

**Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Донской государственный технический университет»
в г. Шахты Ростовской области**

На правах рукописи



Лукьянова Екатерина Борисовна

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ЖЕНСКОЙ ТЕПЛОЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ
ДЛЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ КРИОСФЕРЫ**

Специальность 05.19.04 «Технология швейных изделий»

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель

доктор технических наук, профессор
Черунова И.В.

Шахты – 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 ПРОБЛЕМЫ И РЕСУРСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЖЕНСКОЙ ТЕПЛОЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ ДЛЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ КРИОСФЕРЫ.....	21
1.1 Криосфера как системная основа для проектирования теплозащитной одежды.....	21
1.2 Исследование и развитие системы районирования территорий криосферы для проектирования теплозащитной одежды.....	26
1.3 Проблемы и особенности функционирования организма женщины в холодных условиях криосферы.....	37
1.4 Современные требования и методы проектирования теплозащитной одежды для женщин.....	45
1.5 Анализ структуры и свойств современных материалов и пакетов из них для женской теплозащитной одежды.....	49
1.5.1 Анализ структуры и свойств пакетов материалов телозащитной одежды.....	48
1.5.2 Современные теплоаккумулирующие материалы и ресурсы их применения в пакетах теплозащитной одежды.....	57
1.6 Анализ средств автоматизированного проектирования теплозащитной одежды.....	70
1.7 Анализ способов оценки эргономической эффективности теплозащитной одежды в обеспечении работоспособности человека.....	72
Выводы по первой главе.....	77

2.	ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ ПОВЕРХНОСТИ ЖЕНСКОЙ ТЕПЛОЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ В ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ УСЛОВИЯХ КРИОСФЕРЫ.....	81
2.1	Процесс образования и влияния льда как компонента криосферы на свойства поверхности теплозащитной одежды.....	81
2.2	Разработка методики и средств исследования прочностных свойств материалов верха телозащитной одежды в условиях фактического промерзания.....	86
2.3	Экспериментальные исследования влияния холода и льда при фактическом промерзании на устойчивость к разрывной нагрузке материалов верха теплозащитной одежды.....	91
2.4	Экспериментальные исследования влияния циклического промерзания на устойчивость к истиранию и комплексные проявления механических свойств материалов верха теплозащитной одежды.....	102
2.5	Исследование эксплуатационных свойств соединительных материалов и швов теплозащитной одежды в условиях фактического промерзания.....	109
	Выводы по второй главе.....	120
3.	РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ГИБРИДНЫХ ОБОЛОЧЕК С ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩИМИ КОМПОНЕНТАМИ ДЛЯ ТЕПЛОЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ.....	123
3.1	Микроструктурные исследования опорных волокнистых теплоизоляционных материалов для одежды.....	126
3.2	Микроструктурные исследования теплоаккумулирующих компонент на волокнистой основе.....	132

3.3	Разработка структуры волокнистых гибридных оболочек с теплоаккумулирующими компонентами.....	137
3.4	Исследование теплофизических свойств новых функциональных гибридных оболочек для теплозащитной одежды.....	141
	Выводы по третьей главе.....	150
4	МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ «ЖЕНЩИНА - ТЕПЛОЗАЩИТНАЯ ОДЕЖДА - ХОЛОДНАЯ СРЕДА КРИОСФЕРЫ – СНЕГ» В ПРОЦЕССАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОДЕЖДЫ.....	153
4.1	Исследование снежного покрытия теплозащитной одежды.....	154
4.2	Обоснование параметров и моделирование процессов теплообмена в системе «Женщина-теплозащитная одежда-холодная среда криосферы-снег»	164
	Выводы по четвертой главе.....	176
5	АЛГОРИТМИЗАЦИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ АПРОБАЦИЯ И ОЦЕНКА ПРОЦЕССОВ И ОБЪЕКТОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЖЕНСКОЙ ТЕПЛОЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ ДЛЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ КРИОСФЕРЫ.....	178
5.1	Алгоритмизация процесса проектирования пакетов и параметров теплозащитной оболочки женской одежды для применения в САПР.	178
5.2	Обоснование и разработка женского теплозащитного костюма для климатических условий криосферы.....	186
5.3	Разработка способа эргономического мониторинга и оценка женского теплозащитного костюма с встроенной функцией управления безопасным режимом физической работы в холоде.....	190
	Выводы по пятой главе.....	199

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	201
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	207
ПРИЛОЖЕНИЕ А Характеристики криосферы (справочное).....	243
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Климатические параметры районирования территорий для проектирования теплозащитной одежды (справочное).....	246
ПРИЛОЖЕНИЕ В Параметры физиологических реакций женского организма на факторы холодного климата (справочное).....	248
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Требуемая теплоизоляция в зависимости от уровней активности при различных температурах окружающей среды (обязательное).....	249
ПРИЛОЖЕНИЕ Д Уровень основного обмена женщин для проектирования одежды (обязательное).....	250
ПРИЛОЖЕНИЕ Е Характеристики текстильных материалов для теплозащитных пакетов одежды (обязательное).....	251
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж Характеристики теплоаккумулирующих материалов (обязательное)	256
ПРИЛОЖЕНИЕ И Характеристики систем автоматизированного проектирования одежды (фрагмент) (обязательное).....	259
ПРИЛОЖЕНИЕ К Патентные исследования способов мониторинга работоспособности человека в одежде (обязательное).	260
ПРИЛОЖЕНИЕ Л Режим циклического охлаждения человека в теплозащитной одежде (обязательное).....	268

ПРИЛОЖЕНИЕ М	Патент на изобретение № 2694111 «Экспериментальная установка для исследования охлажденных текстильных материалов» (обязательное).....	270
ПРИЛОЖЕНИЕ Н	Экспериментальные исследования механических свойств материалов верха теплозащитной одежды в условиях фактического промерзания (обязательное) ...	271
ПРИЛОЖЕНИЕ П	Характеристики швейных ниток для теплозащитной одежды (обязательное)	276
ПРИЛОЖЕНИЕ Р	Микроструктурные исследования волокнистой основы теплоизоляционных оболочек одежды (обязательное).....	278
ПРИЛОЖЕНИЕ С	Характеристики оборудования микроструктурных исследований (справочное)	280
ПРИЛОЖЕНИЕ Т	Система кодирования признаков и параметров моделей структуры поликомпонентных гибридных оболочек для теплозащитной одежды (обязательное)...	282
ПРИЛОЖЕНИЕ У	Исследование теплопроводности гибридных оболочек с теплоаккумулирующими компонентами на текстильной основе (обязательное).....	286
ПРИЛОЖЕНИЕ Ф	Тестовое исследование накопления снега на поверхности теплозащитной одежды (обязательное) ...	288
ПРИЛОЖЕНИЕ Х	Теплофизические характеристики модели женского тела для моделирования процессов теплообмена человека через одежду со средой (обязательное).....	289

ПРИЛОЖЕНИЕ Ц	Чертежи деталей конструкции женского теплозащитного костюма для климатических условий криосферы, выполненный в условиях САПР одежды (обязательное)	291
ПРИЛОЖЕНИЕ Ч	Патент на полезную модель № 190542 «Теплозащитный костюм с функцией управления безопасным режимом физической работы» (обязательное).....	292
ПРИЛОЖЕНИЕ Ш	Акты внедрения результатов диссертационной работы (обязательное).....	294

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. В соответствии с планом государственных мероприятий на период до 2025 г. [1,2] с 1 января 2021 года вступил в действие новый перечень производств, работ и должностей, на которых ограничивается труд женщин [3]. Он расширил сферу трудоустройства женщин на 356 новых профессий, включая профессии, связанные со сложными производственными и климатическими условиями труда, особенно характерными для холодных сезонов и регионов, имеющими сезонный характер в странах Европы и Азии и преобладающими в течение всего года в северных регионах планеты. Среди них значительную долю занимает Россия [4, 5]. В то же время на технологии обеспечения эффективных условий жизнедеятельности людей в холодных условиях направлено в настоящее время внимание со стороны многих стран в связи с активным расширением производственных процессов в Арктике [252], что отражает, в первую очередь, интересы Государственной программы «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации» [6]. Анализ данных за последнее десятилетие показал, что тренд на увеличение притока людей в холодные регионы распространяется не только мужчин, но и на женщин [7], доля которых в сфере промышленности в общем числе работников, по данным Минпромторга [8], составила уже 40,1%. Поэтому женская теплозащитная одежда приобрела повышенный уровень значимости, так как относится к основному средству индивидуальной защиты и адаптации женщины к условиям холода [4], а в сочетании с расширенным спектром производственных условий и напряженного труда приобретает повышенные требования к сохранению женского здоровья, индивидуальной безопасности и производительности работы женщин в холодных климатических условиях [9], которые требуют соответствующего учета в проектировании одежды.

Учитывая, что основные требования к производству теплозащитной одежды в России сформулированы в ГОСТ [5], который определяет укрупненное типовое районирование территории России на основе двух основных показателей –

температуры воздуха и скорости ветра, следует отметить, что фактические климатические условия в тех или иных холодных регионах существенно отличаются от усредненных, а изменения климата на земле и в России в частности в настоящее время привели к многочисленным аномальным явлениям [10, 11], включая нетипично снежные зимние периоды в Европе и России в целом [12,13]. То есть, снег и другие формы воды в состоянии льда в сочетании с низкими температурами стали для многочисленных районов жизнедеятельности людей неотъемлемыми, а иногда приоритетными факторами холодного периода, относя такие территории не только к традиционным зонам пониженных температур, но и к особым территориям так называемой «криосферы», определенной «совокупностью компонентов земной системы на поверхности суши, океана и под ней, которые заморожены» [14]. Несмотря на то, что в отечественной и мировой науке и практике существует значительный пласт исследований и разработок в области проектирования защитной одежды от холода, сформированный работами российских и зарубежных авторов [15-21 и др.], в которых учитываются факторы охлаждающей среды: основной - пониженная температура, а также ряд сопутствующих - ветер [22], влажность [23], давление на одежду [24], статическое электричество [25], при этом факторы криосферы (снег, лёд, в том числе в сочетании с сопутствующими факторами среды локальных территорий) в комплексном влиянии на человека и его одежду представляются недостаточно изученными в системе проектирования швейных изделий. Это обосновало внимание к системе «человек-одежда-среда криосферы» в первую очередь применительно к проектированию женской теплозащитной одежды, имеющей перспективу увеличения объёмов производства, исходя из общего устойчивого тренда роста рынка СИЗ [26], который в целом по прогнозам Министерства промышленности и торговли [27, 28] прогнозируется в России к 2025 году в среднем на 40%, что позволит расширить возможности и технологии защиты здоровья человека в холоде [29, 30] в целом и женского здоровья в условиях холода в частности [31]. Такую защиту формирует рациональная совокупность конструкции одежды и пакета использованных материалов.

Однако влияние снега и ледяных кристаллов, в том числе в сочетании с агрессивными компонентами среды морских акваторий криосферы, на прочность, износостойкость материалов и швов швейного изделия, на тепловую эффективность пакетов из них и на общий тепловой баланс человека в одежде в холоде с учетом терморегуляторных особенностей женского организма [32] - данный спектр научно-технических вопросов для проектирования женской теплозащитной одежды исследован недостаточно и требует получения новой базы знаний.

Кроме того, следует отметить, что основные требования к конструкции женской теплозащитной одежды остаются в рамках нормирования стандартом [5], единым с мужской одеждой, где ряд усредненных параметров теплоизоляции приводит к достаточно большому весу готовых изделий, часто идентичному мужской одежде, что негативно влияет на показатели работоспособности женщин [33] и формирует избыточные перегрузки во время выполнения физической работы в условиях криосферы [34]. Для решения такого рода проблем требуется поиск новых научно-технических решений в создании одежды не только эффективной по своим тепловым и эксплуатационным свойствам, но и обладающей специальными функциями, способными обеспечивать контроль эргономической эффективности теплозащитной одежды и работоспособности человека в ней. Это позволит расширить современные методы оценки теплозащитной одежды и управления ее свойствами с повышением ее общего качества и обоснованно обеспечить необходимую коррекцию режима применения теплозащитной одежды для повышения безопасности человека в условиях холода, что отражает интересы современной лёгкой промышленности [35] и согласуется с векторами Стратегии развития Арктической зоны России и обеспечения национальной безопасности до 2035 года [36]. Получаемые при этом базы новых знаний о современных материалах и инженерных методах их применения в теплозащитной одежде требуют их интегрирования в технологии автоматизированного проектирования швейных изделий в виде новых алгоритмов для цифрового развития производства,

что позволит внести вклад в решение задач, обозначенных в «Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 – 2030 годы» [37].

Степень научной разработанности проблемы. Существенный вклад в решение проблем развития и совершенствования процессов проектирования и производства теплозащитной одежды из различных материалов внесли российские и зарубежные ученые, такие как: Афанасьева, Р.Ф., Колесников, П.А., Жаворонков А.И., Расторгуева Л.Н., Бринк, И.Ю., Бекмурзаев, Л.А., Черунова И.В., Ташпулатов С.Ш., Бурмистрова О.В., Мокеева Н.С., Махоткина Л.Ю., Колесников П.А., Хамматова Э.А., Кокеткин П.П., Кащеев В.С., Меликов Е.Х., Третьякова А.И., Чубарова З.С., Савостицкий А.В., Лебедева Е.О., Тунгусова Н.А., Havenith G., Wang F., Stolwijk, J.R., Umbach K.H., Angelova R., Stankov P. и другие, в научных работах которых учитывались факторы холода и некоторые дополнительные факторы среды, разработаны методологические основы и прикладные технологии создания теплозащитной одежды, что является значительной базой знаний для дальнейшего развития свойств различных материалов и пакетов из них, методов и средств обеспечения и оценки многофункциональной эффективности теплозащитной одежды.

Диссертационная работа соответствует формуле специальности «Технология швейных изделий» – «область науки и техники, занимающаяся изучением технологии швейных изделий и конструирования одежды из различных материалов: тканей, трикотажного полотна, нетканых материалов, меха и др.; совершенствованием процессов проектирования одежды и технологических процессов с широким использованием ЭВМ; совершенствованием методов и средств моделирования и проектирования одежды, технологических процессов и оценки ее качества с широким использованием ЭВМ».

В части области исследований диссертационная работа соответствует п.2 «Совершенствование процесса и методов проектирования одежды на основе использования рациональной размерной типологии населения, требований ЕСКД и широкого применения современной вычислительной техники», п.3 «Разработка математического и информационного обеспечения систем автоматизированного

проектирования и раскроя деталей одежды», п.4 «Разработка рациональной конструкции и прогрессивной технологии изготовления швейных изделий различного назначения (бытовой, специальной, спортивной и др.), а также одежды нового ассортимента, обеспечивающих снижение затрат на производство и повышение качества продукции» и п.5 «Совершенствование методов оценки качества и проектирование одежды с заданными потребительскими и технико-экономическими показателями» паспорта научной специальности 05.19.04 – Технология швейных изделий.

Объект исследования – материалы и процессы проектирования и оценки женской теплозащитной одежды.

Цель исследования - расширение функций и эксплуатационной эффективности женской теплозащитной одежды на основе гибридных оболочек в охлаждающих условиях криосферы.

Предмет исследования – структура и свойства материалов для теплозащитной одежды и пакетов из них; процессы и модели теплообмена женщины в теплозащитной одежде с охлаждающей средой; алгоритмы для САПР теплозащитной одежды; технологии функциональной одежды для обеспечения работоспособности человека в холоде.

Для достижения поставленной цели решены следующие **задачи исследования:**

- выполнен анализ проблем и ресурсов проектирования женской теплозащитной одежды для климатических условий криосферы, в том числе:
 - обоснована концепция о рассмотрении криосферы как системной основы для проектирования теплозащитной одежды;
 - изучены и уточнены условия климатического районирования территорий криосферы для проектирования теплозащитной одежды;
 - изучены и определены проблемы и особенности функционирования организма женщины в холодных условиях криосферы применительно к проектированию теплозащитной одежды;

- проанализированы и систематизированы современные требования и методы проектирования теплозащитной одежды для женщин и выявлены направления их совершенствования;
- выполнен анализ структуры и свойств современных материалов и пакетов из них для женской теплозащитной одежды, включая специальные материалы с теплоаккумулирующими свойствами;
- проанализированы и определены современные требования и направления развития функций САПР теплозащитной одежды;
- выполнен анализ способов оценки эргономической эффективности теплозащитной одежды в обеспечении работоспособности человека и обосновано направление развития дополнительных функций теплозащитной одежды для женщин;
- исследованы материалы поверхности женской теплозащитной одежды в эксплуатационных условиях криосферы и предложены новые технологические решения для повышения устойчивости к механическим нагрузкам материалов и узлов швейных изделий в состоянии эксплуатационного промерзания;
- разработаны и исследованы функциональные гибридные оболочки с теплоаккумулирующими компонентами для теплозащитной одежды;
- выполнено моделирование и исследованы параметры системы «Женщина-теплозащитная одежда – холодная среда криосферы – снег» для процессов проектирования теплозащитной одежды;
- выполнена алгоритмизация, инженерная апробация и оценка процессов и объектов проектирования женской теплозащитной одежды для климатических условий криосферы.

Исследования выполнены на кафедре «Конструирование, технологии и дизайн» Института сферы обслуживания и предпринимательства (филиала) Донского государственного технического университета в г.Шахты в рамках базовой части государственного задания Министерства образования и науки РФ (2017-2018гг.) на тему «Исследование и моделирование свойств мягких пористых материалов и оболочек из них в условиях циклического промерзания в

среде Северного шельфа для технологий проектирования теплозащитной одежды повышенной износостойкости» (Проект №11.9194.2017/БЧ) и в рамках гранта РФФИ «Аспиранты» (2019-2021гг.) на тему «Исследование волокнистых материалов с теплоаккумулирующими свойствами в системе технологии проектирования теплозащитной одежды, устойчивой к комплексным эксплуатационным нагрузкам» (Проект №19-38-90324/19).

Методы исследования и технические средства решения задач.

Исследования выполнены с применением методов системного анализа, алгоритмизации, методов микроструктурных исследований, в том числе методов с использованием оборудования оптической и электронной микроскопии; методов текстильного материаловедения, методов термометрии, методов планирования эксперимента, вероятностных методов и методов математической статистики. Решение теоретических задач опиралось на применение классических научных подходов в теории тепломассообмена, аналитической геометрии. Применены методы 3d-геометрического моделирования микроструктур, методы компьютерного конструирования одежды; методы графической визуализации и интерпретации данных с использованием современных цифровых технологий и программных средств.

Информационно-теоретической базой диссертации послужили труды отечественных и зарубежных ученых в исследуемой и смежных областях, научная и справочная литература, конструкторско-технологическая документация.

Исследования и разработки выполнены с применением технических средств: комплекса оборудования лабораторий материаловедения швейного производства и автоматизированного проектирования одежды ИСОиП (филиала) ДГТУ в г.Шахты, оборудования оптической и электронной микроскопии на базе двухлучевого сканирующего электронного/ионного микроскопа ZEISS CrossBeam 340 в НОЦ «Материалы» Донского государственного технического университета в г.Ростов-на-Дону, тепловизора FLIR E5, а также компьютерных программных сред и продуктов, таких как: пакеты программ Microsoft Office, Grafer, CAD «Julivi», CAD «Novo-cut», VHX5000.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

- установлены зависимости и многофакторные модели, описывающие влияние условий фактического промерзания на механические свойства материалов верха, швейных ниток и технологических швов теплозащитной одежды в зависимости от их состава и структуры, эксплуатационного режима и температур охлаждения, а для некоторых климатических зон – морской соли, выявленные с применением разработанной экспериментальной установки для исследования охлажденных текстильных материалов, на которую получен патент РФ на изобретение;
- предложена концепция формирования и разработана новая структура гибридных оболочек с терморегулирующими свойствами для теплозащитной одежды, для которых установлены модели, описывающие функциональные связи параметров структуры, толщины, плотности, долевого содержания теплоаккумулирующих компонент с теплопроводностью и температурой внешней среды;
- обоснована и разработана модель тела женщины с уточненными геометрическими и тепловыми параметрами поверхности, интегрированная в математическую модель теплообмена в системе «Женщина – теплозащитная одежда - холодная среда криосферы - снег», результаты расчетов на которой позволили выявить и описать влияние структуры теплозащитной оболочки на толщину женской теплозащитной одежды с учетом покрытия снегом;
- разработаны новые алгоритмы для автоматизированного проектирования женской теплозащитной одежды, расширяющие функции проектных процедур и учитывающие способ получения, структуру, свойства и параметры гибридных терморегулирующих оболочек для климатических условий криосферы;
- Разработан принцип, алгоритм и способ реализации функции управления безопасным режимом физической работы женщины в холоде на основе системы мониторинга предложенного индекса усталости, автоматически

определяемого путем функционального соотношения динамики асимметричного движения контрольных частей тела человека в холоде и в состоянии теплового и двигательного комфорта, встроенной в теплозащитный костюм, на который получен патент РФ на полезную модель.

Теоретическая значимость работы.

Для развития теоретических аспектов науки в технологии швейных изделий имеют значение предложенная автором новая концепция и на ее основе алгоритмы проектирования теплозащитной одежды, в качестве системной основы которой определена криосфера, и комплекс разработанных моделей, ее обеспечивающих.

Практическая значимость работы:

- разработана методика определения климато-параметрических исходных данных на основе системы матриц кодирования факторов и уточненных границ районирования территорий криосферы с целью повышения уровня адресности проектных решений в женской теплозащитной одежде;
- разработана экспериментальная установка для исследования охлажденных текстильных материалов и швов швейных изделий в режиме фактического охлаждения, отличающееся тем, что в момент разрывной нагрузки на образцы они стабильно заморожены. Получен патент РФ на изобретение RU 2694111;
- разработана и исследована новая комплексная швейная нить на основе текстурированной полиэфирной основы с включением в структуру тонковолокнистого высокомолекулярного кристаллизованного полимерного волокна «Фторопласт-4», показавшая преимущества путем повышения до 12,7% прочности швов из тканей различного состава и плотности в условиях промерзания и с дополнительным воздействием морской соли;
- экспериментально обоснованы и сформулированы рекомендации по нормированию состава теплоаккумулирующих компонент в функциональных гибридных оболочках теплозащитной одежды (не более 40% в объеме теплозащитной оболочки в зависимости от температур холода);

- разработан женский теплозащитный костюм с функцией управления безопасным режимом физической работы (Получен патент РФ на полезную модель RU 190542 U1), а также инженерные рекомендации для технологии проектирования и производства женской теплозащитной одежды с повышенной защитой от снега и избыточного промерзания оболочки, обеспечивающей поддержку тепловой и эргономической эффективности одежды для женщины в холоде;

Достоверность проведенных исследований базируется на согласованности аналитических и экспериментальных результатов, опорой на положения классических научных теорий, на достоверный уровень полученных аппроксимаций, на использование современных информационных технологий, методов и средств проведения исследований. Апробация основных положений диссертации производилась в научной периодической печати, конференциях, а также в рамках производственных процессов на швейных предприятиях Ростовской области (ООО «ТПП «Техноформ»» г. Ростов-на-Дону, ИП Судорогина Н.В. г. Ростов-на-Дону, ООО «БВН инжиниринг» г. Новочеркасск).

Основные положения, выносимые на защиту:

разработанные

- концепция проектирования теплозащитной одежды, в качестве системной основы которой определена «криосфера», обуславливающая наличие льда и снега в системе материалов её оболочки;
- концепция и алгоритмы разработки структуры новых функциональных гибридных оболочек женской теплозащитной одежды с теплоаккумулирующими компонентами на текстильной основе для обеспечения функций терморегуляции и снижения снеговой нагрузки;
- основные положения математической модели теплообмена в системе «Женщина – теплозащитная одежда - холодная среда криосферы - снег», учитывающей отличительные признаки геометрических и тепловых параметров модели тела женщины для проектирования теплозащитных изделий;

- алгоритмы процедур маршрута автоматизированного проектирования женской теплозащитной одежды из новых по структуре гибридных композиционных материалов с терморегулирующими свойствами;
- способ мониторинга, оценки и поддержки эргономической эффективности системы «женщина-теплозащитная одежда-физическая работа-холод», реализованные в теплозащитном костюме с функцией управления безопасным режимом физической работы в холоде, реализующем разработанные модели оценки предложенного индекса двигательной усталости.

Личный вклад автора. Автором сформулированы цель и основные задачи исследования. Теоретические и экспериментальные исследования выполнены лично соискателем. Автором проанализированы климатические условия криосферы как системной основы проектирования теплозащитной одежды для женщин; выявлены и уточнены особенности климатического районирования для проектирования одежды; обоснованы, исследованы и установлены свойства специальных материалов комплексной гибридной оболочки теплозащитной одежды с теплоаккумулирующими компонентами, характерные для условий промерзания, и ее влияние на параметры конструкции; разработаны инженерные рекомендации и вариант женской теплозащитной одежды с расширенными эксплуатационными функциями. Обобщение полученных результатов выполнены при участии научного руководителя И.В. Черуновой. Доля соискателя в опубликованных с соавторами работах по теме диссертации составляет от 25 до 100%.

Апробация и реализация результатов работы.

Основные научные результаты проведенных исследований докладывались и получили положительную оценку на заседаниях кафедры «Конструирование, технологии и дизайн» Института сферы обслуживания и предпринимательства (филиала) Донского государственного технического университета в г. Шахты; на VII Международной конференции по текстильным композитам и надувным конструкциям (STRUCTURAL MEMBRANES 2015), г.Барселона (Испания), 19-21

октября 2015; Международной научно – практической конференции «Новая наука: опыт, традиции, инновации», г.Омск, 24 марта 2016; IV Международной молодежной научно-практической конференции «Прогрессивные технологии и процессы», г. Курск, 21-22 сентября 2017; XIV и XVI Международных научно-технических конференциях «Динамика технических систем» (ДТС) / International Scientific-Technical Conference "Dynamics of Technical Systems" (DTS), Ростов-на-Дону, 12-14 сентября 2018 и 11-13 сентября 2020; VIII Международной научно-практической конференции «Современные материалы, техника и технологии», Курск, 28 декабря 2019; Республиканской научно-практической конференции «Хлопкоочистительная, текстильная, легкая промышленность в условиях интеграции науки, образования, производства, актуальные проблемы инновационных технологий полиграфического производства и их решение» (Фан, таълим, ишлаб чиқариш интеграциялашуви шароитида пахта тозалаш, тўқимачилик, енгил саноат, матбаа ишлаб чиқариш инновацион технологиялари долзарб муаммолари ва уларнинг ечими), Ташкент (Узбекистан), 16-17 мая 2018; Международной научно-практической конференции «Инновации и современные технологии в индустрии моды» в рамках Ташкентской недели моды (Мода индустриясида инновация ва замонавий технологиялар), Ташкент (Узбекистан), 23 ноября 2019 г. ; Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием, посвященной Юбилейному году в ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина «Инновационное развитие техники и технологий в промышленности» (ИНТЕКС-2020), Москва, 14–16 апреля 2020; Международной научно-практической конференции «Современные тенденции машиностроения и техносферной безопасности» (СТМТБ 2020)» / «Modern trends in mechanical engineering and technosphere safety» (MTMETS 2020), Ростов-на-Дону, 20-22 октября 2020; Всероссийских научных конференций молодых ученых, аспирантов и студентов «Научная весна – 2016», Шахты, 12-17 мая 2016; «Научная весна - 2017», Шахты, 15-19 мая 2017; «Научная весна-2019», Шахты, 13-17 мая 2019, «Научная весна-2019», Шахты, 13-17 мая 2019, «Научная весна-2021», Шахты, 17-21 мая 2021.

Дипломы ряда конференций различного уровня свидетельствуют о состоятельности предлагаемых в диссертации решений.

Публикации. Основные результаты выполненных исследований опубликованы в 32 печатных работах, в том числе в 3 статьях в журналах, рекомендуемых ВАК при Минобрнауки России для изложения основных научных результатов диссертации на соискание учёной степени кандидата наук; 1 монографии, 6 статьях, входящих в базу Scopus, 2 патентах РФ.

Структура и объем работы. По своей структуре диссертация состоит из введения, 5-ти глав, выводов по главам и заключения, списка литературы, приложений. Работа изложена на 242 страницах машинописного текста, включает 80 рисунков, 20 таблиц. Список использованной литературы содержит 311 наименований.

1. ПРОБЛЕМЫ И РЕСУРСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЖЕНСКОЙ ТЕПЛОЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ ДЛЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ КРИОСФЕРЫ

1.1. Криосфера как системная основа для проектирования теплозащитной одежды

Фактические климатические характеристики территорий земли и России, в частности, в настоящее время претерпевают постепенные, но уже заметные изменения [10]. Основные тренды этих изменений, с одной стороны, характеризуются потеплением, в среднем по земному шару за период 1976-2020 гг. на 0.51°C за десятилетие [11], а с другой стороны, они привели к многочисленным аномальным явлениям климата, включая нетипично холодные и снежные зимние периоды в Европе и России в целом, что продемонстрировал январь 2021 года, который по данным Интерфакса [12] оказался в РФ одним из самых холодных за всю историю наблюдений. В результате обвалов «полярного вихря» на Северном полюсе сильные снегопады и морозы стали увеличиваться на территории европейских стран и в других регионах, а на большей части Сибири, к примеру с 1966 г., запас воды в снеге остается постоянным и местами растет [13]. Современные исследования состояния и тенденций развития климата северной части планеты и России, в частности, характеризуются тем, что в ближайшее время регионы северного шельфа и Российской Сибири будут приобретать тенденции повышения интенсивности и уровня снежных осадков, оставаясь в достаточно критических для обитания человека температурных условиях [253]. Ожидается, что высота максимального снежного покрова в зимний период будет увеличиваться. При этом в Сибири ожидается значительное его увеличение до 15-30% к 2050 году [38].

Определенные части Арктики в течение предыдущих десятков лет испытали быстрые и значительные изменения климата гораздо большие, чем другие регионы

[254]. Исследования показали, что на северной части Западно-Сибирской равнины России средние летние воздушные температуры увеличились в некоторых местах на 2°C за прошлые 25–30 лет [255]. Ожидаемые по расчетам исследователей отклики экосистемы в Арктическом регионе включают в том числе изменения не только в осаднении и режиме снежного покрова [256], но и в увеличении содержания в воздухе агрессивных газов (углекислый газ, метан) и взвешенных частиц агрессивных компонент морской воды и техносферы [39].

Поэтому, рассматривая в комплексе актуальные и перспективные эксплуатационные условия теплозащитной одежды, такие как отрицательные температуры в сочетании со снегом и льдом, в центр концепции настоящего исследования была выделена «криосфера» [14].

Криосфера – часть земной системы, включающая твердые осадки, снег, морской лед, озерный и речной лед, айсберги, ледники и ледяные шапки, ледниковые щиты и шельфовые ледники, вечную мерзлоту и сезонномерзлый грунт (Рисунок 1) [257].

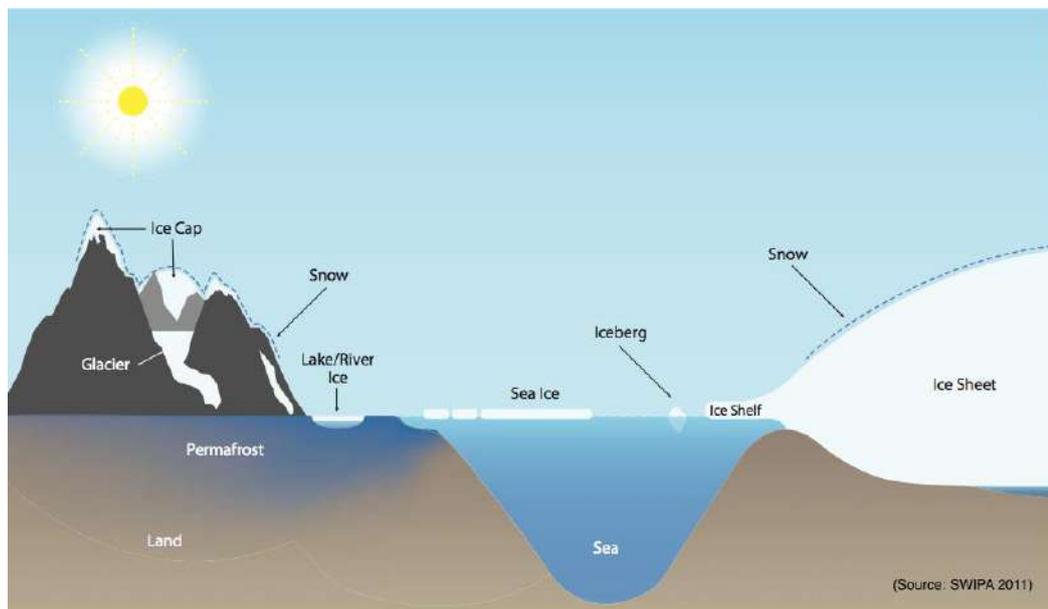


Рисунок 1 – Система криосферы и ее компонентов [257]

Криосфера глобальна, она существует не только в Арктике, Антарктике и горных районах, но и на всех широтах и примерно в ста странах (рисунок 2) [257].

Global Cryosphere by Type

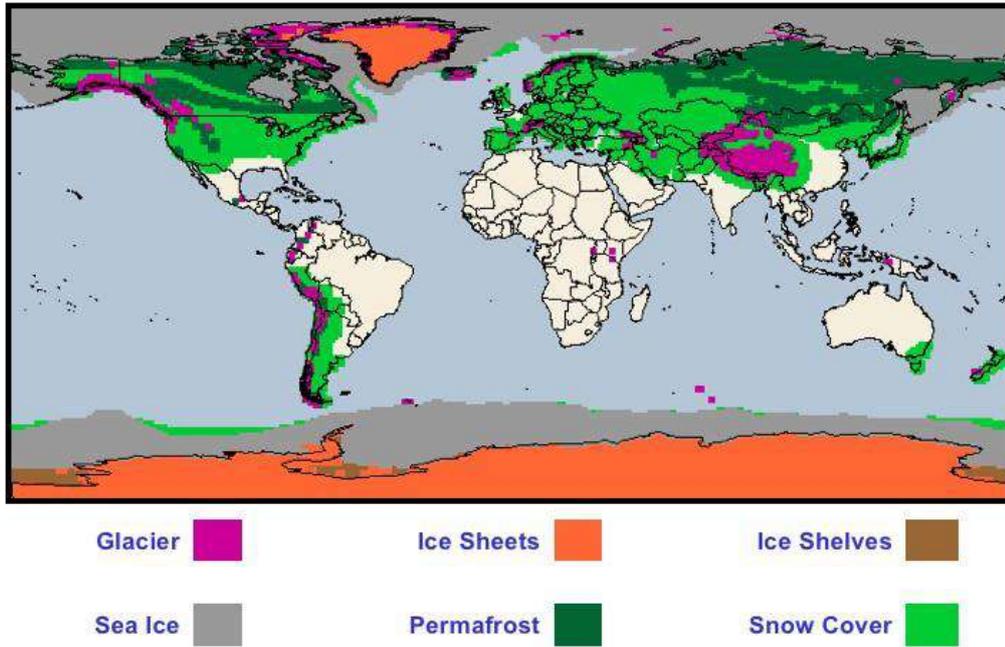


Рисунок 2 – Локация криосферы в странах мира [257]

Таким образом, «криосфера» - совокупность компонентов земной системы на поверхности суши и океана и под ней, которые заморожены [14]. Криосфера распространяется на северные регионы нашей страны и других государств, включая сушу, водные и прибрежные зоны верхних широт, а также другие территории в зимний период в разных регионах и в высокогорье, где жидкость в замерзшей фазе присутствует на поверхности земли продолжительное время года.

Криосфера для таких территорий, которые охватывают регионы, актуальные для расширения в них жизнедеятельности в социально-экономических интересах многих государств, характеризуется единством эксплуатационных факторов среды, основанных на присутствии влаги (жидкости) в фазовых состояниях при отрицательных температурах.

Опираясь на исследования криосферы на примере крайне актуальной для нашей страны и суровой по климатическим условиям территории – территории полуострова Ямал [40], следует отметить, что специфика эксплуатационных условий криосферы включает не только наличие снега и льда, но и локальные факторы - засоленность пород, грунта, снега, льда. Последние представляют

компоненты среды, которые относятся к контактным для поверхности человека в теплозащитной одежде. При этом в таких кристаллических формах воды в криосфере указанной территории преобладающими компонентами ионного состава являются хлор и натрий [40].

Некоторые характеристики криосферы в долгосрочных фактических усредненных данных и краткосрочных расчетах текущих аномалий представлены в Приложении А [41, 257, 42, 43, 44], анализ которых показал, что низкие температуры и снежные осадки не только сохраняют свой уровень суровых показателей для человека, но и при появлении аномальных кратковременных смещений средней температуры приводят к возникновению дополнительных снежных обвалов, покрывающих поверхность земли и повышающих нагрузку на человека в целом, меняют полностью структуру поверхности его одежды, формируя на ней дополнительный снежный слой, наглядно представленный на рисунке 3.



Рисунок 3 – Снежное покрытие поверхности одежды в эксплуатационных метелевых условиях криосферы [45]

В настоящей работе особенностью является рассмотрение на человеке теплозащитной одежды, которая покрывается дополнительной снежной оболочкой, а также подвергается воздействию других форм замерзшего льда в виде мелкодисперсных осадков на морозе (ледяные иглы), которые могут содержать агрессивные компоненты морской среды (солевые частицы), характерные для морских и прибрежных территорий обитаемой людьми криосферы. Кроме того, эксплуатация теплозащитной одежды в условиях криосферы требует соблюдения режима отдыха от холодной нагрузки, что приводит к периодическим (циклическим) изменениям температуры среды (временный обогрев человека и одежды). Это становится причиной кратковременного таяния кристаллов льда и остатков снега на поверхности одежды с дальнейшим проникновением ее в структуру материала, где при дальнейшем переходе в условия отрицательных температур образуется внутренний лёд.

На рисунке 4 представлена разработанная схема концепции криосферы как системной основы для проектирования теплозащитной одежды.



Рисунок 4 – Схема концепции криосферы как системной основы для проектирования теплозащитной одежды

Разработанная концепция влияния эксплуатационных условий криосферы на теплозащитную одежду, представленная на рисунке 4, позволила выделить следующие компоненты среды (основные и сопутствующие):

- основные эксплуатационные компоненты криосферы: холод (низкие температуры), снег, лёд (в том числе ледяные иглы как форма ледяных осадков);
- сопутствующие компоненты криосферы: морская соль (определяется в зависимости от районирования территории);
- типичные факторы окружающей среды: ветер и влажность среды (характеризует все климатические зоны).

В результате формируются следующие вопросы и задачи исследований, которые требуют дополнительной проработки и развития:

- уточнение и развитие системы районирования территорий для проектирования теплозащитной одежды с учетом основных и сопутствующих факторов криосферы;
- выявление проблем и особенностей влияния условий криосферы на женщину, ее здоровье, тепловой баланс и работоспособность с последующим их решением техническими и технологическими способами;
- установление существующих достижений и требований в области материалов и процессов проектирования, производства и оценки женской теплозащитной одежды для их применения и направлений совершенствования с учетом эксплуатационных условий криосферы.

1.2. Исследование и развитие системы районирования территорий криосферы для проектирования теплозащитной одежды

Специальное районирование нашей страны для проектирования одежды, ориентированные на заданные условия эксплуатации, имеет целью выделить характерные количественные показатели, которые заложены в методике расчетов параметров конструкции одежды для защиты человека от пониженных температур.

Особенности холодного климата в различных регионах Российской Федерации, относящихся к территориям деятельности человека в криосфере, характеризуются, с одной стороны, давно сформировавшимися параметрами климата, а с другой стороны – непрерывными изменениями и формированием новых приоритетных факторов, которые определяют там специфику условий жизнедеятельности людей и требуют непрерывного совершенствования.

Снежные и ледниковые покровы и другие формы воды в состоянии льда в сочетании с низкими температурами и сопутствующими компонентами среды, представленными на рисунке 4, стали для многочисленных районов неотъемлемыми факторами холодного периода, что выделяет их как показатели для анализа и развития признаков районирования территорий для проектирования теплозащитной одежды.

С учетом общих особенностей холодного климата существует система районирования и границ для климатических зон [48], определенных в общей метеорологии (таблица Б.1 [48]).

Согласно ГОСТ 12.4.303-2016 [49], наиболее низкая температура воздуха в Северных районах страны, на которую ориентированы теплозащитные свойства одежды, равна -41°C . Однако систематизированный анализ метеорологической информации о температурном режиме в регионах криосферы показывает, что температуры зимы часто значительно ниже обозначенной границы.

Большое влияние на климат в этих широтах оказывает близость к полюсу [48]. Средние январские температуры находятся в диапазоне от -40°C до 0°C ; зимой большие районы Арктики могут промерзнуть и до -50°C .

К примеру, температура воздуха в юго-восточном районе Баренцева моря, представленная в Приложении Б (таблица Б.1), опускается до -48°C [49]. Текущее состояние Арктических территорий в целом характеризуются фактическим холодом с температурой ниже -60°C [11, 50], а Арктические зоны криосферы России обладают вероятными температурами пребывания и жизнедеятельности человека существенно ниже установленного предела системы районирования для одежды [51], достигая -61°C [52], $-64,3^{\circ}\text{C}$ в Оймяконе и $-67,8^{\circ}\text{C}$ в Верхоянске

[53], по неофициальным данным столбик термометра опускался до рекордных для России $-77,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ [54], что формирует корректировку критериев детализации границ и совокупных факторов климатического районирования северной территории криосферы России для повышения адресности и качества тепловой защиты специальной одежды.

На основе систематизации данных о современном состоянии климата, параметров криосферы и особенностей территорий северных регионов России, было проведено исследование и разработаны дополнительные поправки в систему районирования Северных и прибрежных районов, омываемых морями и океанами, с целью выявления климатических характеристик, которые являются усовершенствованными исходными данными для проектирования теплозащитной одежды в климатических условий северной части российской криосферы. Согласно ГОСТ [5], вся территория России делится на 5 участков районирования: 1,2,3,4 и особый климатический пояс. На рисунке 5 представлена схема расположения климатических поясов на карте.



Рисунок 5 – Расположение климатических зон на карте [5]

Согласно ГОСТ [5] основными признаками определения климатических зон являются температура воздуха и скорость ветра, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Наиболее вероятные температура воздуха и скорость ветра соответствующего климатического пояса (региона) в соответствии с [5].

Класс защиты	Климатический пояс (регион)	Температура воздуха* зимних месяцев, °С	Скорость ветра* в зимние месяцы, м/с
4	"Особый" (IA)	Минус 25	6,8
3	IV (1Б)	Минус 41	1,3
2	III (II)	Минус 18	3,6
1	II-I (III-IV)	Минус 9,7	5,6

Однако, анализ представленных данных в совокупности показал, что существуют районы, где температура воздуха даже в сочетании со скоростью ветра не является полным критерием для определения условий проектирования. К таким критериям следует также отнести высокую влажность для территорий (часто от 65 до 95 %), где фиксирован большой периметр морского побережья, и концентрацию снега, формирующего метелевые нагрузки на человека. Однако при низких отрицательных температурах абсолютное содержание водяного пара в атмосферном воздухе имеет низкие значения – от 1 до 3 мг/м³ [54].

В таблице 2 представлены выявленные обобщенные данные о климатических условиях в Северной части России с учетом расширенных критериев к компонентам криосферы.

Таблица 2 – Расширенные климатические характеристики Северной части России с учетом компонент криосферы

Регион	Температура воздуха, °С	Влажность воздуха, %	Скорость ветра, м/с.	Высота снежного покрова, см.
Архангельская область	-55	85	5	50-60
Ямало-Ненецкий Автономный округ	- 45-60	71	30	60-70
Республики Коми	-55	50	5,5	60-70
Красноярский край	-50	68	2,5	60 -70
Республика Саха Якутия	-71	30	2	20-60
Чукотский автономный округа	-42	80	15	35-60
Камчатка, Корякский автономный округ	-20-30	74	10-12	75-80

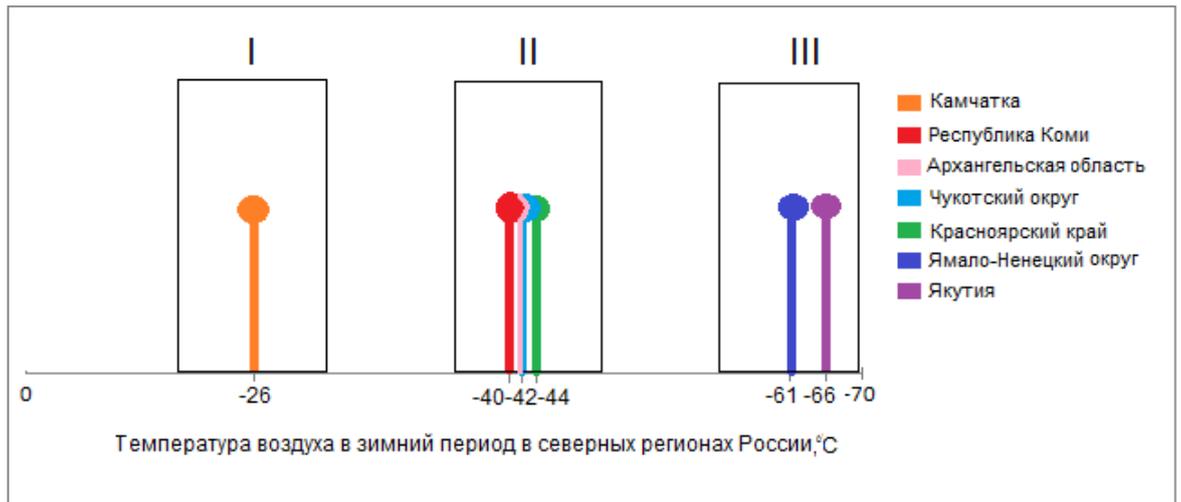
Исследование особенностей метеофакторов климатических зон России [54-59] позволило уточнить границы территории для районирования с учетом фактических отклонений в условиях холода и сопутствующих факторов криосферы, не нормированных ранее в действующих стандартах для легкой промышленности (рисунок 6).



Рисунок 6 – Территории районирования северной части РФ с уточненными факторами криосферы для проектирования одежды [60]

Для дальнейших исследований и развития климатического районирования северных территорий криосферы в регионах России на первом уровне были выбраны три показателя: типовые температуры воздуха, скорость ветра для зимнего периода (максимальная) и дополнительно включена влажность воздуха. На их основе проведены исследования и разработаны сводные данные, представленные в Приложении Б с целью дальнейшего использования в базе данных автоматизированного проектирования одежды для выбора исходных климатических параметров [55-59].

На следующем этапе была разработана схема групповых категорий минимальных температур в зимний период, которые являются элементом массива исходных климато-параметрических данных для проектирования теплозащитной одежды для условий криосферы (фрагмент представлен на рисунке 7).



I – температурная категория массива исходных климато-параметрических данных;
 II – температурная категория массива исходных климато-параметрических данных;
 III – температурная категория массива исходных климато-параметрических данных.

Рисунок 7 – Схема групповых температурных категорий массива исходных климато-параметрических данных (фрагмент) для проектирования теплозащитной одежды для условий криосферы

Далее на основе систематизации изученных данных о закономерностях распределения относительной влажности окружающей среды на северной территории России была разработана схема групповых категорий максимальных значений относительной влажности воздуха в зимний период, представленная на рисунке 8.

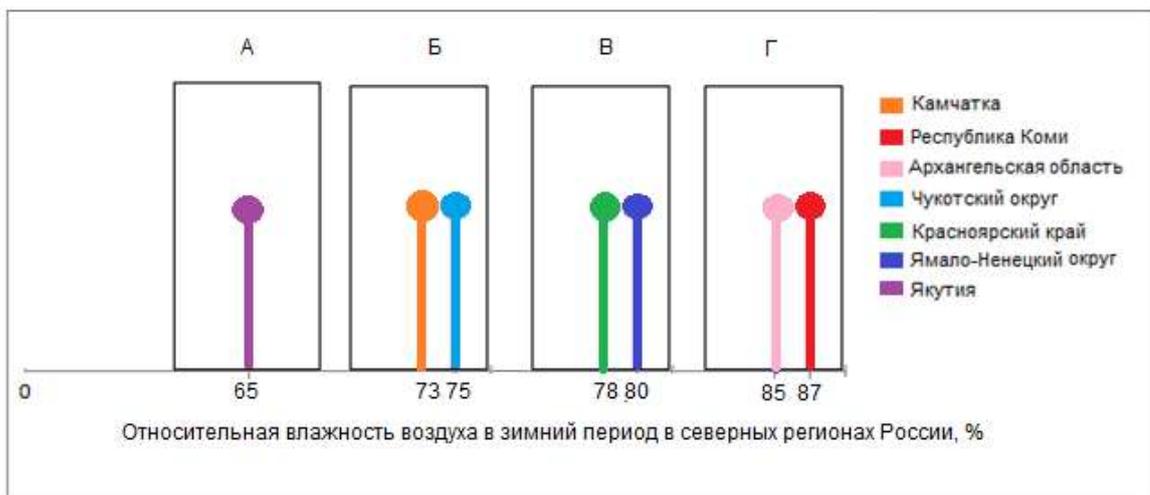


Рисунок 8 – Схема групповых категорий максимальных значений относительной влажности воздуха в зимний период в качестве массива исходных климато-параметрических данных (фрагмент) для проектирования теплозащитной одежды для условий криосферы

В соответствии с рисунком 8: А, Б, В, Г – параметрические категории относительной влажности воздуха по округам и областям северной территории криосферы в России. На основе разработанных групповых категорий по признакам низких температур и относительной влажности воздуха была разработана матрица I-го уровня (Matrix-I) исходных данных для проектирования теплозащитной одежды, которая представлена в таблице 3 (групповые коды формируются путем объединения буквенного обозначения и номера температурной категории).

Таблица 3 – Матрица (Уровень I) климато-параметрических исходных данных температурно-влажностного режима (фрагмент) для проектирования теплозащитной одежды для условий криосферы

Групповые температурные категории	Групповые категории относительной влажности воздуха в зимний период			
	А	Б	В	Г
I	–	Б _I	–	–
II	–	Б _{II}	В _{II}	Г _{II} Г _{III}
III	А _{III}	–	В _{III}	–

Для дальнейшей работы с представленной опорной матрицей были разработаны условия по показателям максимальной скорости ветра, которые сформированы в групповые категории (фрагмент), представленные на рисунке 9.

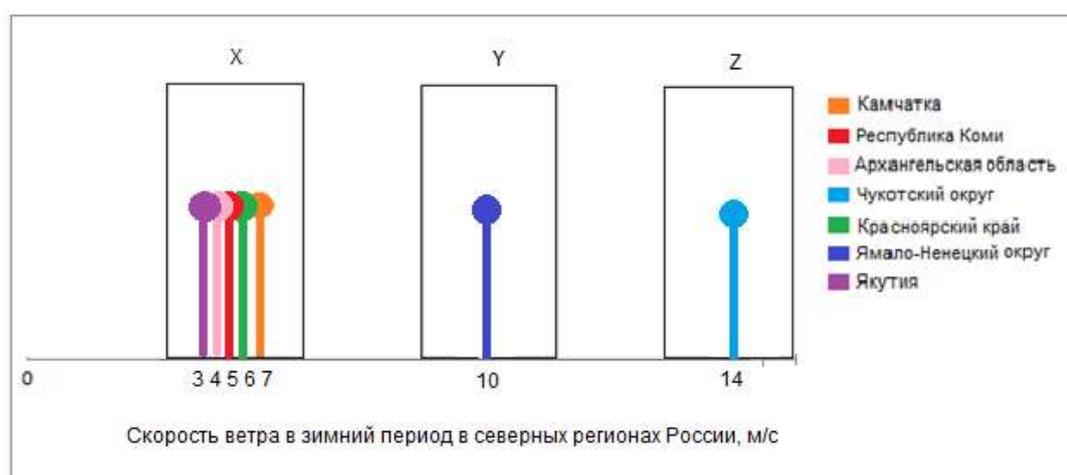


Рисунок 9 – Схема групповых категорий максимальных значений скорости ветра в зимний период массива исходных климато-параметрических данных (фрагмент) для проектирования теплозащитной одежды для условий криосферы

В соответствии с рисунком 9: X, Y, Z – параметрические категории скорости ветра по округам и областям северной территории криосферы в России.

На основе разработанных групповых категорий по признакам низких температур, относительной влажности воздуха и скорости ветра (рисунки 6,7,8, таблица 3) была разработана комбинированная матрица II-го уровня (Matrix-II) исходных данных для проектирования теплозащитной одежды, фрагмент которой представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Матрица (Уровень II) климато-параметрических исходных данных температурно-влажностно-ветрового режима (фрагмент) для проектирования теплозащитной одежды для условий криосферы

Групповые (комбинированные) температурно-влажностные категории	Групповые категории скорости ветра		
	X	Y	Z
Б _I	Б _I X	–	–
Б _{II}	–	–	Б _{II} Z
В _{II}	В _{II} X	–	–
Г _{II}	Г _{II} X	–	–
Г _{III}	Г _{III} X	–	–
А _{III}	А _{III} X	–	–
В _{III}	–	В _{III} Y	–

Для дальнейшего формирования матрицы исходных данных были исследованы и разработаны условия по показателям высоты снежного покрова, которые сформированы в групповые категории, представленные на рисунке 10.

В соответствии с рисунком 10: a, b, c – параметрические категории высоты снежного покрова по округам и областям северной территории криосферы в России.

На основе разработанных групповых категорий по признакам низких температур, относительной влажности воздуха, скорости ветра и высоты снежного покрова (рисунки 6,7,8,9,10, таблицы 3,4) была разработана комбинированная матрица III-го уровня (Matrix-III) исходных данных для проектирования теплозащитной одежды, фрагмент которой представлен в таблице 5.

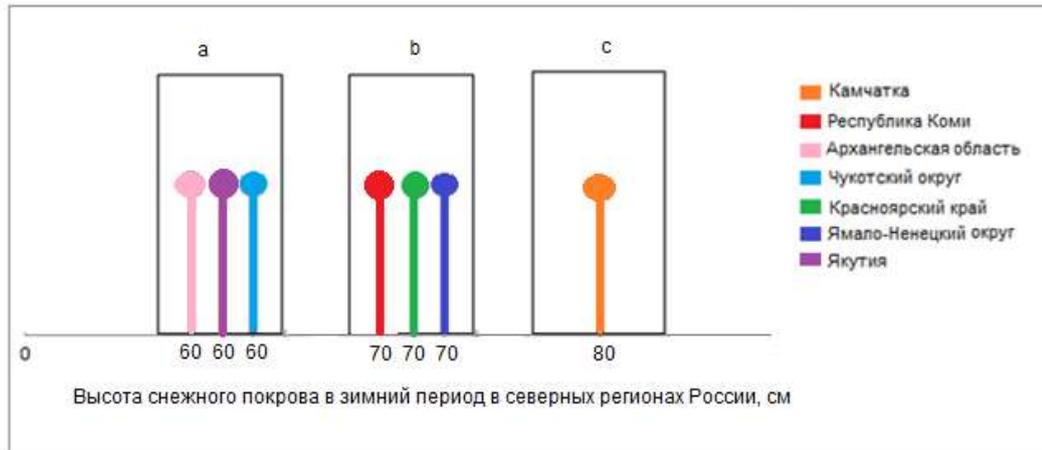


Рисунок 10 – Схема групповых категорий высоты снежного покрова в зимний период массива исходных климато-параметрических данных (фрагмент) для проектирования теплозащитной одежды для условий криосферы

Заключительным этапом разработки специальных критериев формирования исходных данных для проектирования одежды является исследование и учет насыщенности окружающей среды морской солью. Этот показатель напрямую зависит от географических условий (чем ближе море, тем уровень насыщенности выше). Результаты исследований по данному критерию представлены в таблице 6.

