</sup>, и

разработанный ЭОКТМ; подкладка - трикотажное полотно поларфлис поверхностной плотности 300 г/м<sup>2</sup> с двухсторонним ворсом из 100% полых полиэфирных волокон.

Терморегулируемый ЭОКТМ располагали между подкладочным слоем и утеплителем (пакеты №1 и 2), между двумя слоями утеплителя (пакет №3) и между подкладочным и двумя слоями утепляющего материала (пакет №4). (Исследования теплозащитных свойств пакетов материалов с ЭОТКМ, проводили по известной методике, разработанной Жихаревым А.П. и Бессоновой Н.Г.). Каждому пакету материалов придавали цилиндрическую форму и соединяли слои ниточным швом снизу и с боку. В верхний срез настрачивали кулису с вложением шнура,

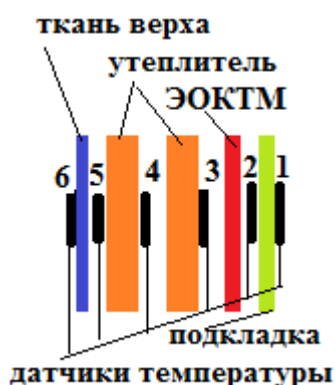


Рисунок 2 – Схема расположения датчиков температуры в пакете материалов

предварительно вкладывая между слоями пакетов материалов датчики температуры по схеме (рис. 2), для исследования процесса охлаждения имитатора тела человека (сосуда с водой, нагретого до 36,5±0,5°С) помещенного в пакет материалов одежды. Теплоизолирующую способность разных пакетов материалов определяли по темпу охлаждения поверхности сосуда с водой.

Результаты исследований показали, что при температуре в криокамере (-10°С) процесс охлаждения имитатора тела человека, одетого в пакет материалов №1 (с одним слоем утеплителя и нагревом ЭОКТМ до 34±0,5°С) происходит постепенно, и через 180 мин достигает температуры нагрева ЭОКТМ (34°С), а затем поддерживается постоянной на этом уровне (рис. 3).

Аналогичная зависимость и для пакета №2. Это позволяет сделать заключение о возможности применения утеплителя в 1 слой для зимней теплозащитной одежды, при условии использования ЭОКТМ.

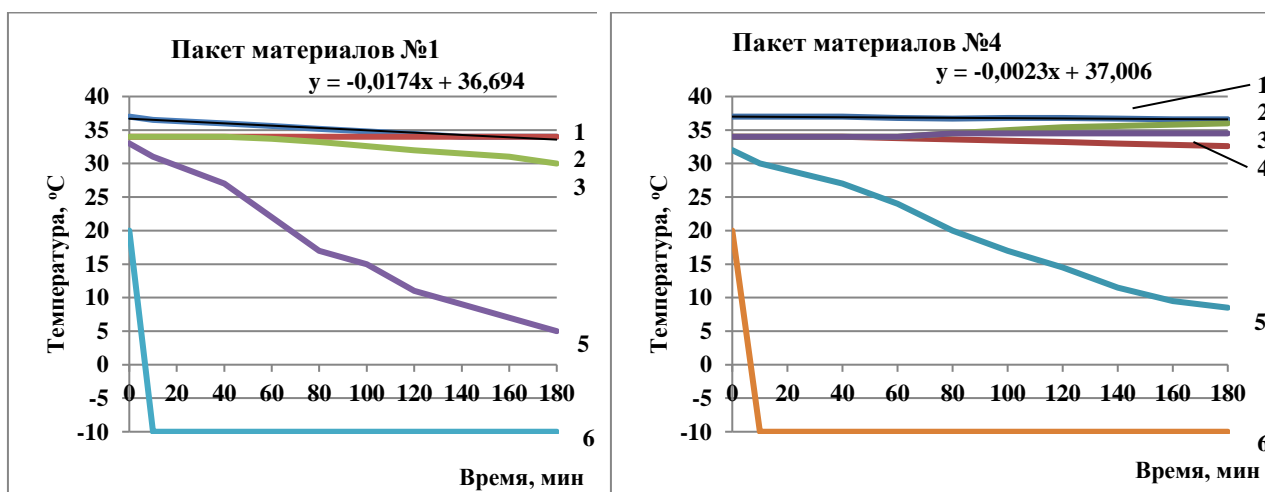


Рисунок 3 Динамика изменения температуры в структуре пакета материалов №1 и №4 с включенным ЭОКТМ при температуре окружающей среды (-10 °С): 1,2,3,4, 5,6 - датчики температуры по слоям пакета материалов (рис. 2)