Таблица 5 – Матрица (Уровень III) климато-параметрических исходных данных температурно-влажностно-ветро-снегового режима (фрагмент) для проектирования теплозащитной одежды для условий криосферы

Групповые (комбинированные) температурно-влажностно-ветровые категории	Групповые категории уровня заснеженности		
	A	B	C
Б _{IX}	–	–	Б _{IXC}
Б _{IIZ}	Б _{IIza}	–	–
В _{IIx}	–	В _{IIxb}	–
Г _{IIx}	Г _{IIxa}	–	–
Г _{IIIx}	–	Г _{IIIxb}	–
А _{IIIx}	А _{IIIxa}	–	–
В _{IIIy}	–	В _{IIIyb}	–

Таблица 6 – Матрица (Уровень III+I) климато-параметрических исходных данных температурно-влажностно-ветро-солевого режима (фрагмент) для проектирования теплозащитной одежды для условий криосферы

Групповые (комбинированные) температурно-влажностно-ветровые категории	Повышенная насыщенность воздуха морской солью
Б _{IХ}	+
Б _{IIZ}	+
В _{IIХ}	–
Г _{IIХ}	+
Г _{IIIХ}	–
А _{IIIХ}	+
В _{IIIУ}	+

На основе проведенных исследований и разработки массива исходных данных для уточненного районирования российских северных территорий криосферы для проектирования теплозащитной одежды были выявлены зоны с наиболее агрессивными условиями для жизнедеятельности человека и, соответственно, для применения теплозащитной одежды: Ямало-Ненецкий автономный округ и Республика Коми. Ямало-Ненецкий автономный округ сочетает в себе такие факторы среды, как критические для зимы температуру и скорость ветра с повышенной концентрацией в воздухе морской соли и почти максимальными показателями заснеженности. На территории Республики Коми высокие показатели относительной влажности воздуха в сочетании с низкими температурами определяют необходимость учета снегового покрытия одежды, кристаллизации влаги в структуре волокон текстильных материалов. В этих регионах с особенной интенсивностью происходит износ теплозащитной одежды и изменение ее теплофизических свойств, которые формируются с учетом совокупного воздействия обозначенных факторов на материалы и одежду в целом, что приводит к значительным изменениям, важным для учета еще на этапе проектирования одежды.

Таким образом, в рамках развития и детализации исходных данных в системе районирования для проектирования одежды [47] были выделены зоны, характеризующиеся специальным сочетанием сложных погодных условий для жизнедеятельности человека в условиях криосферы (рисунок 11), важные для проектирования теплозащитной одежды [60].



Рисунок 11 – Дополнительные уточнения зоны климатического районирования в рамках групповых категорий по признакам низких температур, относительной влажности воздуха, скорости ветра в рамках комбинированной матрицы II-го уровня (Matrix-II)

Наряду с использованием базовых границ районирования [5] зоны А, В, С с уточненной детализацией границ районирования, отраженных в комбинированных матрицах III-го уровня (Matrix-III) и (Matrix-III+I) с преобладанием высокой скорости ветра и преимущественными снегопадами требуют устанавливать дополнительные требования к обеспечению ветрозащиты и снегозащиты соответственно, а также учесть сопутствующие компоненты криосферы в виде снега, льда, а также засоленности среды. В результате формируются комбинированные зоны А+, В+, С+ для системы проектирования теплозащитной одежды, ее приоритетных защитных и эксплуатационных свойств, которые требуют дополнительных исследований и разработок, а установленные параметры

и новые зоны системы районирования территорий криосферы для проектирования теплозащитной одежды становятся важными компонентами информационного обеспечения для развития процессов автоматизированного проектирования одежды представленного ассортимента.

Однако не только внешними условиями криосферы определяется баланс и эффективность функционирования системы «человек-одежда-среда» для женщины. Эти условия могут быть опасными и зачастую более тяжелыми по сравнению с мужчинами. Они зависят от особенностей функционирования организма и работоспособности женщин в условиях холода, которые требуют анализа и формализации для учета в проектировании теплозащитной одежды.

1.3. Проблемы и особенности функционирования организма женщины в холодных условиях криосферы

Увеличение женского населения на территориях, характеризующихся факторами криосферы, обостряются вопросы сохранения здоровья и ресурсов защиты и адаптации женского организма, его комфорта в суровых условиях холода и труда в нем. Результаты уточненного климатического районирования территорий России показали, что опорным общим фактором среды и криосферы, в частности, является низкая температура. В контексте биофизических аспектов исследований человека в холоде, согласно [54] «холод – это совокупность метеорологических условий, если их воздействие на человеческий организм связано с риском возникновения различных нарушений теплового состояния или развития холодовой травмы». Однако влияние холода на человека зависит от площади, локализации участков охлаждаемой поверхности тела, длительности и мощности воздействия [61,62] и не проявляется изолированно от комплекса условий фактического региона, представленных в п.1.2, что приводит к сложным реакциям на комбинированные холодные воздействия особенно у женщин и обуславливает особенности механизмов формирования и развития различных заболеваний. Низкая температура воздуха в сочетании с режимами освещенности

или радиации приводит к напряжению организма людей на территории Севера [63]. В этом случае важнейшую роль играет терморегуляция человека [64]. Традиционно терморегуляция (поддержание постоянной температуры ядра тела человека) формируется двумя основными процессами: теплопродукцией и теплоотдачей [64, 259]. Основа адаптационных изменений в организме человека на Севере заключается в расширении физиологической нормы реакций и пределов отдельных эндокринных и метаболических показателей. В этом случае при выходе за пределы видовой нормы происходит снижение резервных возможностей организма, что приводит к патологии. Вследствие функциональных особенностей организма женщины приобретают заметные негативных последствия для здоровья именно в совокупных условиях труда в северных регионах. На основе данных социально-гигиенического мониторинга населения Арктической зоны России в 2007–2018 гг. [65] годах, выявлены тренды профессиональной заболеваемости в России и женщин в её Арктической зоне в частности (рисунок 12).



Рисунок 12 – Динамика профессиональных заболеваний: 1 - профессиональная заболеваемость женщин в Арктической зоне России, 2 - профессиональная заболеваемость в России

Анализ представленных данных показывает очевидное влияние охлаждающего климата криосферы на общие профессиональные патологии женщин, что логично, и доказывается многими исследованиями [66]. Современные данные [67, 68, 259] показывают, что продолжительный холодовой стресс приводит к морфологической перестройке внутренних органов с адаптивными

модификациями структуры [67], а физиологические реакции организма женщин на холод отличаются от реакций мужчин. В частности, у молодых женщин северного региона работоспособного возраста минутный объем дыхания в состоянии покоя на 66,4% больше средней нормы для человека, а у мужчин только на 63 % [69]. То есть, такой показатель приводит к тому, что охлаждение организма женщин происходит более интенсивно, чем у мужчин, как минимум за счет большего объема нагреваемого вдыхаемого холодного воздуха. Поэтому организм женщины должен использовать средства искусственной теплозащиты за счет оболочек одежды, которые позволяют сберечь собственное тепло и направить его на обогрев холодного воздуха. То есть запас внутреннего тепла и средства внешней теплоизоляции для женщин требуются с отличительным резервом, чем у мужчин, что требует внимания к резервам адаптационных функций женщин к холоду. Известно, что значимым фактором формирования функционального состояния организма человека является характер компенсаторно-приспособительных реакций кардиореспираторной системы к различным климатогеографическим и сезонным условиям [70-72]. «При воздействии погодно-климатических факторов у жителей возникают метеотропные реакции» [73]. На основе данных [74-76] рассчитана и представлена аналитическая информация о динамике сезонных случаев экстренной госпитализации женщин с заболеваниями системы кровообращения в условиях климата криосферы в ХМАО (рисунок 13), которая показывает как общий, так и сезонный в холодные периоды зимы и весны рост патологических проявлений в здоровье женщин, формируемых в значительной мере на фоне воздействия холода и недостаточной защиты от негативного воздействия совокупных условий труда в северном регионе.

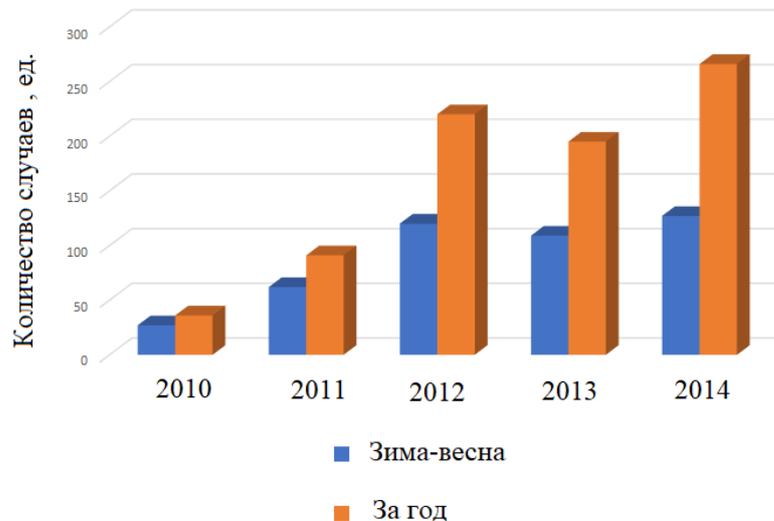


Рисунок 13 – Динамика сезонных метеотропных реакций (случаев экстренной госпитализации женщин с заболеваниями системы кровообращения) в условиях климата криосферы

Воздействие климатоэкологических факторов способствует возникновению и тяжёлому течению бронхолёгочных патологий у жителей северного региона [77] и других патологических изменений в организме [78]. В результате воздействия дискомфортных и экстремальных погодно-климатических факторов формируется хронический стресс на фоне накопления кардио- и дыхательных отклонений в здоровье [79], что меняет гормональную функцию, приводит к напряжению иммунной системы и к негативному психоэмоциональному напряжению [74], влияя на общую работоспособность и к напряжению функционирования репродуктивной системы женщин [80]. На рисунке 14 представлен график распределение пиков экстренной госпитализации женщин Севера с патологическим откликом системы кровообращения в холодный сезон.

При этом индекс сезонности за все месяцы составил 140 % (для женщин) и 129 % для мужчин [76], показывая повышенное общее негативное влияние холодного периода на состояние здоровья женщин. Представленные на рисунке 14 данные демонстрируют пиковые значения патологических реакций женщин на воздействие факторов жизнедеятельности в холодный сезон на территориях криосферы, максимум которых смещается к марту (в отличие от мужчин,

проявляющих аналогичные максимальные пики в холодном сезоне в январе), что соответствует результатам исследований [76].

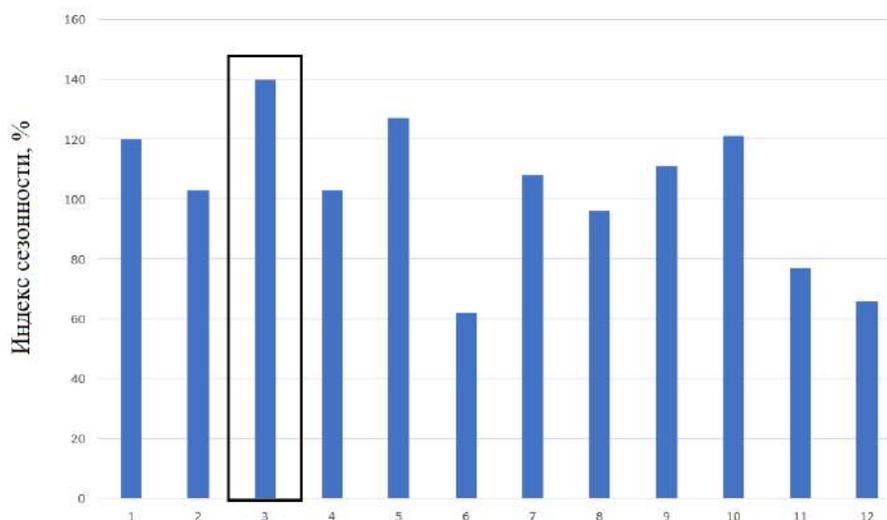


Рисунок 14 – Распределение пиков патологических метеотропных реакций (экстренной госпитализации женщин Севера с патологическим откликом системы кровообращения на климатические факторы)

Данные особенности связаны со следующими факторами:

- совокупные климатические условия криосферы, которые определяются не только абсолютными минимумами низких температур (в свою очередь объясняющими повышенный общий индекс сезонности и негативные реакции людей вне зависимости от гендерного признака), но и такими, как зимние осадки в сочетании с ветром (снегопад / метель);

- особенности строения и физиологии организма женщин в системе терморегуляции и адаптации к низким температурам в комплексных эксплуатационных условиях криосферы;

- непосредственные условия труда (физические и психические нагрузки).

Проведенные исследования особенностей сезонного проявления зимних осадков (таблица А.1) позволили выделить месячные холодные периоды с максимальным количеством снегопадов и метелей, которые выбраны как основные характерные факторы криосферы наряду с отрицательными температурами среды. Систематизация данных, полученных в результате исследований особенностей

проявления патологических климатозависимых реакций здоровья женщин в периоды холодного сезона с учетом основных компонентов криосферы, содержащих в структуре частицы льда (снег, метель), позволила получить обобщенную аналитическую схему и выявить особые корреляции, важные для проектирования теплозащитной одежды для женщин (рисунок 15).



Рисунок 15 – Схема комплексных условий критически низких температур, снеговой (метелевой) нагрузки по месяцам (ось X) с учетом уровня патологических сбоев климатозависимой системы женского организма (на примере городов Заполярья и ХМАО)

Анализ изученных данных (Приложение В) и разработанной схемы на рисунке 15 позволил выявить два наиболее опасных для женщин с точки зрения комбинации эксплуатационных условий холодных месяца 1 и 3, из которых январь объясняется самыми низкими температурами воздействия, а вот март при достаточно низких еще температурах среды (до -33°C) обладает воздействием практически максимального уровня снеговой нагрузки в году (рисунок 15). С одной стороны, прямое воздействие холода и особый отклик организма женщин на охлаждение тела подтверждено соответствующими исследованиями [81], что логически закономерно и для женщин, и для мужчин. А вот при появлении

колебаний температур организм человека при высоких контрастах погодных условий и сопутствующих осадков испытывает повышенную нагрузку на организм, что выражается в дополнительных затратах тепла и отдаче его окружающей среде в целях поддержания температурного гомеостаза [73]. С другой стороны, требуется пересмотр системы тепловой защиты женщины в теплозащитной одежде с учетом выявленной разницы в скорости метаболизма женщин по сравнению с мужчинами, несмотря на то, что авторы [260] констатировали общую близость характеристик метаболитов в крови после восстановления от охлаждения для мужчин и женщин. Данные скорости метаболизма в одинаковых условиях охлаждения (рисунок 16) демонстрируют заметные отличия для женщин и обуславливают потребность в особых способах эффективной теплозащиты тела женщин в холоде.

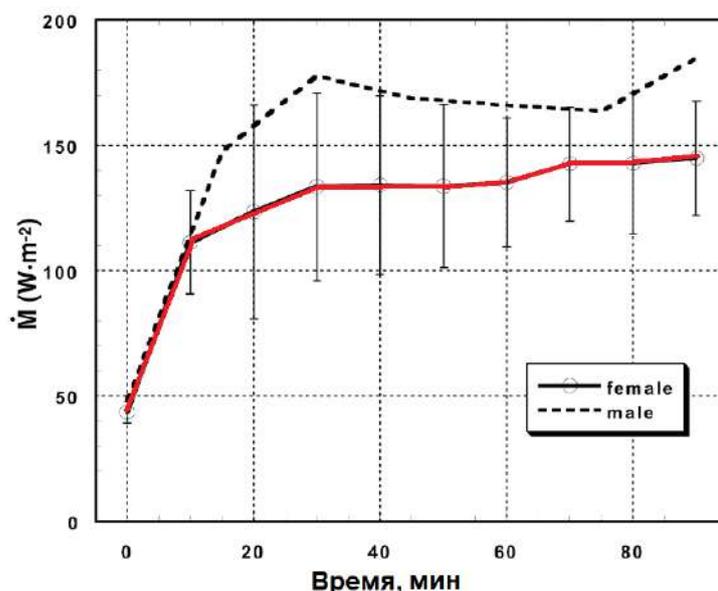


Рисунок 16 – Скорость метаболизма (M) женщин (в сравнении с мужчинами) во время охлаждения тела без одежды при 18°C [58]

Однако важно учитывать, что контактная среда с поверхностью тела человека также влияет на параметры его теплообмена [82-83]. В работах Афанасьевой Р.Ф. [84] показано, что «у женщин меньше (примерно на 10%) увеличение обмена веществ и более низкая температура кожи при воздействии одного и того же охлаждающего фактора, что обуславливает и меньшую плотность

теплового потока на поверхности тела женщины». Далее постепенно происходит адаптация организма человека к пониженным температурам, чему может мешать выполнение физической работы. В условиях холода у человека может развиваться максимальное допустимое тепловое состояние, которое угрожает ему замерзанием и потерей жизненных функций [84, 261]. Однако особенности установленных данных (рисунок 15) позволили выделить один из самых проблемных периодов метеотропных реакций для женщин.

При этом регулярное и частое покрытие одежды метелевым снегом приводит к увеличению ее массы и изменению ряда физических свойств материалов, покрытых оболочкой из снега, как с точки зрения механических и эксплуатационных характеристик, так и теплофизических, определяющих процессы теплообмена в слоях такой одежды. Показатели теплового состояния человека определяются с учетом затрат энергии при конкретном виде деятельности. Работа в условиях интенсивной метели значительно усугубляет режим труда человека в условиях холода, который и без того часто отнесен к особым группам. Современные исследования показали [65], что развитие профессиональной патологии у женщин в Арктической зоне было обусловлено, в первую очередь, тяжестью труда женщин (54,5%). Доказано, что переохлаждение вызывает снижение физической и умственной работоспособности [85].

Таким образом, результаты проведенных исследований позволили установить основные критерии, с точки зрения которых необходимо совершенствование теплозащитной одежды для женщин:

- теплоизоляция в зависимости от совокупности типовых и уточненных климатических зон районирования криосферы с учетом особенностей метаболизма женского организма;
- материалы и конструкции одежды для терморегуляции, нивелирования перепадов температур и воздействия снега, льда и сопутствующих агрессивных факторов на одежду;
- эргономические параметры теплозащитной одежды должны поддерживать собственные ресурсы активности и работоспособности женщины.

Поэтому на следующем этапе необходимо провести анализ и выявить современные требования и методы в проектировании теплозащитной одежды для женщин с целью их совершенствования и повышения качества объекта проектирования.

1.4. Современные требования и методы проектирования теплозащитной одежды для женщин

Для работы в условиях низких температур, согласно Инструкции по охране труда [86], устанавливаются специальные требования, а Трудовым кодексом РФ определены обязанности работодателей по обеспечению людей комплектами средств индивидуальной защиты (СИЗ), соответствующими текущим климатическим условиям [87]. Поэтому теплозащитная одежда входит в систему классификации СИЗ в соответствии с ГОСТ [88], а с 01.10.2022 в соответствии с ГОСТ [89] будет относиться к категориям теплозащитной одежды с подразделением на уровни защиты (до -20°C , до -30°C и до -40°C). Указанный стандарт определяет уровни тепловой защиты как единые стандартные для мужчин и женщин. Однако особенности выявленного детального районирования территорий криосферы, установленные в настоящей работе (п.1.2) на данный момент в системе классов защиты не отражаются, что усредняет теплозащитные свойства для широкого диапазона комплексных условий, часто не обеспечивая установленные в критерии высокой эффективности при ее эксплуатации в условиях криосферы. Основной принцип формирования теплозащиты одежды основан на достижении требуемого теплового сопротивления участков, а также общей теплоизоляции всего комплекта теплозащитных средств одежды [5], где контрольный показатель теплоизоляции оценивается двумя основными способами уже для готовой одежды в совокупности со средствами защиты рук, ног и головы на человеке или на тепловом манекене.

Анализ современных стандартов, определяющих требования к теплозащитной одежде в других странах [262,263], показал, что в системе СИЗ

выделяют теплозащитную одежду как отдельные типы костюмов и как ансамбли для защиты от холода часто с равными требованиями к теплоизоляции в одежде для женщин и мужчин. Кроме того, в европейских нормах теплоизоляции слоев материалов теплозащитной одежды часто определены границы для холода не ниже -30°C (Приложение Г, рисунок Г.1) [264]. Аналогичный стандарт для теплозащитной одежды в России имеет более расширенный диапазон проектируемой тепловой защиты до -50°C [90]. Однако, исходный стандарт не применим к конкретным эффектам, связанным с метеорологическими явлениями в виде осадков /снега [265].

Анализ требований, установленных российскими и зарубежными стандартами к теплозащитной одежде, показал, что основным контролируемым параметром является тепловое сопротивление пакета материалов, которое определяется в зависимости от физической активности человека, температуры и скорости ветра, воздуха, воздухопроницаемости материала оболочки, то есть в зависимости от достаточно ограниченных условий, определяющих параметры теплозащитной одежды. Таким образом, физическая активность человека в одежде рассматривается как идентичная для женщин и мужчин, что требует дополнительного пересмотра и учета при проектировании одежды для женщин с повышенной эргономической эффективностью.

Внимание этому вопросу уделяют современные ученые, подтверждая в своих работах выявленные отклонения тепловой изоляции женской одежды в условиях холода. В работах Зарецкой Г.П. [91] на основе исследований комплектов одежды одного производителя с идентичными конструктивными элементами и составом пакета материалов в микроклиматической камере установлено, что принцип единства конструкции и материалов женской и мужской одежды имеет заметные недостатки, а также обозначено, что для комфортного нахождения женщин в холоде должны быть отличающиеся от мужской одежды показатели теплоизоляции. Однако теплозащитную одежду изготавливают на типовые фигуры женщин - в соответствии с классификациями по ГОСТ [92]. Габаритные параметры теплозащитной спецодежды с учетом единых норм тепловой изоляции

и, соответственно, единых требований к толщине пакета материалов, стандартизированы вне зависимости от гендерных различий. Ключевой параметр измерений плеченых изделий в готовом виде «Ширина изделия на уровне глубины проймы» имеет одинаковый параметр и одинаковую конструктивную прибавку для женской и мужской одежды на основе [5] (таблица 7).

Таблица 7 – Измерение теплозащитной спецодежды в готовом виде по ширине изделия на уровне глубины проймы для женщин в сравнении с измерениями мужчин [5].

Наименование Измерения	Женщины (158, 164) - (96,100) Мужчины (170; 176) - (96; 100)		Примечание
	Конструктивная прибавка, см	Значение измерения, см	
Ширина изделия на уровне глубины проймы	18,0	71,0	Ширина борта 4,0 см
	21,0	74,0	
	24,0	77,0	

Прибавки на свободное облегание и на толщину теплоизоляционного пакета для мужчин и женщин с одинаковым размерным признаком по обхвату груди подразумеваются одинаковые. При этом общая поверхность тела и туловища, в частности, у женщины для представленного соотношения отличается от мужской и имеет другие тепловые и терморегуляторные характеристики, что приводит к неодинаковым условиям не только с точки зрения баланса по отношению к скорости метаболизма женщины и общей тепловой системы с одеждой, но и к разным механическим и, соответственно, эргономическим нагрузкам плечевой одежды на человека из-за достаточно большого веса одежды для территорий криосферы.

Важные базовые положения в методологии проектирования теплозащитной одежды на основе гигиенических принципов разработаны Афанасьевой Р.Ф. [15], Колесниковым П.А. [16], Делль, Р.А. [33], где заложен учет особенностей температурной характеристики поверхности кожи женщин на отдельных участках. При этом основные параметры нормирования теплоизоляционных оболочек,

данные о взаимосвязи свойств однослойных и многослойных оболочек теплозащитной одежды в зависимости от участков покрытия тела человека, температуры среды, количества слоев в одежде, скорости ветра и уровня производства собственного тепла и его потери на нагрев холодного воздуха, определены исходя из типовых усредненных данных о человеке вне гендерного признака.

В основе теоретических методов проектирования теплозащитной одежды лежат методы математическо-но моделирования системы «человек-одежда-среда». Эффективность применения в них моделей условного человека подтверждена многими работами, опирающимися на классические положения, заложенные ранее Stolwijk J.R. [266]. В этих положениях условный человек (женщина) для проектирования тепловой защиты имеет площадь поверхности тела $1,7404 \text{ м}^2$ условный человек-мужчина ($1,8877 \text{ м}^2$) [266]. На основе развития моделей теплообмена условного человека, принятых в [17], [266] значительный вклад в методологию проектирования теплозащитной одежды внес Бринк, И.Ю. [19], описав не только процессы моделирования теплообмена условного человека с холодной средой, но и основы технологии проектирования теплозащитных оболочек из специального утеплителя – натурального пуха водоплавающих птиц. Усовершенствованиям процессов технологии проектирования теплозащитной одежды на основе уточненных моделей теплообмена человека с внешней средой посвящены исследования Кудрявцева В.И. [92], которые позволили обосновать корректность применения геометрии цилиндрических и эллиптических моделей условного человека. Важное развитие методологии проектирования теплозащитной одежды следует отметить в работах Черуновой И.В. [20], где применены более детализированные модели условного человека, позволяющие проектировать оболочки теплозащитной одежды из различных материалов для защиты как от холода, так и от высоких температур, опираясь на классическую единую модель условного человека. При этом уделено внимание параметризации основного обмена тела женского организма, влияющего на процессы проектирования одежды, представленные в Приложении Д.

Упрощенные условные модели тела человека применяли многие авторы, которые развивали научные и технологические решения для поддержки терморегуляции человека: Ермакова И.И. [93], Гривина И.В. [94], Тунгусова Н.А. [95], Герасименко М.С. [96], Wissler E.H. [267], Havenith G., [268, 269] Holmér I., Parsons K. [268], Kuklane K., Fan J., Hodder S., Ouzzahra, Y. [269], Parsons K.C., Колесник С.А. и др. [97].

Систематизация представленных данных и достижений в рассматриваемой области позволила обосновать, что требуется учет элементов геометрической модели тела человека, которую необходимо согласовывать с учетом тенденций роста и веса современных женщин [270]. Кроме того, авторами [271] установлено несоответствие между стандартными параметрами условного человека и данными исследований участниц женского пола на предмет удовлетворения и теплового комфорта, где отклонения для женщин достигали до 26,5%.

Установленные данные показали необходимость в дальнейшем учесть выявленные особенности для моделей тела женщин при применении методов математического моделирования в расчетах параметров оболочки из различных материалов, свойствами которой требуется обеспечить необходимые функции теплозащитной одежды.

1.5. Анализ структуры и свойств современных материалов и пакетов из них для женской теплозащитной одежды

1.5.1. Анализ структуры и свойств пакетов материалов теплозащитной одежды

Современная промышленность, в частности производство одежды для защиты человека от тепловых воздействий, тесно связано с производством материалов и их свойствами [271, 97-99]. Структура текстильных материалов зависит от структуры текстильных волокон, формирующих их основной объем. С целью комплексного анализа волокнистого состава современных текстильных

материалов была изучена классификация волокон [100,101], представленная в соответствии с рисунком Е.1 Приложения Е [101].

Учитывая многообразие природы получения первичных волокон, современные волокнистые материалы представляют большой ассортимент [98,102,103]. Он определяется составом, структурой, способом производства, геометрическими, теплофизическими, технологическими и эксплуатационными параметрами [104]. Последняя группа признаков определяет целевое назначение и особенности применения таких материалов.

Теплозащитная одежда включает в себя 2 и более слоев материалов, среди которых типовой состав включает 3 слоя: 1 – относительно тонкий материал внешней оболочки (ткани верха), 2 – объемный мягкий теплоизолирующий материал (может быть составлен из нескольких материалов), 3 – тонкий материал прокладки одежды.

Для теплозащитной одежды основная функция – тепловая изоляция человека от холода, а для одежды, которая должна быть более эргономичной, то есть давать человеку удобство и подвижность при обеспечении теплоизоляции, не увеличивая массу материалов – должна быть поддержка терморегуляции средствами одежды, терморегулирующими свойствами материалов. Именно на данную функцию направлены теплоаккумулирующие свойства материалов, которые позволяют формировать запас тепла в слоях одежды и создавать одежду с функцией терморегуляции. Этот запас может иметь происхождение как от внешних физических источников тепла окружающей среды (теплое помещение), так и от биологического тепла человека. При этом сформированный запас тепла в одежде целесообразно защищать от быстрого проникновения холода в слои материалов. Внешние оболочки одежды направлены своей поверхностью к холодным потокам. Они должны создавать первичный механический барьер одежды и поддерживать своими упругими свойствами геометрические границы оболочки одежды. Это позволяет сохранять внутренние размеры и объем мягких теплоизоляционных материалов [105,106]. Внутренние слои материалов, сформированные в оболочку с относительно постоянным объемом [107], занимают основную толщину

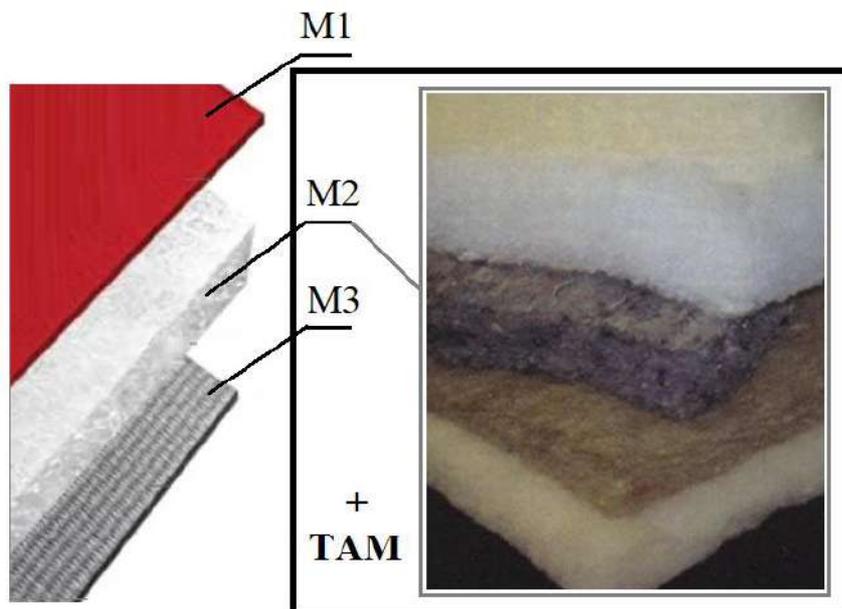
многослойной одежды. В этих слоях могут быть реализованы функции не только пассивной тепловой изоляции, но и терморегуляции с помощью распределенных теплоаккумулирующих компонент в материалах. То есть, именно объемные теплоизоляционные (М2) и внутренние подкладочные материалы (М3) могут быть рассмотрены в качестве волокнистой основы для включения теплоаккумулирующих материалов (ТАМ) в их структуру, что представлено в соответствии с рисунком 17. При этом материалы группы М2 могут иметь собственные несколько слоёв сложной комбинированной конструкции.

Рассмотренные классы и виды волокон (в соответствии с рисунком Е.1) формируют в соответствующих слоях материалов основу требуемых функций:

М1 – функция основной барьерной защиты от вредных факторов внешней среды (производства и погода), сохранение и поддержка формы и размеров конструкции;

М2 – функция теплоизоляции, терморегуляции;

М3 – гигиенический обмен, терморегуляция, поверхностное скольжение.



М1 – внешний материал оболочки,
 М2 – теплоизоляционный материал (может иметь многослойным),
 М3 – материал подкладки,
 ТАМ – теплоаккумулирующие материалы

Рисунок 17 – Схема комплектации материалов в пакете теплозащитной одежды

В ассортимент материалов слоя М1 при проектировании специальной одежды включаются материалы в соответствии с ГОСТ [108]. Значимым критерием при выборе материалов являются внешние отделки, которые напрямую влияют на конфекционирование в проектировании теплозащитной одежды. На рисунке 18 представлены виды отделки, применяемые для материалов специального назначения, используемые при низких температурных условиях [109].



Рисунок 18 – Виды отделки для материалов специального назначения, используемые в условиях отрицательных температур

С целью выбора материалов, представляющих интерес для дальнейших исследований, был проведен анализ фирм и предприятий, занимающихся производством тканей для одежды, применимой в условиях холода, в том числе женской одежды, а также выбраны материалы для специальной одежды по ГОСТ [108], в соответствии с которым главным критерием отбора образцов для испытаний была определена поверхностная плотность. В ходе анализа материалов для специальной одежды было выделено 3 группы материалов: группа смешанных материалов, материалы с составом 100% полиэстер, материалы с составом 100% х/б, где каждая группа делится на подгруппы по поверхностной плотности

материала. Сформирована соответствующая ассортиментная выборка материалов для исследований, фрагмент которой представлен в таблице Е.1.

На основе анализа материалов для утепленной одежды было выделено 3 группы материалов: смешанные, полиэстер (ПЭ) -100%, хлопчатобумажные (ХЛ) – 100%, где каждая группа делится на подгруппы по поверхностной плотности материала:

I – Смешанные ткани (190-220 г/м²);

II – Смешанные ткани (245-300г/м²);

III – Полиэстер 100% (180-220г/м²);

IV – Полиэстер 100% (240-285 г/м²);

V – Хлопчатобумажные (180-225 г/м²);

VI – Хлопчатобумажные (240-280 г/м²).

Группу материалов М2 в соответствии с рисунком 17 выше представляют объемные волокнистые материалы с высокой пористостью, которая обеспечивается различными вариантами формирования объема, занимаемого утеплителем в одежде. Этот слой материалов может быть представлен одним или группой материалов типа «полотно», образуя пакет типа многослойный «сендвич» несопряженных между собой материалов, соединяемых подетально только ниточными швами. Другой вариант слоя М2 может быть выполнен с применением несвязных материалов, структура которых не имеет постоянной формы и размеров полотна, а заполняет своими несвязанными друг с другом частицами заданный объем в специальных отсеках одежды, образуя сопряженную систему материалов утеплителя и подкладки (в том числе ветрозащитной прокладки) материалов внутри отсека. Такие отсеки формируются из тонких вспомогательных тканей высокой плотности для избежания миграции свободных волокон из внутреннего объема отсека на внешнюю поверхность одежды.

Таким образом, способы формирования пакета материалов в одежде зависят от типа утепляющих материалов (связные полотна или несвязные утеплители) и различаются в соответствии со схемой, представленной на рисунке 18.

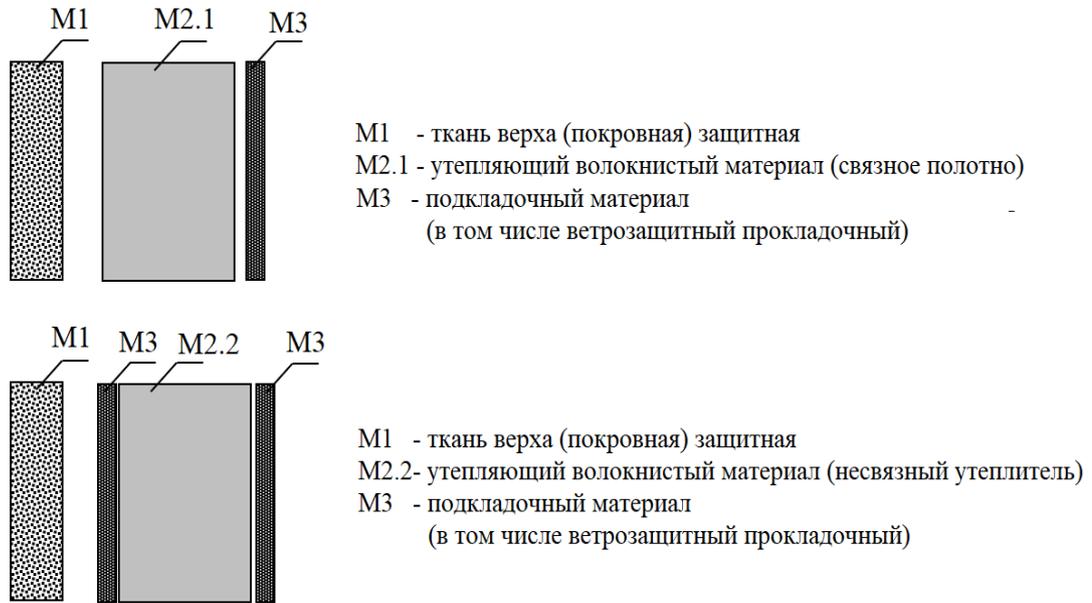


Рисунок 18 – Особенности структуры формирования пакета материалов теплозащитной одежды с учетом типа утеплителя

Установлено, что для функции терморегуляции материалов одежды применение элементов теплоаккумулирующих материалов (ТАМ) целесообразно для группы M2 (M2.1 / M.2) и M3 (в соответствии с рисунком 17). Поэтому с целью установления опорных волокнистых материалов с учетом представленных вариантов конструкции пакета теплозащитной одежды (рисунок 18) был изучен ассортимент современных утеплителей (M2) и материалов подкладки (M3).

В настоящее время существует большое разнообразие высококачественных натуральных, смешанных и полностью синтетических утепляющих материалов: ватины, шерстон, перо-пуховая смесь, холлофайбер, синтепон, теплин, файбертек, тинсулейт, витар, арктик, различные флисы и другие [110-112].

В таблице Е.2 представлены основные характеристики волокнистого состава материалов внутренних слоёв теплозащитной одежды [113-125, 128,272, 273,278].

Анализ состава волокон изученных материалов показал, что подавляющее их большинство основано на различных по форме, размерам, обработке, способу скрепления – полиэфирных волокнах.

Ассортимент натуральных и смешанных утепляющих материалов, представленный в таблице Е.2, включает такие полотна, как ватин, шерстон и несвязный вариант утеплителя – перо-пуховую смесь, которые занимают меньшую долю промышленного производства в общем объеме швейной промышленности и, как правило, формируют особые свойства одежды, основанные на преимуществах именно натуральных и очень теплых материалов. Это важно, к примеру, при производстве одежды, защищающей от статического электричества, для детской одежды. В этом случае дополнительные свойства терморегуляции путем интеграции теплоаккумулирующих материалов в структуру пакета одежды имеют ограничения. Поэтому основным опорным волокнистым составом материалов для исследований системы сопряжения с элементами теплоаккумулирующих компонент определен состав из полиэфирных волокон.

Анализ подкладочных материалов показал, что их основные параметры должны обеспечивать высокую плотность при малой толщине, что обеспечивает основные важные свойств внутреннего поверхностного слоя одежды [109] – скольжение и устойчивость к истиранию. Анализ волокнистого состава таких материалов отличается наличием в них, зачастую, натуральных волокон, которые повышают гигиенические параметры одежды с внутренней стороны. Однако интегрировать элементы ТАМ в такие готовые ткани при их крайне малой толщине и высокой плотности практически невозможно. Такую задачу более целесообразно рассматривать на этапе первичного производства тканей с использованием исходных комплексных волокон с теплоаккумулирующими свойствами.

На основе выполненной систематизации, анализа и проведенных исследований современного волокнистого состава материалов для теплозащитной одежды разработана схема связей состава волокон и групп материалов, ориентированных на интеграцию с теплоаккумулирующими компонентами, представленная в соответствии с рисунком 19. Данная структура связей группы материалов по назначению, их волокнистого состава и возможности для интегрирования в готовые материалы теплоаккумулирующих компонентов представляет важный структурно-логический компонент для наполнения

информационного и программного обеспечения процессов автоматизированного проектирования теплозащитной одежды, может быть рассмотрен как первый блочный компонент (Фрагмент «А») алгоритма формирования комбинированных структур волокнистых материалов с расширенными терморегулирующими функциями в одежде [271].

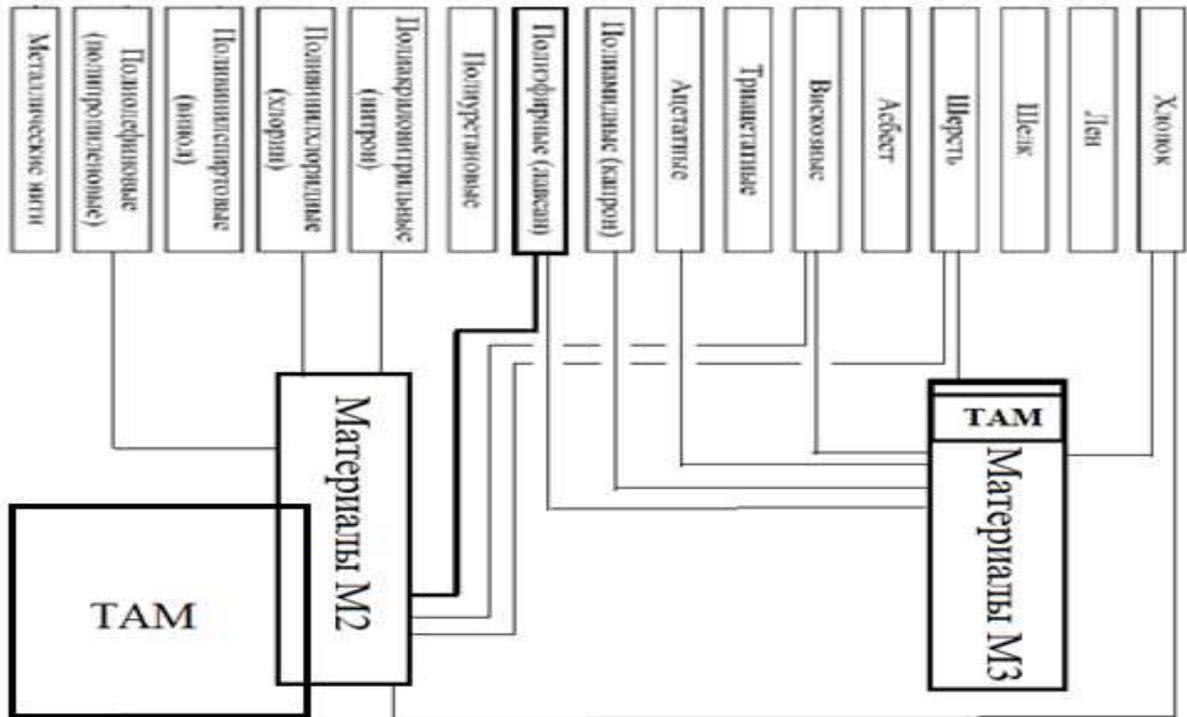


Рисунок 19 – Схема связей волокнистой основы и групп материалов теплозащитного пакета одежды с теплоаккумулирующими материалами (Фрагмент «А») алгоритма формирования комбинированных структур волокнистых материалов с расширенными терморегулирующими функциями в одежде) [271]

Таким образом, материалы группы М.3 требуют выявления готовых материалов, способных выполнять функции подкладочного слоя, имеющих в своей структуре элементы теплоаккумулирующих материалов или, при их отсутствии, обеспечивать возможность интегрирования таких компонент в структуру волокнистых утеплителей, основа которых по результатам исследований группы М.2 определена преимущественно на базе полиэфирных волокон.

Также необходимо установить современные ТАМ, совместимые с рекомендованными волокнистыми утепляющими материалами для одежды для создания новых функциональных гибридных оболочек теплозащитной одежды.

1.5.2. Современные теплоаккумулирующие материалы и ресурсы их применения в пакетах теплозащитной одежды

Теплоаккумулирующие материалы (ТАМ) характеризуются фазопереходными свойствами. Теплота затрачивается на фазовый переход, который часто связан с процессом плавления основного составляющего вещества. При обратном изменении температурного режима воздействия на основной активный материал ТАМ - оно снова затвердевает. Такие ТАМ обладают достаточно высокими значениями удельной энергии [129]. Определенным ограничением аккумуляторов тепла с фазовыми переходами является необходимость применения специального состава активного вещества для каждой необходимой температуры. Это обусловлено тем, что температура плавления любого вещества представляет собой четко ограниченное значение.

Полимерные материалы с теплоаккумулирующими свойствами классифицируют на основе способа накопления тепловой энергии, а также содержания таких компонентов в общей структуре комплексного материала [131].

В рамках классификации теплоаккумулирующих материалов важными характеристиками процесса теплового аккумулирования энергии являются [132]:

- емкость на единицу объема или веса;
- рабочий интервал температур;
- способы подачи и отбора тепла и соответствующие перепады температур;
- температурная стратификация в аккумуляторе;
- мощность, требуемая для подвода и отвода тепла;
- объемы конструктивных элементов, связанных с системой аккумулирования;
- средства регулирования тепловых потерь аккумулятора тепла;
- стоимость изготовления и эксплуатации [131].

Широко применяется тип ТАМ, включающий различные вещества с фазовым переходом, которые диспергированы в полимерной матрице [131]. Кроме диспергированных в комплексный материал ТАМ актуальными являются органогели и гидрогели [132], которые при небольшой доле полимерных неплавких

компонентов характеризуются достаточно активными теплоаккумулирующими свойствами. Высокомолекулярные соединения используются также для микрокапсулирования веществ, обладающих фазопереходными свойствами. Данному типу материалов уделяется особое внимание в текстильной промышленности. Капсулированные вещества могут быть применены в отдельных объемах специальных полимерных носителей и путем непосредственных наполнителей для комплексных материалов с самостоятельными теплоаккумулирующими свойствами [132].

Существует классификация ТАМ, представленная в соответствии с рисунком 20 [131, 133].

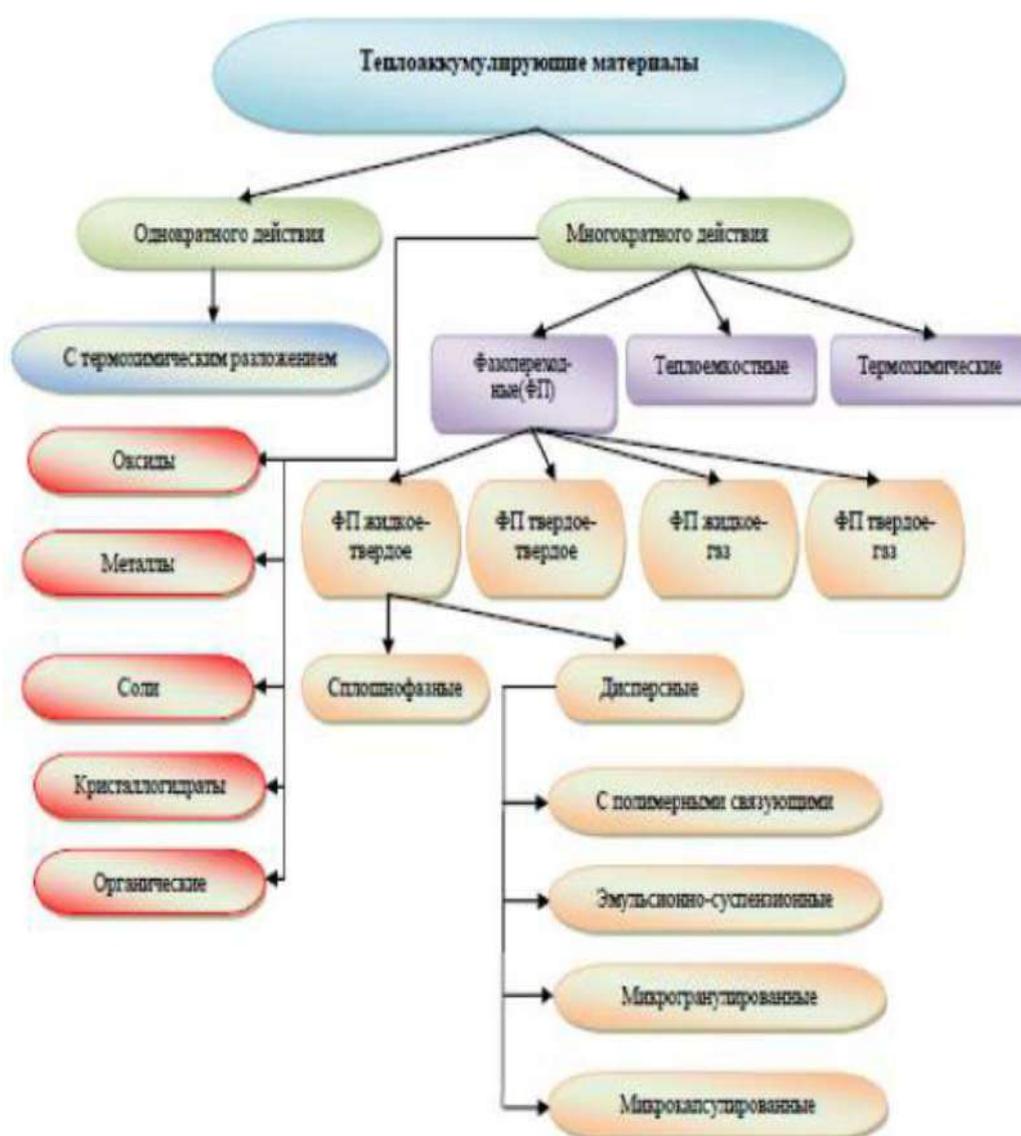
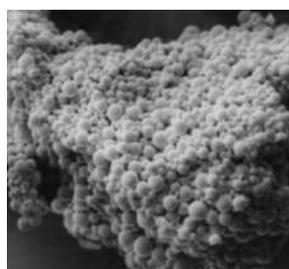


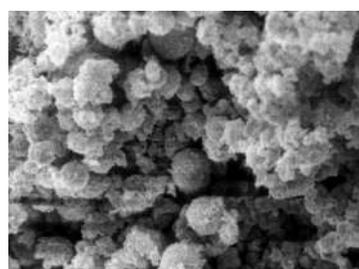
Рисунок 20 – Общая классификация ТАМ [131,133]

В таблице Ж.1 приложения Ж представлены характеристики современных теплоаккумулирующих материалов [134-141, 274], которые рассматриваются как компоненты различных комплексных полимерных полочкнистых систем.

Для расширения функциональности и эффективности женской теплозащитной одежды внедрение в общую объемную структуру компонентов ТАМ требует определенной совместимости. Теплоаккумулирующие материалы (ТАМ), которые способны к аккумуляции теплоты в области температур 20-30 °С (то есть, температуры, характерной для температуры пододежного пространства или обогреваемого помещения) нашли технологическое применение в виде микрокапсул ТАМ в различных многокомпонентных, в том числе волокнистых материалах. При повышении температуры более 25-30°С микрокапсулированные системы поглощают тепло и далее при температуре ниже 20 °С микрокапсулированные системы, представленные в соответствии с рисунком 21, отдают поглощенное тепло в окружающую среду [1-134]. Такие капсулированные и гранулированные материалы могут быть совместимы с волокнистыми структурами в зависимости от строения волокон, их размеров, системы их соединения и положения в объеме материала. В результате анализа систематизированных данных установлено, что в качестве основы разработки теплоаккумулирующих материалов применяют углеводороды ряда: тридекан, тетрадекан, пентадекан, гексадекан, гептадекан, октадекан, генэйкозан, докозан и насыщенные жирные кислоты, такие как миристиновая, пентадекановая, пальмитиновая и стеариновая кислоты (рисунок 21) [135, 136].



(a)



(б)

Рисунок 21 – Микроанализ (1:1000) микрокапсулированного гексадекана в а) меламинформальдегидной смоле и б) в кремнийорганической матрице [136]

Анализ температуры плавления чистых предельных углеводородов и их смесей, включая соединения с кислотой, представленные в таблице Ж.1, позволяют выделить такие вещества, как октадекан и его соединения (генейкозан-октадекан, докозан – октадекан, октадекан - генэйкозан -пальмитиновая кислота), нонадекан, эйкодекан, декагидрат сульфата натрия (глауберова соль), гептадекан, гептагидрат сульфита натрия которые по температурным характеристикам наиболее адекватны тепловым условия фазового перехода, характерным температуре тела человека [137].

Развитию и исследованию материалов такой группы посвящена работа [135, 136], которая позволила установить интервалы температуры плавления для октадекана ($C_{18}H_{38}$), нонадекана ($C_{19}H_{40}$), эйкозана ($C_{20}H_{42}$), температура плавления которых установлена в интервале $+27,6...38,6$ °С.

Существуют композиции, которые включают сополимеры на основе этилена, пропилена и дициклопентапиена; хлорсульфированного полиэтилена; кислоты стеариновой, оксида цинка; тетраметилтиурамдисульфида; серы; меркаптобензтиазола; диэтиленгликоля; твердых углеводородов. В качестве твердых углеводородов используются парафин, церезин, воск, спирты синтетические первичные высшие жирные с получением температуры стабилизации от $+53$ до $+80$ °С [138]. Такой диапазон температур в качестве условий применения в одежде характерен для одежды, защищающей от высоких температур. В аналогичном температурном фокусе ($+50...+55$ °С находится полимерная композиция [139], состоящая из сополимера этилена, пропилена и диена, в качестве диена используют этилиденнорборнен или дициклопентадиен), кислоты стеариновой, оксида цинка, тетраметилтиурамдисульфид, серы, меркаптобензтиазола, диэтиленгликоля, парафина С 20-31.

Среди веществ и материалов, применяемых в качестве ТАМ, выделяют такие неорганические вещества, как пентагидрат тиосульфата натрия ($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$), декагидрат сульфата натрия ($Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$), гептагидрат сульфита натрия ($Na_2SO_3 \cdot 7H_2O$), декагидрат карбоната натрия ($Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$), тригидрат ацетата натрия ($Na(CH_3COO) \cdot 3H_2O$) [68], типовые парафины [274].

Однако основной температурный интервал, представляющий интерес для аккумуляции тепла в режиме эксплуатации теплозащитной одежды, находится между +20...+40°C

Для данного диапазона температур широкое применение в мире получили ТАМ «Micronal ® PCM» на основе микрокапсул из специальной группы парафинов и глауберовой соли, разработанные и реализованные концерном BASF [275]. Известный химический концерн BASF разработал и наладил промышленное производство нового материала, который способен поглощать и высвобождать тепло. При этом Micronal ® PCM может быть встроен в строительные материалы, в которых в технологическом процессе применяется жидкая форма (для этого ТАМ «Micronal ® PCM» может быть использован в виде дисперсии с микрокапсулами в них), а для порошковых технологий данный ТАМ может быть применен в виде редиспергируемых порошков [275].

Применение жидкофазных веществ для формирования теплоаккумулирующих свойств текстильных материалов возможно на стадии текстильного производства при выполнении процедур отделки и стабилизации. Однако на готовые волокнистые структуры текстильных теплоизоляционных материалов процессы пропитки жидкофазными компонентами с микрокапсулированными включениями могут повлиять и приводить к изменению исходных теплоизоляционных свойств. Поэтому, кроме отдельно существующих теплоаккумулирующих веществ, для материалов в одежде требуется определить такие волокнистые системы, которые получены путем предварительной обработки волокон полимерами с теплоаккумулирующими свойствами, включая микрокапсулированные.

Анализ современных достижений в области создания и применения специальных капсулированных материалов с теплоаккумулирующими свойствами для волокнистых структур позволил выявить группу материалов, ориентированных на интеграцию с текстилем для одежды.

Японский капсулированный материал PureTemp [276] применяется в виде покрытия текстильного полотна, создавая тем самым дополнительную прослойку с

теплоаккумулирующим эффектом, схема которого представлена в соответствии с рисунком Ж.1-а в Приложении Ж.

Анализ микроструктуры поверхности такого материала, представленный в соответствии с рисунком Ж.1-б, показывает высокую плотность концентрации микрокапсул PureTemp на единице площади. Такая плотность покрытия имеет определенные преимущества и ограничения. Плотное сплошное покрытие микрокапсулированным составом полимерного материала целесообразно интегрировать в тонкие относительно плотные материалы, которые имеют сравнительно небольшую пористость. Такие характеристики могут быть применены для материалов внешнего слоя теплозащитной одежды (данный эффект актуален для одежды с малой толщиной), в том числе материалов группы М3.

Материал «PureTemp phase change» заключен в сферические микрокапсулы и с применением запатентованной технологии связывает их с поверхностью ткани, образуя достаточно прочные соединения с волокнами.

Однако такое сплошное покрытие имеет ограничения для прямого интегрирования в объемные высокопористые волокнистые теплоизолирующие материалы группы М2.

Существуют важные разработки, в которых двухкомпонентные волокна РСМ64 имеют смесь с ТАМ, заключенными внутри сердечника, что представлено в соответствии с рисунком Ж.2 в Приложении Ж [277]. Волокно в таком материале имеет диаметр около 35 мкм.

Серьезным уровнем технологий производства ТАМ обладает немецкий центр RAL [278], в котором создан комплекс материалов с фазовым переходом в различных температурных условиях. Эти материалы выполнены в виде капсулированных систем, пленок, обработанных воском волокон и других типов. На базе данных технологий высокотехнологичные компании предлагают ТАМ, актуальные для применения в волокнистом текстиле [279-281].

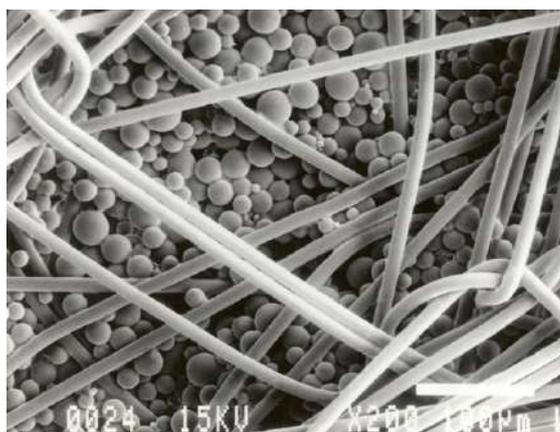
ТАМ «AXIOTHERM® РСМ» (Германия) предназначены для поглощения и выделения большого количества тепловой энергии при постоянных температурах. В эти материалы входят более 30 органических и неорганических

высокопроизводительных РСМ в диапазоне температур от -40°C до 120°C [279]. Теплоаккумулирующие материалы на основе природных восков CrodaTherm™ (Германия) [280] адаптируют к применению в текстильных изделиях постельного белья.

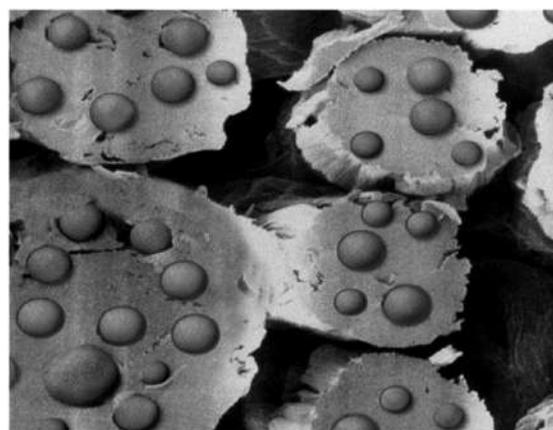
Китайские разработки полимерных тонких пленок и коллоиды на основе РСМ были разработаны для контроля температуры в области электронных устройств [281]. Однако подобные пленки соответствуют параметрам, применяемым в текстильных материалах.

Существуют варианты новых теплоаккумулирующих материалов, созданных в Китае (Shanghai Cloud Chemical) [282], которые апробировали в строительных и текстильных технологиях. Волокна вплетаются в пряжу, которая затем изготавливается в ткани или готовые изделия. Развитие таких технологий непрерывно расширяет существующий ряд производимых материалов, однако пока сосредоточено преимущественно на трикотажных технологиях. Применение таких волокон предназначено для материалов, которые носят рядом с кожей или очень близко к ней. Для высокопористых волокнистых материалов теплозащитной одежды требуются дополнительные технологические возможности.

Расширение способа реализации микрокапсулированных ТАМ в текстиле достигнуто европейскими разработчиками на примере трех ключевых технологий Schoeller®-PCM (Швейцария) [282], Comfortemp® (Германия) [284] и Outlast®-Thermocules™ (Германия) [285]. Структура нетканого материала по технологии [283] представлена в соответствии с Приложением Ж по технологии [284] и по технологии [285] в соответствии с рисунком 22.



(a)



(б)

Рисунок 22 - Структура полотна, микрокапсулированного по технологии Outlast®-Thermocules™ а) покрытием волокон [285] и б) непосредственно в волокнах [141]

В настоящее время, опираясь на существующие достижения, проанализированные выше, значительную долю современных материалов с теплоаккумулирующими свойствами заняли материалы, созданные по технологии Outlast Technologies [285, 141]. Данная группа текстильных материалов с интегрированными ТАМ нашла применение в космических технологиях и активно расширяется в части применения в производстве теплозащитной одежды.

При этом для теплозащитной одежды применительно к материалам группы МЗ материалы с ТАМ могут быть интегрированы в текстильную основу по типу технологии, представленной в соответствии с рисунком 23 [285].

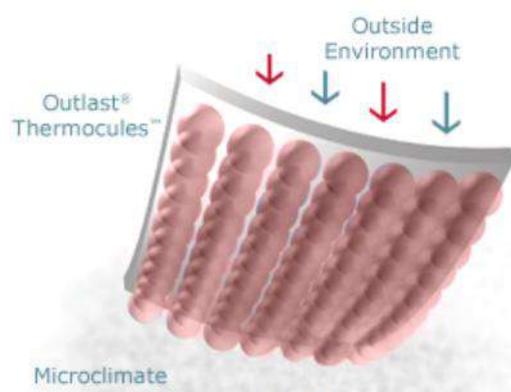


Рисунок 23 – Способ реализации текстильных материалов по технологии Outlast® [285]

На основе данной технологии разработаны наиболее распространенные типы текстильных материалов с теплоаккумулирующими свойствами, реализованные в виде нетканых и трикотажных конструкций, которые имеют малую толщину и не формируют основные теплоизоляционные свойства одежды.

Для объемных теплоизоляционных материалов группы М2 в теплозащитной одежде микрокапсулированные компоненты целесообразно концентрировать непосредственно в волокнистом объеме, что технологически на этапе проектирования и производства имеет определенные ограничения.

Такую задачу в целях развития технологий теплозащитной одежды одежду можно рассматривать получением материала композиционной структуры [142], то есть системы, состоящей из двух и более компонентов, один из которых является теплоизоляционным материалом [143], а интегрированные компоненты – это части теплоаккумулирующих микрокапсулированных материалов различных размеров, формы и доли в объеме.

Таким образом, в результате проведенных исследований современных теплоаккумулирующих материалов, их состава и способов получения, а также особенностей технологии интеграции в текстильные материалы, разработана схема формирования приоритетных волокнистых композиций с теплоаккумулирующими свойствами, образующих теплозащитные текстильные оболочки одежды, представленная в соответствии с рисунком 24. Данная система является развитием структуры (следующим фрагментом) проектируемого алгоритма для формирования новых волокнистых композиций с интегрированными теплоаккумулирующими компонентами для гибридных оболочек теплозащитной одежды.

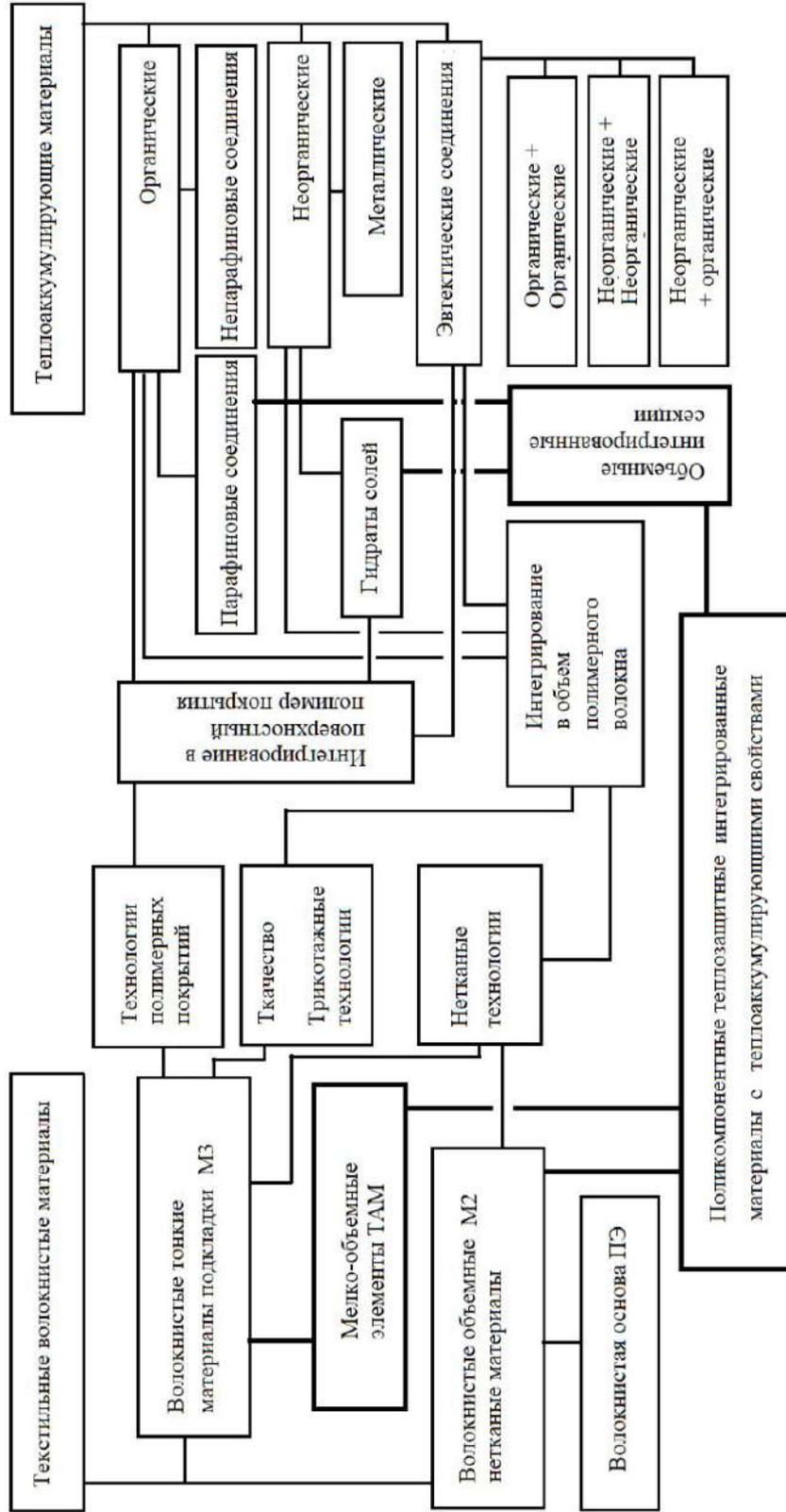


Рисунок 24 - Схема формирования приоритетных волокнистых композиций с теплоаккумулирующими свойствами, образующих теплозащитные текстильные оболочки одежды (Фрагмент «В» алгоритма формирования матриц волокнистых материалов)

В результате анализа представленной схемы формирования приоритетных волокнистых материалов с теплоаккумулирующими свойствами, образующих теплозащитные текстильные оболочки одежды, и текстильных ТАМ, применяемых для одежды в настоящее время, обоснованы и предложены способы получения поликомпонентных теплозащитных интегрированных материалов с теплоаккумулирующими свойствами:

1. За счет интегрирования исходных органических, неорганических и эвтектических соединений в непосредственный объем волокна с последующим этапом технологии нетканого производства объемных волокнистых материалов;

2. За счет интегрирования таких исходных ТАМ в полимерные покрытия для тонких нетканых и трикотажных полотен с последующим получением из таких материалов малообъемных элементов ТАМ и интегрированием их в нетканую волокнистую основу.

Для исследования и выявления структурных характеристик и свойств поликомпонентных теплозащитных интегрированных материалов с теплоаккумулирующими свойствами в условиях низких температур и эксплуатационных воздействий установлены их волокнистая основа и активные компоненты:

- волокнистая основа 100% ПЭ (синтепон, термофайбер, холлофайбер, тинсулейт);
- активные элементы текстильных ТАМ: Outlast®-Thermocules™, Comfortemp®.

На основе полученных данных необходимо разработать эффективные композиционные оболочки одежды, которые позволят обеспечить ее необходимую теплозащитную функцию, приобретая дополнительный резерв поддержки и регулирования тепла под одеждой и в ее слоях за счет ТАМ.

Однако качество одежды определяется не только тепловой эффективностью, но и стабильностью ее эксплуатационных свойств и эргономичностью изделия в целом. Как установлено ранее, эксплуатационные свойства в условиях криосферы включают, кроме холода, такие компоненты среды, как: снег, лед, а для территорий, приближенных к морю – морскую соль. Поэтому рассмотренные пакеты

теплозащитной оболочки одежды и входящие в них материалы являются неотъемлемой частью системы обеспечения эксплуатационной надежности одежды, проявляющейся в комплексных условиях сочетания факторов: низкие температуры + снежное покрытие, низкие температуры + лед в текстильных структурах, морская соль+лед в текстильных структурах.

Существует ряд исследований [144, 145, 146], в которых изучены воздействия низких температур и морской соли на ткани верха специальной одежды в виде последующего проявления изменения структуры и свойств. Однако реальные проявления эксплуатационных свойств в виде стабильной прочности деталей швейных изделий относятся не только к условно «нормальным» условиям, где, как правило, проводятся испытания. То есть, свойства материалов как остаточный эффект и свойства материалов непосредственно в условиях холода – это разные совокупные системы, которые остаются не достаточно изученными и требуют отдельного внимания. Кроме того, анализ научных работ, связанных с исследованием воздействия холода и морской соли, показал, что такая важная группа материалов, обеспечивающих целостность конструкции и надежность ее эксплуатационных свойств, как швейные нитки, - остаются недостаточно изученными в представленных условиях среды, хотя изменение свойств этих текстильных материалов определяет свойства швов, сложность и значимость которых в условиях воздействия факторов криосферы. Швейные нитки – это важнейший компонент обеспечения общей надежности и качества теплозащитной одежды соответствующего назначения. На основе проведенных исследований разработана схема, определяющая основные направления свойств пакетов материалов в условиях криосферы с учетом пакетобразующих и соединительных материалов (рисунок 25).

Кроме рассмотренных подробно компонент представленной системы (холод, морская соль) следует обратить внимание на совокупный эффект, к которому приводит покрытие одежды снегом: изменение параметров теплоизоляции, так как появляется дополнительный внешний слой снега, имеющий свою толщину,

влажность, структурные и теплофизические характеристики, что необходимо исследовать и оценить на базе современных методов, включая методы математического моделирования, а также оценить изменение эргономических характеристик одежды, так как снег влияет на массу одежды в условиях эксплуатации на холоде, что особенно важно для женской одежды.



* Определяется в зависимости от районирования территории и режима эксплуатации одежды

Рисунок 25 – Система формирования эксплуатационных условий, определяющих проявление свойств основных и вспомогательных материалов в пакетах теплозащитной одежды

Устанавливаемые зависимости, модели, логические функции принятия решений позволят расширить возможности современной инженерии в области проектирования теплозащитной одежды, в частности, женской теплозащитной одежды. При этом подразумевается расширение таких возможностей за счет создания новых модулей для систем автоматизированного проектирования одежды, для которых уже разработаны первые компоненты в виде фрагментных блоков алгоритмов САПР, представленных в данной главе выше.

1.6. Анализ средств автоматизированного проектирования теплозащитной одежды

Системы автоматизированного проектирования (САПР) стали неотъемлемой частью современных швейных предприятий при обеспечении процессов дизайна, конструирования, технологии, управления производством одежды. Сейчас многие предприятия используют САПР, поэтому с каждым годом все больше появляется программ для проектирования одежды, а также совершенствуются существующие системы, для того чтобы максимально упростить работу конструкторов и технологов. Существуют разработки [147], в которых предложено развитие модулей художественного проектирования и реализация метода структурного анализа, однако задачи поиска и автоматизированного определения структуры пакетов материалов и параметров конструкции теплозащитной женской одежды не рассмотрены. Необходимость учета влияния условий промерзания оболочек материалов одежды на параметры, определяющие выбор материалов в пакет теплозащитной одежды, представлена в [148], но в готовых САПР такое решение не найдено. Авторами [149] разработаны научные основы интеллектуализации виртуального проектирования конструкции и технологии изготовления одежды, на основе которых сформирована база графических элементов формы женского платья, определены подходы к проектированию человеко - машинного диалога на творческих этапах проектирования новых моделей одежды. В работе [150] представлена технология виртуального проектирования одежды, где предложены способы симуляции комфортности женской одежды платьевого ассортимента. Однако задачи автоматизированного проектирования многослойных оболочек теплозащитной одежды, устойчивой к промерзанию и заснеженной среде эксплуатации, остаются на данный момент на платформах САПР не решенными.

Вопросы автоматизированного проектирования теплозащитной одежды рассмотрены и имеют ряд решений в работе автора [151], которая направлена на определение конструктивных прибавок при проектировании теплозащитной

одежды, основанных на геометрическом моделировании сечений тела человека и одежды. Использование конструктивных прибавок на основе предложенной методики может быть отнесено к изделиям как с связными, так и несвязными утеплителями.

Задачи интегрирования математических моделей, описывающих процессы теплообмена человека в одежде с холодными тепловыми потоками, исследованы и имеют важные результаты в работах [286, 287, 148]. Однако особенности влияния факторов криосферы (снега, льда, морской соли) для обеспечения конструктивных параметров особенно женской теплозащитной одежды остаются не решенными и требуют обеспечения в системах САПР соответствующими расчетными модулями.

Группой авторов [153, 154] изучались вопросы развития систем автоматизированного проектирования (САПР) в промышленности. В современных работах обозначена целесообразность заимствования инновационных решений из модулей САПР других отраслей промышленности для развития и расширения функций автоматизированного процесса проектирования одежды. В случае задач, поставленных в настоящей работе, заимствование новых получаемых математических, логических, информационных модулей, установленных для материалов одежды, пакетов и конструкций из них, путем их интеграция в архитектуру действующих САПР гармонично соотносится с технологическими трендами в данной области и позволит снизить влияние субъективного фактора при принятии проектных решений, где проектирование одежды для криосферы носит определенный уровень инновационности и новизны базы знаний и требует корреляции с функциями и особенностями архитектуры современных программных продуктов, обеспечивающих САПР одежды.

Существующие системы САПР можно систематизировать по ряду признаков. Фрагмент систематизации характеристик систем автоматизированного проектирования одежды представлен в Приложении И (таблица И.1) [155, 156, 157-159, 160, 288-291, 293, 294]. Анализ результатов систематизации характеристик таких САПР, как Crafis, Comtense, Gerber, Ассоль, Investronica, Леко, Julivi,

САПРЛЕГПРОМ, Lectra, Грация , СТАПРИМ, Реликт, NOVO-CUT, Eleander – CAD позволил установить блоки САПР, которые не имеют, но могут приобрести новый функционал и стать опорными для интегрирования методической основы способа определения материалов и их параметров в пакетах оболочек одежды с учетом их прогнозируемого режима промерзания в выделенных специальных климатических подзонах, выявленных и формализованных в разделе 1.2.

На основе проведенных исследований установлено, что для разработки новых алгоритмов, расширяющих функционал САПР для проектирования одежды для криосферы, в виде программной основы можно рассматривать системы САПР открытого типа с управляемой системой формирования новых алгоритмов расчетов и их графической интерпретации. Основной задачей таких алгоритмов является обеспечение возможности проектировщику с использованием цифровых технологий выбирать уточненные зоны климатического районирования и с учетом этого проектировать изделие с составом и параметрами оболочки в зависимости от вероятной снеговой нагрузки, режима солевого воздействия в холоде, особенностей теплофизических и эксплуатационных свойств материалов, геометрии и терморегуляции тела женщины, создавая для нее условия эффективной работоспособности в условиях криосферы.

1.7. Анализ способов оценки эргономической эффективности теплозащитной одежды в обеспечении работоспособности человека

Ожидаемые результаты проектирования - теплозащитная женская одежда, обеспечивающая тепловую изоляцию и эффективность применения в условиях холодной, снеговой и, локально, солевой нагрузки на человека. Однако достижение эргономического эффекта одежды не только в статической и динамической соразмерности одежды , но и в комплексном удобстве и отсутствии избыточного давления и сдерживания человека в его динамической активности на

холоде, представляет собой сложную задачу, решения которой можно добиться путем расширения функций самой теплозащитной одежды, способной отслеживать активность женщины в холоде, фиксировать накопление усталости, и, соответственно, обеспечивать функцию мониторинга и управления работоспособностью человека и его безопасностью в холоде.

Физическая работоспособность – это одно из основных социально-биологических свойств человека, отражающих его способность выполнять определенную работу в течение определенного времени без снижения её качества и уровня мощности [161].

Работоспособность изучается по ряду показателей: прямые (профессиональные), косвенные (функциональные), а также показатели резервных возможностей человека при проведении нагрузочных проб (степени напряжения, компенсаторные возможности и др.).

Соответственно, уровни работоспособности проявляются в комплексе показателей:

- профессиональные показатели (эффективность, производительность, продуктивность, качество профессиональной деятельности и функциональные показатели – реакции организма, субъективные состояния человека);

- показатели работоспособности различаются и по основанию объективности-субъективности: объективные (к ним относятся изменения количественных и качественных показателей труда, а также изменения функционального состояния нервной системы); субъективные (ощущения усталости, вялости, болезненные ощущения) [162].

Таким образом, изучение физической работоспособности и ее показателей является одним из важных этапов в исследовании функциональных возможностей физического состояния человека на холоде в специальной одежде [295] как результата проектных работ и комплексного качества объекта проектирования (теплозащитной одежды). При этом важно, что оценка работоспособности и

оценка двигательной активности человека в целом и его частей напрямую взаимосвязаны.

Количественными измерениями параметров движения конечностей и всего тела активно занимается фирма Vicon [163]. Она выпускает оборудование и специализированное программное обеспечение для маркерных оптических трехмерных систем захвата движения. Принцип действия данной системы заключается в том, что в визуализации трехмерного пространства сочетается с методом количественного анализа походки и электромиографией.

В основе данной разработки лежат инфракрасные камеры, записывающие активность движения человека со скоростью 200 кадров в секунду. Информацию получают с помощью датчиков – маркеров, закрепленных на теле человека. Количество и месторасположения этих маркеров является важным при проведении самого исследования.

Также существуют другие технические способы мониторинга и управления работоспособностью и двигательной активностью человека в различных условиях и видах одежды (снаряжения) [164-184].

Известен имитатор космических условий на основе виртуальной реальности (Патент №RU173655 U1 от 13.04.2017) [164], включающий в себя шлем, который соединен с датчиками движения рук тренирующегося, размещаемых на тренирующемся, отличающийся тем, что шлем виртуальной реальности, вычислительный модуль и датчики движения рук тренирующегося закреплены в скафандре, выполняющим функцию единого корпуса, на котором также размещены соединенные с вычислительным модулем источник питания и датчики положения конечностей. Достоинством является вычислительный модуль, который соединен с модулем беспроводной передачи данных, а также он соединен с гироскопическим датчиком положения, расположенном на скафандре, но одного датчика недостаточно. Недостаток в том, что встроенная в костюм камера, предполагает источник света.

Известно устройство для измерения артериального давления в условиях двигательной активности человека (Патент №RU169010 U1 от 30.11.2015) [164]. Устройство содержит измерительный и компенсационный датчики пульсовой волны. Измерительный датчик располагается под пневмоманжетой в месте прохождения плечевой артерии. Недостатком данного устройства является нарушение его работоспособности при смещении датчиков с точки установки.

Известен способ получения информации о психофизиологическом состоянии человека (Патент №RU2629247 U1 от 31.03.2015) [165] для контроля функциональной диагностики человека.

Достоинствами данного изобретения является измерение характеристик психофизиологической реакции человека с помощью микроэлектромеханических датчиков измерения параметров движения, в качестве наиболее информативного параметра движения выбирают скорость движения, недостатки в том, что устройство работает от мобильного телефона, который должен иметь непосредственный или косвенный механический контакт с телом человека, синхронизирующийся с данными обработки виброизображения - скорости перемещения головы человека, получаемыми с телевизионной камеры. Это говорит о том, что на рабочем месте, в условиях повышенной физической активности данное устройство применять нельзя.

Недостатками ряда существующих разработок в виде функциональных браслетов является то, что они часто не предусматривают возможность управления режимом работоспособности человека, нет возможности получения информации о двигательной активности, учитывая асимметрию конечностей человека, а также браслет не может учитывать движение головы и асимметрию движений.

С целью установления расширенного ряда современных способов оценки работоспособности человека были проведены патентные исследования, результаты которых представлены в Приложении К (таблица К.1) [166 – 184]. Организация исследований выполнена на основе ГОСТ [185].

Анализ результатов проведенных патентных исследований показал, что показатели двигательной активности остаются в ряду приоритетных показателей оценки работоспособности человека и могут стать опорным показателем для создания функциональной теплозащитной женской одежды для эксплуатации в условиях криосферы.

Установлены разнообразные способы фиксации и анализа движений человека как показателя его физиологического состояния [186, 187, 296, 297, 298], включая состояние в одежде при физических нагрузках: с помощью встроенной в костюм камеры, с применением устройства для измерения артериального давления в условиях двигательной активности человека с датчиками для измерения пульсовой волны в месте прохождения плечевой артерии; с помощью приборов измерения психофизиологической реакции вместе с синхронизацией с данными обработки видеоизображения - скорости перемещения головы человека, получаемыми с телевизионной камеры, ограничивая применение такого способа в автономных условиях повышенной физической активности. Высокую эффективность обеспечения процесса мониторинга активности человека имеет браслет, в который встроены датчики, определяющие двигательную активность человека, а полученная информация регистрируется микроконтроллером на карту памяти, но не может учитывать движение головы и асимметрию движений разных рук. Существуют также подходы к обнаружению человека и одновременному распознаванию поведения изображений и последовательностей изображений с помощью алгоритма кластеризации. Также мониторинг двигательной активности человека изучен и в других странах, где работу мышц фиксировали для человека разного пола и возраста под воздействием температуры [187].

Таким образом, вопрос двигательной активности человека и его работоспособности является распространенным как среди ученых России, так и среди зарубежных центров науки, поэтому он может быть практически освоен путем интеграции в теплозащитную одежду системы мониторинга и управления работоспособностью женщины в ней, которая расширяет как функции одежды, так

и средства оценки результатов проектирования швейных изделий для безопасности труда.

Выводы по первой главе

1. На основе систематизации данных о современном состоянии и тенденциях климата, параметров охлаждающей среды в России и мире, особенностей условий жизнедеятельности человека в холоде предложена новая концепция для проектирования теплозащитной одежды, в качестве системной основы которой определена «криосфера», то есть, «совокупность компонентов земной системы на поверхности суши и океана и под ней, которые заморожены». Установлены основные определительные эксплуатационные факторы криосферы: лёд в различных фазах, чаще всего сопровождающий человека и одежду в виде снега и ледяных частиц, а на отдельных территориях северных морских акваторий в сочетании с частицами морской соли в режиме отрицательных температур, которые в совокупной концепции криосферы для проектирования одежды ранее в исследованиях не представлены.

2. С учетом анализа особенностей климатических трендов и географии территорий России, относимых к зоне криосферы, в результате проведенных исследований разработаны дополнительные уточнения к системе районирования холодных регионов в качестве усовершенствованных исходных данных для проектирования теплозащитной одежды. Разработана 3х-уровневая система матриц кодировки и определения климато-параметрических исходных данных температурно-влажностно-ветро-снего-солевого режима для установления критериев и комплексных функций теплозащитной одежды. Предложены дополнительные уточненные комбинированные климатические зоны для повышения адресности проектных решений в одежде.

3. В результате анализа особенностей здоровья, труда, эффективности жизнедеятельности женщин в представленных регионах криосферы выявлено

особое влияние охлаждающего климата на общие профессиональные патологии женщин, а физиологические реакции организма женщин на холод существенно отличаются от реакций мужчин. Установлено, что в результате воздействия дискомфортных и экстремальных погодно-климатических факторов криосферы у людей формируется хронический стресс, который меняет у женщин гормональную функцию, приводит к напряжению иммунной системы и к негативному психоэмоциональному напряжению, негативно влияя на общую работоспособность и напряжение функционирования репродуктивной системы женщин. Обосновано, что охлаждение организма женщин происходит более интенсивно, чем у мужчин, как за счет большего объема нагреваемого вдыхаемого холодного воздуха, поэтому женщины должны использовать оболочки одежды, которые позволяют сберечь определенные резервы собственного тепла и направить его на обогрев холодного воздуха, так и за счет иной системы терморегуляции и теплопродукции женщин в условиях холода, поэтому важным показателем качества женской теплозащитной одежды следует определить функцию резервной терморегуляции при эффективной теплоизоляции оболочки изделия.

4. Анализ годовой динамики патологических реакций женщин на воздействие факторов жизнедеятельности в холодный сезон на территориях криосферы позволили выделить наиболее проблематичный период, который характеризуется сочетанием максимальной снеговой нагрузки в режиме значительных отрицательных температур, часто наблюдаемой при циклических температурных перепадах, особенно характерных для марта в холодных регионах страны и в других периодах метелевых прорывов, приводя к дополнительным перегрузкам женщин в фактически тяжелых условиях труда и требуя от теплозащитной одежды дополнительных функций эргономичности и поддержки работоспособности женщин в холоде.

5. С учетом изученных особенностей терморегуляции организма женщин в режиме низких температур систематизированы современные методы проектирования одежды, основанные на применении методов математического

моделирования, где используются формальные способы описания модели женского тела как геометрического и теплового объекта в системе математического описания процессов теплообмена человека с холодной средой через слои теплозащитной одежды. Определены особенности условной модели тела женщины и отличительные ее тепловые характеристики, требующие учета в развитии методов проектирования функциональных оболочек женской теплозащитной одежды.

6. Для достижения эффекта терморегуляции и снижения нагрузки снега на одежду на основе аналитического исследования современных материалов обоснована необходимость совершенствования состава и структуры теплозащитных пакетов с использованием функциональных текстильных компонент с теплоаккумулирующими свойствами, позволяющими технологически применить их в условиях швейного производства, расширив ассортимент композиционных материалов и пакетов для проектирования теплозащитной одежды в целом. При этом эксплуатационные показатели таких пакетов определены в части повышенной устойчивости к механическим воздействиям со стороны материалов верха, швейных ниток, соединительных швов в режиме фактического промерзания и воздействия сопутствующих факторов криосферы, которые требуют также развития методов и средств их измерения и анализа.

7. Анализ свойств современных волокнистых и теплоаккумулирующих материалов позволил обосновать и разработать схемы связей волокнистой основы и групп материалов теплозащитного пакета одежды, а также логические схемы формирования приоритетных волокнистых композиций с теплоаккумулирующими материалами как компонент новых алгоритмов формирования гибридных структур волокнистых оболочек с расширенными терморегулирующими функциями в одежде. Обоснованы варианты опорных поликомпонентных теплозащитных гибридных оболочек, их волокнистой основы и функциональных текстильных компонентов с ТАМ.

8. Для реализации разработанных и предстоящих к разработке алгоритмов информационно-логического обеспечения процесса конфекционирования материалов и цифровых способов проектирования теплозащитной женской одежды на основе систематизации современных САПР одежды установлены САПР открытого типа с управляемой системой формирования новых алгоритмов, расчетов и их графической интерпретации с наличием в них модульных блоков, которые в настоящее время не имеют, но могут приобрести новый функционал и стать опорными для автоматизированной реализации способа разработки гибридных функциональных оболочек теплозащитной одежды.

9. Показано, что многослойность и немалый вес теплозащитной одежды приводят к негативному воздействию на эргономику и работоспособность человека в холоде особенно при сопутствующей снеговой нагрузке. Анализ современных методов и средств оценки работоспособности человека позволил обосновать и предложить направление решения данной проблемы путем разработки женской теплозащитной одежды с встроенной функцией мониторинга и управления физической активностью путем интегрирования в нее системы специальных устройств и алгоритмов, чтобы определять тенденцию накопления усталости и в ответ применять способы ее корректировки, повышая тем самым безопасность труда женщины в холоде и расширяя возможности технологий швейных изделий.

2. ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ ПОВЕРХНОСТИ ЖЕНСКОЙ ТЕПЛОЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ В ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ УСЛОВИЯХ КРИОСФЕРЫ

2.1. Процесс образования и влияния льда как компонента криосферы на свойства поверхности теплозащитной одежды

Текстильные материалы теплозащитной одежды эксплуатируются в климатических условиях. Влага — один из основных компонентов, постоянно присутствующий в текстильных материалах. В условиях повышенной относительной влажности воздуха, прямых контактов с водой в различных физических состояниях (дождь, снег, ледяные осадки и обледенение поверхностей) количество влаги в материалах существенно меняется. При пониженных температурах влага в зависимости от ее количества, форм связи с веществом материала и других факторов может переходить из жидкой фазы в твердую (лед) и оказывать определенное влияние на физико-механические свойства материала [24]. Так как текстильные материалы имеют систему пор и каналов, образуются зазоры, в которые попадает «вода-снег-лед», в таких комбинированных структурах переход состояний «лёд – вода/вода – лёд» характеризуется несколькими характерными фазами состояния льда в соответствии с рисунком 26 [188].

Кристаллизация воды при нормальном атмосферном давлении (1 атм = 760 мм рт. ст. = $1,013 \times 10^5$ Па = 1,013 бар) соответствует 273,15 К. [189]. То есть, при температуре 0°C и ниже начинается формирование кристаллов льда, которые в виде снега, ледяных игл или ледяных кристаллов фиксируются внутри структуры оболочки одежды.

Так как фазовый переход «вода – лед» сопровождается увеличением объема льда на 9-10 % [189].

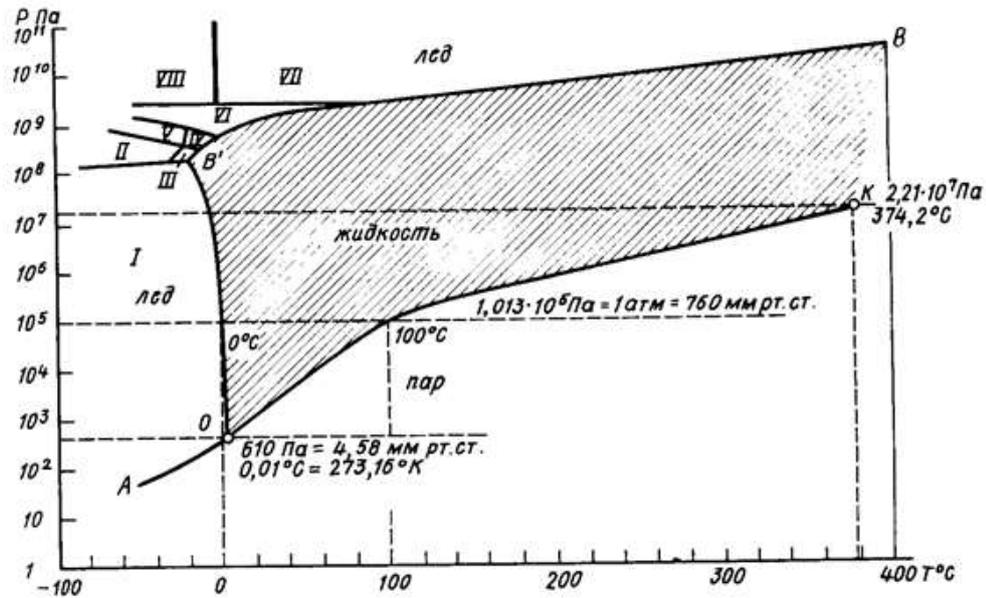


Рисунок 26 – Диаграмма состояния воды (фазы I-VIII – различные модификации льда) [188]

Такие кристаллы, которые образуются из частиц жидкости, находящиеся на момент замерзания уже внутри внешнего слоя материалов верха, приобретают совокупность свойств твердых тел и встраиваются внутрь мягкой текстильной структуры, формируя ее деформацию изнутри. Поэтому многократное циклическое «охлаждение — нагревание» материала во влагосодержащих климатических условиях может вызывать существенные изменения в его структуре и свойствах [24]. Особенности влияния твердых кристаллов льда в текстильной структуре определяются их формой, которая имеет острые грани (рисунок 27) [299], что в условиях динамической эксплуатации тканей в холоде приводит к постепенным механическим разрушениям контактных поверхностей текстильных волокон в дополнение к накапливающейся внутри самих волокон деформации их структуры из-за многократного изменения содержания влаги в материалах и ее кристаллизации в периоды замерзания [190].

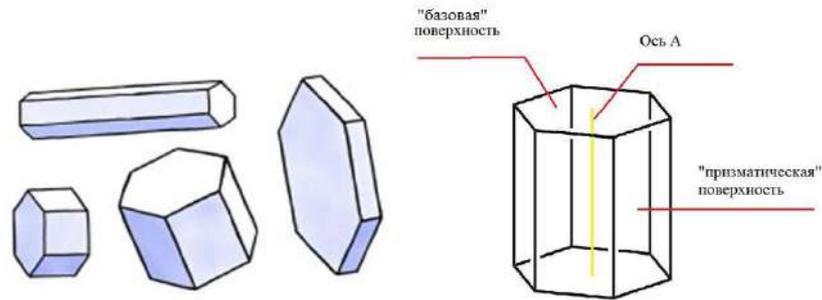


Рисунок 27 – Варианты формы кристалла льда [299]

Соединения подобных элементарных твердых частиц приводят к образованию многочисленных форм твердофазного проявления жидкости – снежинок, ледяных игл, ледяных кристаллов. Материалы подвергаются воздействию снега, а потом этот снег тает в период временного нахождения человека в тепле, что приводит к скапливанию влаги в структуре материалов. После охлаждения на холоде происходит снова процесс замерзания, образуются кристаллические сегменты в пористой структуре. Схема условного влияния кристаллов льда на структуру материала разработана и представлена на рисунке 28.

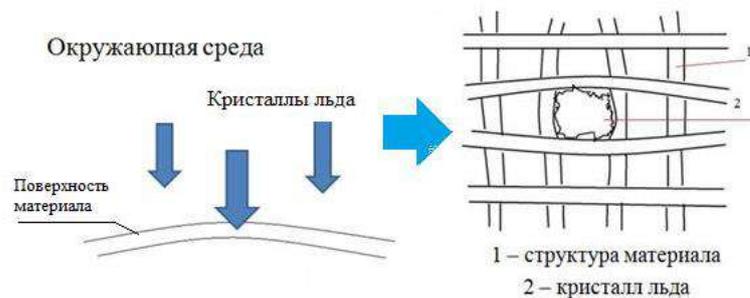


Рисунок 28 – Общая схема влияния кристаллов льда на структуру материала на её изменения

Анализ представленного процесса влияния компонентов замерзания текстильных материалов на их свойства показал, что трибомеханические и термомеханические эффекты в структуре одежных тканей, вызванные кристаллами

льда и деформацией волокон из-за влагонасыщения – замерзания – оттаивания – сушки и таких повторных циклов, приводят к накоплению в структуре материалов определенной усталости и факторов, снижающих их устойчивость к разрушению и процессам износа (истиранию).

Прочность материалов напрямую зависит от их состава и свойств, поэтому при понижении температуры от +20 до -40 °С текстильные волокна и нити существенно изменяют механические свойства [190, 191]. На текстильные материалы понижение температуры оказывает тоже заметное влияние.

Известно, что истирание приводит к постепенной потере плотности материалов, а значит, к потере их прочности, теплофизических и гигиенических свойств, от которых зависит теплоизоляция и продолжительность эксплуатации одежды. Этот процесс называется изнашиванием, а его результатом является износ, который выражается в видимом разрушении или сильном ухудшении свойств материалов [191]. Существуют два вида износа:

- местный износ характеризуется повреждением отдельных участков, сохраняя общую прочность изделия;
- общий износ происходит под действием следующих факторов: истирания, растяжения, изгиба, разрыва, сжатия.

Истирание — один из основных видов механического воздействия, которое материал испытывает при эксплуатации швейных изделий. В условиях пониженных температур устойчивость тканей при истирании существенно изменяется. При понижении температуры от +20 до -70 °С, выносливость хлопчатобумажных тканей и тканей из полиамидных нитей снижается. Следует отметить, что показатель выносливости при истирании ткани из полиамидных нитей в нормальных условиях (температура 20 °С) значительно превосходит этот показатель для других тканей, поэтому, несмотря на резкое снижение выносливости этой ткани в условиях пониженных температур, абсолютный показатель ее при температуре -70 °С считается достаточно высоким [300].

С понижением температуры до -70 °С ткани из полиэфирных текстурированных нитей тоже снижают выносливость при истирании. По абсолютному значению этот показатель при температуре -70 °С для ткани из полиэфирных текстурированных нитей несколько выше, чем для ткани из полиамидных нитей [190].

При проектировании специальной одежды для условий северной части России используют ткани, выработанные из натуральных материалов со специальными отделками и полиэфирных текстурированных нитей, которые имеют на старте эксплуатации достаточно высокие эксплуатационные свойства, обеспеченные производителями.

Однако, не только волокнистый состав и температурный режим определяют в тканях для одежды характер изменения свойств. Современные специальные отделки, выполненные на базе различных технологий, приводят к существенным корректировкам свойств исходных материалов. Основные виды актуальных отделок теплозащитной одежды были изучены и систематизированы в главе 1 (рисунок 18), поэтому в центре внимания оценки влияния холода и льда криосферы на свойства материалов верха выбраны материалы с отделками ВО и МВО.

Внимание к поведению в холоде современных тканей легло в основу ряда исследований, в которых были выявлены закономерности влияния холода на их прочностные характеристики в виде накопленного эффекта, установленного после снятия холодого воздействия, который фиксировался в течение определенного непрерывного периода [190, 144]. Современные ткани внешнего слоя оболочки специальной теплозащитной одежды зачастую теряют устойчивость к разрывным и истирающим нагрузкам после циклического режима эксплуатации при измерении их в лабораторных условиях [144]. Аналогичный тренд подтверждают материалы с мембранными покрытиями [191]. Фиксируются такие изменения после снятия холодого воздействия и оценивается накопленная усталость структуры материалов после холодых нагрузок.

Однако, не меньший интерес представляет устойчивость поверхностных материалов теплозащитной одежды после циклического режима эксплуатации, которая проявляется непосредственно в условиях холода криосферы и фиксируется в непосредственных условиях промерзания, что требует дополнительных исследований и создания специальных экспериментальных методов и средств. Их результаты позволят оценить и выбрать приоритетные материалы для женской теплозащитной одежды, исходя из стремления минимизации массы одежды, но при этом сохранении прочностных свойств непосредственно в условиях охлаждающего износа в зоне криосферы.

2.2. Разработка методики и средств исследования прочностных свойств материалов верха телозащитной одежды в условиях фактического промерзания

С целью выявления режимов промерзания материалов были изучены рекомендации о порядке организации режимов труда при работах на открытом воздухе в холодное время [192], в соответствии с которыми в зависимости от температуры и ветра в месте работы применяются:

- а) перерывы для обогрева;
- б) прекращение работы.

Для разработки условий циклического промерзания материалов верха женской теплозащитной одежды был проведен анализ климатических условий и выбраны условия эксплуатации одежды на открытом воздухе. Режим и параметры циклического охлаждения человека в теплозащитной одежде на открытой территории представлены в таблице Л.1 в Приложении Л. Также в таблице Л.2 представлена оценка комбинированного действия низких температур воздуха и ветра на незащищенные участки тела человека.

На основе проведенного анализа климатических условий и условий работы на открытом воздухе в северной части России было установлено, что человек, в

зависимости от температуры и скорости ветра, может работать по 120 минут с перерывами на обогрев перерывами в 30 минут, при температуре -25°C и скорости ветра 4 м/с в течение нормированного рабочего дня 8 часов. Эти условия были приняты для нормирования циклических нагрузок промерзания одежды, материалов и пакетов из них.

С целью разработки методики исследования прочностных свойств материалов в условиях прямого непосредственного охлаждения с учетом обозначенного эксплуатационного режима циклического промерзания теплозащитной одежды были изучены и систематизированы соответствующие методы испытаний материалов [190] и проведены патентные исследования существующего оборудования для исследования разрывных характеристик тканей в соответствии с ГОСТ [193].

Исследованные конструкции разрывных машин и сопутствующих устройств показали возможности применения нескольких вариантов технического устройства подобного оборудования: применение датчика удлинения образца, представленного в виде устройства, состоящего из блока электромеханического винтового привода, закрепленного на силовой раме параллельно силовой оси машины, упругоподатливой на изгиб балочки с наклеенными на ней тензорезисторами [193]; существует активный захват в виде шестигранной втулки с резьбой и шестигранной опоры, а с противоположной стороны выпуклая сферическая поверхность, опирающаяся на ответную сферическую поверхность станины, а все элементы закрытого типа [194] и ряд других [195]. На основе патентных исследований и поставленных в работе задач установлено, что существующие устройства измерения разрывных параметров текстильных материалов не позволяют зафиксировать в момент критической разрывной нагрузки материал в охлажденном состоянии. Использование разрывных машин типовых существующих конструкций для достижения режима охлаждения текстовых образцов в момент растяжения реализовать с полным погружением в климатические камеры представляет собой достаточно сложную задачу, которая, в

свою очередь, потребует дополнительного проектирования вспомогательных компонент испытательного оборудования для достижения его устойчивости к внешнему воздействию холода. Поэтому в настоящей работе предложена и реализована концепция создания локальной зоны охлаждения исследуемых материалов непосредственно в общей конструкции стационарного испытательного оборудования (типа РТ250 [196]), применяемого в соответствии с методикой по ГОСТ 3813-72 [197]. Для разрывной машины РТ250 была разработана специальная дополнительная установка, позволяющая проводить исследования с учетом циклического, но в режиме непосредственного промерзания. Новое разработанное устройство включает встраиваемый охлаждающий модуль для исследуемых текстильных материалов, сформированный с помощью специальных встроенных съемных зажимных креплений конструкции разрывной машины. Закрепленные в них хладагенты, обладающие теплоаккумулирующим эффектом в течение 4-х часов, сохраняют отрицательную температуру промерзшего текстиля в период непосредственной разрывной нагрузки.

На рисунке 29 представлена общая схема разработанной установки для исследования охлажденных текстильных материалов [198]. Она представляет собой встраиваемую конструкцию охлаждающего модуля, соединенную с основной частью элементов (1–28), позволяющую проводить исследования с учетом предварительного охлаждения тканей, где (29) – штативы крепления, на которых закреплены зажимы (30), фиксирующие плоские хладагенты (31). На штативе для хладагентов между зажимными лапками (32) крепится текстильный материал (33). Крепления на штативе располагаются на расстоянии 50,0 мм и 20,0 мм от краёв образца материала в соответствии с параметрами хладагентов 260,0/100,0 мм. Схема крепления зажима к хладагенту представлена на рисунке 2. Устройство работает следующим образом. В зажимы (30), которые фиксируются креплением (32) установки, закрепляются хладагенты (31), между которыми располагается текстильный образец для испытания (33).

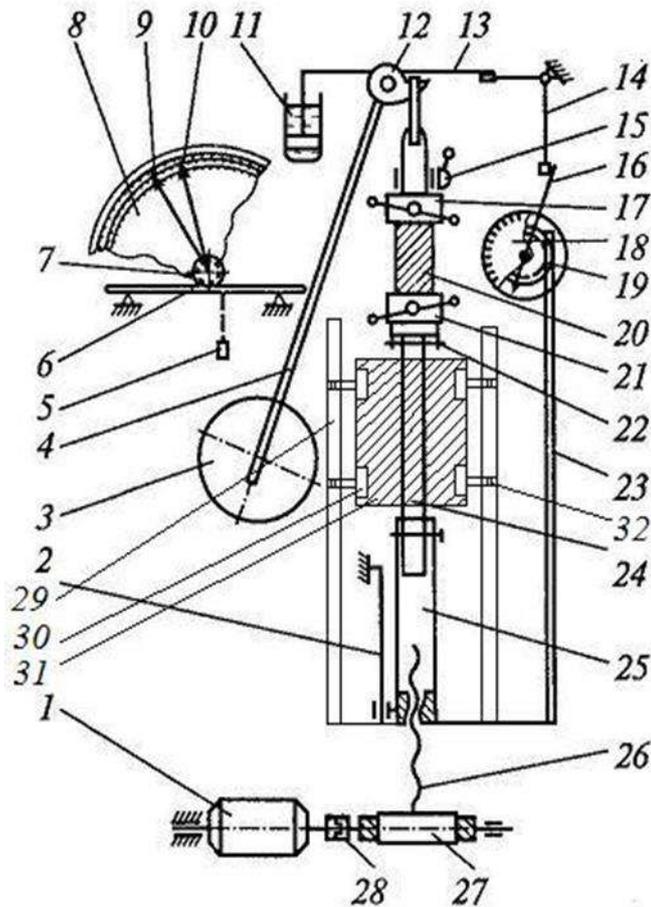
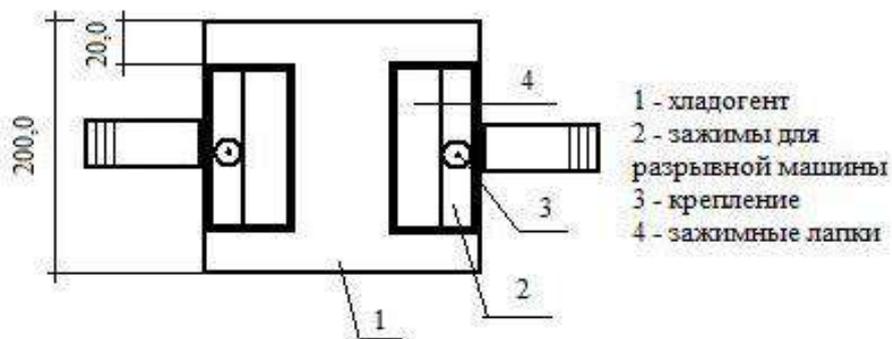


Схема крепления зажима к хладагенту



- 1 - хладагент
- 2 - зажимы для разрывной машинки
- 3 - крепление
- 4 - зажимные лапки

1- Электродвигатель; 2 – направляющая; 3 – груз; 4 – маятник; 5 – грузовая шкала; 6 – зубчатая рейка; 7 – зубчатое колесо; 8 – грузовая шкала; 9 – ведущая стрелка; 10 – контрольная стрелка; 11 – масляный амортизатор; 12 – грузовой рычаг; 13,14 – корректирующее устройство; 15 – рычаг; 16 – стрелка указатель; 17 – верхний зажим; 18 – шкала; 19 – зубчатое колесо; 20 – проба; 21 – нижний зажим; 22 – крепление; 23 – рейка; 24,25 – шток; 26 – винт; 27 – червячный редуктор; 28 – муфта; 29 – стойка; 30 – зажим; 31 – хладагент; 32 – соединительное крепление

Рисунок 29 – Схема усовершенствованной конструкции разрывной установки для одежных материалов в режиме фактического охлаждения [198]

Предварительно охлажден до необходимой температуры промерзания в морозильной камере образец (33). Хладагенты (31) удерживают полученную температуру в течение 240 минут после предварительного охлаждения. Их верхние и нижние края закрепляются с помощью зажимов (30) к испытываемому образцу материала (33).

В момент привода в действие основных элементов разрывной машины выполняется смещение зажимов (30) с увеличением расстояния по отношению к образцу материала до 50мм, оставляя его в основных зажимах разрывного действия. Это обеспечивает текстильному материалу сохранение заданной температуры и свойств в условиях промерзания в момент растяжения до разрыва.

Схема крепления зажима к хладагенту представлена на рисунке 29.

Разработанное устройство защищено патентом на изобретение Российской Федерации №2694111 и представлено в Приложении М [199].

Ширина образца пробной полоски установлена для всех видов материалов 50 мм. Длину проб L , мм, определяют по формуле:

$$L = l + 2a + c \quad (1)$$

где, l – зажимная длина полоски, мм; a – ширина губок зажимов машины, мм; c – длина части полоски, необходимая для подвешивания груза предварительного натяжения, мм.

Зажимная длина для полоски 200 мм, длина части полоски для закрепления груза предварительного натяжения и составляет 100-150 мм.

После определения размера проб для разрывной машины образцы были помещены в эксикатор на 2 часа, затем в холодильную камеру с циклическим промораживанием:

I – в течение 15 минут;

II – в течение 30 минут;

III – в течение 45 минут;

IV – в течение 60 минут.

Измерения проводятся на одном материале 7 экспериментальных образцов: 4 по основе и 3 по утку; время крепление образца в зажимы разрывной машины от 30-60 сек. Чтобы материал не терял своих свойств и не оттаивал при закреплении его в зажимы разрывной машины и в период механической нагрузки, на образец непосредственно в зоне холодильной камеры с двух сторон закрепляются хладогенты, выдержанные в идентичных условиях, для фиксации материала в замершем состоянии (в соответствии с рисунком 29). Основной температурный режим охлаждения материалов и кристаллизации в них льда рассмотрен далее при базовой температуре -18°C , исходя из средних зимних температур для теплозащитной одежды 2го класса защиты, ориентированной на 2-3 климатические зоны эксплуатации согласно стандартизированной классификации (таблица 1), а также для соответствующих средних долгосрочных арктических условий (рисунки А.1-В5) с учетом наиболее критического с точки зрения подверженности здоровья женщин холодовому воздействию – месяца март в северных регионах. Также рассмотрены дополнительные температурные охлаждения, характерные для снежных периодов холодного периода.

2.3. Экспериментальные исследования влияния холода и льда при фактическом промерзании на устойчивость к разрывной нагрузке материалов верха теплозащитной одежды

Контрольные образцы материалов, отражающих типовые характерные свойства групп, сформированных для выборки исследуемых материалов верха в зависимости от волокнистого состава и поверхностной плотности (представленных в Приложении Е, таблица Е.1), которые были использованы для экспериментальных исследований, размещены ниже в таблице 8.

Таблица 8 – Характеристики контрольных образцов для выборки материалов.

№ п/п	Наименование материала	Толщина, мм	Волокнистый состав, %	Поверхностная плотность, г/м ²	Отделка	Производитель
1	2	3	4	5	6	7
Смешанные ткани						
I – (190-220 г/м ²)						
1	Грета - М8С0	0,30	Х/Б – 35, ПЭ – 65	190,0	ВО	ООО «Мого текс», Беларусь
Смешанные ткани						
II – (245-300 г/м ²)						
2	Премьер-комфорт 250 А	0,28	Х/Б – 80, ПЭ – 20	255,0	ВО, PU	Чайковский текстиль, Пермь
Синтетические ткани						
I – (180-220 г/м ²)						
3	Дьюпа 240 PU Milky	0,14	ПЭ – 100	240,0	ВО	Сяншен текстиль, Китай
4	Jordan	0,10	ПЭ – 100	220,0	ВО	Сяншен текстиль, Китай
5	Оксфорд 210	0,11	ПЭ – 100	210,0	ВО	Сяншен текстиль, Китай
Синтетические ткани						
II – (240-285 г/м ²)						
6	Poly princ	0,36	ПЭ – 100	255,0	ВО	Wujiang Hengrun Weaving Manufacturing Factory, Китай ⁶
7	Оксфорд 610 WR PU	0,43	ПЭ – 100	240,0	ВО	Сяншен текстиль, Китай ⁵
Натуральные ткани						
I – (240-280 г/м ²)						
8	Саржа	0,32	Х/Б -100%	240,0	ВО	ИваТекс Иваново ⁷

На рисунке 30 представлены характеристики разрывной нагрузки для выборки материалов в исходном состоянии до воздействия факторов криосферы (по основе и по утку).