Охлаждение имитатора, одетого в пакеты №3 и №4 с утеплителем в 2 слоя и нагревом ЭОКТМ до 34±0,5°С, при температуре в криокамере (-10°С) практически

не происходит и остается на уровне  $36,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$ . Утеплители в 2 слоя независимо от расположения ЭОКТМ в структуре пакетов №3 и №4, более стабильно поддерживают температуру пододежного пространства (рис. 3). При снижении температуры в криокамере до  $(-20^\circ\text{C})$ , температура пододежного пространства в течение 180 минут снижается до температуры нагрева ЭОКТМ и остается комфортной. Из разработанного пакета материалов №4 был изготовлен термообогревающий чехол (ТОЧ) и проведена опытная носка изделия. Анализ результатов анкетирования респондентов подтвердил экспериментальные данные исследования кинетики температуры и влажности пододежного пространства при эксплуатации ТОЧ. Все респонденты на всех этапах оценивали самочувствие как комфортное – нейтральное, нормальное. Все респонденты отмечали важность производства ТОЧ для ЛОВД. Изделие легко одевалось и снималось. Фиксация ТОЧ к креслу исключало его скольжение и нежелательное перемещение в кресле.

### ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Разработана иерархическая классификация утепляющих материалов, в которой систематизированы инновационные пассивные и активные утеплители одежды, и учтены принципы функционирования, способа производства, структура, волокнистый состав, свойства и специальные виды отделки. Классификация позволяет рационально конфекционировать материалы в пакет одежды с учетом назначения изделий и требований нормативно-технической документации.

2. Получена математическая зависимость паропроницаемости от параметров структуры и свойств мембранных тканей:  $V_n = \rho \cdot d \cdot M_s \cdot V_p \cdot \Delta P^{-1} \cdot V^{10} \cdot V_n^8$ , г/(м<sup>2</sup>·сек), которая позволяет прогнозировать свойства мембранных тканей на стадии их проектирования, а также прогнозировать изменение паропроницаемости мембранных тканей в процессе эксплуатации изделий.

3. Установлена зависимость изменения паропроницаемости:  $V_{nk} = 81,8 \cdot K + V_{n0}$ , и водоупорности:  $V_n = -17,46 \cdot K + V_{n0}$ , от количества (K) циклов криолиза. Многократный криолиз тканей с поровыми мембранами приводит к снижению на ~6-17% разрывной нагрузки, жесткости при изгибе на 5-15%, водоупорности на 20-41% и возрастанию паропроницаемости на 47-64%. Многократный криолиз тканей с беспоровыми мембранами приводит к снижению на ~8-27% разрывной нагрузки, жесткости при изгибе на 8-15%, водоупорности на 28-51% и возрастанию ~2-3 раза паропроницаемости.

4. Установлена кинетика процесса изменения влажности и температуры пододежного пространства мембранных тканей. Доказано, что отечественные мембранные ткани выводят влагу из пододежного пространства при влажности 80% и температуре  $40^\circ\text{C}$ . Импортные ткани выводят влагу при влажности пододежного пространства не более  $60 \pm 2\%$  и температуре  $36-37^\circ\text{C}$ , что делает их более привлекательными и конкурентоспособными.

5. Доказано, что исследуемые объемные утеплители характеризуются высокой устойчивостью к деформациям многократного сжатия - 94%. После многократного криолиза при температуре  $(-20)^\circ\text{C}$  устойчивость к деформациям сжатия снижается на 10%, а после пятикратной мокрой обработки на  $2 \pm 0,2\%$ , что приводит к снижению теплового сопротивления утеплителей на 4-8%.