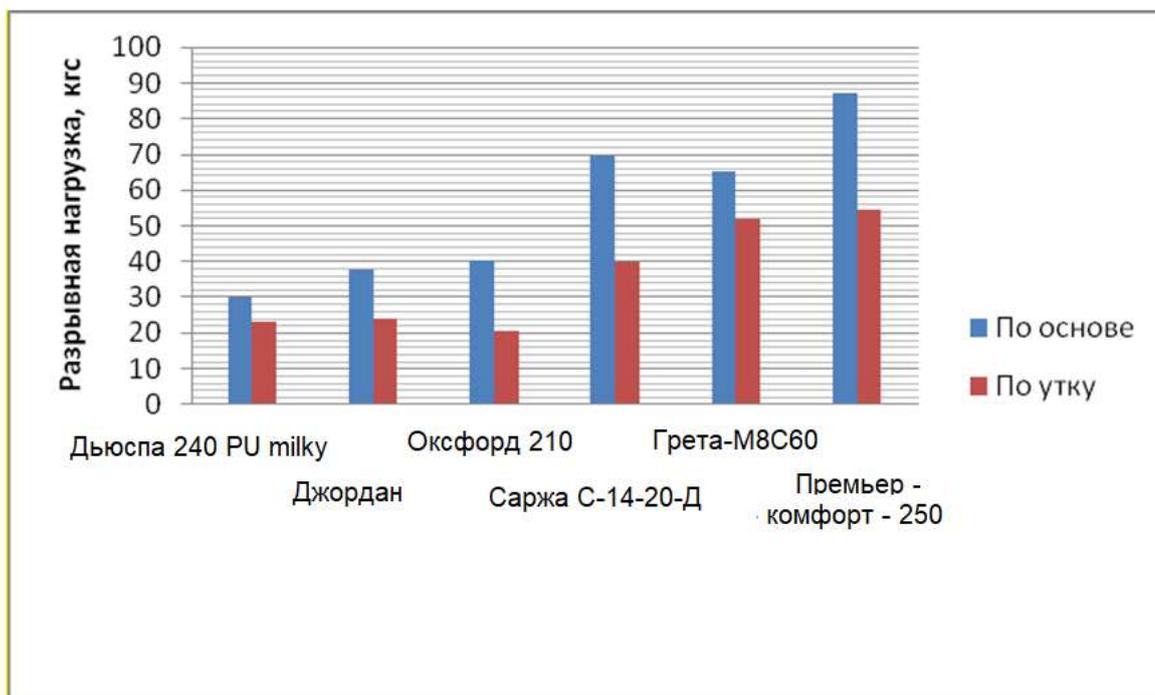


Рисунок 30 – Характеристики разрывной нагрузки для выборки материалов в исходном состоянии без циклического промерзания по основе и утку

Исследования образцов материалов для специальной теплозащитной одежды на разрыв показали, что материал «Премьер – комфорт 250А» с пропиткой МВО в исходном виде, по сравнению с другими материалами, наиболее устойчив к разрывной нагрузке, устанавливаемой в нормальных климатических условиях.

Однако фаза промерзания материала в момент разрывной нагрузки на материал – это условия проявления свойств, обусловленных совокупностью структуры, состава и отделки тканей.

На рисунках 31, 32 и в Приложении Н представлены результаты исследования механических свойств материалов верха теплозащитной одежды в условиях циклического эксплуатационного охлаждения проб в 3 этапа заморозки и отдыха при температуре $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$.

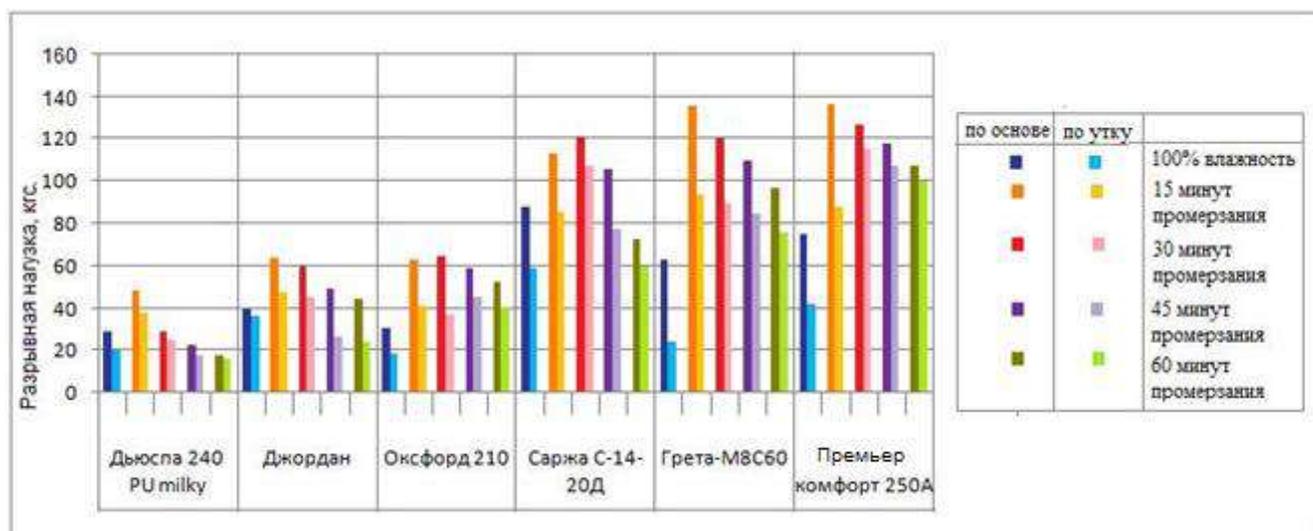


Рисунок 31 – График влияния на устойчивость к разрывной нагрузке холода и льда при фактическом промерзании материалов верха теплозащитной одежды

На основе проведенных исследований можно сделать вывод, что образцы смешанных материалов с содержанием хлопчатобумажных волокон, прошедшие испытания на разрыв в фазе фактической заморозки, показали устойчивость к разрывным нагрузкам с учетом циклического эксплуатационного промерзания. Такие материалы как «Грета – М8С60» и «Премьер – комфорт 250А» на первой фазе заморозки показали свою максимальную устойчивость к разрыву, затем также начали терять свои показатели прочности, однако проявляя определенный запас прочности даже по сравнению с состоянием материала до холодной нагрузки. А также «Премьер - комфорт 250А» по сравнению с «Грета – М8С60» наиболее вынослив к разрывным нагрузкам в состоянии фактического промерзания. Это объясняется, в том числе, соответствием этих материалов разным уровням поверхностной плотности (таблица 8). Материалы, содержащие в своем составе 100% ХЛ, а также синтетические материалы или смешанные с высокой долей синтетических волокон в фазе фактической заморозки со значительным отрывом теряют свою устойчивость к влиянию холода и образующегося в структуре льда (отвердевшее состояние воды - кристаллы).

Далее были проведены исследования удлинения образцов при разрывных нагрузках замороженных образцов материалов для теплозащитной одежды, представленные на рисунке 32.

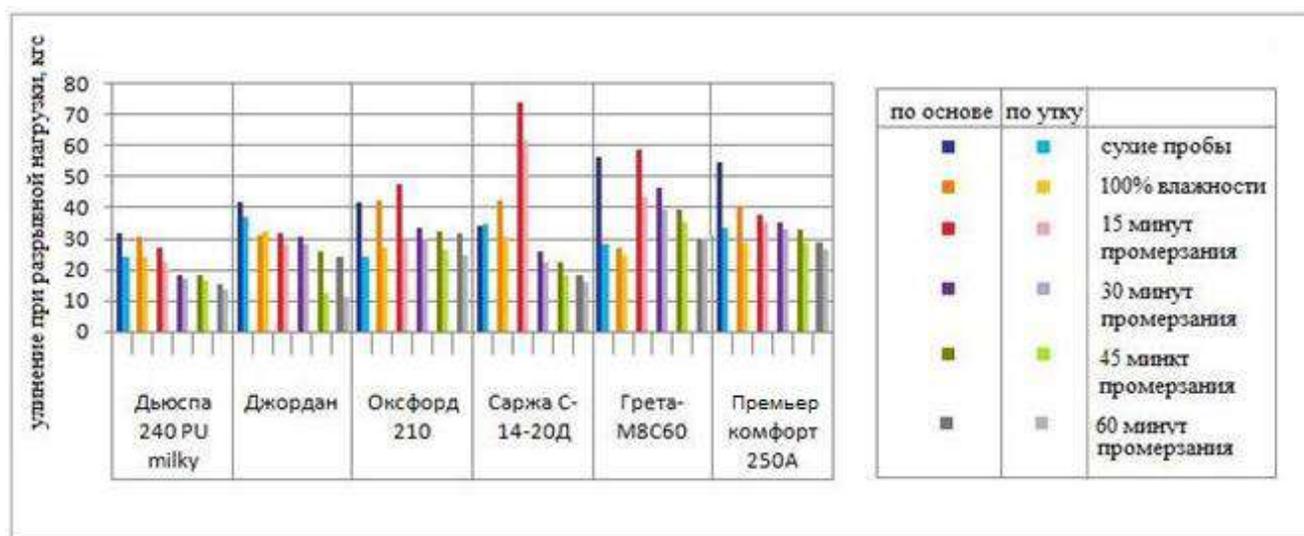


Рисунок 32 – График влияния холода и льда при фактическом промерзании на удлинение образцов при разрывных нагрузках материалов верха теплозащитной одежды

Из полученных результатов следует, что при разрывных нагрузках такие материалы, как «Саржа С – 14 -20 Д» (ХЛ-100%), достигают максимального удлинения по сравнению с другими образцами материалов при первом цикле промораживания, затем резко меняют свои характеристики.

На основе проведенных исследований материалов верха в условиях непосредственного воздействия холода и кристаллического льда в структуре текстильной структуре можно сделать вывод, что образцы смешанных материалов с содержанием х/б волокон, прошедшие испытания на разрыв, показали наибольшую устойчивость к разрывным нагрузкам с учетом предварительного и фактического промерзания. Такие материалы, как «Грета – М8С60» и «Премьер – комфорт 250А» при первом режиме заморозки показали свою максимальную устойчивость к разрыву, затем начали терять показатели прочности на разрыв. А также «Премьер - комфорт 250А» по сравнению с «Грета – М8С60» наиболее вынослив к разрывным нагрузкам. Сравнительный анализ материалов по основе и

утку показал, что «Грета – М8С60» по утку наиболее быстро теряет свои свойства, чем материал «Премьер - комфорт 250А».

Материалы с синтетическим составом менее устойчивы к разрывным нагрузкам в условиях фактического холода.

При этом следует отметить, что материалы синтетические в своем составе при увеличении продолжительности периодов промерзания в циклическом графике эксплуатации приобретают новый уровень прочности к разрыву после первичной его потери, что проявилось в режиме исследования непосредственно охлажденных материалов в фазовой заморозке. Это характерно для материалов различной толщины.

С целью анализа взаимосвязи параметров плотности материалов, их толщины и разрывных характеристик, проявляющихся именно при непосредственном охлаждении в условиях фазовой заморозки, были проведены исследования. Пример результатов для 2х групп синтетических тканей представлен в соответствии с таблицей 8. Результаты представлены на рисунке 33.

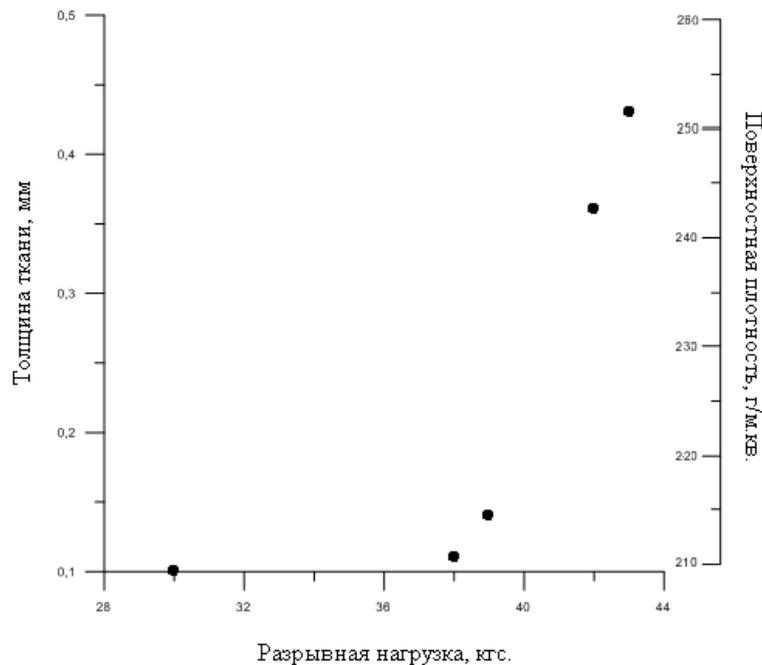


Рисунок 33 – Зависимость разрывной нагрузки от поверхностной плотности и толщины охлажденных синтетических материалов (100% ПЭ) с учетом режима длительных циклов промерзания по 60 мин

Анализ полученных данных показал, что запас прочности материалов в условиях циклического эксплуатационного охлаждения при разрыве в непосредственной фазе заморозки не прямо пропорционален росту поверхностной плотности и толщине тканей, что связано с рядом структурных особенностей, существенно влияющих на кристаллизацию внутримолекулярной влаги и корректировку стандартных данных о таких материалах, исследованных в нормальных климатических лабораторных условиях.

С помощью представленного и запатентованного устройства полученные результаты исследования на разрыв материалов для теплозащитной одежды при низких температурах позволили установить, что смешанные материалы обладают более стойкими показателями при разрывной нагрузке. Установлены закономерности проявления прочностных свойств в условиях разрывных нагрузок для современных материалов теплозащитной спецодежды с учетом различных условий циклического промерзания, волокнистого состава, толщины и плотности.

На основе проведенных исследований влияния на разрывную нагрузку жесткости, температуры, поверхностной плотности материалов следует, что хлопчатобумажные материалы с добавлением смесовых волокон значительно устойчивы при разрывных нагрузках в условиях фактического промерзания с учетом циклического эксплуатационного режима, чем материалы со 100% синтетическим составом.

Результаты экспериментальных исследований прочности материалов верха к разрывным нагрузкам в условиях, приближенных к холодovým условиям криосферы – то есть, в состоянии фазовой заморозки, является основой для функционирования следующего блока специализированного модуля САПР, где предусматривается принятие решений о выборе той или иной группы материалов верха для комплектования пакета теплозащитной одежды, исходя из условий прочности к разрыву.

Основной принцип работы данного блока представлен на рисунке 34.



Рисунок 34 – Основной принцип логики работы блока выбора материалов верха

В результате проведенных исследований влияния холода и кристаллического льда в замороженном состоянии на прочность к разрывным нагрузкам установлены важные свойства материалов, которые проявляются именно в фазовом замороженном состоянии в отличие от эффекта потери запаса прочности материала после снятия холодовой нагрузки (эффект накопленной усталости материала от циклической эксплуатации).

Были проведены дополнительные экспериментальные исследования всех отобранных материалов верха для специальной утепленной одежды и установлены зависимости разрывной нагрузки от коэффициента жесткости материала, которая является следствием его охлаждения, от температуры, поверхностной плотности.

На рисунке 35 представлен график зависимости разрывной нагрузки от коэффициента жесткости материала «Джордан» с учетом режима промерзания.

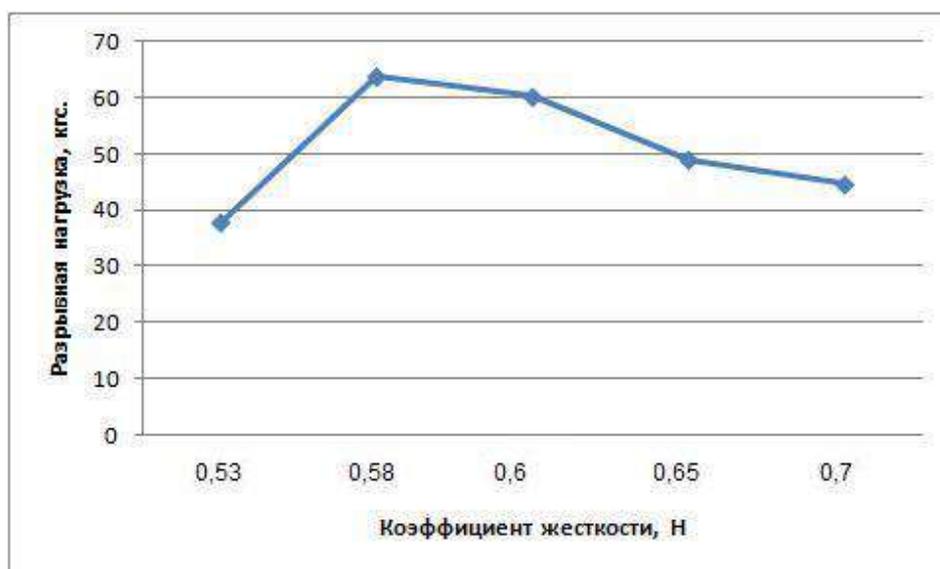


Рисунок 35 – Зависимость разрывной нагрузки от коэффициента жесткости материала Джордан (с учетом режима фактического промерзания при температуре -18°C)

Из установленных зависимостей следует, что такие материалы как «Саржа С-14-20Д» и «Премьер – комфорт 250А» более устойчивы к промерзанию и обладают более высоким коэффициентом жесткости, чем другие образцы материалов. Среди материалов из 100% синтетических волокон более устойчив к промерзанию материал Оксфорд 210.

На следующем этапе исследования была установлена зависимость разрывной нагрузки от температуры фактического промерзания образцов материалов с хлопчатобумажными волокнами для специальной утепленной одежды (рисунок 36).

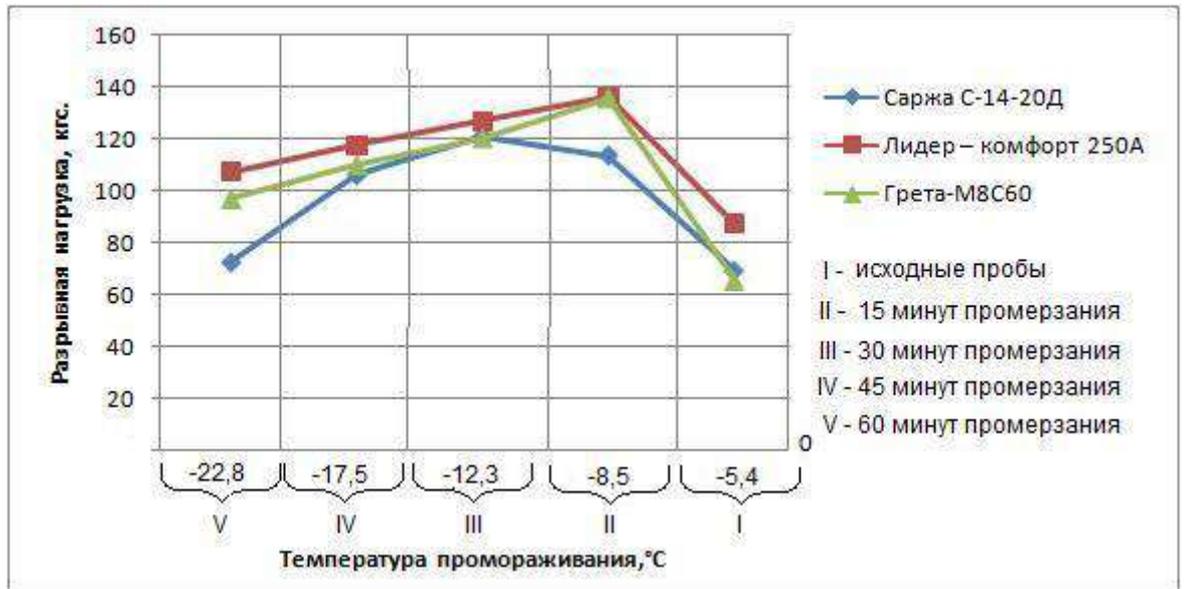


Рисунок 36 – Зависимость разрывной нагрузки от температуры и циклов промерзания для образцов материалов с хлопчатобумажными волокнами

Следовательно, материалы «Премьер – комфорт 250А» и «Грета – М8С60» на 2 этапе промораживания показали высокую устойчивость при разрывной нагрузке, затем начали терять свои свойства в процессе промерзания. «Саржа С-14-20Д» на 3 этапе циклического промораживания увеличила стойкость к разрывным нагрузкам, затем также начал терять свои свойства.

Установлено, что материал «Оксфорд» на 2 этапе разрывной нагрузки увеличил свои показатели устойчивости к разрыву при фактическом промерзании по сравнению с другими образцами материалов, которые после 1 этапа промерзания начали терять свои свойства.

Были проведены исследования зависимости разрывной нагрузки от поверхностной плотности материалов без учета и с учетом циклов промораживания. Установлено, что материал «Грета – М8С60» с меньшей поверхностной плотностью показал достаточно высокие показатели устойчивости к разрывной нагрузке без учета циклического промораживания и вместе с «Премьер – комфорт 250А» с высокими показателями поверхностной плотности при высокой устойчивости к разрывным нагрузкам в процессе циклического

промерзания на III этапе заморозки показали максимальную устойчивость к разрывным характеристикам.

Установлены не только более устойчивые к данному режиму материалы с натуральными волокнами в структуре, но и выявлены новые данные о различиях в проявлении прочностных свойств материалов в зависимости от условий и режима холодого и механического нагружения (рисунок 37): ткани верха на основе натуральных, смешанных и синтетических волокон, для которых ранее установлены общие закономерности снижения показателей устойчивости к разрывным нагрузкам, которые проявляются при испытаниях стандартными методами в нормальных (лабораторных условиях) после предварительного циклического воздействия холода (до -28°C) в течение непрерывного периода до семи суток и последующего снятия этого охлаждения [143], в условиях исследований разрывной прочности тканей к разрыву в критической фазе одновременного механического и холодого воздействия позволили выявить эффект дополнительного резерва механической устойчивости материалов к холоду с сохранением целостности структуры непосредственно в замороженном состоянии в изученных условиях до -23°C , что дает дополнительный инструмент управления общей надежностью конструкции теплозащитной одежды, позволяя применить, в том числе, материалы с относительно сниженным удельным весом ради достижения улучшенной эргономической эффективности женской теплозащитной одежды.

На основе проведенных исследований влияния на разрывную нагрузку жесткости, температуры, поверхностной плотности материалов следует, что материалы с хлопчатобумажными волокнами обеспечивают большую устойчивость при разрывных нагрузках с учетом циклического промерзания, чем материалы со синтетическим составом, но из них важно учитывать критерии эргономичности одежды, то есть такая ткань, как Грета по своим показателям механического поведения при низких температурах может быть успешно применена для территорий криосферы с некритическими ветровыми нагрузками, так как

снижение плотности ведет к повышению воздухопроницаемости одежды. Но для других территорий, где снеговая нагрузка криосферы преобладает над ветровой, такой материал может сформировать дополнительный резерв эргономичности конструкции так как позволяет снижать массу изделия.

2.4. Экспериментальные исследования влияния циклического промерзания на устойчивость к истиранию и комплексные проявления механических свойств материалов верха теплозащитной одежды

Истирание – это процесс разрушения материала под действием трения, приводящий к ухудшению свойств текстильных изделий в процессе их эксплуатации, особенно у тканей, используемых в верхней одежде [73].

Современные приборы, на которых выполняется неориентированное истирание ткани, соответствуют характеру истирания материала в условиях эксплуатации. Из разнообразия существующих абразивов, применяемых для истирания тканей, зачастую используют абразивы, которые обеспечивают характер разрушения материала, близкий к тому, который наблюдается у тканей во время носки [200].

Исследования ассортимента материалов для теплозащитной одежды были проведены для неориентированного истирания по плоскости на приборе УГН – 1 по ГОСТ [201]. С помощью этого прибора определяется стойкость к истиранию хлопчатобумажных, шелковых и смешанных тканей. Для испытания взят жесткий абразив, из материала вырезаются пробы в виде дисков диаметром 90 ± 1 мм по 5 проб каждого материала. Образцы были подвержены циклическому промораживанию, испытания проводились в течение 8 часов в соответствии с режимами труда для работы на открытом воздухе [192] в холодное время разработана методика для низких температур на три цикла промораживания:

- I цикл -120 минут (30 минут отдыха);
 II цикл -120 минут (30 минут отдыха);
 III цикл - 120 минут (30 минут отдыха).

На рисунках 37 и 38 представлены графики зависимости истирания от коэффициента жесткости тканей на синтетическом основе в режиме циклического промерзания.

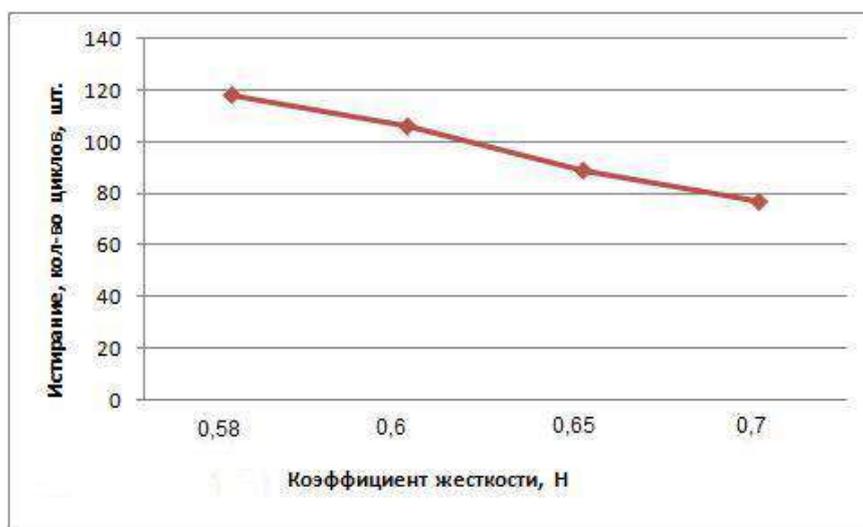


Рисунок 37 – Зависимость истирание от коэффициента жесткости материала «Джордан» с учетом режима циклического промерзания при температуре -18°C

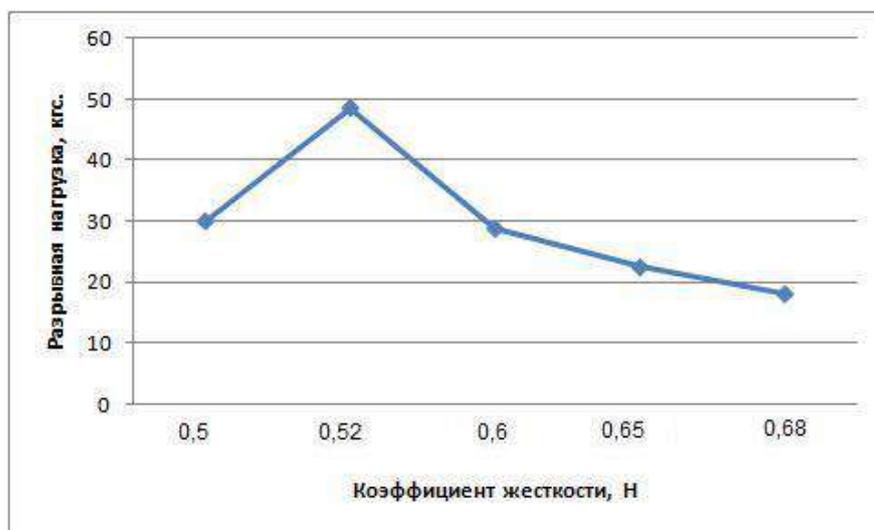


Рисунок 38 – Зависимость разрывной нагрузки от коэффициента жесткости материала Дьюспа 240 PU milky (с учетом режима циклического промерзания при температуре -18°C)

Для других изученных материалов зависимость циклов истирания тканей от коэффициента жесткости представлены в Приложении Н.

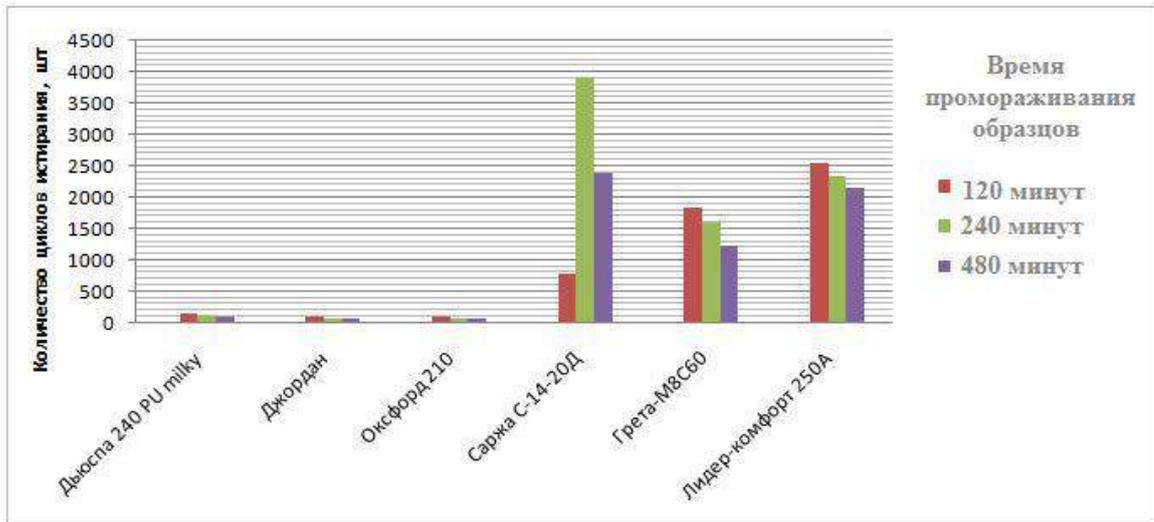


Рисунок 39 – Циклическое истирание образцов материалов с циклическим промораживанием различной продолжительности

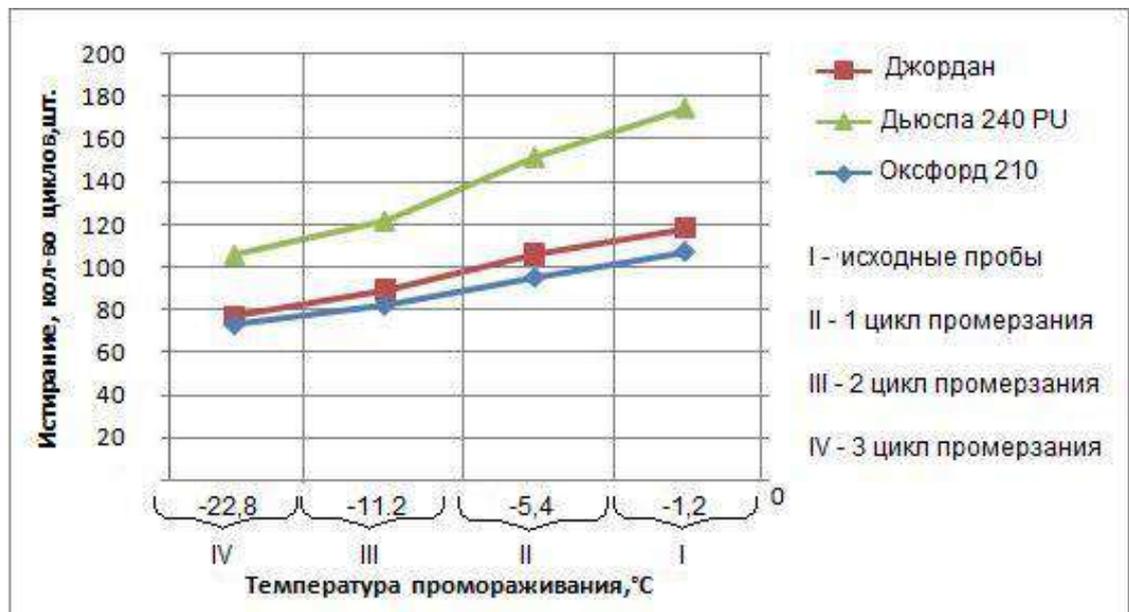


Рисунок 40 – Зависимость истирания от температуры промораживания образцов материалов из синтетических волокон

На основе результатов проведенных исследований материалов верха теплозащитной одежды с применением метода полнофакторного эксперимента [202] была установлена комплексная модель, описывающая зависимость разрывной нагрузки смешанной ткани от поверхностной плотности и температуры замерзания, визуализированная на рисунке 41.

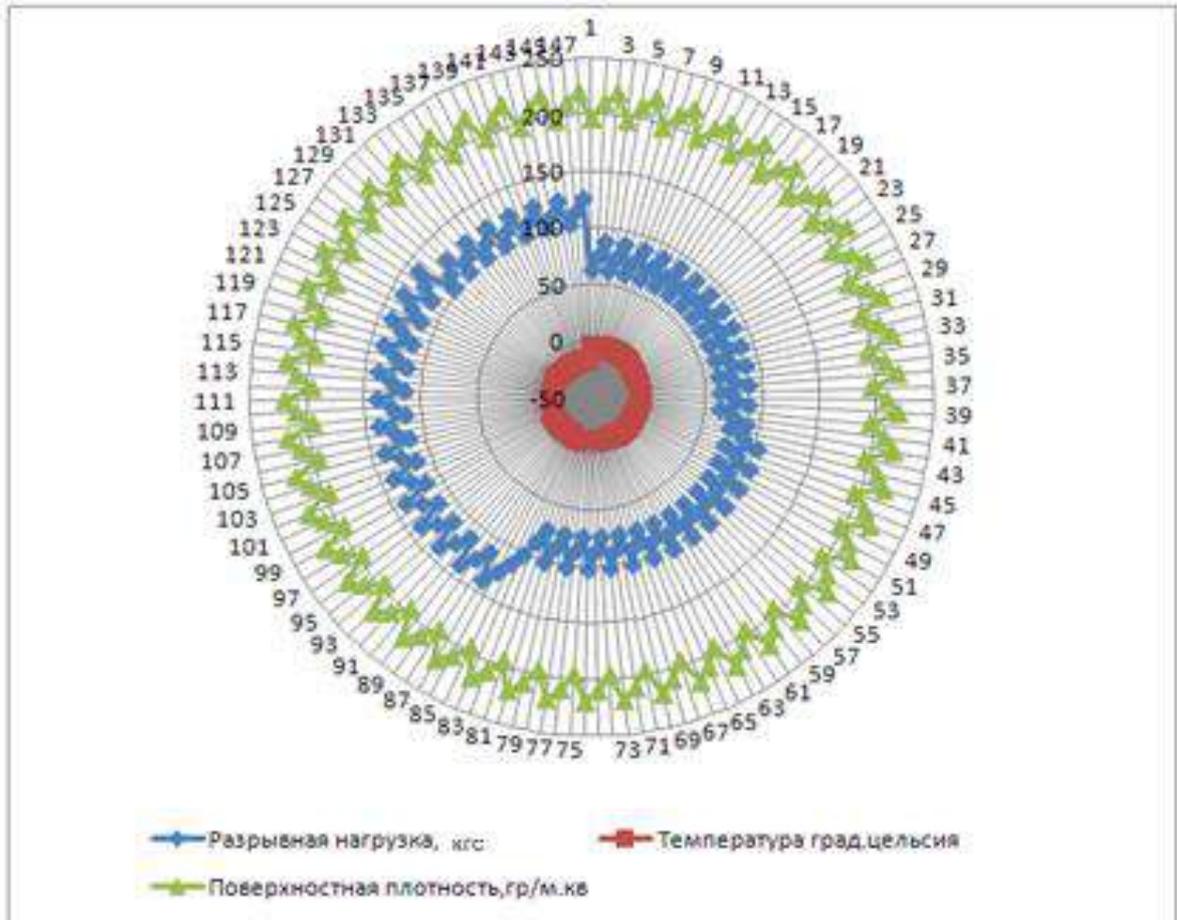


Рисунок 41– Комплексная модель зависимости разрывной нагрузки смешанной ткани от поверхностной плотности и температуры фазового замерзания

Полученные зависимости легли в основу разработки компонентов алгоритмизации процесса конфекционирования материалов верха в пакеты теплозащитной одежды с показателями высокой устойчивости к циклическому и фазовому промерзанию в условиях криосферы.

При оценке устойчивости полученных решений были оценены значения F – критерия в соответствии с положениями теории прикладной статистики путем сравнения с табличным при выбранной доверительной вероятности 95% для проверки значимости различия между дисперсией адекватности и дисперсией воспроизводимости [203], что показало доверительную устойчивость модели.

На основе полученных данных можно сделать вывод, что образцы смешанных тканей с содержанием х/б волокон, прошедшие циклы промерзания полнофакторного эксперимента, показали устойчивость к циклическим испытаниям на разрыв и истирание. Материал «Саржа С-14-20Д» (100% х/б) на этапе после второго цикла заморозки увеличил износостойкие показатели к истиранию в процессе циклического промораживания, затем также начал терять свои показатели прочности. Наиболее устойчивые показатели и в данных условиях показали материалы Премьер-комфорт-250 и Грета с учетом смежным групп по плотности материалов.

Установленные зависимости расширяют базу знаний в области проектирования теплозащитной одежды в целом и позволяют разработать следующий формализованный информационный блок для САПР одежды, принцип работы которого представлен на рисунке 42.

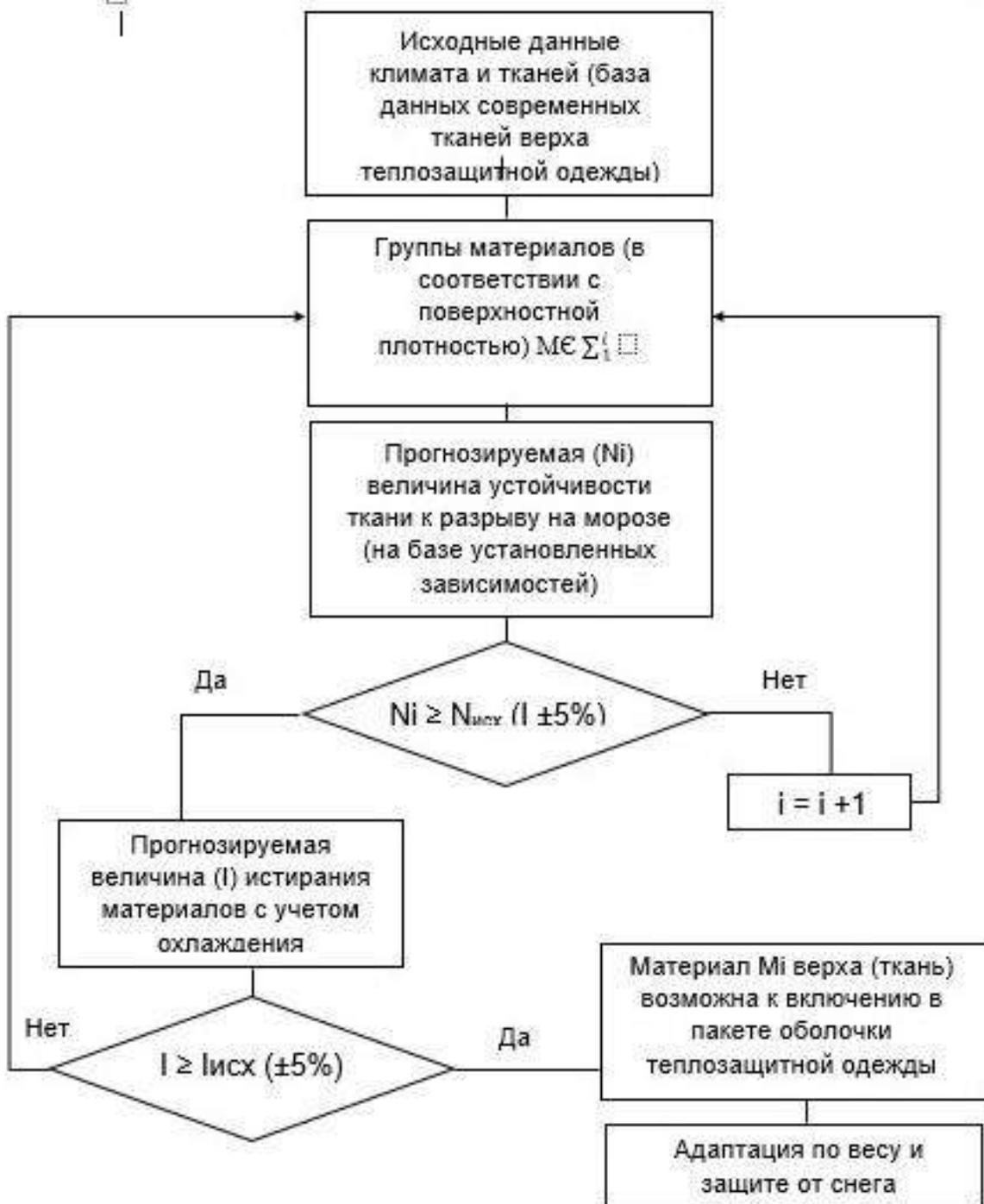


Рисунок 42 – Алгоритм определения износостойчивых материалов верха для эксплуатации пакетов теплозащитной одежды в условиях фактического промерзания («Фрагмент С» комплексного алгоритма проектирования теплозащитной одежды для условий криосферы)

Установлено, что и Премьер-комфорт-250, и ткань Грета по своим прочностным характеристикам могут обеспечить основу теплозащитного пакета

одежды, но масса изделия в этом случае будет формироваться увеличенной относительно ряда других материалов, которые легче, но в фазе заморозки при механических критических нагружения являются неустойчивыми. Примером достаточно прочной ткани, отражающей характерные параметры для своей группы по составу и плотности, является ткань Оксфорд, которая показала итоговый уровень устойчивости к разрыву в фазе заморозки, близкий к аналогичным параметрам изученных хлопчатобумажных тканей, что также позволяет включать данную группу материалов в алгоритмы поиска проектных решений.

Для проектирования теплозащитной женской одежды остается важным обеспечение сниженной массы изделия для обеспечения эргономической эффективности конструкции, то есть материал потенциально целесообразен в этом случае со сниженной плотностью. Однако такое снижение плотности возможно рассматривать с учетом установленных зон районирования и подрайонирования территорий криосферы, где снижение плотности материалов требует особого внимания к совокупным свойствам, в том числе под воздействием сопутствующих факторов криосферы – снега, морской соли. Такие исследования позволят с учетом наличия ранее проведенных другими авторами исследований в условиях, рассматривающих последствия воздействия морской воды на материалы одежды, в настоящей работе установить и оценить устойчивость материалов к воздействию части морской соли и механическим воздействиям в фактической фазе глубокой заморозки в условиях холода, что позволит более многофакторно оценить приоритеты материалов верха для пакетов теплозащитной одежды женщин, эксплуатирующих ее вблизи акваторий криосферы.

Однако устойчивость внешней оболочки теплозащитной одежды не может определяться только свойствами тканей верха, так как важнейшим материалом, обеспечивающим общую систему одежды и ее конструкции, являются швейные нитки, которые одновременно с тканями подвергаются эксплуатационному износу в швах и формируют эксплуатационные свойства одежды, исходя из собственных свойств, требующих оценки с точки зрения «поведения» их в условиях

механических нагрузений с фактической заморозкой для прогнозирования комплексных свойств женской теплозащитной одежды от факторов криосферы.

2.5. Исследование эксплуатационных свойств соединительных материалов и швов теплозащитной одежды в условиях фактического промерзания

Швейная нитка - это протяженная, тонкая, ровно скрученная пряжа или нить с особыми свойствами, позволяющими использовать ее при шитье [204].

Швейные нитки - это основной материал для скрепления деталей одежды из тканей, меха, трикотажа, кожи и нетканых полотен.

В процессе эксплуатации готовых изделий нитки в швах подвергаются различным влияниям, незначительным по величине, но многократным изгибам, растяжениям, трению. Воздействию стирок и химчисток, высоким температурам и глаженью, которые также приводят к разрушению ниток в швах. Поэтому технологии пошива и условия эксплуатации изделия напрямую зависят при выборе требований по эксплуатации готового изделия [204].

Главное требование, предъявляемое к ниткам, - это их прочность, которая зависит от волокнистого состава, качества пряжи и вида отделок. Качество швейных ниток обусловлено ГОСТом [205], в котором указаны нормативные требования по наиболее важным характеристикам [205].

Швейные нитки должны обладать [206]:

- высокой прочностью на разрыв и эластичностью (для снижения количества обрывов на швейных машинах и поддержку необходимых прочностных свойств швов при эксплуатации изделий);
- быть равномерными по толщине (также для равномерного натяжения в швейной машине и образования высококачественного шва);
- иметь высокую устойчивость к окраски при действии светопогода, к химчисткам, стиркам;

- быть термостойкими (для исключения обрывности от оплавления синтетических ниток или перегрева натуральных и искусственных ниток и т.д.).

Был изучен и систематизирован ассортимент швейных ниток основных групп назначения и представлена выборка швейных ниток для изделий технического и специального назначения (фрагмент выборки представлен в таблице П.1 в Приложении П) [207].

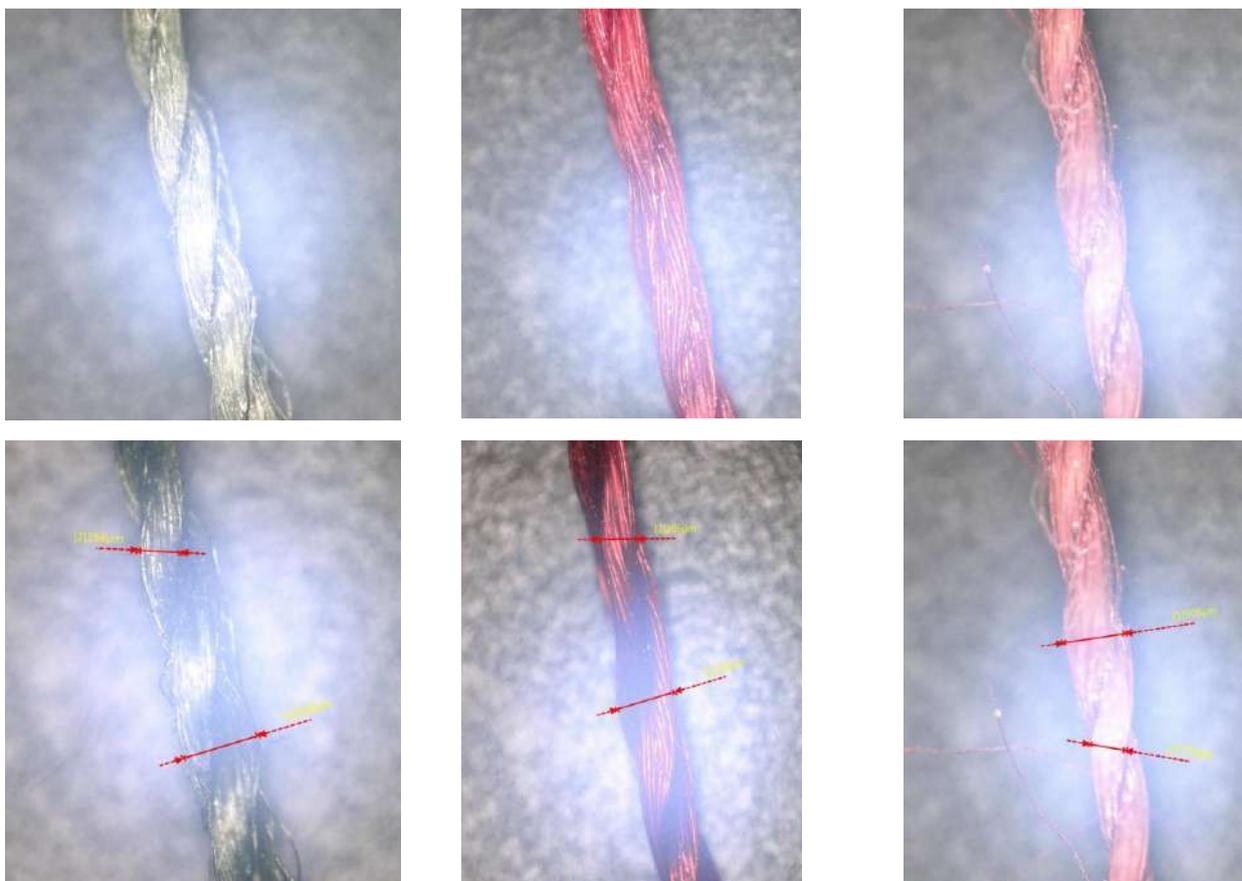
На основе проведенного анализа швейных ниток, применяемых для специальной одежды, для проведения экспериментальных исследований были отобраны образцы ниток, представленные ниже:

- 1 - армированные полиэфирные швейные нитки 45 лт;
- 2 - текстурированные полиэфирные нитки 40 лт;
- 3 - хлопчатобумажные швейные нитки специального назначения 85/2;

На рисунке 43 представлены результаты проведенных микроструктурных исследований представленных образцов.

Целью следующего исследования является установление влияния фактического промерзания на прочность соединительных материалов телозащитной одежды.

Для испытания прочностных характеристик материалов была использована на первом этапе разрывная машина РТ-250, а на втором этапе - разработанная автором настоящего исследования модифицированная и запатентованная экспериментальная установка для исследования охлажденных текстильных материалов (Патент № 2694111 [199]), в соответствии с ГОСТ 6309-93 «Нитки швейные хлопчатобумажные и синтетические. Технические условия» [204] были проведены испытания для группы образцов на усталость волокон, также нити, подверженные воздействию морской соли (как сопутствующего компонента криосферы вблизи природных акваторий). Исследования выполнены в соответствии методикой на разрывную нагрузку в 4 этапа заморозки образцов (при охлаждении -18°C) и определения потери прочности нитей.



Диаметр нити №1 – 0,185 мм.
А- ХБ нитки.

Диаметр нити №2 – 0,205 мм.
Б – Текстурированная
полиэфирная нитка.

Диаметр нити №3 – 0,303 мм
В – Армированная швейная
нитка с оплеткой из
хлопковых волокон.

Рисунок 43 – Микроструктурные исследования соединительных материалов (швейных ниток)
для теплозащитной одежды (увеличение 100х)

Этапы заморозки (обоснованные и описанные подробно в предыдущих разделах диссертации):

I – в течение 15 минут;

II – в течение 30 минут;

III – в течение 45 минут;

IV – в течение 60 минут.

На рисунке 44 представлены результаты исследования разрывных характеристик швейных ниток в режиме фактической заморозки с учетом циклического промерзания.

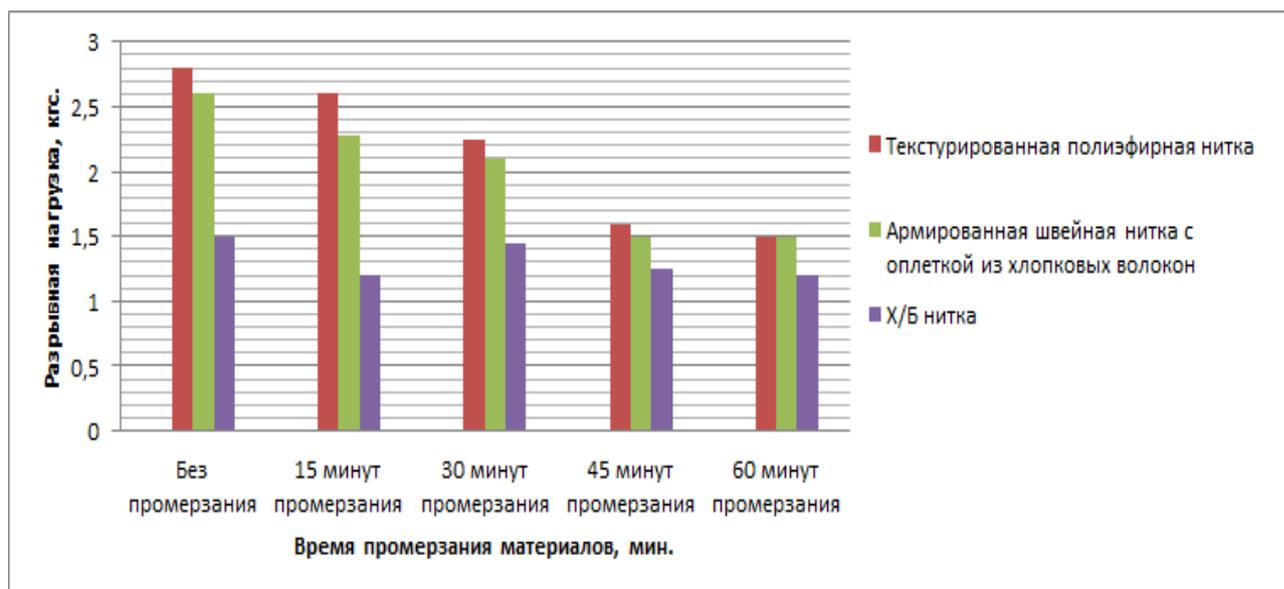


Рисунок 44 – Исследование разрывных характеристик нитей в фазовой заморозке с учетом циклического промерзания (-18°C)

На основе полученных экспериментальных исследований было выявлено, что нитки подвержены усиленному разрушению в процессе циклической заморозки. Более высоким показателем стойкости к механической нагрузке обладает текстурированная полиэфирная нить. Также были проведены исследования того же ассортимента нитей, но уже с учетом влияния морской соли на образцы (кристаллы, задерживающиеся в структуре материалов, швов, деталей конструкции путем наноса ветром или путем переноса капиллярной жидкости (морской воды) путем дальнейшего пропитывания тканей) с процентным насыщением солевого раствора для подготовки образцов 2,6 %. Процент соли измерялся с помощью электросолемера ГМ - 2007 [208]. Технические характеристики электросолемера: диапазон измерений относительной электропроводимости морской воды, относительных единиц: от 110 *5 до 1,50000; диапазон измерений солености морской воды, практических единиц солености «пес»: от 0,020 до 42,000; пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения солености, пес: $\pm 0,005$.

На рисунке 45 представлены результаты исследований разрывных характеристик нитей в фазовой заморозке с обработкой солевым раствором в процессе циклического промерзания.

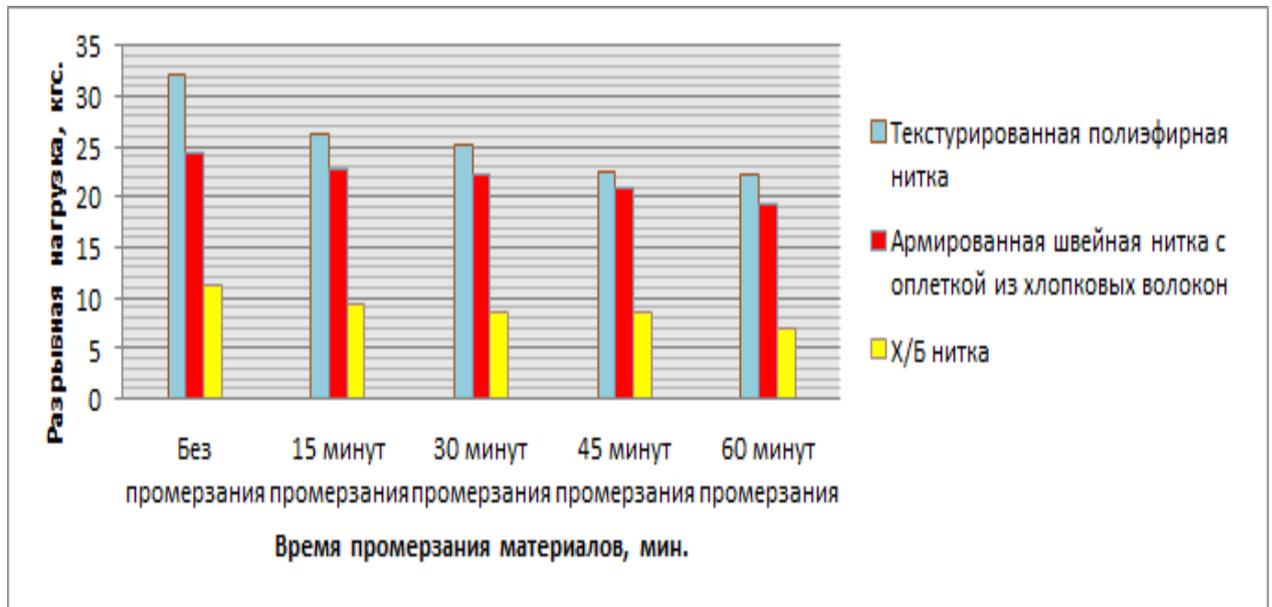


Рисунок 45 – Исследование влияния морской соли на разрывные характеристики швейных нитей в фазовой заморозке с учетом циклического промерзания (-18°C)

Таким образом, можно сделать вывод, что и после воздействия соли на образцы, швейные нитки временно приобретают более высокую прочность, которая далее утрачивается в процессе циклического промерзания. Текстурированная полиэфирная нитка обладает более высокими показателями износостойкости и выдерживают разрывную нагрузку 32,2 кгс. Однако и она в результате промерзания теряет прочность.

С целью повышения ресурса прочности ниточных соединений теплозащитной одежды во избежании преждевременного разрушения поверхности одежды из-за механических, физических (жидкость/снег/лет, температура), и химических (морской соли) агрессивных воздействий на швы и нитки, была предложена концепция использования нового состава и структуры комплексной нити, состоящей из двух компонент:

А – основа: текстурированные полиэфирные нитки 40 лт;

В – упрочняющий компонент - супертонкие волокна из фторопласта-4 [211].

Фторопласт-4 (Ф-4) – высокомолекулярный кристаллизованный полимер, полученный химическим путем. Обладает исключительной химической стойкостью, хорошей пластичностью, низким коэффициентом трения, отличными диэлектрическими, антифрикционными и антиатгезионными свойствами. Способен работать в широком диапазоне температур [211]. На рисунке 46 представлен а) - внешний вид тонковолонистой фторопластовой нити и б) – установленные параметры ее микроструктурного анализа (диаметр).



а) - внешний вид тонковолонистой фторопластовой нити



б) - микроструктурный анализ фторопластового волокна (увеличение 300х), диаметр 74,3мкм

Рисунок 46 – Анализ структуры фторопластового волокна

В перечень исследований был включен четвертый образец новой швейной нити, имеющей в своей структуре усилительный компонент из представленного тонкого волокна. На основе полученных результатов исследований прочностных показателей ниток для проведения исследования соединительных швов на разрыв, за основу модификации новой нитки выбрана «текстурированная полиэфирная нитка» с высокими показателями разрывных характеристик.

Проведены исследования ассортимента швейных ниток и швов для теплозащитной одежды, защищающей от низких температурных условий, представлены в Приложении П (таблица П.2).

На основе изученных на предыдущем этапе тканей верха, в соответствии с группами по плотности материалов и выделенными приоритетными материалами по устойчивости к механическим нагрузкам в условиях фактического промерзания, отобраны 3 контрольные ткани для трех волокнистых групп:

- Грета - М8С60 (смешанная)
- Оксфорд 210 (ПЭ100%)
- Саржа С-14-20Д (ХЛ 100%)

В соответствии с ГОСТ 28073-89 [210] были подготовлены пробы для экспериментальных исследований, схема проб представлена на рисунке 47.

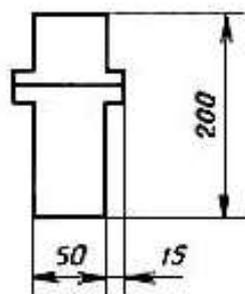


Рисунок 47 – Схема проб для разрывной нагрузки швов [210].

В качестве контрольного шва был выполнен шов «стачной», ширина шва 10 мм, частота строчки 0,3 мм.

В соответствии с полученными пробами, были проведены испытания для группы образцов на устойчивость швов к циклическому промерзанию, также швов, прошедших контакт с морской солью, в соответствии методикой оценки устойчивости к разрывной нагрузке в 4 этапа заморозки образцов.

На рисунке 48 представлены результаты исследования разрывных характеристик стачных швов в процессе циклической заморозки.

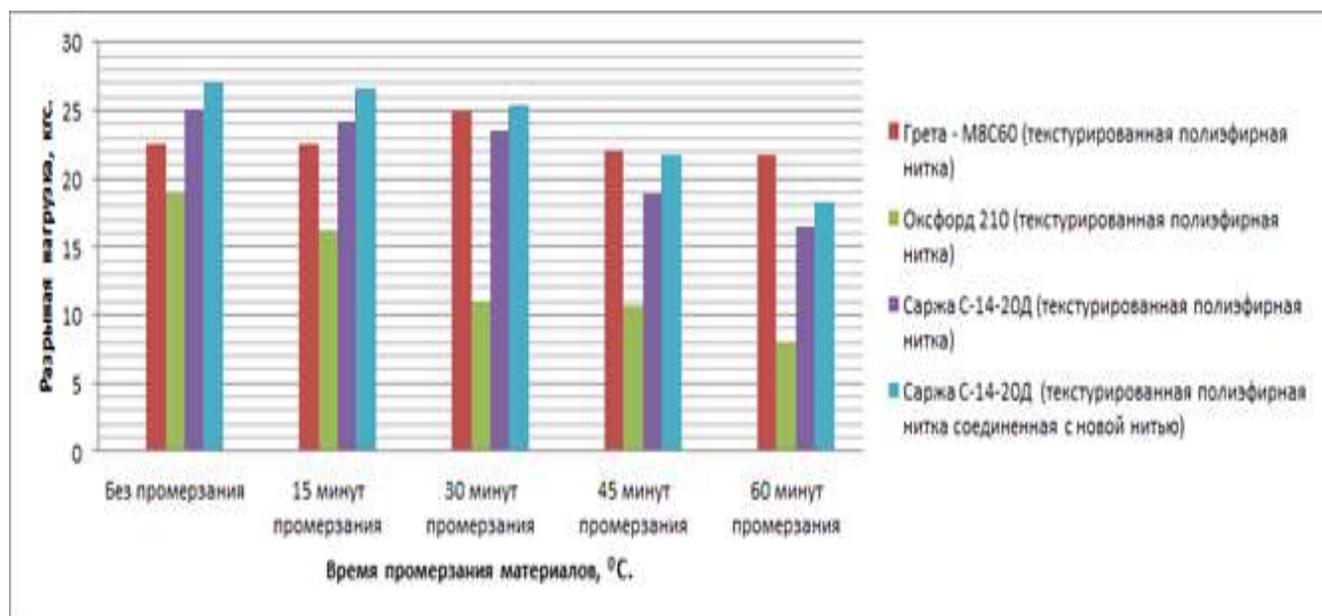


Рисунок 48 –Разрывные характеристики швов в фазе заморозки (при -18°C)

На основе полученной гистограммы было выявлено, что материал Саржа С-14-20Д + шов «Стачной» из текстурированной полиэфирной ниткой обладает высокими показателями прочности и выдерживает нагрузку 26,9 кгс, что выше по сравнению с другими образцами до охлаждения. При этом в абсолютном выражении анализ полученных данных показал, что швы, выполненные из смешанного материала Грета, в течение первых циклов промерзания показывают прочность к разрыву несколько ниже, чем Саржа, но далее хлопчатобумажная ткань уступает в динамике потери прочностных свойств.

Также на основе полученных результатов Саржа С-14-20Д была выбрана как основа под образцы швов с «новой нитью», чтобы оценить возможности для снижения усталости швов в процессе заморозки и повышения общего ресурса надежности конструкции и увеличенного срока стабильности поверхности теплозащитной одежды.

Включение новой по структуре нити (с фторопластовым волокном) увеличивает прочность шва даже для данного типа материала в условиях ускоренного разрушения его собственно структуры под воздействием прямого промерзания.

На рисунке 49 представлены результаты исследования разрывных характеристик швов с обработкой солевым раствором с учетом циклического промерзания в момент фазовой заморозки.

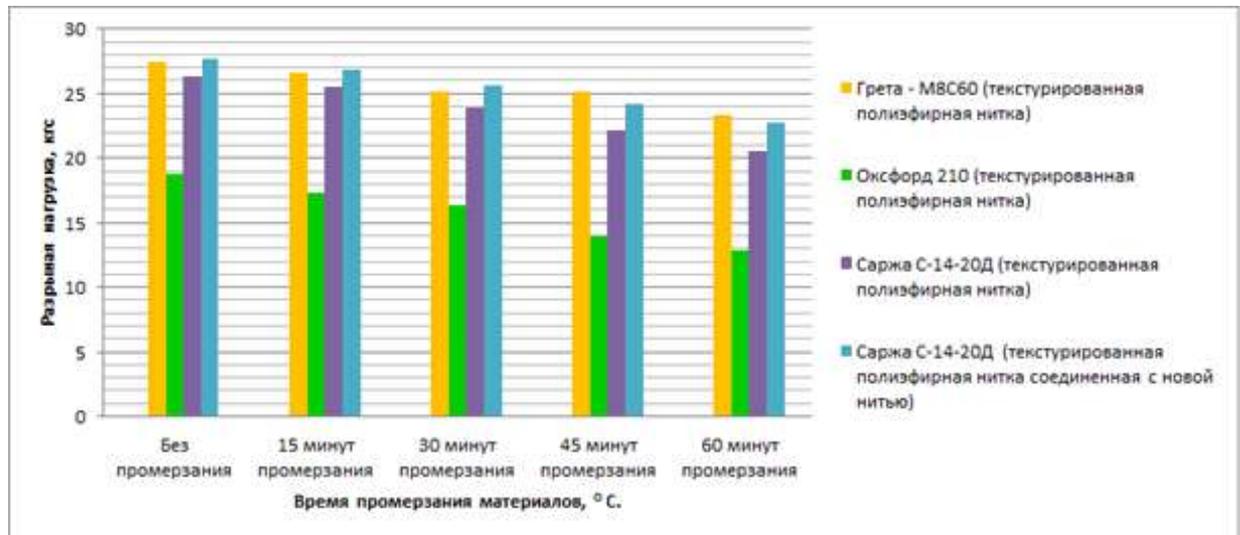


Рисунок 49 – Разрывные характеристики швов с учетом воздействия морской соли условиях фазовой заморозки с учетом циклического промерзания (при -18°C)

Таким образом, можно сделать вывод, что и после воздействия морской соли на образцы нитки обладают на первом этапе более высокой прочностью, чем образцы после поэтапного замораживания. Ткань Саржа С-14-20Д + шов из текстурированной полиэфирной ниткой обладает высокими износостойкими показателями и выдерживают разрывную нагрузку 26,9 кгс. А образец Саржа С-14-20Д + шов из текстурированной полиэфирной ниткой новой структуры («новой нитью» с фторопластовым волокном) выдерживает нагрузки до 27,9 кгс. и преимуществом по стойкости по сравнению с другими образцами просоленными и без влияния морской соли.

На основе запатентованной конструкции устройства (патент №2694111) «Экспериментальная установка для исследования охлажденных текстильных материалов» были проведены исследования представленных ниток (рисунок 45) и швов (рисунок 50) при 5-ти температурных режимах от $-18,2$ до $-22,4^{\circ}\text{C}$.

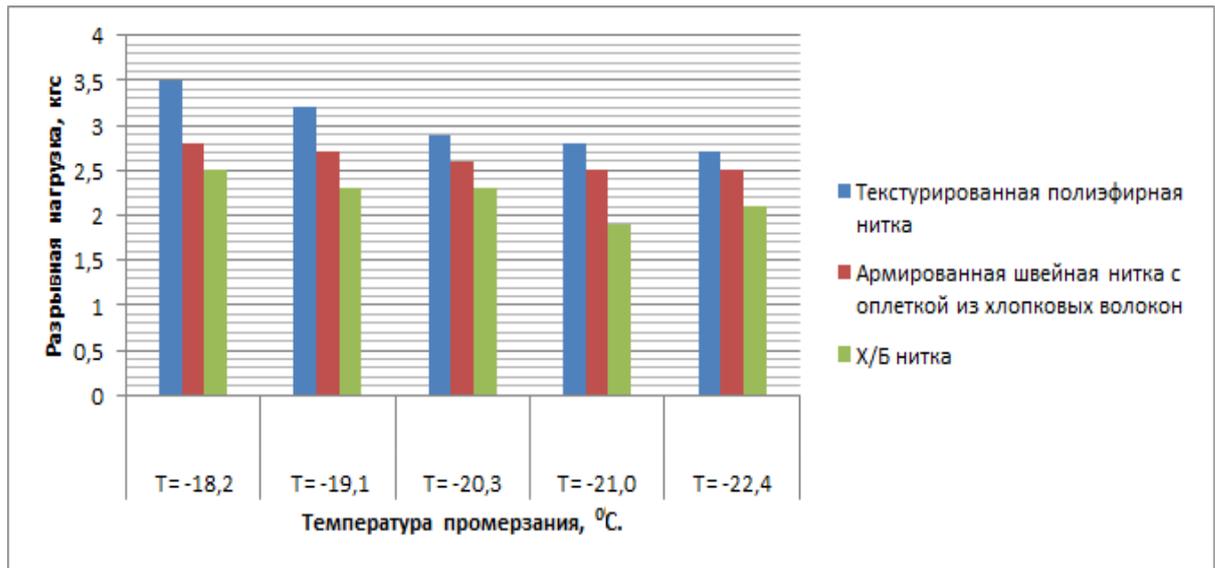


Рисунок 50 – Исследование влияния температуры промерзания ниток на разрывные характеристики

В результате проведенных исследований в замороженном состоянии нитки теряют свои свойства в зависимости от температуры заморозки. Чем ниже температура, тем менее устойчивы нитки при разрывной нагрузке.

На рисунке 51 представлено влияние температуры замерзания на прочность швов к разрыву с учетом типов тканей и ниток.

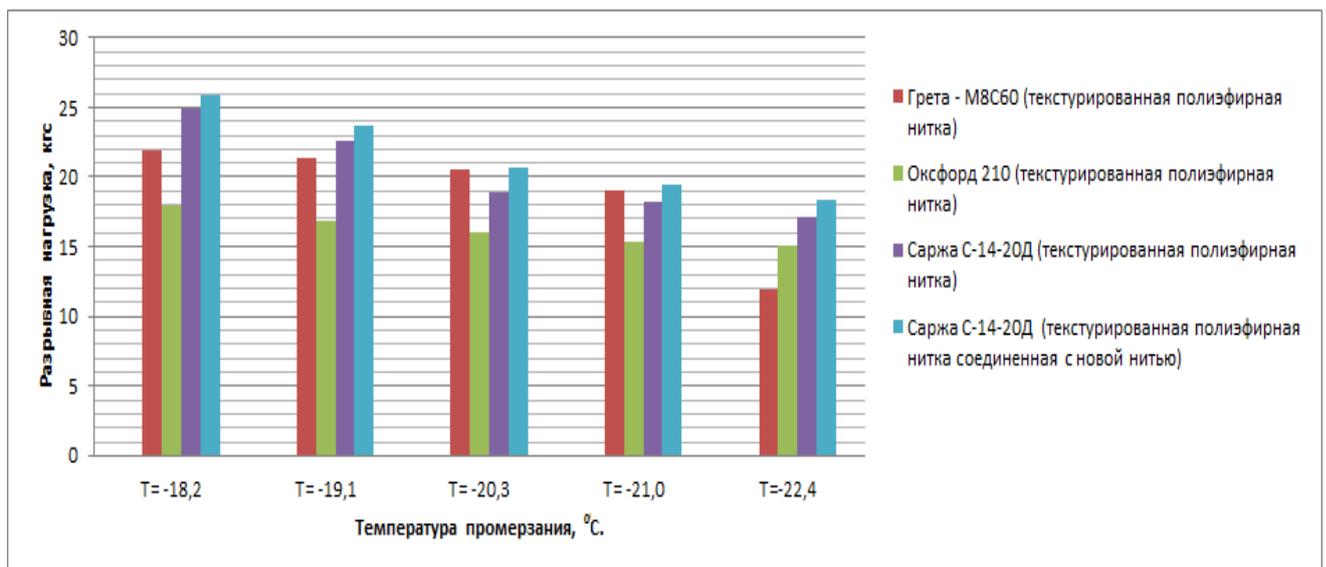


Рисунок 51 – Зависимость прочности к разрыву швов с учетом состава тканей и ниток от температуры фазового промерзания при разрывных нагрузках

В результате проведенных исследований в замороженном состоянии швы теряют свои свойства в зависимости от температуры заморозки. Чем ниже температура, тем менее устойчивы швы при разрывной нагрузке. Саржа С-14-20Д + шов с «новой нитью» выдерживает до 25,9 кгс. Тогда как швы из материалов других групп при снижении температуры заморозки начинают существенно снижать прочность.

Из полученных данных следует, что «новая нить» с включением фторопластового волокна (Фторопласт-4 (Ф-4) [211]) обладает эффективными упрочняющими свойствами при промерзании соответствующих швов. Текстурированная полиэфирная нитка по всем испытаниям обладает высокими показателями и является приоритетным образцом для испытания швов на прочность к разрыву.

Поэтому установлено, что предложенная концепция новой поликомпонентной нити с включением тонковолокнистого компонента на основе Фторопласт-4 и разработанный на ее основе экспериментальный вариант такой нити и швов с ее применением является эффективным решением для повышения качества технологической обработки соединительных швов в технологии швейных изделий, устойчивых к холоду и механическим нагрузкам, показав увеличение прочности швов из материалов разной плотности и состава как в только холоде, так и с дополнительным воздействием соли, до 12,7%.

Однако, несмотря на предложенные разработки и достигнутые положительные результаты в формировании поверхности теплозащитной одежды, обеспечивающей повышенную устойчивость ее к механическим нагрузкам в условиях холода криосферы с учетом наличия льда в структуре внешних оболочек, проектирование одежды требует комплексных решений в создании пакета материалов, где свойствами внутреннего слоя можно обеспечить важную для женщин терморегуляцию и дополнительную защиту от негативного влияния снеговых нагрузок на одежду.

Выводы по второй главе

С целью разработки системы определения приоритетных материалов для формирования поверхности, прочной к износу теплозащитной одежды в условиях промерзания, проведен комплекс исследований механических свойств материалов верха, соединительных материалов (швейных ниток) и швов из них.

1. Описаны механизмы воздействия кристаллов льда в структуре материалов на механические свойства тканей и разработана специальная методика циклического промерзания текстильных объектов на основе действующего в системе промышленной безопасности порядка организации режимов труда при работах на открытом воздухе в холодное время, которая предусматривает этапы заморозки образцов: I – в течение 15 минут; II – в течение 30 минут; III – в течение 45 минут; IV – в течение 60 минут, позволяя организовать экспериментальные исследования, имитирующие характерный эксплуатационный режим для одежды в холоде.

2. Для обеспечения имитационных условий, характерных для пребывания одежды в зоне криосферы, с целью оценки прочности ее поверхности в момент фактического промерзания проведены аналитические исследования, установлены современные лабораторные методы и оборудование, а также выполнены патентные исследования, которые позволили обосновать, разработать и изготовить усовершенствованную конструкцию устройства для измерения разрывных характеристик текстильных материалов и швов швейных изделий в режиме фактического охлаждения, отличающуюся тем, что в момент разрывной нагрузки на образцы они обеспечены условиями локальной фазовой заморозки с температурой, идентичной температуре предварительного циклического эксплуатационного промерзания, оставляя при этом все другие механизмы и детали испытательного оборудования без влияния на них холода.

На разработанное устройство получен Патент на изобретение № 2694111 «Экспериментальная установка для исследования охлажденных текстильных материалов».

3. Для проведения экспериментальных исследований эксплуатационной прочности материалов верха женской теплозащитной одежды были обоснованы и сформированы специальные группы тканей с учетом их волокнистого состава и поверхностной плотности, учитывая положительный опыт применения таких материалов в производстве современной теплозащитной одежды на российском рынке, куда вошли 5 основных групп (смешанные, синтетические и натуральные ткани, каждая разделена на подгруппы с учетом ограничений по плотности, рекомендованной в ГОСТ для спецодежды, а также с учетом ограничений в сфере безопасности профессий для женщин и эргономических критериев), куда вошли ткани от 180 до 285 г/м². Определены контрольные образцы тканей для каждой группы, свойства которых рассмотрены как характерные для последующего использования в процессе принятия проектных решений.

4. Проведены экспериментальные исследования разрывных характеристик и показателей устойчивости к истиранию ассортимента современных материалов верха актуального назначения и установлены важные зависимости и модели, описывающие свойства материалов в условиях факторов криосферы, в том числе зависимости разрывных характеристик и циклов истирания тканей верха от режимов циклического промерзания с учетом фазовой заморозки при разных температурах, включая учет воздействия морской соли применительно к различной плотности и составу тканей верха.

6. Разработана комплексная модель зависимости разрывной нагрузки смешанной ткани от поверхностной плотности и температуры фазового замерзания.

7. Полученные зависимости легли в основу разработанного алгоритма определения износоустойчивых материалов верха для проектирования, в том числе конфекционирования, производства и последующего применения пакетов

теплозащитной одежды в условиях фактического промерзания, который является фрагментом комплексного расширенного алгоритма процесса проектирования теплозащитной одежды для условий криосферы.

8. Учитывая, что важнейшим компонентом, обеспечивающим стабильность конструкции теплозащитной одежды и ее свойств, являются швейные нитки, были проведены исследования современных ниток и швов с их использованием в условиях фазовой заморозки с учетом различных групп тканей, представленных материалами Грета - М8С60 (смешанная), Оксфорд 210 (ПЭ100%), Саржа С-14-20Д (ХЛ 100%); с учетом условий циклического промерзания и сопутствующего воздействия морской соли.

9. Установлены зависимости потери прочности ниток и швов с увеличением циклов и их продолжительности промерзания. Выявлена более устойчивая прочность швов в фазовой заморозке, выполненных из смешанных материалов. При этом в первом цикле эксплуатационного промерзания влияние морской соли на нитки оказывает положительное воздействие, а при снижении температуры и увеличении циклического воздействия холодом прочность теряется.

10. Разработана и исследована новая комплексная швейная нить на основе наиболее прочной изначально текстурированной полиэфирной основы с включением в структуру тонковолокнистого высокомолекулярного кристаллизованного полимерного волокна «Фторопласт-4» (Ф-4), которая позволила увеличить прочность стачного шва теплозащитного швейного изделия из различных по составу и плотности тканей до 12,7% (как с учетом циклического промерзания, так и в условиях фазовой заморозки, включая воздействие морской соли).

3. РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ГИБРИДНЫХ ОБОЛОЧЕК С ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩИМИ КОМПОНЕНТАМИ ДЛЯ ТЕПЛОЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ

Достижение поставленных целей - создание эффективной теплозащитной одежды для женщин, эксплуатируемой в климатических условиях криосферы, требует решения вопроса о составе, структуре и параметрах утепляющей оболочки одежды, которая должна, с одной стороны, обеспечивать необходимую теплоизоляцию человеку, а с другой – быть как можно эргономичнее и удобнее в движениях на холоде. Теплоизоляционный пакет материалов должен обеспечивать требуемое тепловое сопротивление одежды за счет материалов высокой пористости и сниженной теплопроводности, а для повышения динамического удобства одежды - толщина оболочки не должны быть увеличенной. Возможность внести в тепловую функцию оболочки одежды определенный резерв тепла, чтобы не увеличивать при этом толщину одежды, предложено за счет интегрирования в нее компонентов теплоаккумулирующих материалов [301], свойства которых рассмотрены в главе 1. Их «тепловой» вклад в теплоизоляционные конструкции исследован многими авторами.

В настоящей работе обоснована и предложена комплексная функция таких материалов в опорной волокнистой системе, состоящая из трех подфункций:

1) формирование резерва скрытого тепла, накапливающегося внутри объемного слоя одежды в период воздействия теплых потоков (от тела человека и в обогреваемом помещении), активируемого в период внешнего охлаждения, компенсируя при этом часть необходимой человеку пассивной объемной теплоизоляции одежды за счет обоснованных к применению материалов с ТАМ, распределенных в объеме теплозащитной одежды;

2) выполнение подфункции-1 будет содействовать дополнительному источнику терморегуляции женского организма, а значит, содействовать

возможности снижения необходимой толщины одежды, повышая ее эргономичность;

3) создание более теплой за счет распределенных в ней теплоаккумулирующих компонент оболочки одежды стимулирует снижение толщины снежного покрова на ее поверхности, уменьшая тем самым воздействие льда на прочность одежды, а также уменьшая наличие непосредственного дополнительного снежного слоя на одежде в целом, усложняющего ее термодинамические и эргономические свойства.

В качестве функциональных компонент таких материалов используются материалы с фазовыми переходами и, соответственно, с теплоаккумулирующими свойствами. Добавление таких функциональных компонент в виде малообъемных полимерных модулей (МОПМ) в объем теплоизоляционных волокнистых материалов изменяет их структуру и свойства, которые следует учитывать и прогнозировать на этапе проектирования материалов и одежды из таких материалов. Несмотря на наличие научных работ в этой области [302], большинство из них посвящено физическим и химическим свойствам активных полимеров [303]. Для использования в одежде такие материалы должны быть совместимы с волокнистыми компонентами и защищены от потери объема активного вещества. Между тем композиционные материалы, содержащие в своей структуре 2 и более компонента, обладают собственной сложной структурой и теплофизическими свойствами, требующими дополнительных исследований непос. Поэтому для поддержки процессов проектирования новых функциональных материалов и оболочек из них в одежде необходимо разработать методы формирования структуры многокомпонентных утепляющих композиций с теплоаккумулирующими компонентами, изучить и описать их основные характеристики и свойства: структурные и теплофизические.

Новизна данного этапа исследований заключается в нахождении эффективного состава и структуры материалов, которые отвечают требованиям необходимой комплексной теплопроводности и эргономичности (то есть, не

превышает ограничений по толщине и не снижает необходимый уровень теплового сопротивления оболочки одежды). Полезный вклад ТАМ в формирование запаса скрытого тепла исследован и доказан многими авторами. Однако включение ТАМ в оболочки одежды приводит к изменению ее общей теплопроводности, то есть, влияет на толщину изделия, которую увеличивать нежелательно, следовательно, ограничение толщины приводит к ограничению используемых материалов и доли ТАМ в общей структуре теплоизоляционных слоев. Определение этой доли является одной из важных задач данного этапа работы, чтобы получить обоснованные ограничения для применения ТАМ в объемных структурах теплозащитной одежды.

При выявлении состава и доли функционального компонента в объемной оболочке одежды для ее технологического создания важно установить, могут ли компоненты ТАМ быть интегрированы внутри волокнистого утеплителя или могут быть сопряжены между собой в определенной структурной схеме. В рамках технологии швейного производства целесообразно найти решения по применению существующих материалов, обладающих потенциальными полезными эффектами, в рамках имеющейся технологической оснащённости швейных производств во избежание дополнительных расходов на существенное переоснащение, то есть, один из важных критериев – минимизация технологической модификации оборудования, требуемого для производства теплозащитной одежды, которое позволит создавать и применять новые композиционные оболочки с быстрой постановкой на производство.

Для этого необходимо оценить соотношение размеров и порядка расположения компонент комбинируемых материалов между собой и определить концепцию получения гибридных структур оболочки теплозащитной одежды с точки зрения сбалансированности теплоизоляции и эргономичности теплозащитной одежды из них.

3.1. Микроструктурные исследования опорных волокнистых теплоизоляционных материалов для одежды

В качестве опорных волокнистых материалов для новых гибридных оболочек одежды с теплоаккумулирующими свойствами на основании проведенных в главе 1 исследований определены такие, как синтепон, термофайбер, холлофайбер, тинсулейт, которые получены из полиэфирных синтетических волокон.

Основная масса волокон характеризуется микронными размерами [212]. Микроструктура таких материалов, которые основаны на волокнистой смеси и подразумевают включение дополнительных функциональных компонентов определенных размеров и свойств [213], характеризуется рядом параметров:

- характер расположения (укладки) волокон в объеме, ориентация волокнистой структуры;
- изотропия /анизотропия порового пространства;
- геометрические характеристики единичного волокна (диаметр, форма);
- параметры поверхности.

С целью установления таких параметров опорной волокнистой структуры были проведены микроструктурные исследования [214].

Ресурсной базой обеспечения исследований стало оборудование: микроскоп [215] с объективом, обеспечивающим увеличение от 0,1 до 5000х, а также возможность с высокой скоростью обрабатывать графические изображения, включая 3D-графические модели. Дополнительно выполняется количественная и качественная оценка топологии поверхности, ее геометрических характеристик, позволяющих оценить рельеф.

Перечень исследуемых образцов, взятых за основу для разработки новой композиции оболочки теплозащитной одежды представлены в таблице 9.

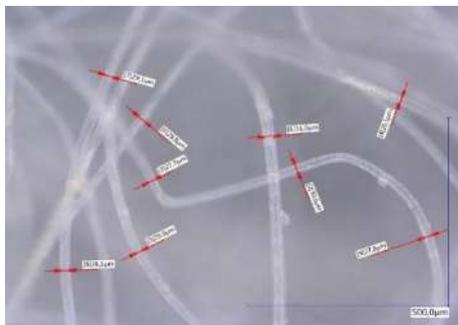
В Приложении Р представлены их микроструктурные изображения (рисунок Р.1).

Таблица 9 - Технические характеристики исследуемых волокнистых утепляющих материалов для одежды

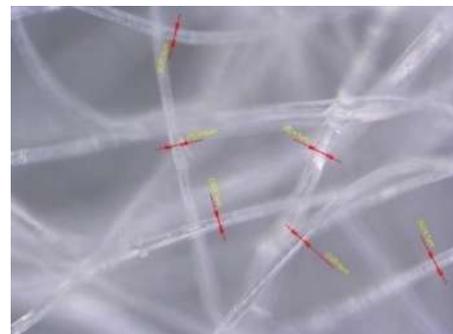
№пп	Наименование материала	Волокнистый состав, %	Поверхностная плотность, г/м ² .	Толщина, м
1	Синтепон	ПЭ, 100	300,0	0,0216
2	Термофайбер	ПЭ, 100	100,0	0,0067
3	Холлофайбер	ПЭ, 100	200,0	0,0156
4	Тинсулейт (Thinsulate)	ПЭ-95, полиолефиновые волокна - 5	300,0	0,0252

Обобщенный анализ волокнистых композиций материалов синтепон, термофайбер, холлофайбер, тинсулейт показал, что полиэфирные волокна (F= (категория F-PE) имеют многократное превышение длины волокон (FL) по отношению к их диаметру (Fd). Данная структурная характеристика материала далее условно обозначена как (FL/Fd). Форма волокон (U) трубчатая (присвоена категория U-D). Направление волокон в общей системе материала – неупорядоченное (присвоена категория X). Систематического распределения локальных уплотнений волокнистой массы в объеме материалов не установлено. Волокнистая композиция в общем анализе равномерности структуры (G) относительно равномерная (присвоена категория G+).

Для параметризации элементов структуры исследуемых материалов были изучены размеры единичных волокон и объемные параметры связных утепляющих композиций. Примеры измерения диаметра волокон материалов на примере термофайбера и холлофайбера представлены на рисунке 52.



а) Термофайбер/Termofiber(300x)



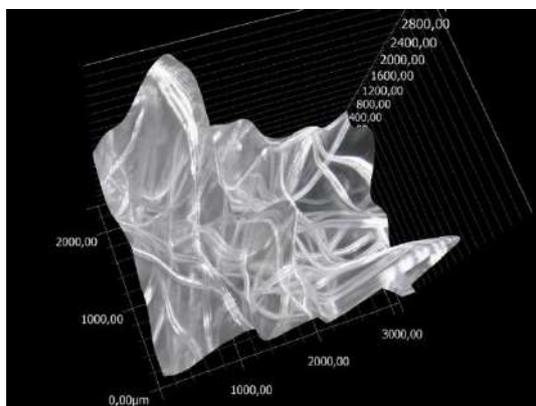
б) Холлофайбер / Hollofiber (500x)

Рисунок 52 – Диаметр волокон опорных утепляющих материалов для теплозащитной одежды:

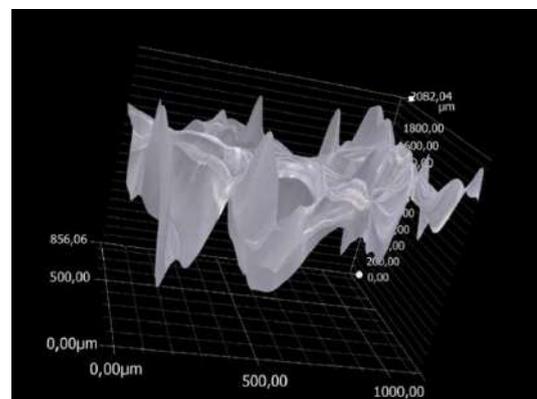
а) Термофайбер / Termofiber, б) Холлофайбер / Hollofiber

Данные обработки параметров измерений элементов микроструктуры представленных утеплителей представлены в таблице Р.1 в Приложения Р.

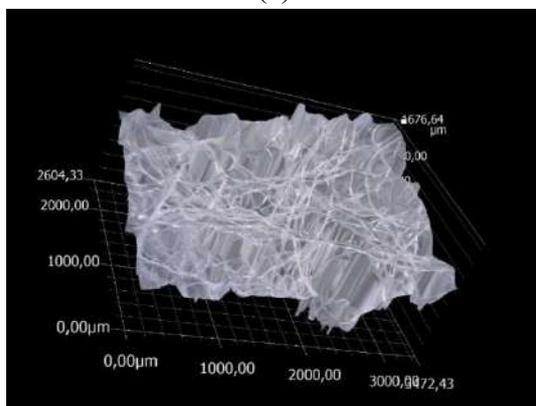
Для комплексных материалов, включающих теплоаккумулирующие компоненты, в волокнистой основе важны параметры межволоконистых полостей, которые могут содержать объемные элементы ТАМ малых размеров. Для оценки таких объемных полостей в волокнистой структуре на полиамидной основе была изучена их объемная микроструктура, представленная в соответствии с рисунком 53.



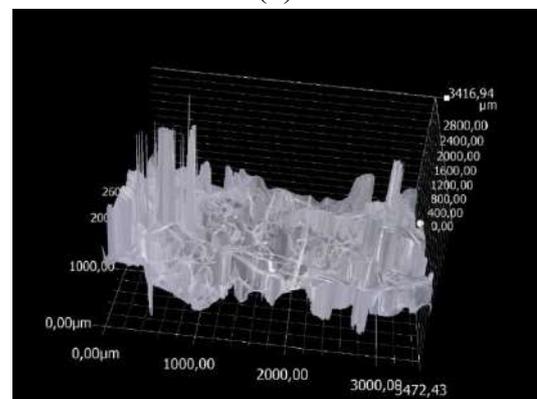
(а)



(б)



(в)



(г)

Рисунок 53 – 3D-модели объемной микроструктуры волокнистых материалов: а) Синтепон (увеличение 100x); б) термофайбер / Thermofiber (увеличение 300x); в) Холлофайбер / Hollofiber (увеличение 200x); г) Тинсулейт / Tinsulate (увеличение 100x)

Анализ параметров объемной микроструктуры исследуемых волокнистых материалов показал, что волокна в продольном и поперечном направлении имеют характер неориентированных. Учитывая, что ориентация волокон приводит к анизотропии свойств материала [212], характер общего неориентированного расположения волокон в исследуемых структурах позволяет прогнозировать общую изотропию [213] их основных свойств и разработать на такой основе различные гибридные структурные решения с интеграцией компонент из теплоаккумулирующих материалов, распределенных по длине и толщине полотна. Для такой интеграции требуется специально выделенный свободный объем для размещения элементов ТАМ без деформации основной волокнистой композиции. Такой объем может быть найден двумя основными способами:

1 – фактический свободный относительно увеличенный объем между основными волокнами внутри готового утепляющего полотна;

2 - объем, специально созданный путем распределения частей полотна по заданному шаблону с созданием адресных зазоров для компонентов ТАМ.

Исходя из подхода №1, в рассматриваемых волокнистых системах на фоне относительно равномерного распределения неориентированных волокон выделяются участки, которые представляют собой увеличенные полые пространства - то есть, воздушные полости в общем волокнистом объеме материала, которые могут становиться участками локализации в них элементов ТАМ. Их размер и система регулярности расположения в волокнистой структуре представленных материалов имеет значение и определяет дальнейшие размеры элементов ТАМ и способы их соединения для композиционных оболочек.

Для установления параметров таких межволоконистых пространств в общей волокнистой массе были разработаны и изучены геометрические 3D-модели структур исследуемых волокнистых материалов [216] и их профили (проиллюстрировано на рисунке 54).

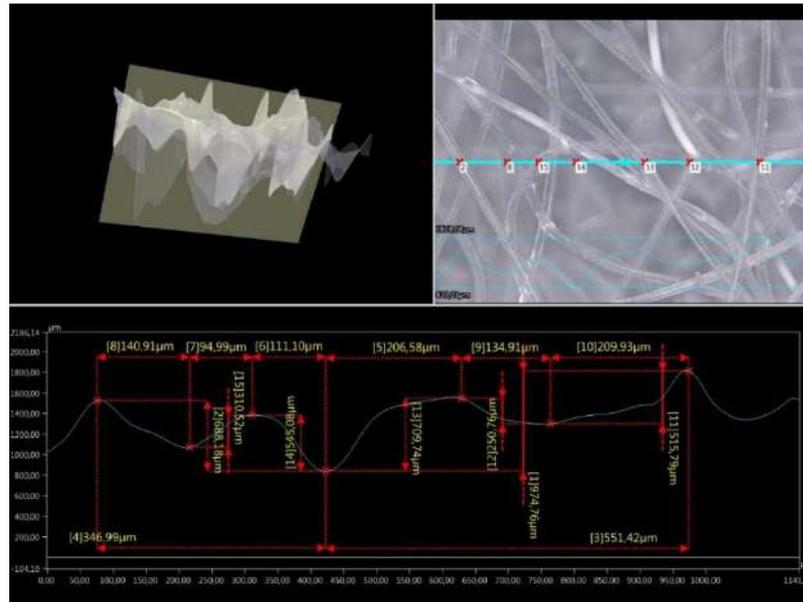


Рисунок 54 – Параметризация объемных полостей в волокнистой микроструктуре полотна термофайбер

Анализ установленной параметризации профилей (в продольном и поперечном направлении полотна) позволил получить характеристики свободных объемных полостей на поверхности и внутри полотна, представленные в таблице Р.2 Приложения Р.

Полученные данные позволили выявить ряд особенностей, принадлежащих рассматриваемым волокнистым материалам. Установлено, что наиболее глубокие полости, обнаруженные на границе поверхности полотна, относятся к таким материалам, как синтепон и термофайбер. При этом для синтепона характерна неравномерность их распределения. Наиболее регулярной отмечена структура распределения увеличенных по площади открытых полостей для термофайбера, несмотря на их значительную глубину.

С целью определения основных структурных характеристик исследуемых материалов были установлены параметры объемной плотности и пористости в соответствии с ГОСТ 15902.2-2003 [217]. Поверхностная плотность образцов для исследования была определена в соответствии с ГОСТ 3811-72 [218].

Для расчетов использованы опорные характеристики образующих материал полиэфирных волокон, имеющих объёмную плотность 1380 кг/м^3 в соответствии с ГОСТ Р 56561—2015 [101]. Результаты представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Характеристики пористости волокнистых материалов основы с учетом диаметра волокон

№	Наименование материалов	Пористость, %	Диаметр волокон, μ
1	Синтепон	98.99356	27.18
2	Термофайбер	98.91845	29.02
3	Холлофайбер	99.07098	22.06
4	Тинсулейт	99.13734	21.14

Систематизация полученных параметров микроструктуры связных опорных утеплителей на основе ПЭ-волокон представлена на рисунке 55.

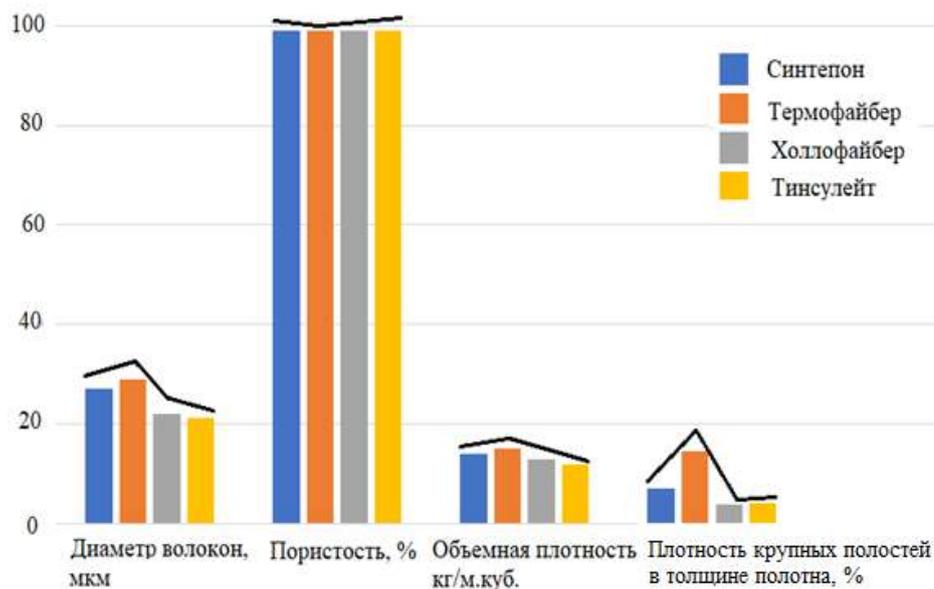


Рисунок 55 – Сравнительная характеристика микроструктуры связных утеплителей [216]

Анализ полученных данных позволил установить, что с увеличением диаметра волокон наблюдается снижение пористости материалов и увеличение объемной плотности связных утеплителей соответственно. При этом размеры и концентрация межволоконистых полостей в толщине материалов может быть

охарактеризована плотностью относительно крупных полостей в толщине полотна. Выявлено, что размеры полостей таких материалов требуют значительного уменьшения проектируемых размеров компонент МОПМ с теплоаккумулирующими свойствами для интегрирования их в текстильные материалы, что вносит значительные ограничения для создания композиционных оболочек с распределенными по объему элементами ТАМ и требует дополнительных исследований и разработок.

3.2. Микроструктурные исследования теплоаккумулирующих компонент на волокнистой основе

В качестве объектов исследования (МОПМ) с ТАМ на волокнистой основе в главе 1 обоснованы материалы: Outlast®-Thermocules™ [285] и Comfortemp® [284].

Задачей дальнейшего шага исследования является установление на микроуровне параметров структуры текстильных ТАМ и выявление критериев и ограничений для размеров МОПМ с их последующим использованием в поликомпонентных волокнистых объёмных материалах (ПВОМ) несвязной структуры в виде смесей (ПВОМ-С) или в связных поликомпонентных волокнистых объёмных материалах (ПВОМ-П) в качестве утепляющей оболочки одежды.

Для проведения микроструктурных исследований ТАМ на текстильной основе были использованы приборные возможности Научно-образовательного центра «Материалы» Донского государственного технического университета, современного ресурсного центра ДГТУ [219], располагающего соответствующим оборудованием.

Основные исследования проведены с использованием двухлучевого сканирующего электронного/ионного микроскопа ZEISS CrossBeam 340 [304], представленного в соответствии с рисунком С.1 в Приложении С. Данное

оборудование микроструктурного анализа включает в себя универсальную платформу FE-SEM с камерой, подходящей для любого применения FIB-SEM, которая основана на технологии GEMINI [305]. Характеристики двухлучевого сканирующего электронного/ионного микроскопа ZEISS CrossBeam 340, использованного для глубокого микроструктурного анализа ТАМ на текстильной основе представлены в таблице С1 в Приложении С.

Особенностью CrossBeam 340 является возможность исследования непроводящих образцов (в том числе полимеров, изучаемых в настоящем проекте) в режиме низкого вакуума.

Параметры условий работы с образцами:

- максимальный размер образца: диаметр до 150 мм, толщины до 55 мм;
- точность перемещения и повторяемости позиции: 2 мкм;
- диапазоны перемещений: X: 100 мм, Y: 100 мм, Z: 50 мм, Наклон: -5 – 70°, вращение: 360°;
- рабочий высокий вакуум в камере — 2×10^{-5} Па;
- диапазон низкого вакуума в камере — от 10 до 65 Па;
- рабочий высокий вакуум в пушках — 2×10^{-8} Па.

В таблице 11 представлены установленные технические характеристики исследуемых образцов текстильных ТАМ.

Таблица 11 – Технические характеристики исследуемых текстильных образцов с ТАМ

№пп	Наименование материала	Толщина, мм, по ГОСТ [123]	Поверхностная плотность, г/кв.м	Особенности слоёв
1	Comfortemp®	0,5	85,7	Однослойный
2	Outlast®-Thermocules™ (Тип-1)	0,35	194,0	Однослойный
3	Outlast®-Thermocules™ (Тип 2)	0,85	250,0	Трехслойный

С помощью системы Q150T [304] и устройства турбо-испарителя образцы были подготовлены для исследования электронной микроскопией.

Для определения размеров функциональных микрокапсул, введенных в связующий полимерный состав материала, была рассмотрена микроструктура материала с предварительным вакуумированием образца. В результате параметризации микроизображений были получены основные размеры волокон (рисунок 57).

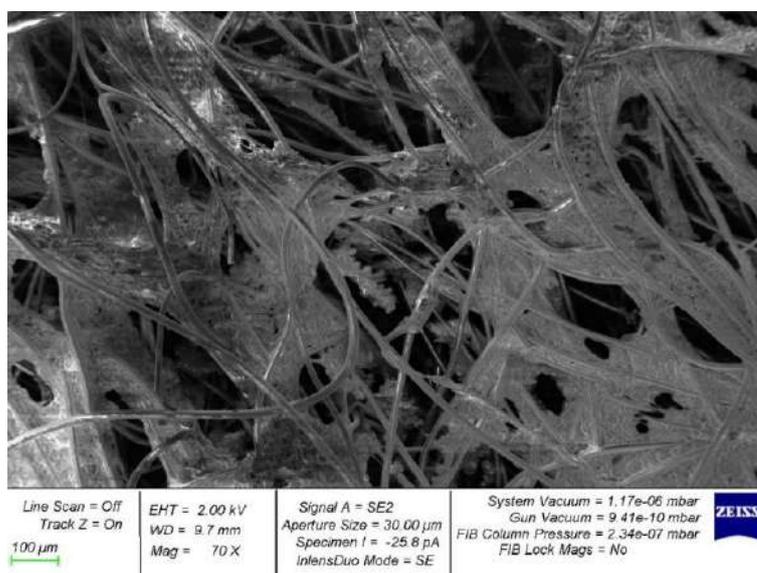


Рисунок 57 - Микроструктура волокнистого нетканого теплоаккумулирующего материала Comfortemp, увеличение 300x

Изображение установленной микроструктуры волокнистого нетканого теплоаккумулирующего материала Outlast®-Thermocules™ (Тип-1) представлено в соответствии с рисунком 58.

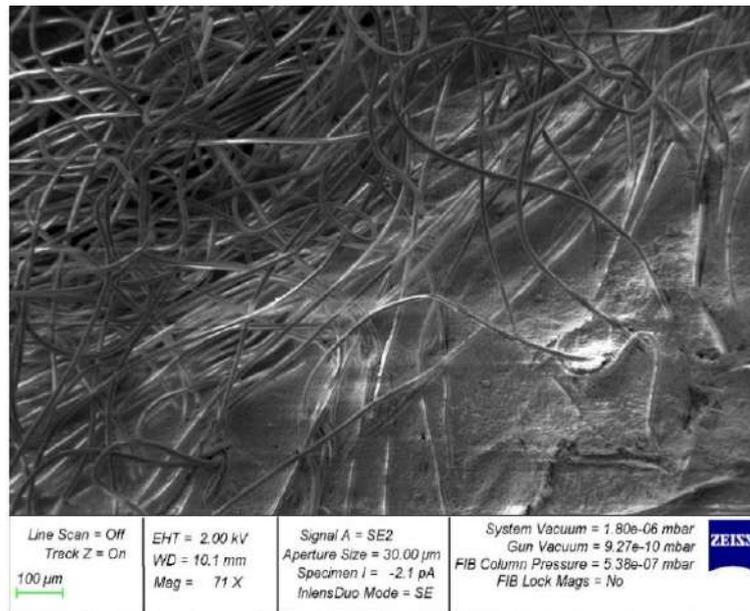


Рисунок 58 - Микроструктура волокнистого нетканого теплоаккумулирующего материала Outlast®-Thermocules™ (Тип-1), увеличение 71x

Аналогичным образом были исследованы характеристики микроструктуры трехслойного материала Outlast®-Thermocules™ (Тип-2), представленный в соответствии с рисунком 59 и таблицей 12.

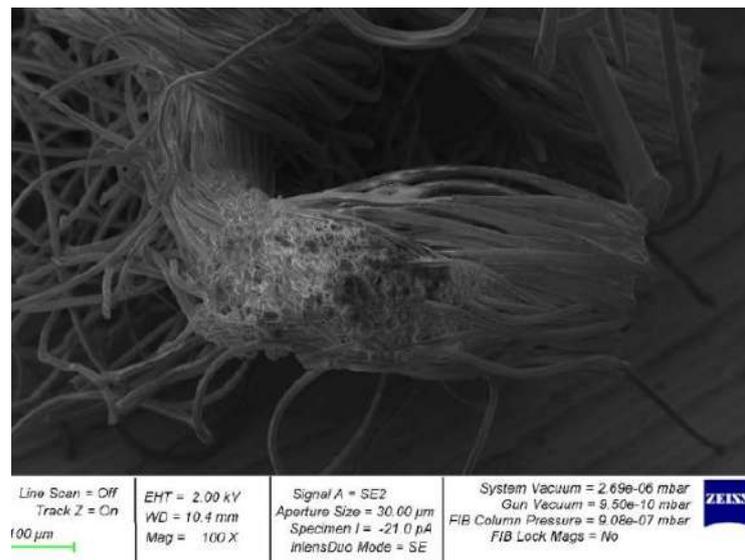


Рисунок 59 – Микроструктура волокнистого нетканого теплоаккумулирующего материала Outlast®-Thermocules™ (Тип-2) Увеличение 100x

Таблица 12 – Параметрические характеристики микроструктуры капсулированных текстильных теплоаккумулирующих материалов

№ пп	Наименование материала	Диаметр капсул ТАМ, μm	Диаметр волокна, μm	Длина некапсулированных участков, μm	Равномерность/ неравномерность распределения капсулированного слоя и волокон в структуре полотна
1	2	3	4	5	6
1	Comfortemp®	14,91	15.26	60 ...400	В пределах 300 μm наблюдается неравномерность распределения связующего вещества по площади и по плотности. Усредненная равномерность структуры может быть принята для участков от 1000 μm . Волокна неориентированные, равномерно распределенные
2	Outlast®-Thermocules™ (Тип-1)	2,61	13.3	700-1400	В пределах 1700 μm наблюдается неравномерность распределения связующего вещества по площади. Усредненная равномерность структуры может быть принята для участков от 2800 μm . Волокна неориентированные равномерно распределенные.
3.1	Outlast®-Thermocules™ (Тип-2. Слой 1)	Отсутствуют	11.76	Вся площадь	Структура равномерная. Волокна неориентированные, извитые.
3.2	Outlast®-Thermocules™ (Тип-2. Слой 2)	11.33	26.425	285...430	Волокна извиты, сгруппированы и ориентированы вдоль длины полотна. В пределах 1000 μm наблюдается неравномерность распределения связующего вещества по площади. Усредненная равномерность структуры может быть принята для участков от 2000 μm
3.3	Outlast®-Thermocules™ (Тип-2. Слой 3)	11.32	16.17375	285...430	Поперечный срез. Волокна ориентированные вдоль длины полотна. Связующее капсулированное вещество сосредоточено сгустками по длине внутреннего слоя материала. В пределах 1000 μm наблюдается неравномерность распределения

Окончание таблицы 12

1	2	3	4	5	6
					связующего вещества по площади. Усредненная равномерность структуры может быть принята для участков от 2000 μm .

Анализ микроструктуры волокнистого нетканого теплоаккумулирующего материала Comfortemp® в качестве МОПМ показал, что связующий полимер не является непрерывным слоем и имеет чередующимися локальные плотности и пустоты. Рассмотрение Outlast®-Thermocules™ в качестве МОПМ для гибридных оболочек одежды показало, что общая структура распределения связующего микрокапсулированного вещества и ПЭ-волокон имеет сравнительно равномерный характер по локализации и плотности заполнения.

Таким образом, в результате выполненных микроструктурных исследований ТАМ на текстильной основе в качестве объектов МОПМ установлены основные параметры элементарных волокон, теплоаккумулирующих фрагментов структуры, закономерности и параметры порядка размещения теплоаккумулирующих компонентов в исследуемых материалах, что является основой для разработки концепции и структурных моделей гибридных волокнистых материалов с теплоаккумулирующими компонентами, распределенными в объеме оболочки теплозащитной одежды.

3.3. Разработка структуры волокнистых гибридных оболочек с теплоаккумулирующими компонентами

Концепция формирования объемной текстильной композиции теплозащитного слоя одежды с теплоаккумулирующими свойствами основана на принципе интеграции теплоаккумулирующих материалов на волокнистой основе в виде малообъемных полимерных материалов (МОПМ) в общий объем опорного

волокнистого утепляющего материала на основе определенного способа интеграции в соответствии с рисунком 60.

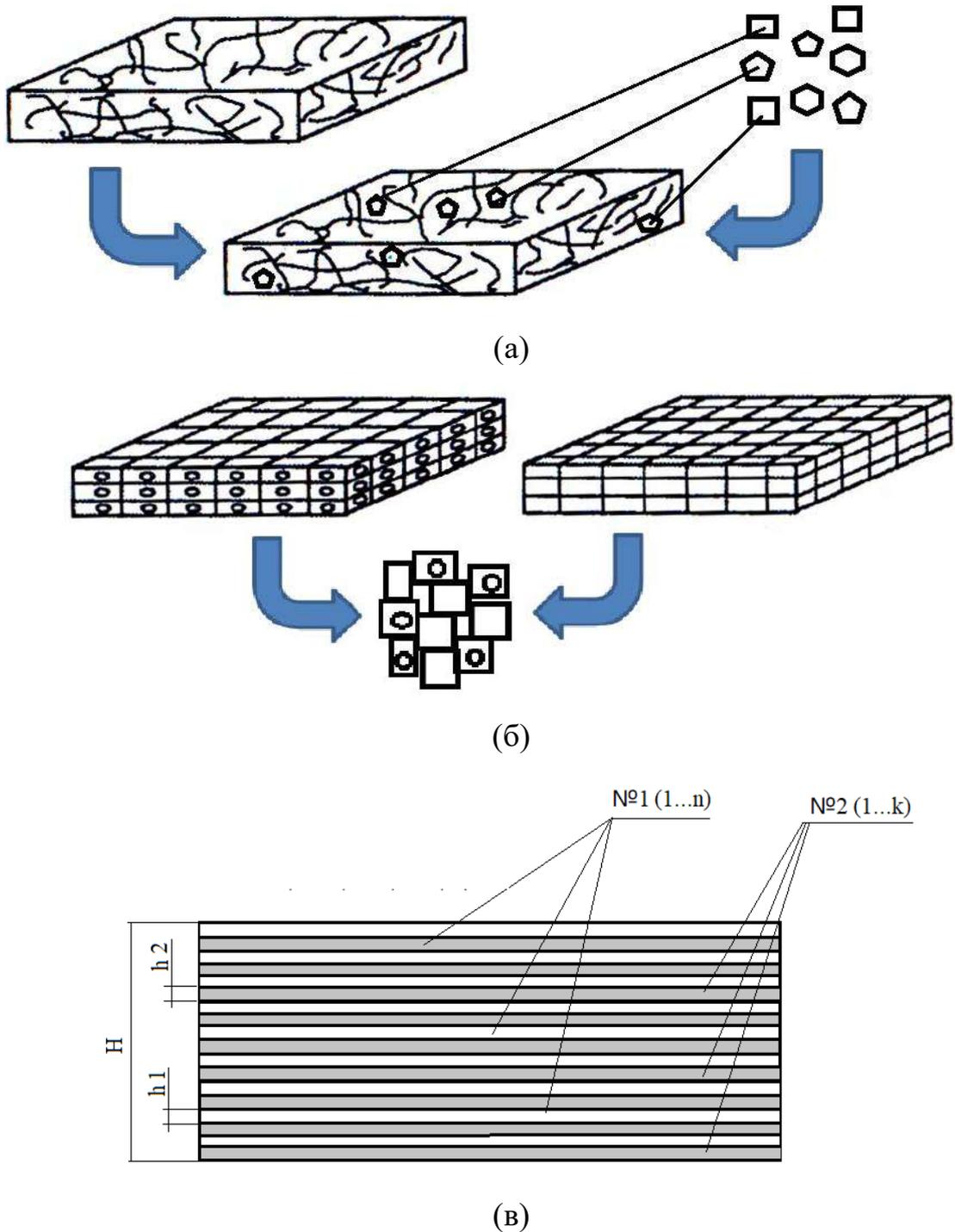


Рисунок 60 – Схема структурных моделей комплексных волокнистых материалов с теплоаккумулирующими компонентами на текстильной основе: а) на основе введения свободных несвязных элементов ТАМ в волокнистую структуру основного материала / «M-Intro»; б) на основе воединения соразмерных малообъемных частей, полученных путем рассечения связных опорных волокнистых и теплоаккумулирующих материалов на волокнистой основе/«M- Integer»; в) на основе послойной интеграции волокнистых компонентов с ТАМ / «M- Combo»

Для реализации предложенной концепции разработаны принципиальные решения таких способов, исходя из основного критерия – его реализация в условиях швейного производства должны быть возможна с минимизацией технологической реорганизации и технического оснащения:

- Модификация 1 / Способ „M-Introducing“ («M-Intro») схематически представлен в соответствии с рисунком 60-а, где элементы ТАМ, несвязные по структуре, вводятся в межволоконистые полости полотен. Размеры таких элементов ТАМ должны соответствовать установленным размерам полостей по глубине, представленным в таблице 11.- Модификация 2 / Способ „M- Integration“ («M-Integer») схематически представлен в соответствии с рисунком 60-б, где элементы ТАМ представляют собой малообъемные части, полученные путем рассечения связанных теплоаккумулирующих материалов на волокнистой основе. При этом дробные малообъемные части основных волокнистых материалов и дробные малообъемные части связанных материалов ТАМ соразмерны между собой и интегрированы в виде поликомпонентных волокнистых объёмных материалов (ПВОМ) несвязной структуры в виде смесей (ПВОМ-С) или могут быть дополнительно скреплены в связанные поликомпонентные волокнистые объёмные материалы (ПВОМ-П) клеевым, термоклеевым или холстопрошивным способом [143].