6. Разработан термообогревающий текстильный материал, который обеспечивает равномерный регулируемый нагрев поверхности материала до температуры 28-40°C. Разработан способ производства терморегулируемых текстильных материалов, наработана опытная партия материала, исследованы свойства и определены области его применения.

7. Установлена зависимость теплового сопротивления от основных параметров структуры и свойств объемных нетканых утеплителей одежды:  $R = \frac{T \cdot \rho \cdot S \cdot \delta}{M_z^2 \lambda}$ , м<sup>2</sup>·К/Вт, которая позволяет прогнозировать теплозащитные свойства материалов на стадии их проектирования и конфекционирования в пакет одежды, а также прогнозировать изменение теплозащитной функции одежды в процессе ее эксплуатации.

8. Разработан пакет материалов и изготовлен чехол для людей с ограниченными возможностями движения. Доказано, что термообогреваемый чехол в режиме нагрева до 34±0,5°C, обеспечивает термальный комфорт в течение 2 и более часовой прогулки в коляске при температуре до (-10) °C и ниже. Опытная носка термообогреваемого чехла подтвердила комфортные термальные условия при эксплуатации ТОЧ.

9. Получены справочные данные физико-механических и эксплуатационных свойств исследуемых отечественных и импортных мембранных тканей, и нетканых утеплителей, которые позволяют обоснованно формировать пакеты материалов для утепленной одежды. Разработанные пакеты материалов рекомендуются, как для людей с ограниченными возможностями движения, так и для изготовления спецодежды МЧС, нефтяников и других профессий, а также бытовой одежды для эксплуатации в суровых условиях Крайнего Севера, Заполярья и Сибири.

#### **Публикации, отображающие основное содержание диссертации:**

##### **Статьи в изданиях, входящих в «Перечень ВАК»:**

1. **Климова Н.А.**, Микрюкова О.Н., Ковалева Н.Е., Бесшапошникова В.И., Кирсанова Е.А. Разработка классификации современных утепляющих материалов на основе анализа ассортимента [Текст] // Дизайн и технологии. 2019. №69(111). С. 65-72. (0,5/0,3 п.л.);

2. Бесшапошникова В.И., **Климова Н.А.**, Бесшапошникова Н.В., Ковалева Н.Е. Влияние низких температур на эксплуатационные свойства мембранных тканей для одежды [Текст] // Химические волокна. №1, 2020. – С. 55-58. (Web of Science) (0,25/0,15 п.л.);

3. Бесшапошникова В.И., **Климова Н.А.**, Бесшапошникова Н.В., Ковалева Н.Е. Влияние эксплуатационных факторов на паропроницаемость мембранных тканей и пакетов одежды [Текст] // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. №6(390), 2020. – С. 51-54. (0,25/0,15 п.л.).

##### **Статьи в зарубежных и российских журналах:**

4. Besshaposhnikova V.I., **Klimova N.A.**, Besshaposhnikova N. V., Kovaleva N. E. Influence of Low Temperatures on the Operational Properties of Membrane Fabrics for Clothes. [Текст] // Fibre Chemistry; May 2020, Vol. 52 Issue 1, p59-62, (**входит в базы Web of Science и Scopus**). (0,25/0,15 п.л.);

5. Besshaposhnikova V.I., **Klimova N.A.**, Kovaleva N.E. Research Of The Effect Of Low Temperatures On The Structure And Properties Of Membrane Fabrics For

Clothing. [Текст] // ISJ Theoretical & Applied Science, (2018) 11 (67):54-61 - <http://s-o-i.org/1.1/TAS-11-67-10> (USA, Philadelphia). (0,5/0,3 п.л.);

6. Бесшапошникова В.И., **Н.А. Климова**, Н.Е. Ковалева Исследование влияния структуры на свойства объемных нетканых утеплителей одежды [Текст] // Материалы и технологии, 2018. - №2. - С. 28-32. (Беларусь) <https://doi.org/10.24411/2617-149X-2018-12005>. (0,31/0,25 п.л.);

7. Климова Н.А., В. И. Бесшапошникова, Е. А. Логинова, Е. В. Мезенцева Рациональное конфекционирование инновационных материалов в пакет теплозащитной одежды [Текст] // Вестник текстильлегпрома, весна 2020, С. 58-61. (0,25/0,15 п.л.).