- Модификация 3 / Способ „M- Combination“ («M- Combo») схематически представлен в соответствии с рисунком 61-в, где элементы ТАМ представляют собой встроенные слои, полученные путем послойной комбинации теплоаккумулирующих компонент на волокнистой основе с текстильной основой.

Для разработки структурных моделей комбинированных волокнистых материалов с новыми теплоаккумулирующими компонентами в основу положен системный подход и комплексное решение интегрируемой системы, представленной в виде:

$$M = \{K_1, K_2 \dots K_n\}, \quad (2)$$

где K_i – кодированные признаки системы.

В основу разработки таких кодированных признаков были определены следующие категории:

- 1- компоненты и их количество, классифицированные по функциональной роли в комплексном материале (базовая теплоизоляция, теплоаккумуляция);
- 2- тип волокон, составляющих основу каждого компонента комплексной волокнистой структуры материала;
- 3- вид теплоаккумуляционного материала, включенного в комплексную структуру;
- 4- способ скрепления компонент в волокнистой структуре комплексного материала;
- 5- метод интегрирования теплоаккумуляционных компонент в общей структуре волокнистого материала;
- 6- геометрическая форма компонент в структуре комплексного материала.
- 7- размеры элементов структуры поликомпонентного материала.

С целью формализации описания структуры моделей поликомпонентных материалов для гибридных оболочек одежды перечисленные признаки были определены условным кодированием и представлены в Приложении Т (Таблица Т.1).

На основе предложенной концепции формирования поликомпонентных утепляющих материалов для одежды с теплоаккумуляционными свойствами разработаны основы ее реализации на базе 3х основных методов. При этом параметризация условий для метода 1 «М-Intro» путем интегрирования в межволокнистые полости опорного утеплителя компонент ТАМ в виде твердых частиц (к примеру, глауберовой соли), показала, что существующие волокнистые материалы на данный момент не позволяют установить соразмерность таких

компонент с учетом имеющих внутренних полостей полотна. Поэтому целесообразно данный метод развивать путем создания новых опорных волокнистых материалов с увеличенными межволокнистыми полостями. Однако прямое применение его в условиях технологического оснащения швейного производства на данный момент ограничено.

Параметризация и исследование двух других разработанных методов интегрирования компонент с ТАМ в волокнистую оболочку одежды являются актуальными и принятыми за основу: поликомпонентные послойные сопряжения полотен и поликомпонентные смеси.

Разработанные схемы структурных моделей комплексных волокнистых материалов с теплоаккумулирующими компонентами на текстильной основе (рисунок 61) с учетом разработанных моделей кодированного нормирования соразмерности параметров волокон, межволокнистых полостей и геометрических параметров текстильных компонентов с ТАМ в общей композиции (таблица Т.1) позволили разработать обобщенную модель структуры поликомпонентных гибридных оболочек для женской одежды с терморегулирующими свойствам:

$$M(S) = \{K_1; K_2; K_3; K_4; K_5; K_6; K_7\}, \quad (3)$$

реализуемую на основе алгоритмов, которые могут быть разработаны, исходя из предложенной кодировки и параметризации свойств материалов одежды.

Среди параметризации таких свойств получение новых данных о теплофизических свойствах создаваемых гибридных оболочек имеет для проектирования теплозащитной одежды одно из определяющих значений.

3.4. Исследование теплофизических свойств новых функциональных гибридных оболочек для теплозащитной одежды

На основе предложенной концепции и разработанной кодированной системы

формирования гибридной структуры оболочки теплозащитной одежды в соответствии с (3) сформулирована кодированная модель структуры, получаемой по методу «M-Combo», который позволяет максимально быстро и без существенных изменений планировать внедрение технологии гибридных оболочек в швейное производство. Пример формирования модели гибридной структуры на основе системы кодированных признаков представлен в (4), которая и была далее исследована :

$$M(S1) = \{K1.1/K.2.2; K1.2.1/K.2.1; K.3.2; K.4.5; K.5.3; K.6.2; K.7.1.27, K.2.27, K.7.3.11\} \quad (4)$$

Основные полезные свойства современных теплоаккумулирующих материалов, включая материалы «Outlast», достаточно широко изучены и обосновывают их применение в теплозащитной одежде для введения дополнительных функций терморегуляции. Однако появление дополнительного компонента в гибридной структуре одежды требует установления основных необходимых для проектирования одежды свойств общей композиционной структуры, плотности, теплопроводности, поэтому данная гибридная структура требует параметризации и установления теплофизических свойств для достижения искомых полезных эффектов в женской теплозащитной одежде.

Гибридный композиционный материал имеет состав: 0/30/50/100% " Outlast"-текстиль (на основе полиэфирного флиса, 70%) + Термофайбер (волокнистый изоляционный материал из ПЭ-волокон, 100%).

Характеристики компонентов для композиционной структуры материалов для исследований представлены в таблице 13.

Образцы для исследования с разным составом Термофайбер/«Outlast» – текстиль в %:

- 1) 100/0;
- 2) 70/30;
- 3) 50/50;
- 4) 0/100.

Таблица 13 – Характеристики компонентов для образцов исследуемых материалов

№	Материал	Состав волокон и полимерных компонентов, %	Плотность, кг/м ³	Особенности структуры материала	Толщина, м
1	Термофайбер	Полиэстер, 100	14,2	Нетканый материал	0,001...0,021
2	«Outlast»-текстиль	«Outlast», 30 + Полиэстер, 70	238,0	"Outlast", флис	0,00085

На рисунке 61 и в таблице 14 показаны схема и параметры образцов композиционной текстильной структуры для теплоизоляционного слоя одежды.

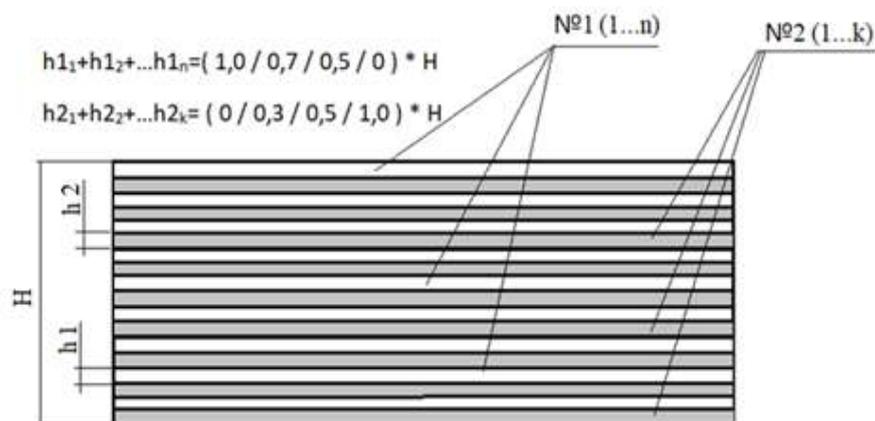


Рисунок 61 – Схема композиционных образцов материала (№1, №2 по таблице 13)

Таблица 13 – Характеристики структуры тестовых композиционных образцов

Тип тестовых образцов	Доля композиционного материала «Outlast»-текстиль в композиционном материале (опытные образцы*), %	Толщина компонента (материал №1), мм (10-3), h1 **	Толщина компонент на (материал №2), мм (10-3), h2 **	Количество составных слоев (материал №1), n **	Количество составных слоев (материал №2), k **
1	0	21.00	0	1	0
2	30	2.0	0.85	5	5
3	50	1.0	0.85	5	6
4	100	0	0.85	0	1

В результате проведенных исследований установлена зависимость технических параметров (толщины, плотности, процентного содержания МОПМ с ТАМ на текстильной основе «Outlast®-Thermocules» в гибридной оболочке одежды для структурной модели {K1.1/K.2.2.;K1.2.1/K.2.1; K.3.2; K.4.5; K.5.3; K.6.2; K.7.1.27, K.2.27, K.7.3.11}, представленная на рисунке 61.

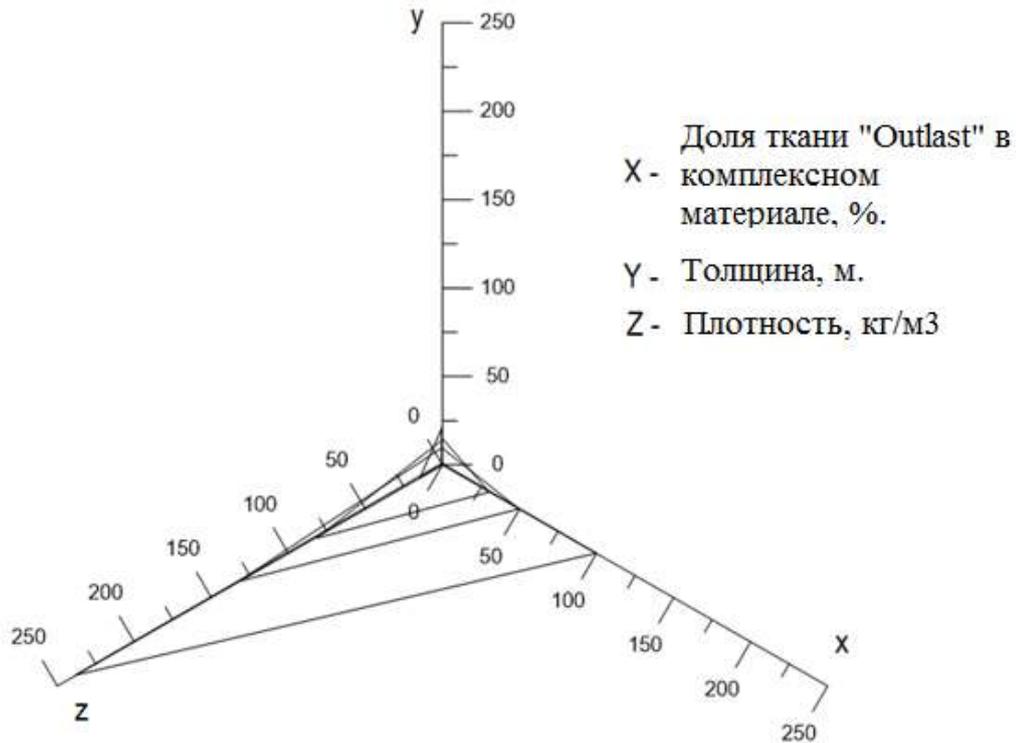


Рисунок 61 – Зависимость технических параметров (толщины, плотности, процентного содержания МОПМ с ТАМ на текстильной основе «Outlast®-Thermocules» в гибридной оболочке одежды (для структурной модели {K1.1/K.2.2.;K1.2.1/K.2.1; K.3.2; K.4.5; K.5.3; K.6.2; K.7.1.27, K.2.27, K.7.3.11})

Анализ результатов исследований показал, что «Outlast®-Thermocules»-текстильный материал имеет высокую плотность (230-250 кг / м³) при очень малой толщине (рассматривались образцы толщиной 0,85 мм). Это можно объяснить концентрацией в тонком материале полимерных капсул с парафином, который характеризуется собственной высокой плотностью активного вещества 850-930 кг / м³ [306]. В то же время эти "«Outlast®-Thermocules»"-текстильные материалы

характеризуются значительно меньшей толщиной по сравнению с традиционными волокнистыми изоляционными полотнами (в 10 и более раз) и не могут самостоятельно выполнять функцию полной теплоизоляционной оболочки одежды.

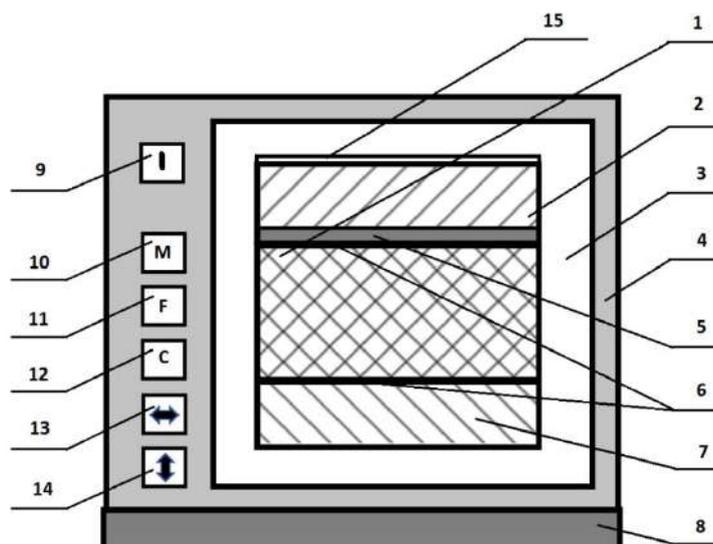
Теплозащитные текстильные материалы, используемые в производстве одежды, имеют теплопроводность в пределах 1,5 Вт/мК [221]. Это позволяет использовать метод стационарного теплового режима для экспериментальных исследований [222].

Устройство для измерения коэффициента теплопроводности снабжено одним измерителем плотности теплового потока, который устанавливается между текстильным образцом и нагревательной пластиной устройства. Основным принципом данного метода исследования является создание стационарного теплового потока, проходящего через плоский образец материала определенной толщины и ориентированного перпендикулярно наибольшим граням образца; измерение плотности теплового потока и температуры на противоположных поверхностях образца. Платиновые термометры сопротивления используются для фиксации и контроля температуры в оборудовании [307]. Датчик температуры имеет следующие параметры: тип-платина, чувствительный элемент – пленка, сопротивление - 100 Ом, класс допуска - А, неопределенность для температуры составляет $\pm (0,15 + 0,002 t)$, где t - температура в градусах Цельсия, время отклика - 3 секунды.

Измерение теплового потока в экспериментальном оборудовании проводилось с помощью прибора Темп-3.3. Конструктивные и технические условия регулирования теплового потока соответствуют [223, 224].

Тепловые условия для исследования теплопроводности зависят от толщины текстильных образцов и средней теплопроводности исследуемых материалов. Разница температур между холодной и горячей поверхностью прибора составляла 5 ... 40 К [222, 223, 308].

Схема используемого устройства показана на рисунке 63.



- 1- образец исследуемого материала;
- 2- нагреватель;
- 3-изоляционный блок;
- 4- корпус;
- 5- встроенный теплосчетчик, включая измеритель плотности теплового потока;
- 6- температурные датчики;
- 7- холодильная установка;
- 8- нижняя задняя панель (выключатель, предохранитель, розетка шнура питания, разъем отопителя);
- 9-14- клавиатура управления (9-начало и окончание работы, 10-доступ в меню и сохранение результатов измерения, 11-работа с меню функций, 12-сброс данных, 13 и 14-управление условиями измерения);
- 15 - площадка регулировки высоты измерительных элементов (фиксация толщины образцов материала).

Рисунок 63 – Схема установки для измерения теплопроводности испытуемых образцов

Температура и относительная влажность помещения для экспериментальных исследований соответствуют [223].

Температурный диапазон применения теплозащитной одежды делится на основные интервалы: 1й - в обогреваемом помещении при положительных температурах, 2й - далее при сниженной температуре помещений или открытых пространств при дискомфортной температуре перехода от охлаждения и пониженным температурам и 3й - условия холода.

Выбор исследуемого температурного диапазона 1го уровня от +15°C до +25°C объясняется следующим образом. Верхняя температура +25°C - это типичная температура в помещении, при которой одежда хранится и накапливает тепло между рабочими сменами (формирование запаса скрытого тепла в материалах одежды). 2й уровень от 0 до +15°C, то есть, для типичной температуры в межсезонье, которая принимается за границу между холодом и прохладными условиями и относится к начальному охлаждению человека [309], но еще не захватывает тепловые условия криосферы, а также уровень 3 – отрицательные температуры криосферы.

Условия криосферы, изученные в главе 1, и особенности теплообмена в системе «человек-теплозащитная одежда-охлаждающая среда» [225] определили температурный диапазон охлаждения теплозащитной оболочки -40°C и ниже, а внутренние слои оболочки одежды при этом могут охлаждаться до -15 (достигая и -20) °C.

Образцы исследуемых гибридных оболочек одежды имели квадратную форму. Длина стороны квадрата составила 250 мм. Измерение размеров образцов соответствует [218]. Тепловой поток в эксперименте устанавливался до фазы стационарного, то есть значения теплопроводности, измеренные в последовательных 5 временных точках с интервалом 300 секунд, отличались друг от друга менее, чем на 1% при постоянных сигналах от измерительных приборов.

Погрешности измерений в эксперименте:

- сигналов датчика температуры: 0,5% максимум,
- сигнала измерителя плотности теплового потока: 0,6% максимум,
- измерений толщины образца: не более 0,5% (менее 0,1 мм) как среднее арифметическое четырехточечных измерений образца;
- давление 0,2 кПа [226];
- отклонение передних граней образца от параллельного выравнивания: не более 0,5 мм.;
- потеря его массы после сушки: 0,1% максимум.

На рисунках Приложения У представлены установленные зависимости теплопроводности гибридной оболочки одежды представленной структуры от доли МОПМ на основе «Outlast®-Thermocules»-текстиль от условий температуры среды в широком диапазоне «тепло-переходный режим-холод».

На рисунке 64 представлена модель зависимости теплопроводности гибридной оболочки одежды от температуры и доли рассмотренного МОПМ с ТАМ для структурной модели оболочки {K1.1/K.2.2,;K1.2.1/K.2.1; K.3.2; K.4.5; K.5.3; K.6.2; K.7.1.27, K.2.27, K.7.3.11}.

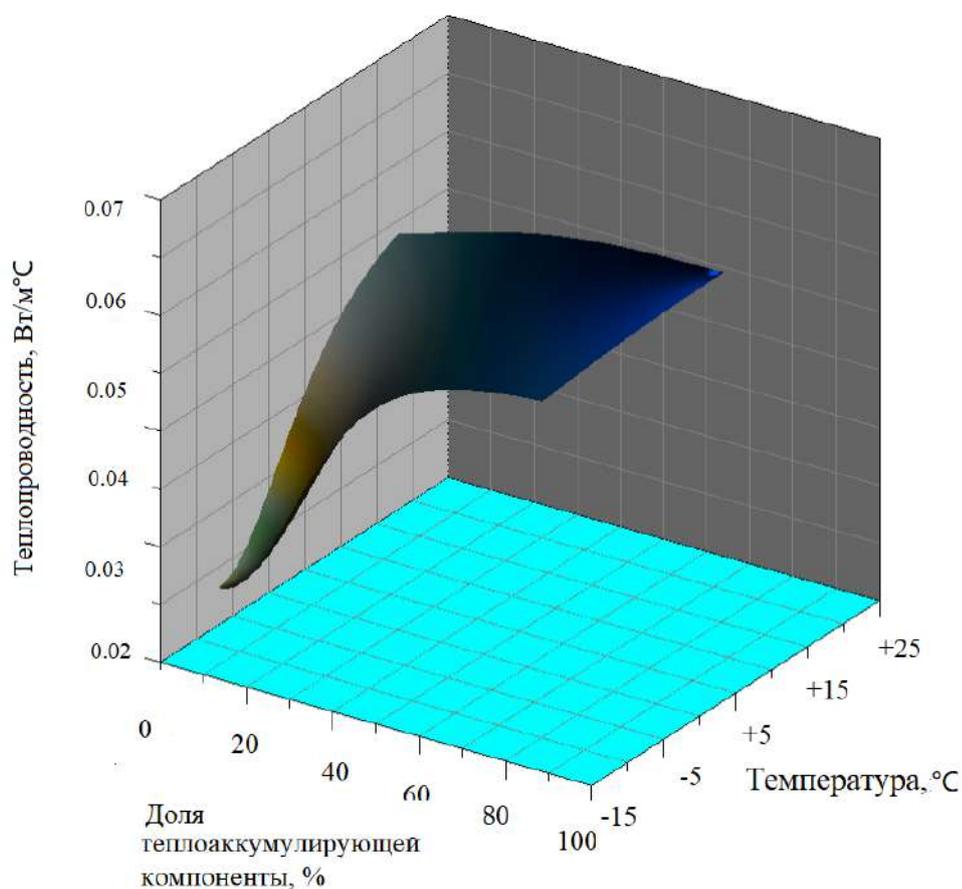


Рисунок 64 – Модель зависимости теплопроводности комплексного утепляющего материала от температуры и доли теплоаккумулирующей компоненты на текстильной основе "Outlast®-Thermocules» структурная модель {K1.1/K.2.2,;K1.2.1/K.2.1; K.3.2; K.4.5; K.5.3; K.6.2; K.7.1.27, K.2.27, K.7.3.11}

Результаты исследования теплопроводности сложных материалов с различными фракциями "Outlast®-Thermocules»-текстиля в сочетании с текстильной основой на примере обоснованного термофайбера показали общее увеличение теплопроводности с увеличением фракции "Outlast®-Thermocules»-текстиль в сложном материале.

Это можно объяснить влиянием теплопроводности активного компонента капсул на основе парафина. Установлено, что для аналогичных сложных материалов при температурных режимах, различающихся на 20°C, теплопроводность различается до 10%. Однако теплопроводность исследованных материалов для различных температурных режимов показала, что после достижения капсулированной текстильной фракции в композиционном материале более 50% теплопроводность при повышенных температурах окружающей среды (+25 °C) имеет тенденцию к снижению и, таким образом, улучшает теплоизоляцию одежды. Эта особенность материалов представляет интерес для использования композиционного волокнистого материала для тепловой защиты от высоких температур. В то же время при низких температурах (0°C и ниже до режима промерзания) тот же состав материалов сохраняет динамику увеличения теплопроводности с увеличением доли "Outlast®-Thermocules» - текстиля и микрокапсулированного парафина соответственно.

При значительном увеличении теплопроводности изоляционного материала на холоде требуется увеличение общей толщины материалов одежды для обеспечения достаточной теплоизоляции. Однако с точки зрения критериев эргономичности одежды существуют ограничения на максимальную суммарную толщину одежды (не более 4 см) и соответствующие тепловые характеристики текстильных оболочек (тепловое сопротивление - не менее 0,77 м²К/Вт для определенной климатической зоны [5]).

Тепловое сопротивление материалов оболочки рассчитывается по формуле (5):

$$R = h / \lambda \quad (5)$$

где R — тепловое сопротивление, $\text{м}^2\text{К}/\text{Вт}$; h - толщина ткани, м.; λ - теплопроводность в $\text{Вт}/\text{мК}$.

Диапазон данных теплопроводности, полученных для гибридного материала, имеет допустимые значения капсулированных включений в пределах 85% в общем составе материала. Однако для выполнения указанных выше требований эргономичности и теплового сопротивления установлено, что необходимо применять критерий снижения теплоаккумулирующих компонент (не более чем 40% для текстильных оболочек в одежде, эксплуатируемой при температуре $0\text{ }^\circ\text{C}$ и ниже).

Выводы по третьей главе

1. Полезный вклад ТАМ в формирование запаса скрытого тепла исследован и доказан многими авторами. Однако включение ТАМ в оболочки одежды приводит к изменению ее общей теплопроводности, то есть влияет на толщину изделия, которую в теплозащитной одежде увеличивать нежелательно, так как нарастает ее общий вес, следовательно, ограничение толщины приводит к ограничению доли ТАМ в общей структуре теплоизоляционных слоев. Определение этой доли является одной из важных задач данного этапа работы, чтобы получить обоснованные ограничения для применения ТАМ в объемных структурах теплозащитной одежды.

2. Определено, что новая гибридная волокнистая оболочка для эксплуатации в условиях криосферы должна иметь распределенную по объему скрытую теплоту, сосредоточенную в текстильных компонентах с ТАМ, как для поддержки терморегуляции женского организма, так и для снижения прочности контакта снеговой оболочки с поверхностью одежды.

3. В результате проведенных микроструктурных исследований разработаны 3D-модели объемной микроструктуры опорных волокнистых утеплителей: синтепон, термофайбер, холлофайбер, тинсулейт, обоснованных аналитическими исследованиями в 1-й главе диссертации. На основе этих моделей установлено, что с увеличением диаметра волокон наблюдается снижение пористости материалов и увеличение объемной плотности связных утеплителей соответственно. При этом размеры и концентрация межволоконных полостей в толщине материалов может быть охарактеризована их плотностью в толщине полотна, которые требуют значительного уменьшения размеров ТАМ для интегрирования их текстильные материалы, что имеет технологические ограничения для швейного производства.

4. Предложена и описана концепция разработки новых гибридных оболочек с компонентами МОПМ с ТАМ на основе трех возможных методов, на базе которых разработаны схемы структурных моделей гибридных волокнистых композиций: а) на основе введения изолированных частиц ТАМ в свободные полости волокнистой структуры основного волокнистого материала / «M-Intro»; б) на основе соединения соразмерных МОПМ, полученных путем рассечения связных опорных волокнистых и теплоаккумулирующих материалов на волокнистой основе / «M-Integer»; в) на основе послойной интеграции МОПМ с ТАМ в гибридную оболочку из волокнистых утепляющих полотен / «M-Combo».

5. Разработана система кодирования признаков и параметров моделей структуры поликомпонентных гибридных оболочек для одежды и на ее основе разработана кодированная модель определенной структуры, получаемой по методу «M-Combo». Этот метод определен как приоритетный, исходя из критерия: его реализация в условиях швейного производства возможна с минимизацией технологической реорганизации и технического переоснащения.

6. Разработанная на базе предложенной структурной модели гибридная оболочка включает текстильную основу - Термофайбер (волокнистый изоляционный материал из ПЭ-волокон, 100%) и МОПМ с ТАМ на основе

текстильного полотна "Outlast"-текстиль (с полиэфирным флисом, 70%) в вариантах модификации доли МОПМ 0/30/50/100 %.

7. Экспериментально установлена модель, представляющая взаимосвязь технических параметров (толщины, плотности, процентного содержания МОПМ с ТАМ для структурной модели гибридной оболочки {К1.1/К.2.2.;К1.2.1/К.2.1; К.3.2; К.4.5; К.5.3; К.6.2; К.7.1.27, К.2.27, К.7.3.11}).

8. Разработана модель, описывающая зависимость теплопроводности гибридной оболочки от температуры и доли МОПМ с ТАМ.

9. С учетом ограничений эргономического характера на толщину пакета материала специальной теплозащитной одежды (не более 4 см) и ограничений гигиенического характера на тепловое сопротивление ($0,77 \text{ м}^2\text{К/Вт}$ для наиболее суровых условий холода и воздухопроницаемости) определены ограничения для допустимой комплексной теплопроводности гибридной оболочки, которая позволила с применением полученных функциональных моделей определить ограничение доли МОПМ с ТАМ не более 40% в объеме оболочки для одежды, эксплуатируемой при отрицательных температурах.

Полученные результаты позволяют обеспечить технологии проектирования теплозащитной одежды формальными методами для принятия решений о формировании пакетов материалов теплозащитной одежды, обеспечивая условия ее эргономичности, что особенно важно для женской одежды и ее применимости в качестве СИЗ в холоде, а также расширяя ассортимент функциональной теплозащитной женской одежды с повышенной устойчивостью к снеговой нагрузке для эксплуатационных условий криосферы за счет скрытой теплоты в объеме теплоизоляционной оболочки одежды.

4. МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ «ЖЕНЩИНА - ТЕПЛОЗАЩИТНАЯ ОДЕЖДА - ХОЛОДНАЯ СРЕДА КРИОСФЕРЫ – СНЕГ» В ПРОЦЕССАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОДЕЖДЫ

Система теплообмена «Женщина – теплозащитная одежда - холодная среда криосферы - снег» представляет собой сложную многокомпонентную систему, в которой задействованы физические, биофизические, технические, химические процессы и свойства.

Характерными признаками такой системы в отличие от ряда ранее изученных в работах отечественных и зарубежных авторов систем и их моделей являются следующие:

- структурные и теплофизические параметры текстильных материалов теплозащитной одежды, включающие терморегулирующий гибридный слой на основе разработанных композиционных структур;
- наличие и характеристики дополнительного снежного слоя на поверхности одежды;
- геометрические и теплофизические параметры условной модели тела женщины.

На рисунке 65 представлена общая схема изучаемой системы теплообмена человека с факторами криосферы через одежду.

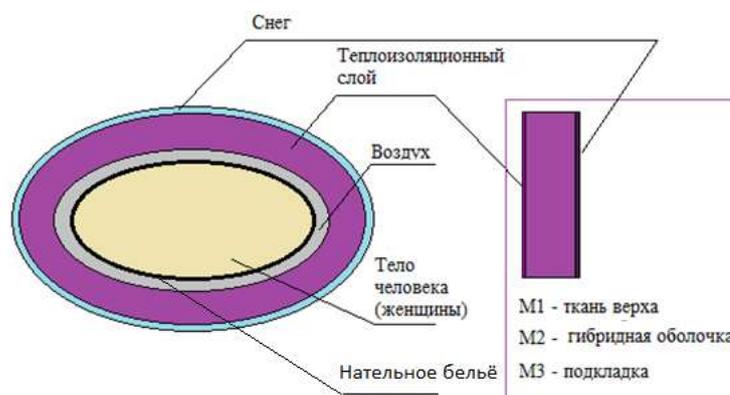


Рисунок 65 - Общая схема системы теплообмена «человек-одежда-среда криосферы»

Снег, покрывающий одежду, вносит корректировки в тепловые параметры системы, влияет на ее эргономичность, что определяет безопасность, комфорт и удобство ее эксплуатации.

Поэтому важно установить, какова прогнозируемая локализация такого слоя для учета в проектировании параметров теплоизоляции и разработке соответствующих снегозащитных элементов конструкции швейных изделий.

4.1. Исследование снежного покрытия теплозащитной одежды

Режим, температурные условия и фазы наибольшей активности воздействия снега на поверхность одежды подробно исследованы в п.1. и представлены на рисунке 66. Снеговая нагрузка на одежду зависит от температуры и влажности воздуха, структуры самого снега, направления и скорости ветра по отношению к поверхности одежды, и, безусловно, структуры самого материала верха. Способность слепливаться частицам поверхностного слоя одежды с частицами снега, ледяных игл определяется во многом геометрией этой поверхности, которая является результирующей совокупностью переплетения, плотности и отделки тканей и влияет на процессы трения, определяющие систему сцепления снега и одежды.

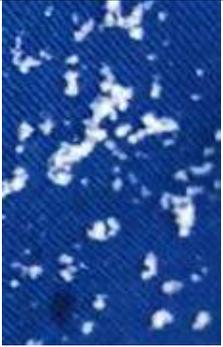
Анализ процесса накопления на поверхности одежды снежных частиц, а потом – снежного слоя проиллюстрирован на основе проведенного экспериментального теста, в рамках которого была взята одна из распространенных тканей верха, соответствующих ГОСТ [108] и часто используемая для производства теплозащитной одежды специального назначения (волокнистый состав ХЛ76%+ПЭ24%, поверхностная плотность 238 гр/м.кв., переплетение саржевое, отделка – ВО). Метеорологические условия проведения теста: температура воздуха: -3°C, осадки – снег, относительная влажность воздуха – 95%, атмосферное давление 756 мм рт. ст., скорость ветра – 2 м/с. На поверхности одежды была ограничена рамка прямоугольной формы для фиксации данных

наблюдений, которая была наложена на сетку с ячейкой в 5% от максимальной длины стороны рамки для последующего расчета количества прямоугольных ячеек сетки, покрытых снегом, в общем количестве таких ячеек на выделенном для наблюдения участке. В таблице 14 представлена динамика накопления снега на поверхности теплозащитной одежды.

Таблица 14 - Динамика накопления снега на поверхности ткани верха теплозащитной одежды

№ пп	Время фиксации, мин.	Фотофиксация покрытия снегом поверхности теплозащитной одежды	№ пп	Время фиксации, мин.	Фотофиксация покрытия снегом поверхности теплозащитной одежды
1	2	3	4	5	6
1	00		4	03	
2	01		5	04	
3	02		6	05	

Окончание таблицы 14

1	2	3	4	5	6
7	06		10	09	
8	07		11	10	
9	08		12	11	

Обработка данных площади покрытия поверхности одежды представлена в Приложении Ф.

На рисунке бб представлена установленная динамика покрытия поверхности теплозащитной одежды снегом для рассмотренной ткани с обозначенной структурой при указанных фактических метеоусловиях.

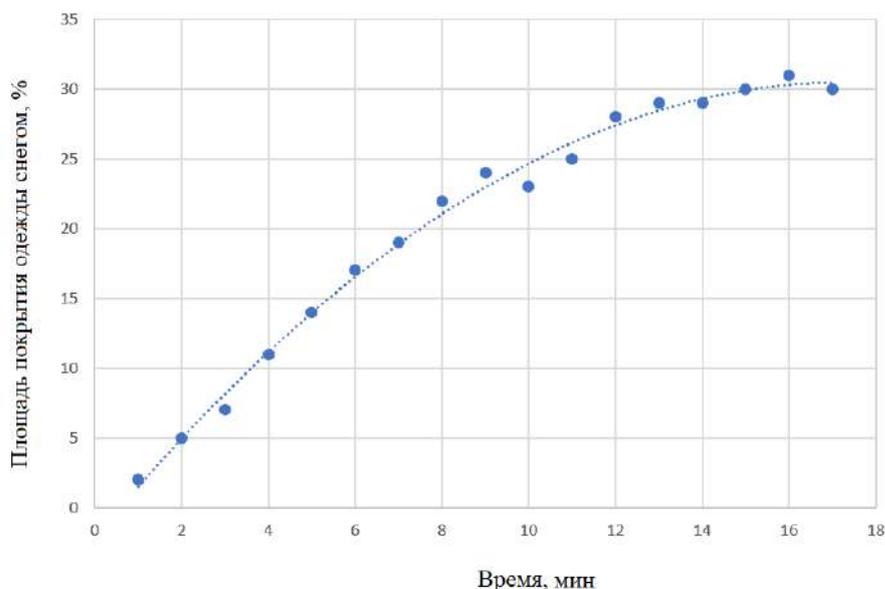


Рисунок 66 - Динамика покрытия поверхности теплозащитной одежды снегом для рассмотренной ткани (волокнистый состав ХЛ76%+ПЭ24%, поверхностная плотность 238 гр/м.кв., переплетение саржевое, отделка – ВО) при - 3°С, относительная влажность воздуха – 95%, скорость ветра – 2 м/с

На основе проведенного экспериментального тестирования установлена функциональная зависимость площади покрытия ($S_{тк}$, %) от времени (τ , мин) в заданном сочетании свойств ткани верха и метеорологических условий климата (6):

$$S_{тк} = -0.1091\tau^2 + 3.7781\tau - 2.1912, \quad (6)$$

где показатель достоверности $R^2 = 0.9935$.

Представленная функция распространяется на обозначенные метеоусловия и соответствующие параметры ткани верха.

При этом методика представленного тестирования позволила формализовать получение данных об ожидаемом покрытии снегом поверхности одежды, которая может быть путем многочисленных аналогичных исследований расширена с получением базы данных для различных тканей и погодных условий. Проведение продолжительных по времени тестов для представленных условий покрытия

снегом материала одежды показало, что после достижения покрытия около 30%, представленных на рисунке 67, наступает определенная стабилизация, что объясняется накоплением притока следующей массы снега, которая не может далее находиться в стабильном сопряжении с динамически подвижной поверхностью одежды только за счет межмолекулярных сил взаимодействия и наличия соразмерных полостей на поверхности для оседания, и высвобождается с поверхности одежды под собственной массой.

Полученное уравнение позволяет проводить ориентировочную приближенную оценку покрытия снегом одежды в заданных условиях, но толщина снежного покрытия в данном случае минимальная и определяется средним размером снежинок. Если предположить, что данный слой на одежде образуют снежинки, располагаясь в один слой, то толщина такого минимального слоя зависит от усредненного диаметра снежинок, используемых в задачах математического моделирования снежных процессов, может быть принята 0,03 см [227], то есть, такой слой соизмерим по толщине с толщиной многих текстильных материалов, в том числе материалов верха, поэтому должен учитываться в системе теплообмена оболочки одежды.

Чтобы установить, какую долю поверхности одежды занимает покрывающий снегом слой, были изучены модели современных женских курток с точки зрения появления на поверхности «ловушек» для снега, вызванных конструктивными изгибами поверхности одежды, которые сдерживают снег на определенных участках. Количество выборки составило 10 образцов курток в соответствии с методкой планирования выборок малого объема, предложенной для ряда задач в технологиях легкой промышленности [228].

Была определена средняя площадь поверхности передней части деталей женской куртки для размера 170-88-96.

Для определения показателя, определяющего, какое количество поверхности куртки может оказаться покрыто снегом, было предложено рассчитать соотношение площадей поверхности изделия на примере женской куртки,

вероятностно заполняемой снегом относительно общей поверхности изделия. Выполнено допущение, что покрытие поверхности снегом происходит с одной условно наветренной стороны.

Такое соотношение предложено ввести в качестве специального коэффициента для оценки подверженности изделия изменению поверхностных свойств в условиях метели (снегового воздействия). Для расчетов использованы геометрические данные деталей конструкций изучаемых моделей женских курток. Установлено соотношение обозначенных площадей, представленных в соответствии с предложенной формулой (229):

$$K = S_{\text{наветр.}} / S_{\text{общ.}} * 100\% \quad (7)$$

где, $S_{\text{наветр.}}$ - (подверженная покрытию снегом) площадь куртки (м^2),

$S_{\text{общ.}}$ - общая площадь куртки (м^2).

Для женских курток (на примере 170-88-96) установлено усредненное значение предложенного коэффициента:

$$K = 0,341$$

Данный коэффициент K отражает долю поверхности куртки, обладающей свойствами поверхности не тканей, а снега.

Однако не только сама открытая поверхность материалов верха является площадкой, которая задерживает частицы перемещающегося потока снега на поверхности. Поверхность одежды покрывается слоем снега большей толщины в локальных участках за счет изгибов поверхности, конструктивных складок и других «ловушек» для снега, которые образуются из-за естественной деформации одежды после одевания ее на тело человека и перехода деталей из плоских в объемные с выпуклостями и вогнутостями участков.

С целью выявления таких потенциальных объемных «ловушек», которые в первую очередь заполняются снегом в метель, были проведены специальные исследования, для чего были определены наиболее характерные движения человека (рисунок 67), при которых происходит естественная деформация поверхности одежды, формируя её снегонакопительный эффект.

Для обоснования выбранных движений были изучены условия и требования к объекту эксплуатации одежды, а именно женщине-потребителю:

- женщина младшей и средней возрастной группы ;
- виды профессионального труда в климатических условиях криосферы: обходчик ж/д путей, помощник на нефтегазовых объектах, специалист-геодезист и т.п. (в соответствии с реестром женских профессий с учетом регионов криосферы);
- вид работ : стоя , ходьба под наклоном , работа руками с предметами труда.

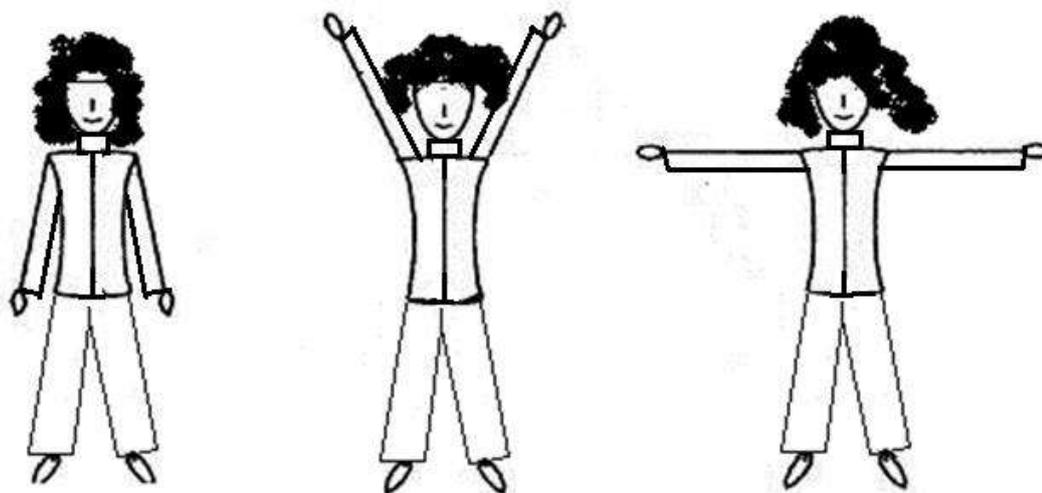


Рисунок 67 – Характерные типовые движения женщины в утепленной куртке

После одевания и при движении поверхность одежды меняет форму и образует различные динамические складки. Такие складки формируют определенный внутренний объем, который в случае значительных метелевых нагрузок заполняется снегом. Снег, в свою очередь, не полностью может быть устранен с поверхности одежды, на что влияет объем складок-«ловушек».

Для проведения исследований были взяты образцы современных женских теплозащитных курток, отобранных из ассортимента популярных производителей теплозащитной одежды в количестве 20 моделей.

В ходе работы были выявлены участки для измерения глубины естественных складок (на примере переда куртки), основываясь на характерных движениях:

- участок угла подмышечной впадины;
- участок сгиба локтя;
- участок воротника.

Измерения глубины складок проводились штангенглубиномером в соответствии с требованиями [230] и рисунком 68.

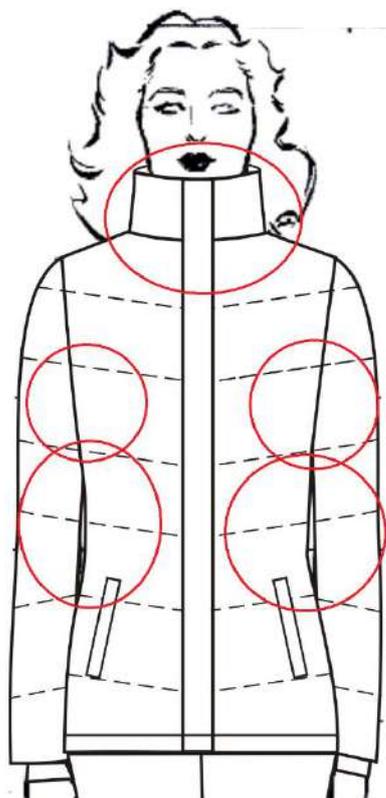


Рисунок 68 – Схема участков измерения глубины складок – «ловушек» для снега

По результатам экспериментальных измерений определены параметры глубины образующихся на поверхности одежды складок в наиболее глубоких местах, указанных для основных измеряемых участков (пример представлен в таблице 15). После усреднения распределенных складок от минимальных до

относительно глубоких были выявлены усредненные значения, представленные в таблице 15 для основных участков наблюдения.

Таблица 15 – Пример параметров глубины складок поверхности одежды в области соединения рукава с деталью переда в зоне переднего угла подмышечной впадины

Виды движения при измерении	Глубина складок, см	Среднее значение глубины «снежных ловушек», см
	0,5 0,8 0,1	0,47
	1,2 0,9 0,7	0,93
	0,2 0,3 0,5	0,3

Аналогичным образом установлены параметры глубины вероятных складок, задерживающих снег на одежде со стороны спины человека с учетом выбранных значимых участков.

Путем проведения геометрических расчетов параметров сложных геометрических фигур [230], образованных изгибами и складками поверхности теплозащитной одежды, установлены методика расчета площади поверхности вероятного плоского покрытия снегом поверхности одежды с наветренной стороны и глубина локальных относительно глубоких «ловушек» для снега, вызванных конструктивно-технологическим формообразованием в местах сопряжения деталей или их деформации.

Таким образом, возможность расчетного определения ожидаемой фактически покрываемой снегом поверхности одежды (на примере женской куртки) позволила получить специальный коэффициент K , благодаря которому обеспечивается введение ряда новых проектных процедур на этапе проектирования

одежды: определение площади вероятного минимального плоского покрытия снегом .

Таким образом, проектное решение одежды, ориентированной к применению в районах криосферы с частыми метелями в течение холодного времени года (в соответствии с разработанным детализованным районированием территории криосферы), следует усовершенствовать путем применения следующих инженерных методических рекомендаций:

- на участках с повышенной вероятностью плоского снежного покрытия («Сн-Пл») преимущественно применение тканей верха с глубиной рельефа поверхности, минимум на 20% меньше диаметра снежинки, то есть 0,24мм;

- на участках с повышенной вероятностью глубоких объемных участков («ловушек» для снега»), обозначаемых в настоящей работе «Сн-Гл», применять конструктивные решения снегозащитных конструкций;

- для участков, характерных для обоих обозначенных типов поверхности «Сн-Пл» + «Сн-Гл», внутренние слои теплоизоляционной пакета материалов формировать с применением разработанной структуры гибридной терморегулирующей волокнистой оболочки с интегрированными ТАМ для формирования резервного тепла, ускоряющего размораживание поверхности одежды и снижение соответствующего снежного слоя на ней;

- толщину общей теплоизоляционной оболочки и ее локального распределения следует устанавливать с учетом выделенных участков поверхности, характерных для обоих обозначенных типов «Сг-Пл» и «Сг-Гл», используя при этом модели теплообмена системы «Женщина - теплозащитная одежда - холодная среда криосферы - снег» с учетом дополнительного снежного слоя с соответствующими структурными и теплофизическими параметрами и соответствующего внутреннего слоя гибридной оболочки на обоснованных участках .

4.2. Обоснование параметров и моделирование процессов теплообмена в системе «Женщина-теплозащитная одежда-холодная среда криосферы-снег»

В основе системы теплообмена «Женщина-теплозащитная одежда-холодная среда криосферы-снег» рассматривается биофизический объект – тело женщины, которое имеет как геометрические, так и теплофизические различия с телом мужчин, что важно учитывать в моделировании и исследовании тепловых процессов между человеком-одеждой и окружающей средой, отягощенной дополнительной снеговой нагрузкой (слоем снега на поверхности).

Теоретические методы проектирования теплозащитной одежды развиваются с применением математических моделей, которые опираются на условную модель тела человека.

Эффективность применения моделей условного человека подтверждена многими фундаментальными работами ученых, рассмотренными в главе 1. Форма моделей может быть представлена сочетанием геометрических фигур в соответствии с таблицей 16.

Таблица 16 – Формы модельного представления тела человека [20].

Модель	Столвик / Stolwijk	Жаворонков, Бринк, Гривина, Расторгуева, Ермакова	Матюшев Т.В.	Черунова И.В.
1	2	3	4	5
Голова	Шар	Шар	Цилиндр	Шар
Туловище	Цилиндр	Цилиндр	Цилиндр	Эллиптический цилиндр (набор эллиптических цилиндров)
Руки	Цилиндр	Цилиндр	Цилиндр	Цилиндр
Ноги	Цилиндр	Цилиндр	Цилиндр	Цилиндр
Кисти, стопы	Цилиндр	Цилиндр	Цилиндр	Цилиндр
Пальцы рук, ног	Цилиндр	Цилиндр	-	Цилиндр

При этом уделено внимание параметризации основного обмена тела женского организма, влияющего на процессы проектирования одежды, представленные в Приложении Д (таблица Д.1).

Математические модели для проектирования специальной теплозащитной одежды применялись рядом авторов: Ермакова И.И. [93], Гривина И.В. [94], Тунгусова Н.А. [95], Герасименко М.С. [96], Wissler E.H. [267], Havenith G., [268, 269] Holmér I., Parsons K. [268], Kuklane K., Fan J., Hodder S., Ouzzahra, Y. [269], Parsons K.C. и других, опираясь на тепловые параметры универсальных моделей тела человека или его сегментов (идентичных с точки зрения гендерных особенностей). Исходя из них рассматривались исходные данные для теплового потока на общей поверхности и в отдельных участках одежды. Расчеты моделей тела женщин для проектирования спальных мешков представлены в работе Колесник С.А. и др. [97], где рассчитаны параметры упрощенной геометрической модели женского тела, некоторые данные которой (преимущественно верхней части тела) могут быть применены в оценке теплового комфорта женщины в теплозащитной одежде. Такие участки тела человека, которые соприкасаются между собой, в моделях тела не формируют прямой тепловой поток и исключаются частично из площади, участвующей в теплообмене с коэффициентом от 0,71 до 0,95 от общей площади поверхности тела в зависимости от позы и движения человека [310]. Для обеспечения процессов расчета теплоизоляции одежды на основе теплового потока от поверхности тела женщины некоторыми авторами принят коэффициент 0,9, в соответствии с применением которого выявлены заметные расхождения для применения полной геометрии ранее предложенных моделей тела женщины.

Геометрическая модель женского тела может быть детализована в соответствии с рисунком 69 [92]).

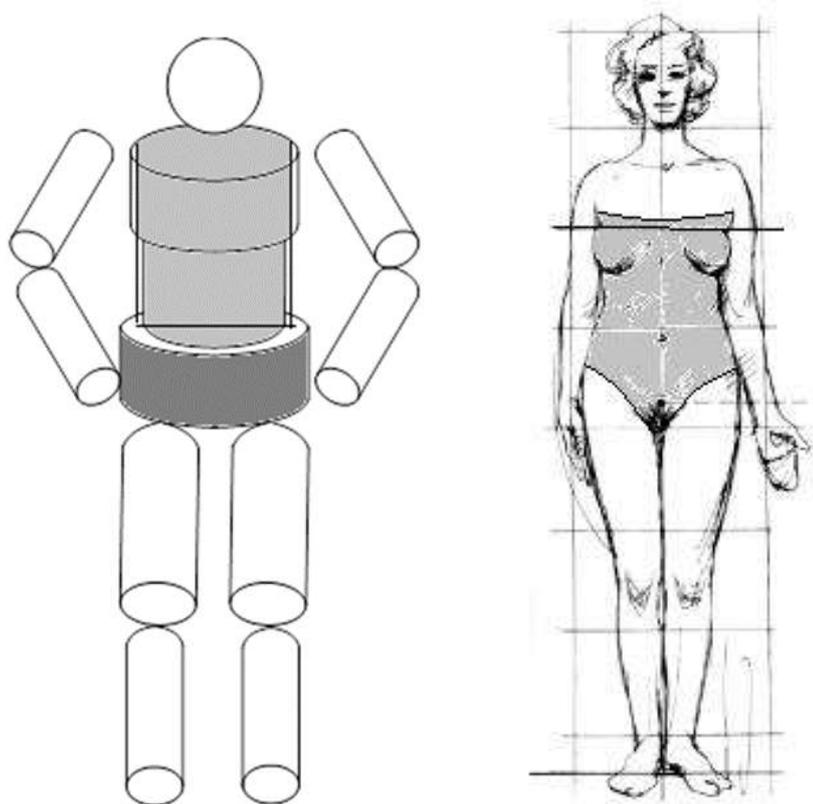


Рисунок 69 – Геометрическое представление модели женского тела [97]

Такое представление формы тела может быть актуально при проектировании одежды бытового назначения, где один из критериев – соответствие актуальным трендам в силуэтных формах и возможно плотное облегание изделия в области талии. При проектировании же одежды преимущественно специального назначения два верхних цилиндра, формирующих тело человека, могут быть объединены с использованием усредненной геометрии, ориентируясь на прямой или полуприлегающий силуэт с малой степенью прилегания по линии талии.

В этом случае требуется учет традиционных элементов модели человека (к примеру, с двумя цилиндрами для туловища). Следует также учитывать фигуры для нижних конечностей и головы [60], что позволяет повысить согласованность расчетных поверхностей с реальными, скорректированными с учетом тенденций роста и веса современных женщин.

В таблице 17 представлены геометрические параметры распределения внутренних слоёв условной модели тела женщины.

Таблица 17 – Геометрические характеристики туловища и его частей, как элементов системы в модели тела женщины

Элемент системы	Геометрическая фигура	Радиус, м
Ядро	Верхний эллиптический цилиндр	1r
Мышцы		5,55r
Жир		17,5r
Кожа		36,1r
Ядро	Нижний эллиптический цилиндр	1r
Мышцы		5,55r
Жир		17,5r
Кожа		36,1r

Решение теоретической задачи разработки математической модели представляет собой описание основных процессов распространения тепловых потоков с соблюдением устанавливаемых для поиска критериев [20, 231, 232]:

Общее количество тепла с поверхности одного из эллиптических цилиндров тела женщины можно описать выражениями [0-20, 231, 232]:

$$\left. \begin{aligned}
 q_{i1} &= \frac{2al_1 h_i (t_{i1} - t_{vn})}{\frac{1}{\alpha(r_{i1} + x_{i1})} + \frac{1}{\lambda \ln(\frac{x_{i1}}{r_{i1}} + 1)}} + \frac{2al_2 h_i (t_{i1} - t_{vn})}{\frac{1}{\alpha(r_{i2} + x_{i1})} + \frac{1}{\lambda \ln(\frac{x_{i1}}{r_{i2}} + 1)}}; \\
 q_{i2} &= \frac{2al_1 h_i (t_{i2} - t_{vn})}{\frac{1}{\alpha(r_{i1} + x_{i2})} + \frac{1}{\lambda \ln(\frac{x_{i2}}{r_{i1}} + 1)}} + \frac{2al_2 h_i (t_{i2} - t_{vn})}{\frac{1}{\alpha(r_{i2} + x_{i2})} + \frac{1}{\lambda \ln(\frac{x_{i2}}{r_{i2}} + 1)}}
 \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

где первое выражение в (8) представляет описание потока тепла спереди от передней поверхности туловища, а второе выражение – от поверхности туловища со стороны спины; a_1, a_2 - длины дуг, описывающих эллиптический сектор со стороны переда и условной спины; r_{i1}, r_{i2} - эквивалентные радиусы дуг, составляющих эллиптический

цилиндр туловища женщины, м; x_{i1}, x_{i2} – толщины пакетов теплоизоляционной оболочки, включая вариант разработанного гибридного слоя композиционных материалов с теплоаккумулирующими компонентами в одежде, м.

В нашем случае уравнение полного количества тепла с поверхности тела женщины будет иметь вид [91, 20]:

$$Q_{max} = \sum_{i=2}^4 (q_{i1} + q_{i2}) + \sum_{i=5}^7 \frac{\pi(t_i - t_B)}{\frac{1}{2\lambda_p} \left(\frac{1}{r_i} - \frac{1}{r_i + \delta_i} \right) + \frac{1}{\alpha(r_i + \delta_i)^2}}, \quad (9)$$

где Q_{max} – величина теплового потока с поверхности модели тела женщины, Вт.