#### Статьи, опубликованные в других изданиях:

8. Бесшапошникова В.И., Липатова Л.А., **Климова Н.А.**, Шульц Ю.М. Исследование влияния ЭМП СВЧ на адгезионное соединение слоев многослойных материалов // «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности» (ИННОВАЦИИ-2016): сборник материалов Международной научно-технической конференции. Часть 2. – М.: ФГБОУ ВО «МГУДТ», 2016. – С.10-14. (0,31/0,2 п.л.);

9. Л.А. Липатова, В.И. Бесшапошникова, Н.В. Бесшапошникова, В.Ш. Хетагурова, Е.В. Субботина, **Н.А. Климова**. Обогревающий композиционный текстильный материал // Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Инновационное развитие легкой промышленности», КНИТУ, 16 - 18 ноября 2016г., Казань, 2016. – С. 57-59. (0,19/0,15 п.л.);

10. Субботина Е.В. Анализ инноваций в создании терморегулируемой одежды и материалов / Е.В. Субботина, **Н.А. Климова**, А.С. Комарова, В.И. Бесшапошникова // IV конференция молодых ученых, аспирантов и студентов «Церевитиновские чтения 2017», 22 марта 2017 г., г. Москва, РЭУ им. Г.В. Плеханова, С. 67-70. (0,25/0,15 п.л.);

11. Бесшапошникова В.И. Инновационные технологии создания терморегулируемой одежды и материалов / Бесшапошникова В.И., Субботина Е.В., **Климова Н.А.**, Комарова А.С. // Международная заочная научно-практическая конференция «Техническое регулирование: базовая основа качества материалов, изделий и услуг», 23-24 марта 2017 г., г. Шахты, ИСОиП (филиал) ДГТУ, [Электронный ресурс] С. 348-354. (0,44/0,3);

12. **Климова Н. А.** Исследование свойств утепляющих материалов и пакетов теплозащитной одежды / Климова Н. А., Шульц Ю.М., Бесшапошникова В.И. // Международная научно-техническая конференция «Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности», ВГТУ, Витебск, 21-22 ноября 2017. – С. 51-54. (0,25/0,2 п.л.);

13. **Н. А. Климова**, Исследование свойств пакетов теплозащитной одежды / Н.А. Климова, В.И. Бесшапошникова, Е.А. Шампаров, Н.Е. Ковалева, И.Н. Жагрина, Т.С. Лебедева // II Международная научно-практическая конференция молодых специалистов и ученых «Инновационное развитие легкой промышленности» Казань, 16 ноября 2017 г. – С. 61-65. (0,31/0,25 п.л.);

14. **Климова Н.А.** Исследование структуры и свойств мембранных тканей для одежды и обуви / Климова Н.А., Мельников Н.А., Рудой А.С, Верзилин Н.С.,

Горошко А.В, Казакова Н.М., Бесшапошникова В.И. // Технологии, дизайн, наука, образование в контексте инклюзии: Сборник научных трудов. Часть 1. - М. : РГУ им. А.Н. Косыгина, 2018. - С. 50-53. (0,25/0,15 п.л.);

15. Бесшапошникова В.И. Огнезащищенный утеплитель для спецодежды / Бесшапошникова В.И., Ковалёва Н.Е., Микрюкова О.Н., **Климова Н.А.**, Немкина А.Г., Казакова Н.А., Рамазанова М.Т., // Международная заочная научно-практическая конференция «Техническое регулирование: базовая основа качества материалов, изделий и услуг», 21-22 марта 2018 г., г. Шахты, ИСОиП (филиал) ДГТУ, [Электронный ресурс] С. 82-88. (0,44/0,3 п.л.);

16. Бесшапошникова В.И. Формирование пакетов материалов для огнезащитной утепленной спецодежды / Бесшапошникова В.И., **Климова Н.А.**, Микрюкова О.Н., Загоруйко М.В., Ковалёва Н.Е., Немкина А.Г., Казакова Н.А., Рамазанова М.Т., Логинова Е.А. // В сборнике: Материалы докладов 51-й международной научно-технической конференции преподавателей и студентов в двух томах. 2018. С. 278-280. (Витебск) (0,19/0,1 п.л.);

17. **Климова Н.А.**, Горошко А.В., Рудой А.С., Бесшапошникова В.И. Анализ методов и исследование паропроницаемости мембранных тканей // Международная научная студенческая конференция «Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности» (ИНТЕКС-2018), Москва, 17-19 апреля 2018 г. РГУ им. А.Н. Косыгина, 2018. – С. 71-75. (0,31/0,25 п.л.);

18. **Климова Н.А.** Исследование структуры и свойств мембранных тканей для одежды / Климова Н.А., Бесшапошникова В.И., Микрюкова О.Н., Лаговский П.В., \*Ковалева Н.Е // V Международная научно-техническая конференция «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности» (ИННОВАЦИИ-2018), 14-15 ноября 2018 года, РГУ им. А.Н. Косыгина, сборник материалов, часть 2. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2018. - С. – 79-82. (0,25/0,15 п.л.);

19. Бесшапошникова В.И. Исследование влияния криолиза на свойства мембранных тканей / Бесшапошникова В. И., **Климова Н. А.**, Логинова Е. А., Рудой А. С. // В сборнике: Высокие технологии и инновации в науке. Сборник статей Международной научной конференции. 2018. С. 79-85. (0,44/0,3 п.л.);

20. **Климова Н.А.** Влияния многократного замораживания-оттаивания на свойства мембранных тканей / Климова Н.А., Бесшапошникова В.И., Логинова Е.А., Рудой А.С, Верзилин Н.С., Узбеков Д.С. // В сборнике: Эргодизайн как инновационная технология проектирования изделий и предметно-пространственной среды: инклюзивный аспект. Сборник научных трудов. Москва, 2019. С. 112-116. (0,31/0,25 п.л.);

21. **Климова Н.А.** Исследование структуры и свойств мембранных тканей для одежды / Климова Н.А., Логинова Е.А., Рудой А.С., Морозов Д.А., Степанова И.В., Шевченко С.В., Бесшапошникова В.И. // В сборнике: Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности (ИНТЕКС-2019). Сборник материалов Международной научной студенческой конференции. 2019. С. 37-40. (0,25/0,15 п.л.);

22. **Климова Н.А.** Мембранные материалы для теплозащитной одежды / Климова Н.А., Немкина А.Г., Бесшапошникова В.И. // VIII международная научно – техническая конференция «Перспективные полимерные композиционные материалы. Альтернативные технологии. Переработка. Применение. Экология»

(«Композит-2019»), 21-23 мая 2019 г, г. Энгельс, ЭТИ СГТУ им. Ю.А. Гагарина, 2019. – С. 25-28. (0,25/0,2 п.л.);

23. **Климова Н.А.** Анализ ассортимента и оценка показателей качества водозащитных тканей для одежды // Климова Н.А., Логинова Е.А., Рудой А.С., Лаговский П.В., Бесшапошникова В.И. // В сборнике: «ЦЕРЕВИТИНОВСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2019». Материалы VI Международной научно-практической конференции. 2019. С. 199-201. (0,19/0,1 п.л.);

24. **Климова Н.А.** Инновационные материалы для теплозащитной одежды / Климова Н.А., Бесшапошникова В.И., Немкина А.Г, Ковалева Н.Е. // В сборнике: Современные инженерные проблемы в производстве товаров народного потребления. Сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума, Международного Косыгинского Форума. 2019. С. 9-14. (0,38/0,3 п.л.);