При решении поставленной задачи использовался вариант нормировки и расчеты, упрощающие моделирование системы в целом [91, 20]:

$$\sum_{i=2}^7 (\delta_i^2 + 2r_i \delta_i) \frac{S_i}{2r_i} = V,$$

где V – объем теплоизолирующего слоя, м³.

Математическая модель учитывает геометрические параметры тела и топографию температуры кожи, поэтому распределение толщин по элементам модели будем считать пропорциональным площади данного элемента:

$$\sum_{i=2}^4 \sum_{j=1}^2 ((x_{ij}^2 + 2r_{i1} x_{ij}) \cdot a_{l1} h_i + (x_{ij}^2 + 2r_{i2} x_{ij}) \cdot a_{l2} h_i) + \sum_{i=5}^7 (x_i^2 + 2r_i x_i) \pi h = V \quad (10)$$

Здесь и далее x_{ij} , δ_{ij} обозначают искомые толщины слоёв утеплителя, применяемого в модели. При заданных температурах участков тела вышеописанные соотношения представляют математическую модель теплообмена системы «женщина - теплозащитная одежда - холодная среда криосферы - снег», в которой снег является составной частью комплексной оболочки одежды в соответствии с установленными площадями и приоритетными участками накопления снега на поверхности.

Для реализации математической модели и выполнения соответствующих расчетов на ней требуется разработка исходных данных, касающихся геометрических и теплофизических параметров модели тела женщины.

В таблице 18 представлены характеристики плотности усредненных по объему биологических слоев тела женщины для отдельных сегментов [234].

Таблица 18 – Средняя плотность сегментов тела женщины [234].

Сегменты	Объемная плотность, кг/м ³ .
1	2
Кисть	1170
Предплечье	1130
Плечо	1070
Стопа	1090
Голень	1090
Бедро	1050
Голова и шея	1110
Туловище	1030

С учетом послойного представления системы каждый сегмент условного тела разделен на соответствующие слои, имеющие собственные параметры в зависимости от наполнения теми или иными биологическими компонентами и материалами. Характеристики различных биоматериалов для слоев сегментов тела женщины представлены в таблице X.1 Приложения X [311].

Особенности формы и размеров женского тела были учтены путем расчета необходимых для моделирования процессов теплообмена площади поверхности тела женщины и соответствующих параметров цилиндров, составляющих ее туловище, исходя из данных современных антропометрических исследований европейской популяции женщин (Таблица Д.4. [270]) на основе усредненных размеров тела человека: рост – 1,67 см (для женщин 25-30 лет), вес 64,7 кг.

Исходя из этих параметров была определена площадь поверхности тела женщины для обозначенных возрастных групп исследования в соответствии с методикой [235, 236], которая составила с учетом европейской популяции 1,72 м.кв.

Исходя из данных [233] о параметрах относительной массы сегментов тела женщин, среди которых были исследованы типы фигур различных спортсменок, а также выявлены типовые фигуры без спортивной принадлежности и фигуры студенток, установлено, что средняя относительная масса комплексного сегмента «туловища + шея + голова» составляет 52,67 % от массы всего тела, из которых в среднем 7,0% составляет голова. То есть, непосредственно туловище женщины для представленных антропометрических и возрастных ограничений будет иметь массу 30,84 кг. При заданной средней плотности усредненного биоматериала туловища женщины (таблица 18) объем туловища условной модели современной женщины составит 0,0299 м.куб.

На основании ГОСТ 31396-2009 Классификация типовых фигур женщин по ростам, размерам и полнотным группам для проектирования одежды [238] были выделены для расчетов следующие параметры, характеризующие габаритные размеры тела участков тела женщины в соответствии с установленным типовым размером тела, наиболее характерным по росту для условной модели женщины:

- 10 – высота точки основания шеи сзади (146,0 см);
- 12 – высота подъягодичной складки (77,2 см);
- 7 – высота линии талии (107,0 см);
- 6 – высота сосковой точки (124,8 см) / контрольно;
- 16 – обхват груди третий (88,0см);
- 18 – обхват талии (66,3см);
- 19 – обхват бедер с учетом выступа живота (96,0 см);
- 20 – обхват бедер без учета выступа живота (94,9см).

Таким образом:

- Средняя длина туловища по вертикали составила 68,8см;
- Длина верхней части туловища до линии талии 39,0 см;
- Длина нижней части туловища от линии талии 29,8 см.

На основе усредненных данных двух параметров обхвата бедер и поправки расчетов на величину обхвата талии, существенно уменьшающего общий обхват

условных цилиндров в центральной части туловища, были рассчитаны для фигуры с параметрами 170-88-96 размеры цилиндров, образующих условную модель тела женского туловища, представленные в таблице 19. Нормировка выполнена по объему туловища с учетом сопряжения поверхностей цилиндров с другими сегментами модели (шея, руки, ноги).

Таблица 19 – Геометрические параметры сегментов туловища женского тела для математического моделирования

Цилиндр модели туловища	R, м.	Высота, м	Площадь поверхности
Верхний	0.120775	0.346812	0.308848
Нижний	0.131	0.265	0.271896

На основе проведенных расчетов и решения задачи оптимизации объема по сегментам туловища модели тела женщины получен расчетный объем туловища, который составил 0.0302 м.куб., что по отношению к биофизическому объему (0,0299 м.куб) имеет погрешность 1%, подтверждая доверительную точность произведенных исследований параметров модели.

Следующим блоком исходных данных, необходимых для моделирования процессов теплообмена между телом женщины через одежду с охлаждающей средой, являются данные о температуре поверхности ряда участков (сегментов) тела, которые представляют для женщин достаточно ограниченный информационный ресурс.

Исходя из данных об особенностях терморегуляции организма женщин, известно, что при общей близости тепловых параметров тела мужчины и женщины, поверхность плеч, конечностей, как минимум, имеет, явные различия. Учитывая, необходимость применения точных данных о температуре зонированной поверхности тела женщины, актуальных в настоящее время, были проведены специальные исследования путем снятия прямых данных о температуре, полученной на теле женщин в комфортных температурных условиях без одежды (в условиях комнатной нормальной температуры среды) и в теплозащитной одежде, обеспечивающей стабильный тепловой комфорт при охлаждении до -20 °С.

Параметры теплозащитной одежды были оптимизированы путем подбора теплоизоляционных оболочек до получения стабильно повторяющихся результатов тепловой характеристики тела женщин, при которых устанавливалось постоянное комфортное состояние, контролируемое по совокупности датчиков температуры, показаний оценки теплового состояния в течение 45 минут. Такое состояние являлось критерием для фиксации распределенной температурной характеристики поверхности тела женщин в состоянии комфорта в охлаждающей среде.

Для проведения исследования была использована система тепловой оценки и локализация фиксации точек контроля температуры в соответствии с МУК 4.3.1895-04 [238].

Для измерений использовались специальные медицинские датчики температуры, способ размещения которых на теле испытуемых по время экспериментов представлен на рисунке 70. Отбор испытуемых был выполнен в соответствии с обозначенной возрастной и весо-размерной группой женщин (12 человек).

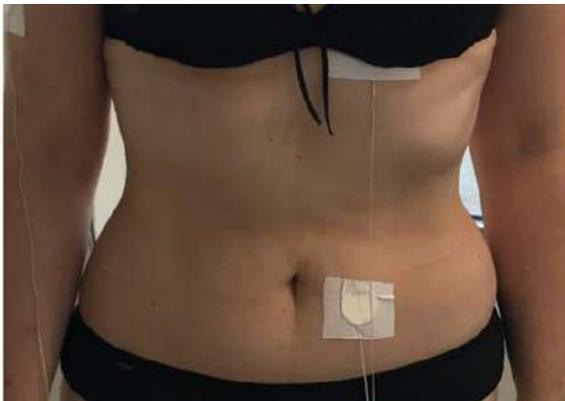


Рисунок 70 – Способ и средства измерения температуры поверхности тела

В таблице X.2 Приложения X представлены результаты экспериментальных исследований температуры женского тела в состоянии комфорта с оценкой «тепло/комфорт».

Для оценки тепловых свойств одежды, разработанной на основе новой гибридной оболочки (результаты гл.3), были использованы установленные для этих материалов теплофизические параметры, представленные в главе 3, а для

учета снежного покрытия на одежде были применены параметры теплофизических свойств снега [188].

Поскольку общее термическое сопротивление комплексной оболочки состоит из термических сопротивлений каждого внутреннего слоя, то для многослойной стенки гибридного полотна учитывается термическое сопротивление каждого слоя. Полное термическое сопротивление теплопередаче через многослойную стенку при этом равно [233]:

$$R = \frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}. \quad (11)$$

Моделирование и оценка процессов теплообмена в системе «женщина - теплозащитная одежда - среда криосферы - снег» выполнена на основе представленных теоретических положений и описанной модели с использованием специализированной компьютерной программы «Расчет оптимального распределения пакета утеплителя в одежде для защиты от холода» [239], позволяющей автоматизировать ряд расчетов по оптимизации толщины оболочки, обеспечивающей минимизацию тепловых потоков с поверхности условного тела человека, особенности геометрии и теплофизических свойств которого установлены и применены, исходя из расчетов для тела женщины.

Продолжительность нахождения в условиях холода и снега – 2 часа. Температура воздуха -15 °С, скорость ветра 2 м/с., в соответствии с которыми приняты значения теплофизических характеристик гибридного теплоизолирующего пакета материалов, установленные ранее.

Коэффициент теплоотдачи: с поверхности одежды без снежного покрытия 9,6 Вт/м²°С, с поверхности снежного слоя на одежде – 13,6.

Параметры свежеснежавшего снега: плотность 100 кг/м.куб, теплопроводность 0,1 Вт/ м°С.

В результате выполненного моделирования процессов теплопередачи для заданных условий эксплуатации, материалов, теплового состояния женщины и уровня покрытия одежды снегом, который меняет интенсивность теплоотдачи и теплопроводность совокупной оболочки, установлены параметры необходимой толщины теплозащитной оболочки одежды для: 1 - пакета материалов типового состава на основе типового утеплителя «термофайбер» и 2 – усовершенствованного пакета материалов для теплозащитной одежды с внутренним гибридным слоем композиционного состава на основе полотна термофайбер с интегрированными МОПМ с ТАМ из «Outlast»-текстиль, который позволяет сокращать снежную оболочку на одежде за счет работы скрытого тепла в общем объеме одежды.

На рисунке 71 представлены результаты моделирования и расчетов параметров теплозащитной оболочки женской теплозащитной одежды с учетом факторов криосферы (снежного покрытия одежды в холоде).

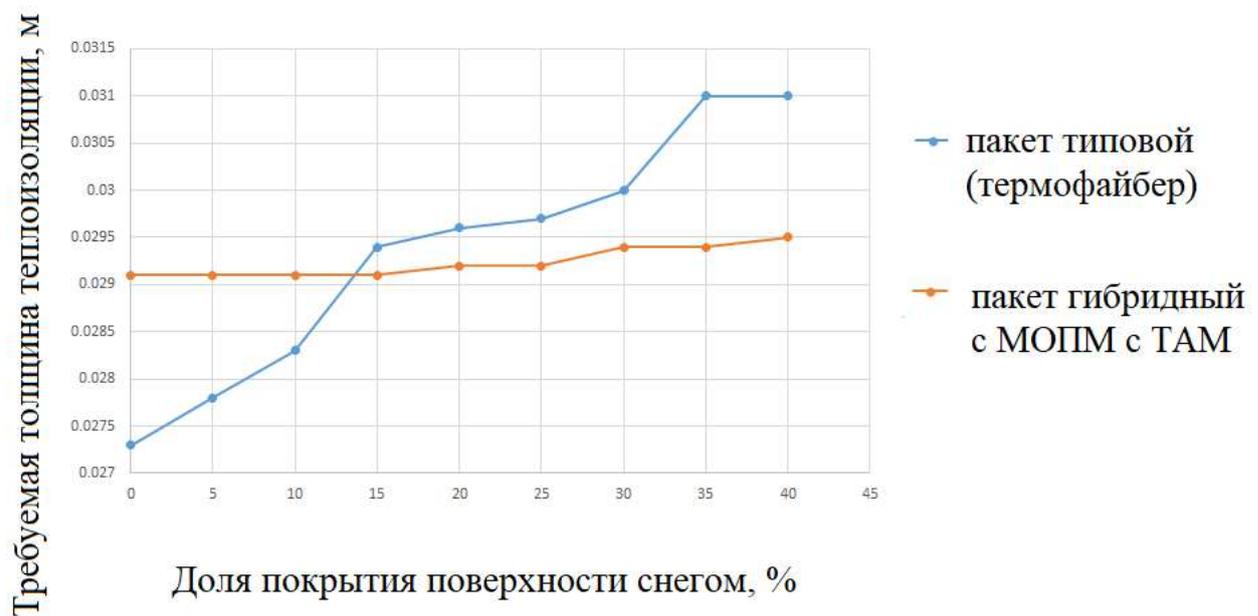


Рисунок 71 - Результаты моделирования и расчетов необходимой и достаточной толщины оболочки женской теплозащитной одежды с учетом факторов криосферы (снежного покрытия одежды в холоде)

Анализ результатов моделирования показал, что гибридная оболочка с включением ограниченной доли МОПМ с ТАМ на основе текстильного полотна «Outlast» с долей капсулированных материалов не более 20% (в соответствии с разработанной моделью на рисунке 64), позволяет получить композиционное полотно с теплопроводностью, отличающейся от исходного (свободного от теплоаккумулирующих компонент) утеплителя не более 5-5,2%, но при этом обладающее запасом скрытого тепла, активизирующегося в температурных условиях фазового перехода, которое приводит к повышению температуры на поверхности капсулированных участков на 10,2-10,8 %, создавая температурное препятствие для осаднения и сохранения частиц снега на одежде. Так как снег влияет на коэффициент теплопроводности и теплоотдачи с поверхности одежды для разных состояний заснеженности оболочки, это требует корректировки толщины одежды для обеспечения необходимой тепловой изоляции в холодных снежных условиях криосферы.

Установлено (рисунок 71, для условий -10°C), что в случае применения в изделии на основе стандартного утеплителя «термофайбер» без представленных в работе предложений и разработанных функциональных гибридных оболочек с учетом прогнозируемой динамики площади покрытия одежды снегом до 35% и динамически соответствующей толщины снега на поверхности одежды до 3мм, толщина теплоизоляционного слоя одежды для поддержания достаточного теплового сопротивления оболочки должна быть увеличена на 11,9% относительно расчетной толщины для теплоизоляции в бесснежную погоду. При условии же применения функциональной гибридной оболочки с долей теплоаккумулирующих компонент на текстильной основе 20% толщина теплоизоляционной оболочки, способная обеспечить достаточное тепловое сопротивление оболочки, должна быть увеличена на 5,8% относительно расчетной величины для сухой бесснежной погоды, обеспечивая при этом для всего прогнозируемого периода покрытия снегом одежды стабильную тепловую защиту женщины, что позволяет прогнозировать снижение общей площади деталей

одежды и, соответственно, их совокупный вес, а значит – повышение показателей эргономичности изделий в целом.

Для управления эргономичностью изделия можно на этапе проектирования регулировать пакет материалов с применением тканей верха сниженной поверхностной плотности при одновременном учете прочности поверхности и ниточных соединений для таких материалов. Однако, для наиболее суровых условий криосферы с очень низкими температурами и метелями применить материалы со сниженной поверхностной плотностью не всегда возможно, поэтому вопросы эргономической оценки, мониторинга безопасности и динамической активности женщины в такой непростой одежде в сложных климатических условиях труда требуют поиска актуальных и реализуемых в одежде решений в целях повышения качества жизни женщины в условиях холода.

Выводы по четвертой главе

1. В рамках исследования компонентов системы теплообмена «Женщина – теплозащитная одежда - холодная среда криосферы - снег» проведены экспериментальные исследования снежного покрытия теплозащитной одежды в реальных климатических условиях снегопада. Установлена функциональная зависимость площади покрытия одежды снежным слоем от времени в заданном сочетании свойств ткани верха и метеорологических условий климата. Предложенная методика позволяет прогнозировать покрытие снегом одежды в заданных условиях при допуске о минимальной толщине снежного слоя в 0,03 см.

2. Чтобы установить, какую долю поверхности одежды занимает покрывающий снегом слой, были изучены модели современных женских курток с точки зрения появления на их поверхности «ловушек» для снега. Разработаны эргономические схемы движений, характерных для определенных в исследовании видов профессиональной деятельности женщин на холоде, и с использованием выборки современных изделий утепленных курток в динамических позах человека

экспериментально установлен специальный коэффициент, определяющий усредненную долю поверхности женских курток, обладающей свойствами поверхности не тканей, а снега ($K=0,341$ на примере размера куртки 170-88-96). На основе проведенных исследований установлены рекомендации для участков с повышенной вероятностью плоского снежного покрова - к применению тканей верха с глубиной рельефа поверхности не менее 0,24мм (установлено в соотношении с геометрическими параметрами частиц снега).

3. Обоснованы и описаны основные положения математической модели теплообмена в системе «Женщина-теплозащитная одежда-холодная среда криосферы-снег», учитывающие специально установленные отличительные признаки геометрических и тепловых параметров модели тела женщины в холоде.

4. Для получения необходимых данных о температуре поверхности ряда участков (сегментов) тела, которые отсутствуют в необходимом объеме и содержании в открытых информационных ресурсах, были проведены специальные исследования в климатической камере в соответствии с МУК 4.3.1895-04, сформировав тем самым необходимое информационное обеспечение математического моделирования тепловых процессов для проектирования женской одежды.

5. На основе проведенных расчетов на математической модели теплообмена установлено, что гибридная оболочка с включением ограниченной доли МОПМ с ТАМ на основе текстильного полотна «Outlast» с долей капсулированных материалов не более 20%, позволяет получить композиционное полотно с теплопроводностью, не превышающей параметры теплопроводности свободного от теплоаккумулирующих компонент утеплителя более, чем на 5-5,2%, но при этом обладающее запасом скрытого тепла, обеспечивающего дополнительную защиту от снега на одежде. Это положительно влияет на коэффициент теплоотдачи с поверхности одежды для разных состояний заснеженности оболочки и позволяет не увеличивать толщину одежды и ее вес для обеспечения необходимой тепловой изоляции в условиях криосферы.

5. АЛГОРИТМИЗАЦИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ АПРОБАЦИЯ И ОЦЕНКА ПРОЦЕССОВ И ОБЪЕКТОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЖЕНСКОЙ ТЕПЛОЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ ДЛЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ КРИОСФЕРЫ

5.1 Алгоритмизация процесса проектирования пакетов и параметров теплозащитной оболочки женской одежды для применения в САПР

Исследования, проведенные в главах 1, 2, 3, 4, позволили сформировать опорное информационное обеспечение для создания и развития алгоритмов, позволяющих формализовать ряд проектных процедур и поиска решений в создании рациональных пакетов материалов женской теплозащитной одежды.

Алгоритм представляет описание процесса проектирования, последовательность по его выполнению. Разработка алгоритма проектирования является сложным и многоступенчатым процессом. Алгоритмизация – это технология разработки алгоритма проектирования для решения в условиях компьютерной техники [240].

Общий концептуальный алгоритм процесса проектирования в САПР пакетов и параметров теплозащитной оболочки женской одежды для условий криосферы представлен на рисунке 72.

Для реализации блока №1 представленной схемы в настоящей работе разработан соответствующий алгоритм, отражающий учет схем уточненных параметров и зон районирования территории криосферы в северной части РФ для проектирования одежды, представленный на рисунке 5.

Для реализации блока 2 представленной на рисунке 72 схемы разработан и приведен на рисунке 44 алгоритм выбора материалов верха для пакетов теплозащитной одежды.

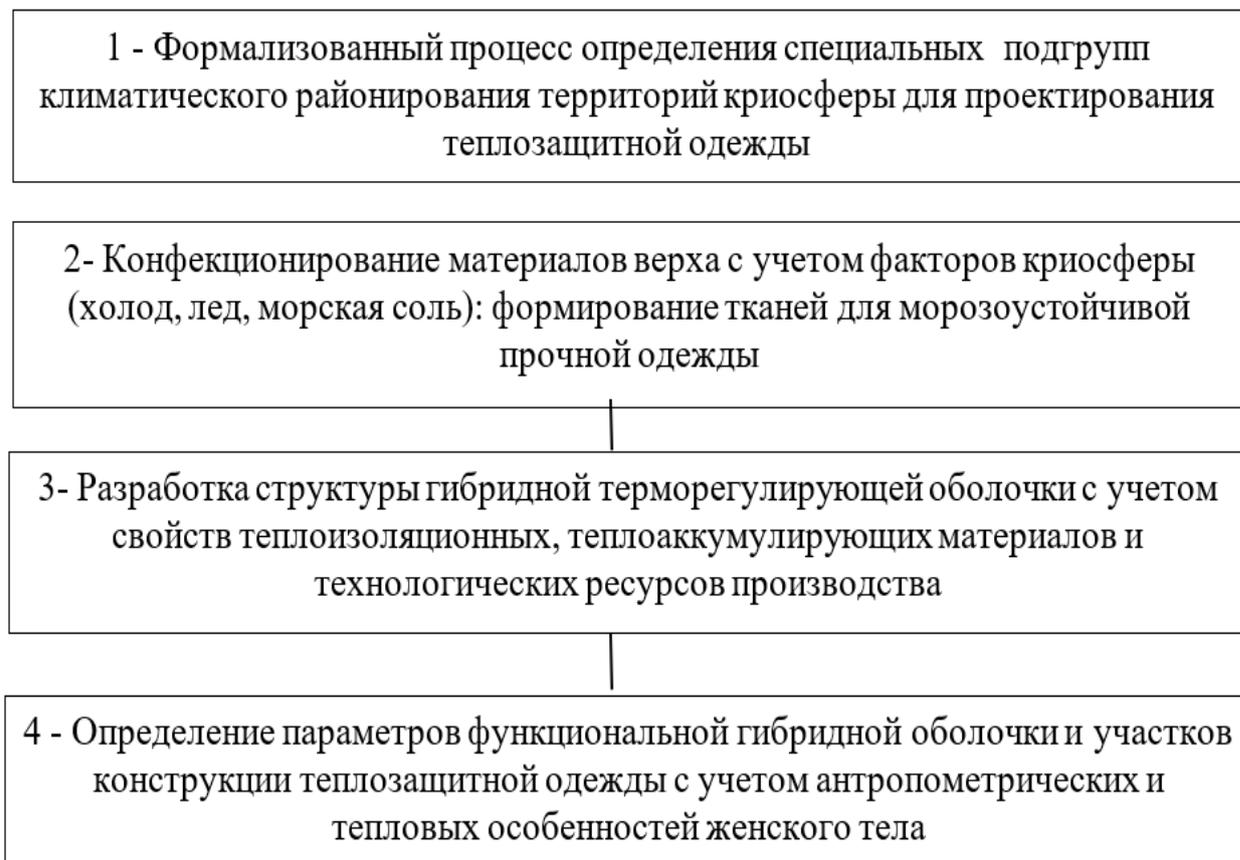


Рисунок 72 - Концептуальный алгоритм процесса проектирования в САПР пакетов и параметров теплозащитной оболочки женской одежды для условий криосферы

Для реализации блока №3 разработаны соответствующие алгоритмы. Это фрагмент «А» алгоритма формирования матриц волокнистых материалов – «Схема связей волокнистой основы и групп материалов теплозащитного пакета одежды с теплоаккумулирующими материалами» (рисунок 19). Схема формирования приоритетных волокнистых материалов с теплоаккумулирующими свойствами, образующих теплозащитные текстильные оболочки одежды (Фрагмент «В» алгоритма формирования матриц волокнистых материалов) (рисунок 24).

Структурные модели комбинированных волокнистых материалов с новыми теплоаккумулирующими компонентами разработаны на основе следующего типа системы $M = \{K_1, K_2 \dots K_n\}$, где K_i – кодированные признаки системы : K_1 - компоненты и их количество, классифицированные по функциональной роли в комплексном материале (базовая теплоизоляция, теплоаккумуляция) где

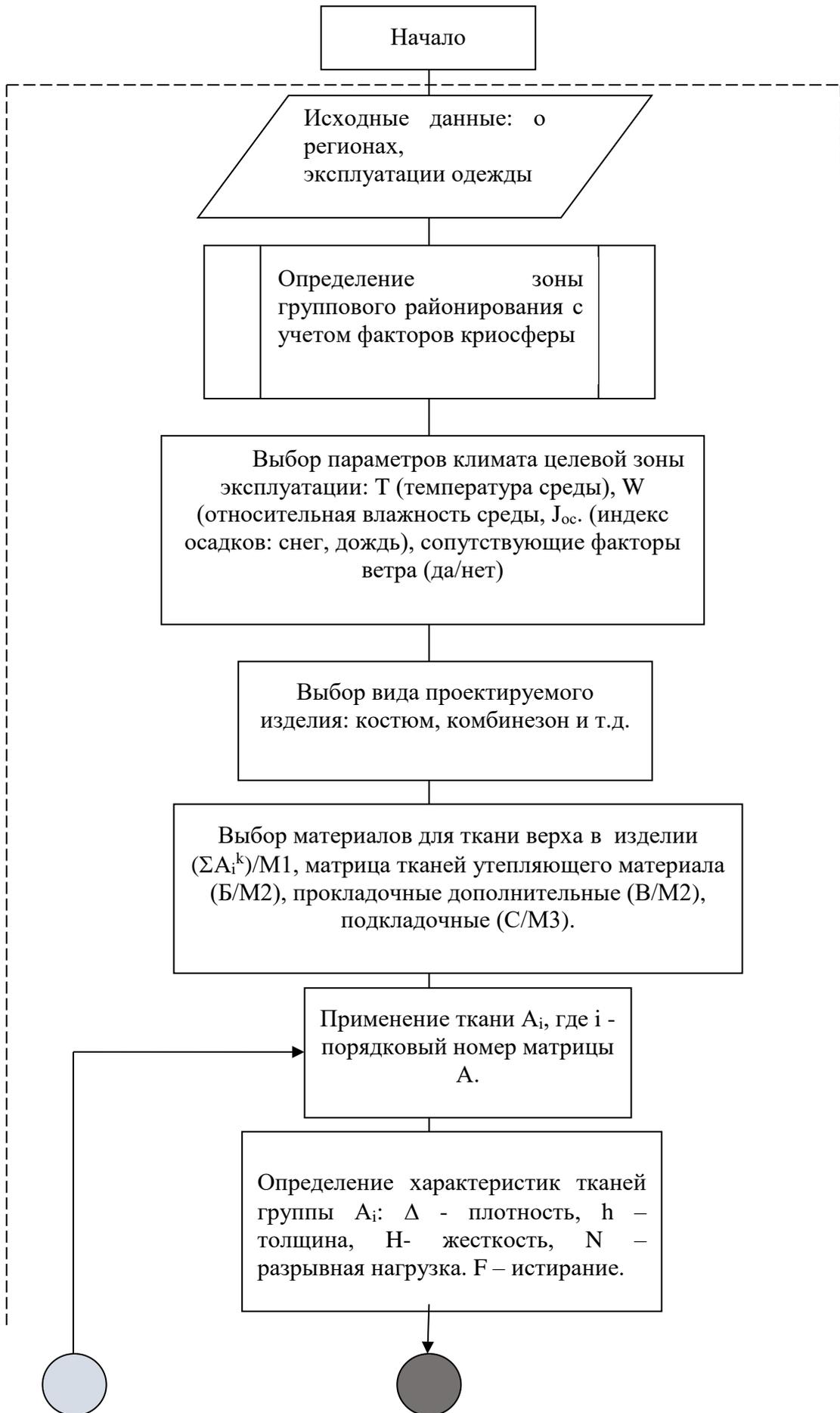
количество компонентов в поликомпонентной структуре определено критерием – 2; К.2 – тип ориентации волокон; К.3 - вид (активное вещество) теплоаккумулирующего материала, включенного в комплексную структуру с учетом критерия по температуре фазового перехода – установлен интервал +23...37 °С; К.4 - способ скрепления компонент в волокнистой структуре комплексного материала; К.5 - метод интегрирования теплоаккумулирующих компонент в общей структуре гибридной оболочки; К.6 - геометрическая форма компонент в структуре комплексного материала; К.7 - размеры элементов структуры поликомпонентного материала; К.8 – технические ограничения для условий эксплуатации (Приложение К).

Для обеспечения реализации алгоритма в процессах проектирования женской теплозащитной одежды были проведены исследования и разработаны соответствующие модели и описания свойств [241].

Реализация блока №4 основана на включении в алгоритм разработанных моделей (зависимостей, параметров) тепловой системы «Женщина-теплозащитная одежда-холодная среда криосферы-снег».

Полученные модели включены в функциональное обеспечение алгоритма формирования структуры гибридных оболочек для ожидаемых условий эксплуатации и соответствующих этапов автоматизированного проектирования пакетов материалов и параметров многослойной функциональной оболочки женской теплозащитной одежды.

На основе концептуального алгоритма, представленного на рисунке 72, разработан комплексный алгоритм автоматизации проектных процедур создания теплозащитной одежды, устойчивой к эксплуатационным факторам криосферы, представленный на рисунке 73.



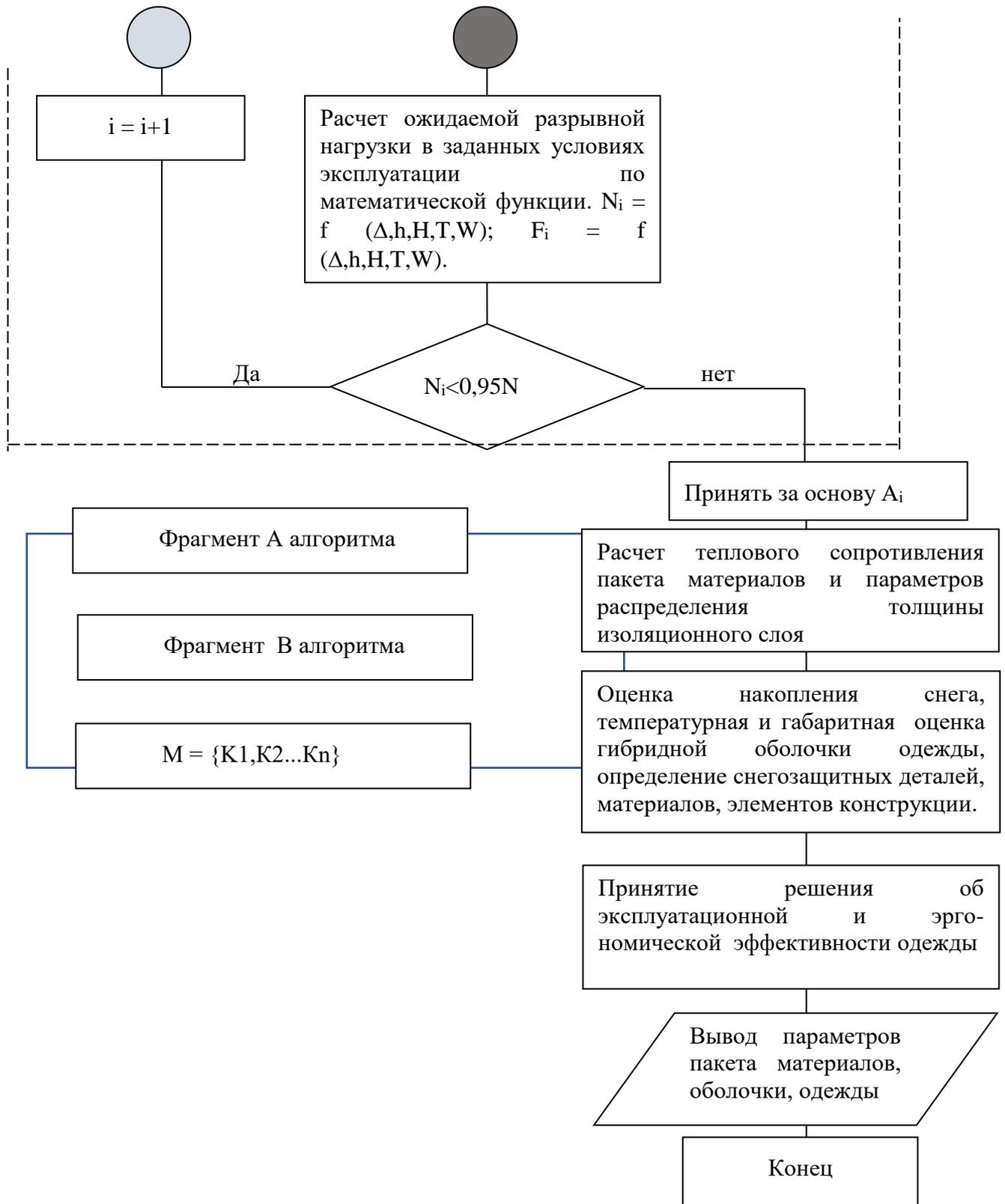


Рисунок 73 - Комплексный алгоритм автоматизации проектных процедур создания теплозащитной одежды, устойчивой к комплексным эксплуатационным факторам криосферы

Согласно разработанному алгоритму (рисунок 73), обосновано развитие функциональных возможностей и совершенствование проектных решений женской теплозащитной одежды, создаваемой в условиях САПР.

Данный этап маршрута проектирования включает два ключевых модуля:

- модуль 1 – определение эффективного материала верха для утепляющего пакета в одежде с устойчивой защитой от циклического промерзания;
- модуль 2 – определение состава и структуры гибридной теплоизоляционной оболочки и проектная оценка теплозащитной функции одежды.

Вместе Модуль 1 + Модуль 2 представляют собой специальный Блок для расширения функций САПР одежды [242], который позволяет выполнять в оперативном режиме многопараметрические расчеты и принимать решения о составе материалов для защитной одежды на основе итерационных циклов учета информации о свойствах материалов и среды эксплуатации одежды. В основе разработанного Блока (модулей) заложены математические модели (функции) зависимости параметров гибридных волокнистых материалов от параметров структуры (в том числе доли инкапсулированного компонента с учетом циклической эксплуатационной нагрузки и разных температурных условий, а также модели теплообмена человека с холодной средой в таких оболочках в условиях снега.

Представленный алгоритм отражает разработанную методику усовершенствованного процесса проектирования женской теплозащитной одежды для климатических условий криосферы с расширенным функционалом:

- теплозащиты;
- терморегуляции;
- снегозащиты;
- эргономичности;
- износостойкости на морозе;
- оперативной технологической адаптируемости к процессам швейного производства.

5.2. Обоснование и разработка женского теплозащитного костюма для климатических условий криосферы

В качестве объекта проектирования с применением разработанных методик, алгоритмов и рекомендаций определен костюм женский для защиты от пониженных температур для применения в условиях холодной и снеговой нагрузки (характерные условия для территорий криосферы).

С целью разработки снегозащитного эффекта и эффективных для этого элементов конструкции женской теплозащитной одежды были проведены исследования современных образцов ведущих производителей в России и за рубежом. Выборку составили [242-246] образцы современной женской теплозащитной одежды.

Все модели анализировались по конструктивным элементам, среди которых определены преобладающие по частоте встречаемости. Сводная таблица систематизации снегозащитных элементов женской теплозащитной одежды позволила выявить часто использующиеся элементы конструкции, представленные на рисунке 74.

Теплозащитная одежда с функцией защиты человека от снега должна обладать такими конструктивными элементами как внутренние центральные планки, трикотажные манжеты, капюшоны с регулируемым объемом, снегозащитные «юбки».

Анализ данных, представленных на рисунке 74, показал, что такие модели как 15,21,30, включают в себя наибольший состав снегозащитных элементов, которые были учтены при дальнейшей разработке швейного изделия.

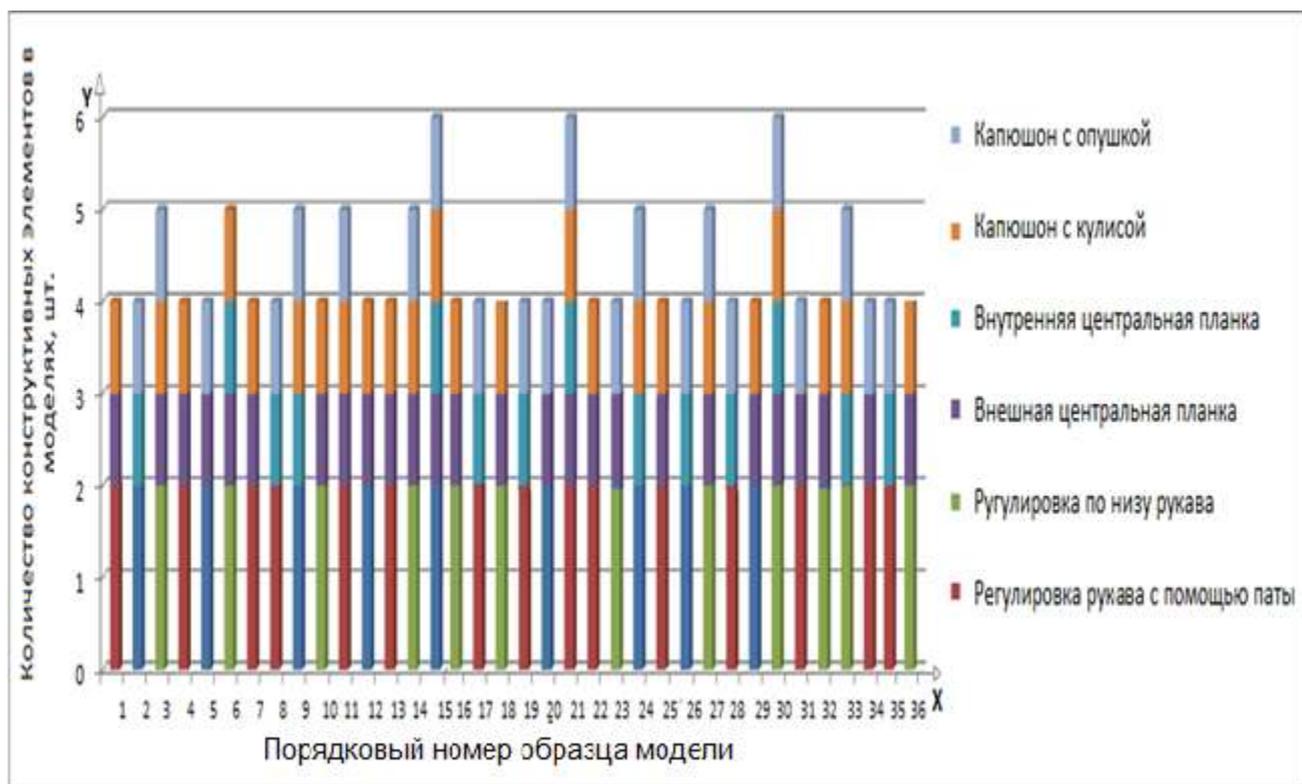


Рисунок 74 – Систематизация снегозащитных элементов в моделях теплозащитной одежды

На рисунке 75 представлена разработанная и изготовленная в условиях серийного производства модель женского теплозащитного костюма.

Костюм теплозащитный женский (для защиты от пониженных температур) для эксплуатационных условий криосферы.

Температурные условия эксплуатации (разработано для условий -10°C).

Костюм для женщин младшей и средней возрастной группы. Состоит из куртки и брюк. Силуэт прямой. Объем умеренный.

Куртка – удлиненная. Покроя рукава – втачной. Конструкция рукава – одношовный с гладким низом и внутренней снегозащитной конструкцией «напульсник» по низу.

Перёд с вертикальными рельефами и внутренними боковыми карманами в них по типу конструкции «в листочку» с обратным входом - (снегозащитным) направлением «листочки».

Спинка без центрального шва.

Центральная планка верхняя – по модели и дополнительная снегозащитная внутренняя планка.

Воротник- стойка (утепленный). Капюшон с увеличенным объемом и размером центрального клапана, со снегозащитной корректировкой объема в лицевой части.

Брюки утепленные с внутренними снегозащитными «муфтами» по низу.

Снегозащитные конструкции и детали использованы для защиты человека от факторов криосферы.

На поверхности изделия – световозвращающие ленты в соответствии с требованиями безопасности по уровню видимости человека на открытых площадках зимой.

Ткань верха – по результатам исследования прочностных характеристик поверхности теплозащитной одежды с учетом условий криосферы определена ткань «Премьер-комфорт-250», красного цвета.

Основные утепляющие материалы – термофайбер, холлофайбер.

Для обеспечения снегозащитной и терморегулирующей функции одежды разработана схема распределения внутренних деталей гибридной оболочки с ТАМ, обеспечивающей накопление тепла и повышение температуры одежды со снижением площади снежного покрытия (рисунок 75-в).

Гибридная оболочка на основе волокнистого полотна «термофайбер» с интегрированными текстильными ММП на базе «Outlast®-Thermocules™» (Тип структуры «М- Combo»), доля капсулированной текстильной компоненты 20%.

Материал подкладки Dewspo, 100% ПЭ, поверхностная плотность 125 г/м².

Швейные нитки – по типу новой разработанной комплексной нити, модифицированной фторопластовым тонким волокном (Ф-4), созданным в результате исследований главы 2.

Изделие на притачной подкладке.

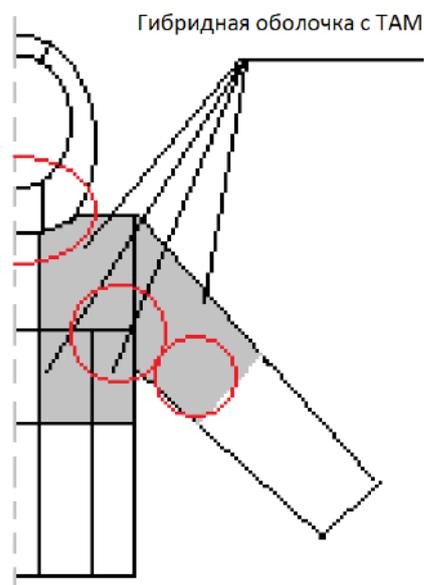
Рекомендуемый размеро-рост: 170-88-96.



(a)



(б)



(в)

Рисунок 75 – Внешний вид объекта проектирования (костюм теплозащитный женский):
 а) вид спереди; б) вид с боку; в) схема распределения внутренних деталей гибридной оболочки
 с ТАМ для обеспечения терморегулирующего и снегозащитного теплового эффекта

Разработанные в диссертации алгоритмы проектных процедур интегрированы в маршрут автоматизированного проектирования одежды на базе двух опорных САПР одежды: САПР «Julivi» [191] и «Novo-cut» [192].

Пример чертежей деталей конструкции проектируемой модели, разработанных в условиях САПР «Julivi» с учетом установленных материалов верха и внутренних слоев, описанных выше, представлены в Приложении Ц.

Параметры ниточных соединений представлены в соответствии с таблицей 20.

Таблица 20 – Параметры ниточных соединений с применением нитки новой упрочняющей структуры

Вид материала	Строчка	Число стежков в 10 мм строчки	Тип швейных ниток			Номер иглы (ГОСТ 22249-82)
			армированных	лавсановых	капроновых	
Ткань верха «Премьер-комфорт-250»,	Стачивающая однолинейная строчка с двухниточным челночным переплетением	4-5	Текстурированная нитка, модифицированная тонким волокном Ф-4.			70-90
Утепляющие материалы, гибридное полотно	Отделочная однолинейная строчка с двухниточным челночным переплетением	2-3	армированных - 45	лавсановых - 37,5-62	капроновых - 50	70-90
Подкладочная ткань	Стачивающая однолинейная строчка с двухниточным челночным переплетением	4-5	45	37,5-60	-	75-100

Представленные данные о содержании разработанной модели женского теплозащитного костюма включают комплекс результатов исследований, полученных в главах 1-5, в том числе:

- факторы криосферы определены с учетом специфики районирования зоны применения объекта проектирования;
- комплект материалов верха определен с учетом факторов криосферы (температура, снег, кристаллический лед);
- ниточные соединения швов костюма обеспечены разработанной комплексной нитью повышенной прочности в условиях промерзания;
- состав и структура теплоизоляционной оболочки одежды определены на основе разработанного метода «М-Combo» для гибридных оболочек с терморегулирующими свойствами;
- толщина и масса изделия определены на основе результатов моделирования тепловых процессов в системе теплообмена человека со средой криосферы с адаптацией алгоритмов проектирования в среде САПР.

С целью оценки теплового соответствия инженерного решения женского теплозащитного костюма была проведена его тепловизионная оценка в реальных условиях климатического охлаждения при соответствующем уровне холода, для которого спроектировано изделий (-10°C), что представлено на рисунке 76.

Анализ полученных тепловизионных данных показал, что поверхность одежды имеет параметры, которые обеспечили распределение тепла в одежде как для терморегулирующего, так и для снегозащитного теплового эффекта.

Проявление локального «прогревания» одежды соответствует зонам, в которых запланирован был такой тепловой эффект (рисунок 75-в), что подтвердило соответствие комплексного теплового эффекта одежды критериям теплозащитных и снегозащитных свойств изделия для климатических условий криосферы.

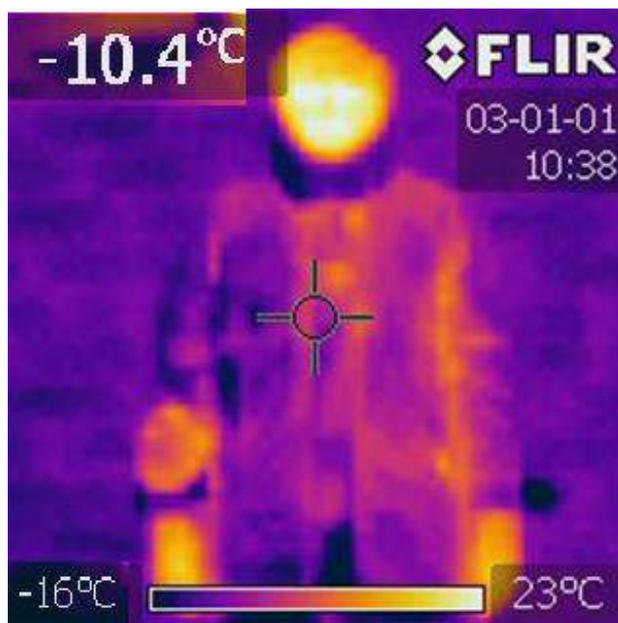


Рисунок 76 – Тепловизионный анализ теплового состояния системы «женщина-теплозащитная одежда» в натуральных условиях холода

Полученные результаты теплового теста подтверждают отсутствие избыточного оттока тепла из-под одежды во внешнюю среду, исходя из общей температуры поверхности изделия, что позволяет принять положительный результат оценки функции теплоизоляции, термо- и снегорегуляции разработанной модели и образца женской теплозащитной одежды.

5.3. Разработка способа эргономического мониторинга и оценка женского теплозащитного костюма с встроенной функцией управления безопасным режимом физической работы в холоде

Одной из ключевых задач проектирования теплозащитной женской одежды определена задача обеспечения эффективной эргономичности изделия.

Создание конструкции, обеспечивающей удобство в статике и динамике, а также разработка пакета материалов и комплексной оболочки одежды, обеспечивающей снижение снеговой нагрузки на женщину во время пребывания и труда в условиях криосферы - все эти характеристики в целом могут быть оценены

показателями комплексного признака «работоспособность» в динамических условиях холода.

Под действием холода работоспособность и скорость реакции человека снижается, рассеивается внимание и, как следствие, повышается уровень травматизма на предприятии и процент бракованной продукции.

Динамика работоспособности человека имеет несколько стадий:

1. Стадия вработывания (нарастающей работоспособности) – усиливаются обменные процессы, увеличивается продуктивность труда, скорость восприятия уменьшается и др.;

2. Стадия устойчивой работоспособности – проявляется в наиболее высокой и стабильной продуктивности и надежности труда, адекватности функциональных реакций величине рабочей нагрузки, устойчивости психических процессов и т.д.;

3. Стадия снижения работоспособности (развивающегося утомления) – вначале характеризуется возникновением чувства усталости при продолжении работы нарушаются профессиональные параметры деятельности – производительность труда снижается, появляются ошибочные действия, падает мотивация к труду, ухудшается общее самочувствие, настроение;

4. Стадия восстановления работоспособности характеризуется развитием восстановительных процессов в организме, снижением психического напряжения и накоплением функциональных резервов [248, 249].

Скорость двигательной реакции имеет высокую надежность при повторе одного и того же тестирования с использованием одного и того же эксперимента с течением времени. Все это, вместе с относительной простотой регистрации реакции, сделало движение, двигательную реакцию одним из наиболее широко используемых объектов экспериментальных исследований в психологии работоспособности.

Для оценки фактического состояния человека в той или иной стадии работоспособности предложен новый способ мониторинга эргономичности теплозащитной одежды и управления безопасностью человека, основанный на

регистрации двигательной активности человека тремя встроенными в специальную теплозащитную одежду устройствами, состоящими из датчиков двигательной активности. Регистрация информации о двигательной активности сохраняется на карту памяти, встроенную в прибор, а также производится непрерывным потоком на любое устройство приема информации (компьютер, планшет, ноутбук) при помощи встроенного в корпусе радиомодуля. Данные устройства применяются для получения комплексной функции фазового состояния работоспособности человека в одежде, подверженного воздействию холода и давлению массы многослойной теплозащитной, включая покрытие снегом, во время физической работы (рисунок 77).

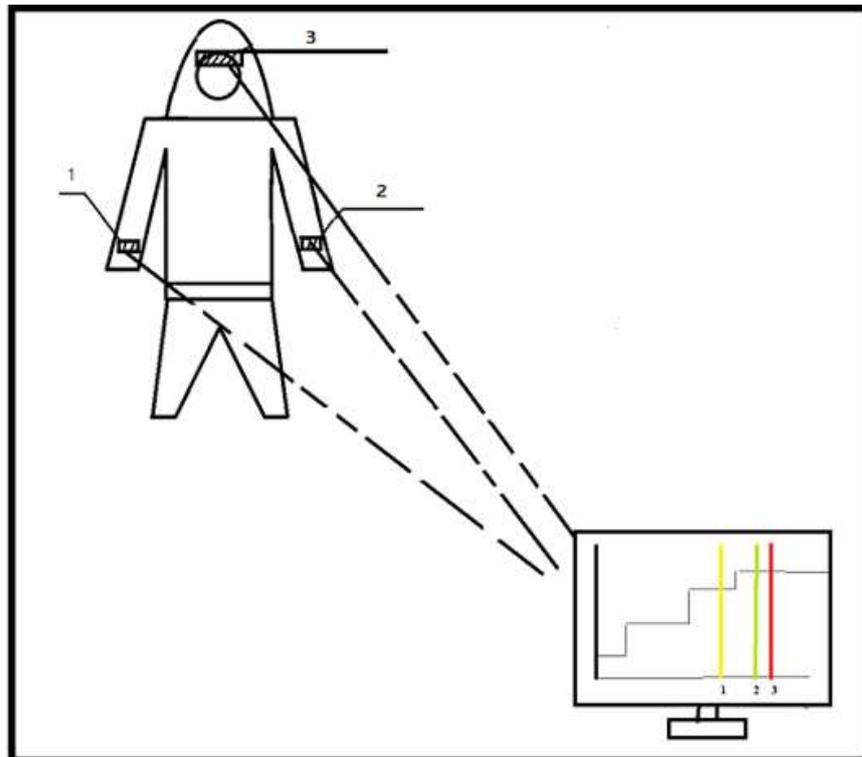


Рисунок 77 – Схематичное изображение концепции устройства контроля и управления работоспособностью человека в теплозащитной одежде (1,2,3 – места расположения датчиков движения в деталях специального костюма)

Для реализации данной концепции были проведены исследования в области теории и методов оценки и управления работоспособностью человека, способов

анализа усталости человека в холоде, средств мониторинга движения человека, проведен патентный поиск.

В результате разработано конструктивное решение одежды для защиты от воздействия пониженных температур с дополнительными функциями для отслеживания и управления физической активностью человека. Теплозащитный костюм с функцией управления безопасным режимом физической работы характеризуется тем, что введена система мониторинга и управления режимом работоспособности человека в холодных условиях с учетом физиологически обоснованной асимметрии данных о динамической активности левой и правой рук в сочетании с траекторией контрольного пункта движения головы, которая состоит из трех устройств контроля движения положения точек в трехмерном пространстве, встроенных в детали костюма (на внутреннюю часть деталей по низу рукавов – отложные обтачки, а также в капюшон -затылочная часть центральной детали), и связанного с элементами мониторинга ответного режима устройства, за счет чего осуществляется передача предупреждающего вибрационного сигнала человеку о его переходе в фазу пониженной работоспособности и внимания. При этом три устройства фиксации и анализа движений состоят из корпуса с размещенными внутри выключателем, датчиком двигательной активности, картой памяти, источником питания. Техническим результатом такого решения является теплозащитный костюм с функцией управления безопасным режимом физической работы человека в холодных условиях путем передачи цифровых сигналов через систему удаленного обмена данными на точку приема и обработки информации для принятия организационных решений в сфере охраны труда и промышленной безопасности (путем введения для человека внеочередного периода для кратковременного отдыха и обогрева, то есть восстановления сил и нормализации индекса усталости). Второй результат - отклик системы раздражающе-вибрационного воздействия на человека в качестве обратной связи на результаты анализа фиксации режима его движений, которая позволит

существенно снизить уровень травматизма женщины на предприятии за счет учета и коррекции ее работоспособности (обратная связь системы).

Устройства для регистрации двигательной активности состоят из прямоугольного корпуса размером, в который встроены: выключатель 4, гальванический источник питания 5, интегральный акселерометр с числом осей не менее трех - 6, микроконтроллер 7, устройство для записи информации на карту памяти 8, карта памяти 9. Корпус устройства, встроенный в костюм на внутреннюю часть рукава на 5 см выше манжеты (или напульсника) в располагающийся специальный карман с застежкой на ленту «велькро» или металлическую кнопку и в специальный карман с застежкой на ленту «велькро» или на металлическую кнопку, расположенный в капюшоне костюма. Датчик двигательной активности представляет собой интегральный акселерометр с числом осей не менее трех, источник питания размещен внутри корпуса, регистрация информации о двигательной активности производится непрерывным потоком на карту памяти для сохранения данных, с последующей передачей трех массивов данных в четвертое в системе устройство приема и обработки информации – вторичный преобразователь цифровой в отдельном корпусе в форме параллелепипеда, в котором данные попадают во встроенный коммутатор, затем данные идут в процессорный модуль, где и преобразовываются в цифровые сигналы, откуда цифровая информация, обработанная по специальному алгоритму, через плату связи и кольцевой адаптер передаются на (7) устройство системы - вибрационный индикатор, размещенный специальным образом в детали манжеты рукава (или комбинированный напульсник). Принцип передачи данных в соответствии с данным описанием представлен на рисунке 78. Отличительными особенностями данной системы мониторинга и управления режимом работоспособности человека в холодных условиях являются учет физиологически обоснованной асимметрии данных о динамической активности левой и правой рук в сочетании с траекторией контрольного пункта движения головы, чего ранее не рассматривалось в системах биофизического мониторинга человека.

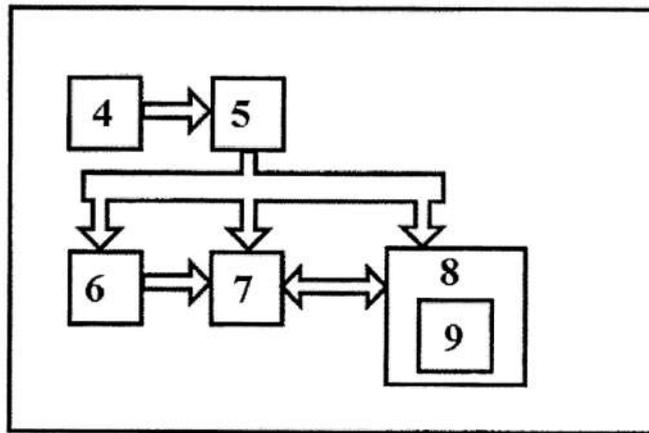


Рисунок 78 – Порядок обмена данными в теплозащитном костюме с функцией управления безопасным режимом физической работы человека в холоде

Это является важным параметром для повышения качества оценки совокупности сигналов о его двигательной активности, а также наличие связанного с элементами мониторинга ответного режима и устройства для него, за счет чего передача предупреждающего вибрационного сигнала человеку о его переходе в фазу пониженной работоспособности и внимания (как состояние «риск травматизма») позволит сократить травматизм на предприятии.