25. **Климова Н.А.** Разработка и исследование свойств пакетов теплозащитной одежды / Климова Н.А., Бесшапошникова Н.В., Логинова Е.А, Рудой А.С., Бесшапошникова В.И., Ковалева Н.Е. // В сборнике: Сборник научных трудов. посвященный 75-летию кафедры Материаловедения и товарной экспертизы. под ред. Шустова Ю.С., Буланова Я.И., Курденковой А.В., Москва, 2019. С. 74-78. (0,31/0,25 п.л.);

26. Бесшапошникова В.И. Структура и свойства пакетов материалов для огнезащитной утепленной спецодежды / Бесшапошникова В.И., **Климова Н.А.**, Бесшапошникова Н.В., Орлова Х. // В сборнике: Фундаментальные и прикладные проблемы создания материалов и аспекты технологий текстильной и легкой промышленности. Сборник статей Всероссийская научно-техническая конференция. под. ред. Л. Н. Абуталиповой. 2019. С. 180-184. (0,31/0,25 п.л.);

27. **Климова Н.А.** Изменение свойств мембранных тканей под влиянием эксплуатационных факторов / Климова Н.А., Логинова Е.А., Арапханова Х.Б., Бесшапошникова В.И. // В сборнике: Сборник научных трудов Международной научной конференции, посвященной 110-летию со дня рождения профессора А.Г. Севостьянова. Материалы конференции. Москва, 2020. С. 289-292. (0,25/0,2 п.л.);

28. **Климова Н.А.** Прогнозирование водонепроницаемости тканей с мембранным покрытием / Климова Н.А., Бесшапошникова В.И., Логинова Е.А., Арапханова Х.Б. // Молодые ученые - развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК). 2020. № 1. С. 289-291. (0,19/0,1 п.л.);

29. **Климова Н.А.** Прогнозирование показателей качества мембранных тканей / Бесшапошникова В.И., Климова Н.А., Логинова Е.А., Арапханова Х.Б. // В сборнике: ЦЕРЕВИТИНОВСКИЕ ЧТЕНИЯ - 2020. Материалы VII Международной научно-практической конференции. Москва, 2020. С. 161-164. (0,25/0,2 п.л.);

30. Логинова Е.А. Анализ и систематизация ассортимента мембранных тканей для одежды / Логинова Е.А., **Климова Н.А.**, Бесшапошникова В.И. // VI Международная научно-техническая конференция «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности» (ИННОВАЦИИ-2020), РГУ им. А.Н. Косыгина, Москва, 20 октября 2020 г. С. 84-88. (0,31/0,25 п.л.);

31. Бесшапошникова В.И. Пакет материалов теплозащитной одежды / Бесшапошникова В.И, **Климова Н.А.**, Логинова Е.А. // В сборнике: Актуальные проблемы экспертизы, технического регулирования и подтверждения соответствия



продукции текстильной и легкой промышленности. Сборник трудов по итогам работы Круглого стола с международным участием. 2021. С. 42-47. (0,38/0,3 п.л.);

32. **Климова Н.А.** Влияние технологических факторов производства одежды на структуру и свойства мембранных тканей / Климова Н.А., Логинова Е.А., Степанова И.В., Бесшапошникова В.И. // Инновационное развитие техники и технологий в промышленности: сборник материалов Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием. (Интекс-2021), Часть 1.–М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2021.– С. 122-125. (0,25/0,2 п.л.);

33. **Климова Н.А.** Разработка и исследование свойств электрообогреваемого композиционного текстильного материала терморегулируемой одежды / Климова Н.А., Бесшапошникова В.И. // Сборник научных трудов Международной научной конференции, посвященной 150-летию со дня рождения профессора Н.А. Васильева (26 мая 2021г.). Часть 1. –М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2021.- С. 132-136. (0,31/0,25 п.л.).

КЛИМОВА НАТАЛИЯ АЛЕКСАНДРОВНА

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ТЕРМОРЕГУЛИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ И  
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПАКЕТОВ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Усл.-печ. 1,0 п.л. Тираж 80 экз. Заказ №  
Редакционно-издательский отдел РГУ им. А.Н. Косыгина  
117997, г. Москва, ул. Садовническая, 33, стр. 1  
Отпечатано в РИО РГУ им. А.Н. Косыгина