На основании описанного принципа реализации специального теплозащитного костюма получен Патент на полезную модель RU 190542 [199, 250], который представлен в Приложении Ч.

С целью оценки предложенной системы мониторинга работоспособности человека в специальной одежде в холодных условиях, приближенных к реальным, а также чтобы оценить уровень эргономической эффективности теплозащитного швейного изделия и эффект комплексного влияния одежды на работоспособность женщины, были проведены натурные экспериментальные исследования.

До начала испытаний производится учет контрольных данных физического состояния человека (женщины): артериальное давление и частота сердечных сокращений, а также измеряется температура и влажность воздуха окружающей среды.

Женщина, одетая в теплозащитную одежду с встроенной системой приборов учета двигательной активности человека (разработанный многофункциональный теплозащитный специальный костюм), выполняет по установленной схеме порядок физических движения с высоким уровнем монотонности в соответствии с выбранным для контроля видом профессиональных работ и движений для них в течение 30 минут, что влечет накопление физической и психологической усталости от такого рода труда на холоде (-10°C).

Предварительно были проведены тестовые наблюдения, позволяющие установить, что первичные изменения активности человека наблюдаются в интервале не менее 5 мин. В связи с этим, каждые 5 мин проводился контроль данных испытуемого: артериальное давление и частота сердечных сокращений. Эксперимент проводится сначала в тепле и с комфортной температурой в комнате (в одежде, комфортной для отапливаемого закрытого помещения), а потом на холоде (в спроектированной теплозащитной одежде).

Задачей является получение сравнительных показателей - динамики индекса усталости, на основании которых будет выявлен порог усталости человека в условиях холодовой нагрузки и одежды.

Первый эксперимент проводился в теплом помещении по ГОСТ 12.4.061-88. «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Метод определения работоспособности человека в средствах индивидуальной защиты» [251].

Испытуемый: человек женского пола, вес 64,5 кг, рост 169 см, возраст 27 лет, артериальное давление в покое 133/112, ЧСС 106.

Одежда испытуемого для условий отапливаемого помещения состоит из 2х слоев: футболка 100% хлопок, спортивный костюм: полиэстер 75%, вискоза 23%, спандекс 2%.

Результаты экспериментальных данных в помещении в условиях теплового и двигательного комфорта зафиксированы в графике зависимости индекса накопления усталости от времени движений в комфортных тепловых условий без нагрузки одеждой. Далее эксперимент проведен в условиях холодовой нагрузки.

Одежда для исследований соответствует результатам проектирования, представленным ранее в главах 2-5, с перерасчетом толщины теплозащитной оболочки для применения в условиях холода в среднем при -10°C и применения гибридных оболочек в соответствии со схемой на рисунке 75-в.

Влажность воздуха окружающей среды фактически составила 56%, температура воздуха -10°C в соответствии с МР 2.2.7.2129-06. «Режимы труда и отдыха работающих в холодное время на открытой территории или в неотапливаемых помещениях» [192].

На основании данных, полученных из системы мониторинга на основе акселерометров, встроенных в прибор учета двигательной активности человека, получен график зависимости индекса накопления усталости от времени работы в холоде, предложенного и формализованного в данном диссертационном исследовании.

На рисунке 79 и 80 представлены результаты эксперимента.

Степень утомляемости человека определяется, исходя из количества повторяющихся циклов с одинаковым числом в одном интервале по данным акселерометра.

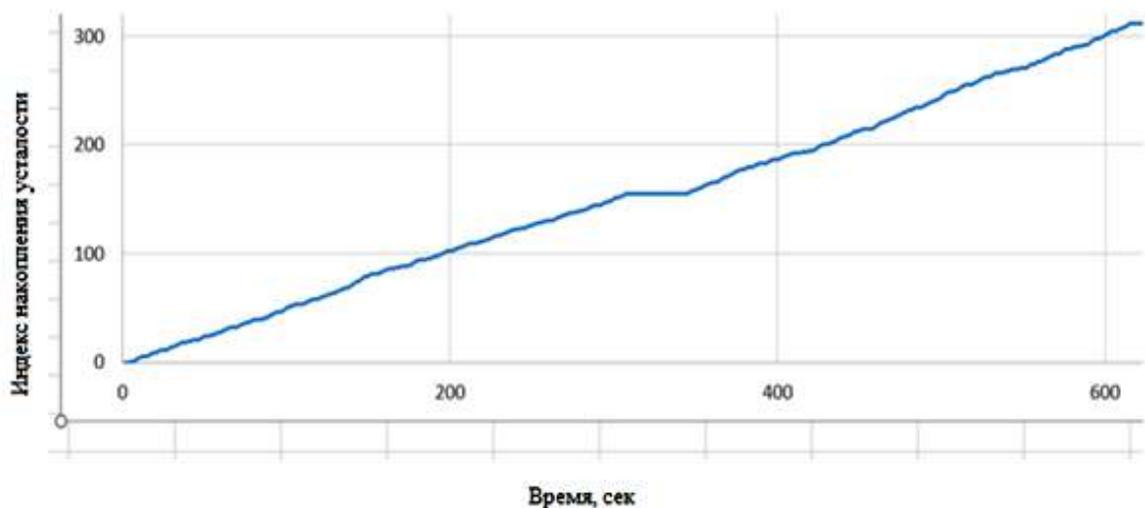


Рисунок 79 – Фрагмент графика динамики индекса усталости женщины в помещении в условиях комфорта

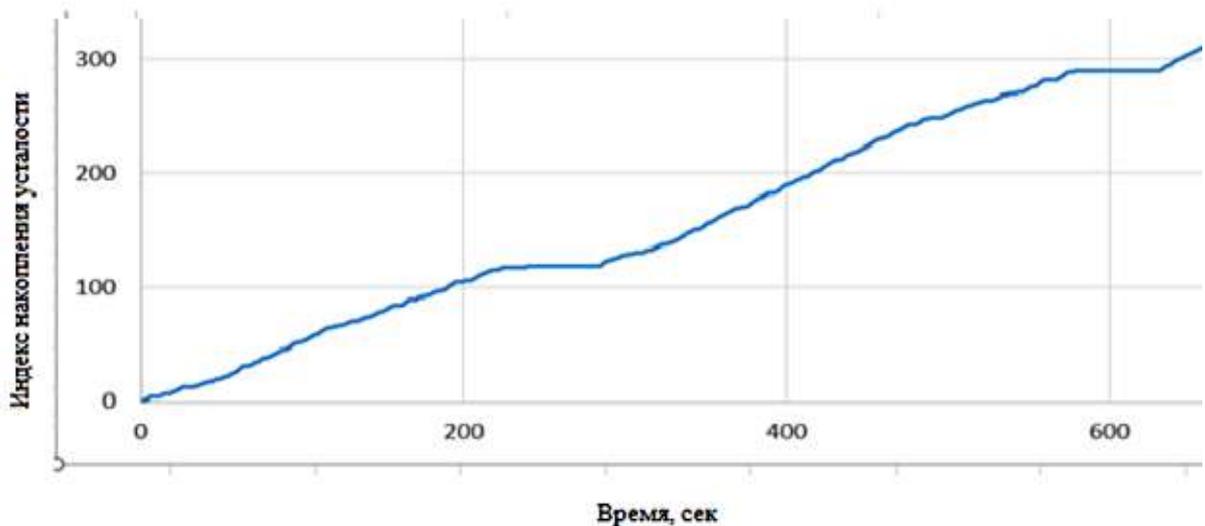


Рисунок 80 – Фрагмент графика динамики индекса усталости женщины в условиях холодной нагрузки в теплозащитной одежде

Сравнительный анализ двух экспериментов показал, что на холоде утомляемость испытуемого наступает раньше, чем в помещении в условиях комфорта, это вызвано давлением и весом теплозащитной одежды, мощностью работы и температурой окружающей среды.

Показания системы мониторинга эргономического состояния женщины показали, что снижение активности испытуемого на холоде началось раньше, чем в тепле, но отличия незначительные, и при этом показатели остаются высокими, что характеризует эргономическую эффективность разработанных решений теплозащитной одежды.

Чтобы не допустить травматизма на производстве в холодных условиях, разработанный функциональный костюм позволяет вовремя выявлять накопление усталости человеком и вводить своевременные перерывы, а также влиять на бодрость профилактическими физическими раздражителями, чтобы мобилизовать внимание человека к работе и обеспечить его концентрацию на объекте труда, создавая тем самым условия для безопасной и продолжительной жизни и работы женщины в условиях криосферы.

Выводы по пятой главе

1. Разработан комплексный алгоритм для процесса проектирования теплозащитной женской одежды для условий криосферы, который позволяет выполнять расчеты в автоматизированном режиме, принимать решения о составе материалов для защитной одежды и определять эффективные параметры оболочки на основе итерационных циклов учета свойств материалов и среды эксплуатации одежды, а также на основе интегрированных математических моделей и функций зависимостей параметров гибридных волокнистых материалов от параметров структуры (в том числе доли инкапсулированного компонента с учетом циклической эксплуатационной нагрузки и разных температурных условий) и моделей теплообмена женщины с холодной средой в условиях снега определять наиболее эргономичные параметры для толщины оболочки при ее надежной теплоизоляции.

2. Разработанные в диссертации алгоритмы для процесса проектирования теплозащитной женской одежды интегрированы в маршрут автоматизированного проектирования одежды и апробированы на базе двух опорных САПР: «Novo-cut» и «Julivi».

3. С целью реализации полученных научных и технических результатов были проведены исследования особенностей и деталей современных образцов утепленной женской одежды ведущих производителей в России и за рубежом, по итогам которых обоснованы и разработаны модель и инженерное решение женского теплозащитного костюма для климатических условий криосферы, включающее комплекс материалов повышенной износостойкости и снегозащиты, а также комплекс снегозащитных элементов. Разработаны технологические рекомендации для обеспечения качественных швов охлаждаемой одежды.

4. С целью оценки теплового соответствия разработанного женского теплозащитного костюма была проведена его тепловизионная оценка в реальных условиях климатического охлаждения при соответствующем уровне холода, для

которого спроектировано изделие, результаты которого подтвердили отсутствие избыточного оттока тепла из-под одежды во внешнюю среду, а также наличие локализации тепловых терморегулирующих эффектов от применения зональных деталей гибридной оболочки, то есть функция теплоизоляции, терморегуляции и повышения снегозащиты с учетом предварительно обоснованных зон в теплозащитном костюме обеспечена.

5. Разработан способ мониторинга и оценки эргономических характеристик одежды и человека в одежде, реализованный в женском теплозащитном костюме с функцией управления безопасным режимом физической работы в холоде. Для его разработки проведены дополнительные исследования теории и методов анализа работоспособности человека, разработана концепция и система соответствующих технических устройств, изготовленных и встроенных в детали теплозащитного костюма. Предложенная концепция основана на фиксации и анализе двигательной активности направляющих участков тела человека (голова и двух конечностей), в отличие от различных других устройств анализа движений учитывающих асимметрию скорости и направления движений рук человека для получаемых зависимостей и алгоритмов принятия решений.

Получен Патент РФ на полезную модель RU 190542 «Теплозащитный костюм с функцией управления безопасным режимом физической работы»

6. С целью оценки предложенной системы мониторинга работоспособности человека в холодных условиях, приближенных к реальным, проведены экспериментальные исследования, состоящие из двух циклов (тепло-комфорт) и (холод-нагрузки). На основании полученных данных предложен, разработан и рассчитан специальный индекс накопления усталости от времени работы в холоде, динамика которого показала, что холодовая и физическая нагрузка демонстрирует изменения в эргономике человека в сторону медленного накопления напряженности, но изменения незначительны, что говорит о высоком эргономическом и тепловом соответствии одежды для заданных условий труда женщины в холоде.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Выполнен анализ проблем и ресурсов проектирования женской теплозащитной одежды с учетом современных климатических трендов и социальных миграций женщин в сторону холодных регионов. Предложена концепция для проектирования теплозащитной одежды, в качестве системной основы которой определена «криосфера» как «совокупность компонентов земной системы на поверхности суши и океана и под ней, которые заморожены», для которой установлены основные эксплуатационные факторы: лёд в различных фазах, чаще всего сопровождающий человека и одежду в виде снега и ледяных частиц, а на отдельных территориях северных морских акваторий в сочетании с частицами морской соли в режиме отрицательных температур, которые в совокупной концепции криосферы для проектирования одежды ранее в исследованиях не представлены.

2. С учетом результатов систематизации климатических трендов и географических особенностей территорий России разработана 3х-уровневая система матриц кодировки и на их основе алгоритм определения климато-параметрических исходных данных для повышения адресности проектных решений в теплозащитной одежде.

3. В результате выявленных особенностей здоровья, труда и терморегуляции организма женщин в режиме низких температур определены и описаны особенности модели тела женщины, учтённые на этапе математического моделирования как теоретической основы проектирования женской теплозащитной одежды.

4. Анализ современных методов и средств оценки работоспособности человека позволил обосновать и предложить создание женской функциональной теплозащитной одежды с встроенной функцией мониторинга и управления физической активностью женщины в холоде.

5. Для обеспечения имитационных условий, характерных для пребывания одежды в зоне криосферы, с целью оценки прочности ее поверхности в момент фактического промерзания разработана, изготовлена и применена для исследований специальная установка для измерения разрывных характеристик текстильных материалов и швов швейных изделий в режиме фактического охлаждения, отличающаяся тем, что в момент разрывной нагрузки на образцы они обеспечены условиями локальной фазовой заморозки с температурой, идентичной температуре предварительного циклического эксплуатационного промерзания, оставляя при этом все другие механизмы и детали испытательного оборудования без влияния на них холода. На разработанное устройство получен Патент на изобретение № 2694111 «Экспериментальная установка для исследования охлажденных текстильных материалов».

6. Разработана специальная методика циклического промерзания теплозащитной одежды, характеризующая режим промышленной эксплуатации одежды для имитационных условий исследований материалов. Описаны механизмы воздействия льда на структуру материалов. Установлены новые зависимости и модели, описывающие свойства материалов, швейных ниток и швов в климатических условиях криосферы, которые легли в основу разработанного алгоритма определения износоустойчивых оболочек для конфекционирования пакетов материалов женской теплозащитной одежды

7. Разработана и исследована новая упрочненная комплексная швейная нить на базе текстурированной полиэфирной основы с включением в структуру тонковолокнистого высокомолекулярного кристаллизованного полимерного волокна «Фторопласт-4» (Ф-4), которая позволила увеличить прочность шва поверхности теплозащитного швейного изделия из различных тканей до 12,7% (с учетом фазовой заморозки, в том числе при воздействии морской соли).

8. В результате проведенных микроструктурных исследований разработаны 3D-модели объемной микроструктуры актуальных полиэфирных

волокнистых утеплителей как основы новых композиционных материалов и гибридных теплозащитных оболочек из них.

9. Предложена и описана концепция формирования новых гибридных теплозащитных оболочек с малообъемными полимерными материалами с ТАМ на основе трех методов, среди которых обоснован и апробирован наиболее адаптивный для швейного производства - метод послойной интеграции МОПМ с ТАМ в гибридную оболочку из волокнистых утепляющих полотен / «М- Combo».

10. Разработана система кодирования признаков и параметров моделей структуры поликомпонентных гибридных теплозащитных оболочек для одежды и на ее основе разработана кодированная модель определенной структуры, получаемой по методу «М-Combo», для которой экспериментально установлены взаимосвязи технических параметров (толщины, плотности, процентного содержания теплоаккумулирующих компонент), а также модели зависимости теплопроводности от температуры и доли активных полимерных компонент.

11. Для гибридных оболочек с терморегулирующими свойствами и защитой от снеговой нагрузки на основе комплекса теплофизических исследований разработана зависимость теплопроводности гибридного полотна от температуры и доли капсулированных функциональных компонент, которая позволила с помощью эргономического нормирования одежды установить ограничения до 40% на интегрирование текстильных ТАМ в утепляющую оболочку для условий отрицательных температур среды.

12. Исследована система теплообмена «Женщина – теплозащитная одежда - холодная среда криосферы - снег», для чего проведены специальные экспериментальные исследования влияния снежных осадков на формирование снежного покрытия теплозащитной одежды в реальных условиях снегопада, а также проведены исследования поверхности одежды в динамических позах и установлен предложенный специальный коэффициент, определяющий усредненную долю поверхности женских курток, обладающих свойствами снега, что важно для математического описания процессов теплообмена через одежду.

13. Модель системы теплообмена «Женщина – теплозащитная одежда - холодная среда криосферы - снег» расширена с помощью разработанных исходных данных о геометрических и тепловых параметрах тела женщины, для чего были проведены специальные экспериментальные исследования биотермической параметризации тела женщины в климатической камере.

14. На основе математического моделирования теплообмена представленной выше системы установлены обоснованные ограничения для состава гибридных теплозащитных оболочек одежды с точки зрения их тепловой, эргономической эффективности и антиснеговой функции.

15. Установлено, что в случае применения в изделии стандартной теплоизоляционной оболочки на основе утеплителя «термофайбер» без представленных в работе предложений и разработанных функциональных гибридных оболочек с учетом прогнозируемой динамики площади покрытия одежды снегом до 35% и динамически соответствующей толщины снега на поверхности одежды до 3мм, толщина теплоизоляционного слоя одежды для поддержания достаточного теплового сопротивления оболочки должна быть увеличена на 11,9% относительно расчетной толщины для теплоизоляции в бесснежную погоду. При условии же применения функциональной гибридной оболочки с долей теплоаккумулирующих компонент на текстильной основе 20% толщина теплоизоляционной оболочки, способная обеспечить достаточное тепловое сопротивление оболочки, должна быть увеличена на 5,8% относительно расчетной величины для сухой бесснежной погоды, обеспечивая при этом для всего прогнозируемого периода покрытия снегом одежды стабильную тепловую защиту женщины, что позволяет прогнозировать снижение общей площади деталей одежды и, соответственно, их совокупный вес, а значит – повышение показателей эргономичности изделий в целом.

16. Разработанные в диссертации алгоритмы проектных процедур интегрированы в маршрут автоматизированного проектирования одежды и апробированы на базе двух опорных САПР одежды, позволяя расширить

возможности автоматизации проектных решений в области конфекционирования и конструирования женской теплозащитной одежды с учетом климатических условий криосферы.

17. Проведены исследования современного ассортимента теплозащитной одежды для женщин, обосновано и разработано модельное и инженерное решение женского теплозащитного костюма от факторов криосферы с комплексом снегозащитных свойств и средств. В условиях натурального холода выполнена тепловизионная оценка разработанного костюма, показавшая стабильный эффект теплоизоляции, терморегуляции и теплового содействия снижению снеговой нагрузки.

18. Разработан способ мониторинга и оценки эргономических характеристик одежды и человека в одежде, реализованный в женском теплозащитном костюме с функцией управления безопасным режимом физической работы в холоде. Для его разработки проведены дополнительные исследования теории и методов оценки работоспособности человека, разработана концепция и система соответствующих технических устройств, изготовленных и встроенных в детали теплозащитного костюма. Получен Патент РФ на полезную модель RU 190542 «Теплозащитный костюм с функцией управления безопасным режимом физической работы»

19. Функциональный костюм, представленный выше, в результате проведенных исследований и тестов показал свою эффективность для оперативной оценки эргономического состояния женщины в одежде и холоде во избежание производственного травматизма и для сохранения здоровья и работоспособности человека в криосфере. Предложенный, формализованный и исследованный индекс усталости, определяемый в реальном режиме времени по результатам функциональной оценки соотношения двигательной динамики контрольных точек тела человека, позволил установить высокую степень соответствия состояния женщины в спроектированном костюме на холоде показателям ее же уровня динамического и теплового комфорта в помещении без теплозащитной одежды,

что показало высокий уровень эргономичности новой разработанной теплозащитной одежды.

20. Результаты диссертационной работы внедрены на швейных предприятиях Ростовской области: ООО «ТПП «Техноформ» (г.Ростов-на-Дону) / серийное производство спецодежды; ИП Судоргина Н.В./ производство женской утепленной одежды; ООО «БВН инжиниринг» (г.Новочеркасск) / серийное производство спецодежды и утепленной городской одежды на сумму 1488000 руб.

21. Таким образом, комплекс проведенных исследований позволил разработать совокупность алгоритмов, моделей, технологических решений и рекомендаций, а также обосновать и создать систему проектирования новых функциональных волокнистых структур, пакетов материалов и гибридных оболочек теплозащитной одежды с терморегулирующим и снегозащитным эффектом, экспериментально описать и обосновать проектные решения наиболее прочных к влиянию холода, льда и морской соли материалов поверхности одежды; смоделировать тепловые процессы с учетом влияния снега на одежду и учесть особенности женского организма при этом, обосновать и установить параметры толщины теплозащитной оболочки, которые путем зональной комбинации различных по свойствам пакетов материалов позволяют обеспечивать тепловой баланс женщины, терморегуляцию, защиту от избыточного влияния снега, а также поддержку работоспособности женщины в условиях холода с применением встроенных функций и специальных электронных систем. Результаты исследований интегрированы и апробированы в САПР одежды, что позволило расширить их функции.

Полученные результаты позволяют считать достигнутой обозначенную в настоящей работе цель, заключающуюся в расширении функций и эксплуатационной эффективности женской теплозащитной одежды на основе гибридных оболочек в охлаждающих условиях криосферы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Концепция демографической политики Российской Федерации на период до 2025 года (утв. Указом Президента РФ от 9 октября 2007 г. N 1351) [Электронный ресурс] / Информационно – правовой портал. Гарант.ру. - Режим доступа: <https://base.garant.ru/191961/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/>.
2. План мероприятий по реализации в 2021 - 2025 гг. Концепции демографической политики Российской Федерации на период до 2025, утвержденный распоряжением Правительства РФ от 16 сентября 2021 г. N 2580-р. [Электронный ресурс] / Информационно – правовой портал. Гарант.ру. - Режим доступа: https://base.garant.ru/402822527/#block_1000.
3. Приказ Минтруда России от 18.07.2019 N 512н "Об утверждении перечня производств, работ и должностей с вредными и (или) опасными условиями труда, на которых ограничивается применение труда женщин" [Электронный ресурс] / Консультант плюс. - Режим доступа: <http://www.consultant.ru/law/hotdocs/58952.html/>.
4. Иващенко И.Н. Теплозащитная одежда как фактор безопасности труда и сохранения здоровья / И.Н. Иващенко // Безопасность труда в промышленности. – 2011. – № 6. – С.39-40.
5. ГОСТ 12.4.303-2016 Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для защиты от пониженных температур. Технические требования. - М.: Стандартинформ, 2019. – 45с.
6. Государственная программа «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации» Утверждена постановлением Правительства от 30 марта 2021 года №484 [Электронный ресурс] / Официальный сайт: Правительство России. - Режим доступа: <http://government.ru/rugovclassifier/830/events/>.

7. Смирнов А.В. Население мировой Арктики: динамика численности и центры расселения [Электронный ресурс] / А.В. Смирнов // Арктика и Север. - Режим доступа: http://www.arcticandnorth.ru/upload/iblock/ffc/270_290.pdf.
8. ТАСС: В Минпромторге рассказали, сколько женщин в промышленной сфере России [Электронный ресурс] / Новости в России и мире – ТАСС. - Режим доступа: <https://tass.ru/obschestvo/10845147>.
9. Стефанова Е.Б. Развитие технологических решений для теплозащитной одежды / И.В. Черунова, Е.Б. Стефанова, А.В. Меркулова // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – № 8-1. – С.34-36.
10. Природно-климатические условия и социально-географическое пространство России / Под ред А.Н. Золотокрылин, В.В. Виноградова, О.Б. Глезер. – М.: Институт географии РАН. – 2018. – 154с.
11. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2020 год [Электронный ресурс] / Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. - Москва. - 2021. - Режим доступа: http://www.meteorf.ru/upload/pdf_download/doklad_klimat2020.pdf.
12. Январь 2021 года оказался в РФ одним из самых холодных за всю историю наблюдений [Электронный ресурс] / Интерфакс. - Режим доступа: <https://www.interfax.ru/russia/750089>.
13. Решетько М.В. Климатические особенности и статистические оценки изменения элементов климата в районах вечной мерзлоты на территории севера Западной Сибири / Ю.А. Моисеева // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. –2016. – Т. 327. – № 4. – С.108-118.
14. Океан и криосфера в условиях изменяющегося климата [Электронный ресурс] / Специальный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата. – МГЭИК. - Швейцария. - Режим доступа: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2020/07/SROCC_SPM_ru.pdf.

15. Афанасьева Р.Ф. Гигиенические основы проектирования одежды для защиты от холода / Р.Ф. Афанасьева. – М.: Легкая индустрия, 1977. – 136с.
16. Колесников П.А. Основы проектирования теплозащитной одежды / П.А. Колесников . - М.: Легкая индустрия, 1971. – 112с.
17. Жаворонков А.И. Теоретические основы и методы проектирования обогреваемой специальной одежды: Дис.... д-ра техн. наук: 05.19.04 / А.И.Жаворонков. – М., 1983. - 259с.
18. Расторгуева Л.Н. Методология проектирования и изготовления современной одежды на основе национальных традиций народов Якутии: Дис.... д-ра техн. наук: 05.19.04 / Л.Ю.Расторгуева. - Москва, 2000. – 472с.
19. Бринк И.Ю. Методологические основы проектирования одежды с перо-пуховым наполнителем : Дис.... д-ра техн. наук: 05.19.04 / И.Ю.Бринк. - Новочеркасск, 1995. – 305с.
20. Черунова И.В. Теоретические основы комплексного проектирования специальной теплозащитной одежды: Дис.... д-ра техн. наук: 05.19.04 / И.В.Черунова. - Шахты, 2008. – 394 с.
21. Бекмурзаев Л.А. Проектирование изделий с объемными материалами: Монография / Л.А. Бекмурзаев. – Шахты: ЮРГУЭС, 2001. – 195с.
22. Лебедева Е.О. Исследование и разработка пакета специальной теплозащитной одежды с повышенной устойчивостью к ветру: Дис.... канд. техн. наук: 05.19.04 / Е.О.Лебедева. – Шахты, 2006. – 217 с.
23. Молькова И.В. Разработка пакетов материалов для одежды специального назначения и исследование их теплозащитных свойств : Дис.... канд. техн. наук: 05.19.04 / И.В.Молькова. - Иваново, 2004. – 168 с.
24. Бессонова Н.Г. Разработка методов и исследование теплофизических свойств текстильных материалов и пакетов при действии влаги и давления : Дис.... канд. техн. наук: 05.19.01/ Н.Г.Бессонова . - Москва, 2005. – 151с.

25. Меркулова А.В. Исследование и разработка специальной антиэлектростатической одежды для защиты от пониженных температур : Дис.... канд. техн. наук: 05.19.04 / А.В.Меркулова. - Шахты, 2007. – 162с.
26. Западноевропейский рынок промышленной спецодежды 2021-2027: факторы роста, тренды, мнения экспертов [Электронный ресурс] / ГЭТСИЗ.РУ. - Режим доступа: <https://getsiz.ru/zapadnoevropejskij-gynok-promyshlennoj-specodezhdy-2021-2027-factory-rosta-trendy-mneniya-ehkspertov.html>.
27. Российский рынок спецодежды и средств индивидуальной защиты [Электронный ресурс] / Легкая промышленность в России. - Режим доступа: <http://legprom.rbc.ru/articles/rossiyskiy-rynok-spetsodezhdy-i-sredstv-individualnoy-zashchity/>.
28. Как меняется спецодежда в России: объем рынка и тренды [Электронный ресурс] / Retail-loyalty. - Режим доступа: <https://retail-loyalty.org/expert-forum/kak-menyaetsya-spetsodezhda-v-rossii/>.
29. Солонин Ю.Г. Медико-физиологические проблемы в Арктике / Е.Р.Бойко // Известия Коми научного центра УрО РАН. – № 4(32). – 2017. – С.33-40.
30. Бикмухаметова Л.М. Влияние климатоэкологических факторов на здоровье населения в условиях севера России: Дис.... канд. биол. наук: 03.02.08 / Л.М. Бикмухаметова. - Нижний Новгород, 2021. – 172с.
31. Сюрин С.А. Профессиональные риски здоровью женщин-работниц предприятий в Арктической зоне России / С.А. Сюрин // Безопасность и охрана труда. – №4. – 2019. – С.33-38.
32. Стефанова Е.Б. Новые технологии в проектировании средств индивидуальной защиты для условий освоения Арктики / И.В. Черунова, С.А. Колесник, Е.Б. Стефанова // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1-1. – С.12. – Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=17198>.
33. Делль, Р.А. Гигиена одежды: Учеб.пособие для вузов / Р.А. Делль, Р.Ф. Афанасьева, З.С. Чубарова. – М.: Легпромбытиздат, 1991. – 160с.

34. Лосик Т.К. Физиолого-гигиеническое обоснование дифференцированного гендерного подхода к профилактике охлаждения / Т.К. Лосик, О.В. Бурмистрова, Р.Ф. Афанасьева // Актуальные проблемы медицины труда. – 2018. – С.466–477.
35. Постановление Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. № 328 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности" (с изменениями на 31 марта 2021 года) [Электронный ресурс] / Документ Провительства РФ. - Режим доступа: <http://gov.garant.ru/SESSION/PILOT/main.htm>.
36. Стратегия развития Арктической зоны России и обеспечения национальной безопасности до 2035 года. [Электронный ресурс] / Официальный сайт Президента РФ. - Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/news/64274>
37. Указ Президента Российской Федерации от 09.05.2017 г. № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 – 2030 годы» [Электронный ресурс] / Официальный сайт Президента РФ. - Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41919>
38. Цатуров, Ю.С. Современное изменение климата Арктики: результаты нового оценочного доклада Арктического совета / Ю.С.Цатуров, А.В.Клепиков // Арктика: экология и экономика. – 2012. – 4(8). – С.76-81.
39. Рябченко С.В. Состояние арктических морей и территорий в условиях изменения климата / С.В. Рябченко // Сборник тезисов «Всероссийской конференции с международным участием. Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова». – Архангельск: ИД САФУ, 2014. – 199с.
40. Васильчука Ю.К. Криосфера нефтегазоконденсатных месторождений полуострова Ямал / Ю.К. Васильчука, Г.В. Крылова, Е.Е. Подборного // Тюмень: ООО «ТюменНИИГипрогаз». – СПб.:Недра, 2006. – 347 с.
41. Боярский А. Освоение Севера – новый национальный приоритет России? / А. Боярский // Коммерсантъ Деньги. – 2013. – №41 (949). – Режим доступа:

- <http://zmdosie.ru/resursy/arkticheskoe-dose/3002-osvoenie-severa-novyj-natsionalnyj-prioritet-rossii>.
42. Вероятность прогнозирования температурного режима в России [Электронный ресурс] / meteoinfo.ru. – Режим доступа: <https://meteoinfo.ru/heating-period>
 43. Климатическая характеристика сезонов года [Электронный ресурс] / pogoda51.ru. – Режим доступа: <https://pogoda51.ru/klimaticheskaya-kharakteristika-sezonov-goda>.
 44. Климат Ненецкого АО [Электронный ресурс] / trasa.ru. – Режим доступа: http://trasa.ru/region/neneckiy_clim.html.
 45. Фото лютой стихии [Электронный ресурс] / amp.politeka.net. – Режим доступа: <https://amp.politeka.net/society/237722-sneg-vnezapno-obrushilsya-na-ukrainu-zima-nastupaet-zavorazhivayushchie-foto>.
 46. Фототур в Ловозерские тундры [Электронный ресурс] / activehike.ru. – Режим доступа: http://activehike.ru/tours/kolsky_1003140318/.
 47. Климатическое районирование [Электронный ресурс] / biofile.ru. – Режим доступа: <http://biofile.ru/geo/7308.html>.
 48. Экстремальность климата на территории России [Электронный ресурс] / meteo.ru. – Режим доступа: <http://meteo.ru/pogoda-i-klimat/196-extremcli>.
 49. Радионов В.Ф. Климатический анализ гидрометеорологических параметров северной полярной области и арктических морей России / В.Ф. Радионов, Е.И. Александров, Г.В. Алексеев, Н.Е. Иванов // Результаты испытания новых и усовершенствованных технологий, моделей и методов гидрометеорологических прогнозов. – 2014. – №41. – С.17-39.
 50. Белолуцкая М.А. Влияние изменения климата на вечную мерзлоту и инженерную инфраструктуру Крайнего Севера: Дис.... канд. физ.-мат. наук: 25.00.30 / М.А.Белолуцкая. - Санкт-Петербург, 2004. – 111с.
 51. Какой климат в Арктике [Электронный ресурс] / klimat-arktiki. – Режим доступа: <https://xn----8sbbmfaxaqb7dzafb4g.xn--p1ai/klimat-arktiki/>.

52. Температура в Оймяконе опустилась до -61 [Электронный ресурс] / iz.ru. – Режим доступа: <https://iz.ru/1268986/2021-12-24/temperatura-v-oimiakone-opustilas-do-61>.
53. От плюс 70 до минус 90. Самые экстремальные температурные рекорды мира [Электронный ресурс] / spb.aif.ru. – Режим доступа: https://spb.aif.ru/society/science/ot_plyus_70_do_minus_90_samy_e_kstremalnye_temperaturnye_rekordy_mira.
54. Гудков А.Б. Эколого-физиологическая характеристика климатических факторов Севера / А.Б. Гудков, О.Н. Попова, Н.Б. Лукманова // Экология человека. – 2011. – № 1. – С.12-17.
55. Ямало-Ненецкий автономный округ – климат [Электронный ресурс] / r89.ru. – Режим доступа: <http://www.r89.ru/yamal/klimat.php>.
56. КОМИ ЦГМС [Электронный ресурс] / meteork.ru. – Режим доступа: <http://meteork.ru/obzor.shtml>.
57. Красноярский край [Электронный ресурс] / krasnoyarsk.bezformata.ru. – Режим доступа: <http://krasnoyarsk.bezformata.ru/listnews/komfortnoj-dlya-zimi-temperaturoj/54511560/>.
58. Климат Республики Саха [Электронный ресурс] / trasa.ru. – Режим доступа: http://trasa.ru/region/saha_clim.html.
59. Климат Чукотского автономного округа [Электронный ресурс] / chukotken.ru. – Режим доступа: <http://www.chukotken.ru/?cat=124>.
60. Стефанова Е.Б. Исследование специальных свойств многослойных пакетов материалов для одежды, эксплуатируемой в условиях сурового холода / Е.Б. Стефанова, И.В. Черунова, В.С. Савин // Материалы международной научно-практической конференции «Теоретические и прикладные вопросы образования и науки», Тамбов. – 2014. – Ч.13. – С.134 – 136.
61. Бочаров М.И. Физиологические проблемы защиты человека от холода / М.И. Бочаров // Науч. докл.:сер. препринтов № 34-04. – Сыктывкар, 2004. – 40 с.

62. Терморегуляция организма при холодových воздействиях (обзор) [Электронный ресурс] / cyberleninka.ru. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/termoregulyatsiya-organizma-pri-holodovyh-vozdeystviyah-obzor-soobschenie-i/viewer>.
63. Агаджанян Н.Г. Человек в условиях Севера / Н.Г. Агаджанян, П.Г. Петрова. – М.: «Крук», 1996. – 206с.
64. Кондрор, И.С. Терморегуляция человека при мышечной работе. / И.С. Кондрор // Физиология терморегуляции. – Л.: Наука. – 1984. – 180с.
65. Профессиональные риски здоровью женщин-работниц предприятий в арктической зоне России [Электронный ресурс] / biota.ru. – Режим доступа: <https://biota.ru/images/magazine/2019-4-2-min.pdf>.
66. Горбанёв С. А. Актуальные проблемы медицины труда в Арктической зоне Российской Федерации / С.А. Горбанёв, Н.А. Никанов, В.П. Чашин // Медицина труда и промышленная экология. – 2017. – №9. – С.50–51.
67. Ульяновская С.А. Влияние климатогеографических факторов Севера на адаптивные реакции организма человека / С.А.Ульяновская, Д. Баженов, В.Шестакова, М.Калинкин // Патологическая и физиология и экспериментальная терапия. – 2020. – Т.64. – С.147-154.
68. Грибанов А.В. Реакция церебрального энергометаболизма на холодной стресс у молодых людей, проживающих в Арктическом регионе / А.В. Грибанов, Н.Ю. Аникина, И.С. Кожевникова, С.И. Малявская, М.Н. Панков // Экология человека. – 2019. – № 3. – С.17–23.
69. Ермолин С.П. Физиологические реакции организма военнослужащих в условиях арктической зоны российской федерации : Дис.... канд. мед. наук: 03.03.01 / С.П.Ермолин. - Архангельск, 2015. – 139с.
70. Попова О.Н. Особенности внешнего дыхания у молодых лиц, уроженцев Европейского Севера / О.Н. Попова, А.Б. Гудков // Известия Самарского научного центра РАН «Экология и здоровье человека». – 2007. – С.71–76.

71. Агаджанян Н.А. Уровень здоровья и адаптации у населения Крайнего Севера / Н.А.Агаджанян, Л.В.Саломатин, Е.Н.Леханова. – Надым, 2002. – 160с.
72. Гришин О.В. Гипометаболизм у северян в условиях действия низких температур / О. В. Гришин, Н. В. Устюжанинова // Бюл.СО РАМН. – 2010. – №3. – С.12-17.
73. Бикмухаметова Л.М. Влияние климатоэкологических факторов на здоровье населения в условиях севера России : Дис.... канд. биол. наук: 03.02.08 / Л.М. Бикмухаметова Л.М. - Сургут, 2020. – 172с.
74. Хаснулин В.И. Северный стресс, формирование артериальной гипертензии на севере, подходы к профилактике и лечению / В.И. Хаснулин, А.В. Хаснулина, И.И. Чечеткина // Экология человека. – 2009. – № 6. – С.26-30.
75. Григорьева Е.А. Кардиореспираторная патология, вызываемая сезонными изменениями погоды, и меры по её профилактике / Е.А. Григорьева, Л.П. Кирьянцева // Информационный бюллетень «Здоровье населения и среда обитания». – 2016. – № 2. – С.7-10.
76. Бикмухаметова Л.М. Биоэкологическая оценка комфортности температурного компонента погодно-климатических условий и его влияний на состояние здоровья жителей среднего приобья / Л.М. Бикмухаметова, С.Н. Русак // Самарский научный вестник. – 2019. – Т.8. – №4(29). – С.14-18.
77. Ушаков В.Ф. Влияние климато-экологических факторов на возникновение и течение бронхолегочной патологии в условия Севера / В.Ф. Ушаков, Т.В. Зуевская, И.Э. Ильина // Сургут: Дефис. – 2008. – С.5-116.
78. Бартон А. Человек в условиях холода: Физиол. и патол. явления, возникающие при действии низких температур / А. Бартон, О. Эдхолм. – М.: Изд-во иностр. лит., 1957. – 333с.
79. Хаснулин В.И. Психоэмоциональный стресс и метеореакция как системные проявления дизадаптации человека в условиях изменения климата на Севере России / В.И. Хаснулин, А.В. Хаснулина // Экология человека. – 2012. – № 8. – С.3-7.

80. Суханов С.Г. Способы оценки репродуктивной функции у женщин на Европейском Севере / С.Г. Суханов, З.Д. Губкина, А.В. Смирнов // Научные рекомендации – народному хозяйству: серия препринтов сообщений, 1990. – Вып.84. – 24 с.
81. Лосик Т.К. Медико-биологические проблемы оценки и профилактики холодового стресса при иммерсионной гипотермии : Дис.... докт.техн. наук: 03.02.08 / Т.К.Лосик. - Москва, 2005. – 194с.
82. Черунова И.В. Физико-биологические условия для проектирования защитной одежды от охлаждения человека на воздухе и воде / И.В. Черунова, Т.Ю. Лесникова // Инженерный вестник Дона. – 2017. – №3(46). – С.78. - Режим доступа:
http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_119_Cherunova_Lesnikova.pdf_17f69ee90a.pdf
83. Афанасьева Р.Ф. Гигиенические основы проектирования одежды для защиты от холода / Р.Ф.Афанасьева. - М.: Легкая индустрия, 1977. – 136с.
84. Салтыкова М.М. Новый подход к анализу влияния погодных условий на организм человека. / М.М. Салтыкова, И.П. Бобровницкий, М.Ю. Яковлев, А.Д. Банченко, С.Н. Нагорнев // Гигиена и санитария. – 2018. – 97(11). – 5с. - Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-11-1038-4>.
85. Мышинская Ж. М. Влияние климатических и экологических факторов на здоровье человека в условиях Крайнего Севера / Ж.М. Мышанская // Ямальский вестник. – 2016. –2(7). – С.79-80.
86. Статья 221 ТК РФ - Обеспечение работников средствами индивидуальной защиты [Электронный ресурс] / kodeks.systems.ru. – Режим доступа: http://kodeks.systems.ru/tk_rf/tk_glava36/tk_st221.html.
87. ГОСТ 12.4.103-83 Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная защитная, средства индивидуальной защиты ног и рук. Классификация. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 6с.

88. ГОСТ Р 59123-2020 Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты. Общие требования и классификация. - М.: Стандартиформ. – 2021. – 4с.
89. Савинова Л.А. Разработка исходной информации для проектирования женского комплекта специальной одежды для защиты от пониженных температур / Л.А. Савинова, Г.П. Зарецкая // Научный журнал «Костюмология». – 2019. – №2. – Режим доступа: <https://kostumologiya.ru/PDF/12TLKL219.pdf>.
90. ГОСТ 31396-2009 Классификация типовых фигур женщин по ростам, размерам и полнотным группам для проектирования одежды. - М.: Стандартиформ, 2011. – 21с.
91. Кудрявцев В.И. Усовершенствованная технология проектирования теплозащитной одежды на основе уточненных моделей теплообмена : Дис.... канд. техн. наук: 05.19.04 / В.И.Кудрявцев. - Новочеркасск, 2004. – 21с.
92. Ермакова И.И. Математическое моделирование процессов терморегуляции у человека / И.И. Ермакова // Итоги науки и техники. Серия: Физиология человека и животных. М.: ВНИИТИ. – 1987. – Т.33. – 133с.
93. Гривина И.В. Особенности построения имитационной модели «человек – одежда – среда» / И.В.Гривина, А.И.Жаворонков, Н.Н.Постников // Швейная промышленность. – 1988. – №3. – С.36-37.
94. Тунгусова Н.А. Автоматизация проектирования пуховой одежды с использованием математических моделей теплозащитного пакета : Дис.... канд. техн. наук: 05.13.12 / Н.А.Тунгусова. - Омск, 2009. – 147с.
95. Герасименко М.С. Разработка методики оптимизации параметров специальной теплозащитной одежды для астрономов, работающих в условиях гиподинамии : Дис.... канд. техн. наук: 05.19.04. / М.С.Герасименко. - Шахты, 2005. – 176с.

96. Романенко В.И. Расчет геометрической модели тела человека в спальном мешке / В.И. Романенко, С.А. Колесник, И.Ю. Бринк // Дизайн и технологии. – 2018. – № 64(106). С. – 41-47.
97. Михайлин Ю.А. Волокнистые полимерные композиционные материалы в технике / Ю.А. Михайлин. - Научные основы и технологии, 2013. – 720с.
98. Лаврентьева Е.П. Разработки научных основ и технологий производства текстильных материалов новых структур для специальной одежды и средств индивидуальной защиты : Дис.... докт.техн. наук: 05.19.02 / Е.П. Лаврентьева. - Москва, 2016. – 889с.
99. Одинцова О.И., Кротова М.Н., Смирнова С.В. Основы текстильного материаловедения / О.И.Одинцова, М.Н.Кротова, С.В.Смирнова. – Иваново: Ивановский гос. хим.-технологический университет 2009. – 64с.
100. ГОСТ Р 56561-2015/ISO/TR 11827:2012 Материалы текстильные. Определение состава. Идентификация волокон. - М.: Стандартинформ, 2016. – 26с.
101. Ткани для спецодежды: характеристики и особенности [Электронный ресурс] / textiletrend.ru. - Режим доступа: <https://textiletrend.ru/pro-tkani/ispolzovanie/dlya-spetsodezhdyi.html>.
102. Смирнова Н.А. Выбор материалов для конкурентоспособной одежды с оптимальным сочетанием цены и качества / Н.А. Смирнова, В.С. Белгородский, Е.Я. Сурженко // Научное обозрение: Экономика и право. – 2012. – № 6. – С.165-172.
103. Фаткуллина Р.Р. Концепция информационной базы для выбора свойств полимерно-текстильных материалов в соответствии с ассортиментом изделий легкой промышленности / Р.Р. Фаткуллина, Д.Р. Зиятдинова, Л.Н. Абуталипова // Низкотемпературная плазма в процессах нанесения функциональных покрытий. – 2011. – Т.1. – № 2. – С.74-79.
104. Бондарева Е.В. Формирование рационального пакета одежды с учетом свойств прокладочных материалов / Е.В. Бондарева, С.А. Колесник, И.В. Черунова,

- Л.А. Осипенко // Альманах современной науки и образования. – 2010. – № 8. – С.47-49.
105. Kasturiya N. System design of cold weather protective clothing / N. Kasturiya, M.S. Subbulakshmi, S.C. Gupta, H. Raj // Defence Science Journal. – 1999. – Vol. 49. – No 5. – Pp. 457-464.
106. Сухинина А.В., Черунова И.В. Совершенствование методики проектирования одежды объемных форм / Труды международного симпозиума «Надежность и качество». – 2009. – Т.2. – С.210-211.
107. ГОСТ 11209-2014 Ткани для специальной одежды. Общие технические требования. Методы испытаний. - М.: Стандартинформ, 2015. –18с.
108. ГОСТ 20272-2014 Ткани подкладочные из химических нитей и пряжи. Общие технические условия. - М.: Стандартинформ, 2015. – 24с.
109. Фомченкова Л.Н. Современные материалы для рабочей и специальной одежды / Л.Н. Фомченкова // Текстильная промышленность. – 2004. – № 6. – С.32-37.
110. Фомченкова Л.Н. Современные материалы для спецодежды / Л.Н. Фомченкова // Текстильная промышленность. – 2002. – №7. – С.15-17.
111. Таточенко И.М. Исследование составов пакетов материалов / И.М. Таточенко // Технология текстильной промышленности. – 2000. – №5. – С.3-8.
112. Ватин: описание материала, свойства, достоинства и недостатки [Электронный ресурс] / textile.life. - Режим доступа: <https://textile.life/fabrics/types/vatin-opisanie-materiala-svojtva-dostoinstva-i-nedostatki.html>.
113. ООО "Ивановский Ватин". Фабрика по производству нетканых натуральных и синтетических полотен [Электронный ресурс] / ivvatin.ru. - Режим доступа: <http://ivvatin.ru/>.
114. ТД «Текстиль». Ткани и материалы для защитной спецодежды. Производство и поставка. Шерстон. [Электронный ресурс] / td-textile.ru. - Режим доступа: https://www.td-textile.ru/catalog/gas_utepliteli/sherston/.

115. Продукция компании синтепон. [Электронный ресурс] cinterpon.ru. - Режим доступа:
<http://www.cinterpon.ru/%d0%bf%d1%80%d0%be%d0%b4%d1%83%d0%ba%d1%86%d0%b8%d1%8f/>.
116. Все о подборе мужской спец одежды [Электронный ресурс] / fufayka.net. - Режим доступа: <http://fufayka.net/odezhda-i-obuv/rabochaya/zimnyaya-muzhskaya.html>.
117. Швейное производство. Теплофизические свойства [Электронный ресурс] / msd.com.ua. - Режим доступа: <http://msd.com.ua/shvejnoe-proizvodstvo/teplofizicheskie-svoystva-5>.
118. Специальные ткани [Электронный ресурс] / wearpro.ru. - Режим доступа: <http://wearpro.ru/spectkani/utepliteli.html>.
119. Shelter® - Утеплитель профессионалов [Электронный ресурс] / thinsulate3m. - Режим доступа: <https://wesmir.com/katalog/shelter/>.
120. Тенсулейт [Электронный ресурс] / thinsulate3m. - Режим доступа: <https://thinsulate3m.com/>.
121. Тертекс [Электронный ресурс] / tertex.ru. - Режим доступа: <http://tertex.ru/products>.
122. Наполнитель Термофайбер - свойства и применение [Электронный ресурс] / roshimvolokno.ru. - Режим доступа: <https://www.roshimvolokno.ru/articles/termofiber.php>.
123. Справочник по материалам и утеплителям [Электронный ресурс] / kids.to-var.com. - Режим доступа: <http://kids.to-var.com/zimnyaya-odezhda/251-materialu-tkani-utepliteli>.
124. Изософт – утеплитель нового поколения [Электронный ресурс] / redfox.ru. - Режим доступа: http://www.redfox.ru/catalog/material_tehnology/isosoft/.
125. Утеплитель для одежды термолajt [Электронный ресурс] / wearpro.ru. - Режим доступа: <http://wearpro.ru/spectkani/uteplitel-dlya-odezhdy-termolajt>.

126. Холлофайбер. Виды продукции [Электронный ресурс] / hollowfiber.ru. - Режим доступа: <https://hollowfiber.ru/main/materialyi/sekcziya-1/obshhaya-informacziya>.
127. Valterm Research & Development Centre. Швейники выбирают утеплители [Электронный ресурс] / rustm.net. - Режим доступа: <http://rustm.net/catalog/article/490.html>.
128. Данилин В.Н. Физическая химия тепловых аккумуляторов / В.Н. Данилин. - Краснодар: Издательство КПИ, 1981. – 91с.
129. Данилин В.Н. Теплоаккумулирующие материалы на основе высокомолекулярных соединений / В.Н. Далинин, С.Г. Шабалина // Физико-химический анализ свойств многокомпонентных систем. – 2003. – 6с. - Режим доступа: <https://fh.kubstu.ru/fams/issues/issue01/st0107.pdf>.
130. Ильин Р.А. Классификация теплоаккумулирующих материалов / Р.А. Ильин, В.Ю. Хромых // Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции «Перспективы развития технических наук». – Челябинск. - 2014. – С.18.
131. Боровская Л.В. Применение природных и синтетических восков в качестве теплоаккумулирующих материалов / Л.В. Боровская, С.Г. Шабалина, В.Н. Данилин // Физико-химический анализ свойств многокомпонентных систем. – 2003. – №1. – С.4.
132. Бабаев Б.Д., Данилин В.Н. Энергоаккумулирующие установки / Б.Д.Бабаева, В.Н.Данилин . - Махачкала: ИПЦ ДГУ, 2002 – 199с.
133. Рёсснер Ф. Применение микрокапсулированных теплоаккумулирующих материалов с фазовым переходом в строительстве / Ф. Рёсснер, О.Б. Рудаков, Ю.С. Альбинская, Е.А. Иванова, В.Т. Перцев // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. – 2012. – С.64-70.
134. Доценко С.П. Теплоаккумулирующие свойства n-парафинов, жирных кислот и многокомпонентных систем на их основе / С.П. Доценко, А.В.

- Марцинковский, В.Н. Данилин // Физико-химический анализ свойств многокомпонентных систем. – 2003. – №1. – 12с. – Режим доступа: <https://fh.kubstu.ru/fams/issues/issue01/st0103.pdf>.
135. Бринк И.Ю. Исследование свойств теплоаккумулирующих материалов для разработки специальной одежды / И.Ю. Бринк, Е.О. Лебедева, В.В. Горчаков, Д.Н. Сорокина // Швейная промышленность. – 2011. – №3. – С.32-34.
136. Гребенкин В.С. Человек и холод. – М. : Современный гуманитарный университет, 2001. – 70с.
137. Пат. RU 2239647 С1 Российская Федерация, МПК С09К 5/06 (2000-01-01) Композиция для теплоаккумулирующих материалов / А.А. Донской, М.А. Шашкина, В.А. Евсеева, Е.В. Меркушова; заявитель и патентообладатель: Федеральное государственное унитарное предприятие научно-исследовательский институт авиационных материалов, № 2002132276/04, заявл. 03.12.2002, опубл. 10.11.2004, Бюл. № 3.
138. Пат. RU 2190656 С1 Российская Федерация, МПК С08L 23/16 Теплозащитный материал / В.Ф. Каблов, О.М. Новопольцева, Н.А. Кейбал, В.Г. Кочетков, А.Г. Лапина; заявитель и патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Волгоградский государственный технический университет" (ВолГТУ), 2016110365, заявл. 21.03.2016, опубл. 12.04.2017, Бюл. № 17.
139. Александров В.Д. Теплофизические свойства фазопереходных теплоаккумулирующих материалов, применяемых в строительстве / В.Д. Александров, О.В. Соболев, О.В. Александрова, А.Ю. Соболев, Е.А. Покинтелица, Д.П. Лойко, Ш.К. Амерханова // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры: Современные строительные материалы. – 2016. – №81(117). – С.5-13.

140. Сафаров Б.Ж. Зависимость структурно-механических характеристик парафинов от температуры / Б.Ж. Сафаров, А.А. Хаитов, М.З. Комилов // Молодой ученый. – 2015. – №4(84). – С.258-261.
141. Климова Н.А. Прогнозирование свойств терморегулирующих материалов и проектирование пакетов теплозащитных изделий : Дис.... канд. техн. наук: 05.19.01/ Н.А.Климова . - Москва: РГУ им А.Н.Косыгина, 2021 – 202с.
142. Корчагина О.А., Однолько В.Г. Теплоизоляционные материалы. Метод. Указания – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. – 32с.
143. Кудринский С.В. Разработка методов оценки показателей безопасности и качества тканей для специальной одежды работников нефтяных комплексов в условиях морских шельфов : Дис.... канд. техн. наук: 05.19.01 / С.В.Кудринский . - Москва: РГУ им А.Н.Косыгина, 2018 – 165с.
144. Черунова И.В. Исследования влияния морской соли на эксплуатационные свойства материалов для одежды / И.В. Черунова, А.М. Коринтели // Сб-к трудов Всероссийской научно-практической конференции «Научная весна – 2016». – 2016. – С.261-264.
145. Лебедева Е.О. Исследование изменения структуры текстильных материалов для специальной одежды в результате воздействия морской соли / Е.О. Лебедева // Швейная промышленность. – 2013. – №5. – С.31-33.
146. Королева Л.А. Моделирование процессов интеллектуальной информационной системы «Художественное проектирование» в рамках интегрированной САПР одежды / Л.А. Королева, О.В. Панюшкина, А.В. Подшивалова, К.О. Шевчук // Фундаментальные исследования. – 2014. –№ 9 (часть 1). – С. 18-23.
147. Стефанова Е.Б. Алгоритм автоматизации формирования пакетов материалов для одежды, устойчивой к промерзанию / Е.Б. Стефанова, М.П. Стенькина, И.В. Черунова // Современные материалы, техника и технология Сборник научных статей 9-й Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 275-280.

148. Гетманцева В.В. Научные основы интеллектуализации виртуального проектирования конструкции и технологии изготовления одежды : Дис.... докт.техн. наук: 05.19.04 / В.В.Гетманцева // Москва: РГУ им А.Н.Косыгина, 2021. – 476с.
149. Мэнна ГО. Разработка технологии виртуального проектирования одежды с элементами симуляции комфортности : автореф. дис.... канд. биол. наук: 05.19.04/ ГО Мэнна - Иваново: ИвГПУ, 2015. – 22с.
150. Тунгусова Н.А. Методика автоматизированного расчета конструктивных прибавок на основе геометрического моделирования тела человека и теплозащитной одежды / Н.А. Тунгусова // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. – 2008. – №2. – С.191-196.
151. Черунова И.В. Аспекты развития математического обеспечения в системах автоматизированного проектирования одежды / И.В. Черунова, Ю.А. Довыдова // Сборник статей II Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в науке и образовании». – 2017. – С.72-76.
152. Подшивалова А.В. Совершенствование автоматизированного проектирования одежды на основе интеллектуализации процесса конфекционирования материалов : Дис.... канд. техн. наук: 05.19.04 / А.В.Подшивалова. - Владивосток, 2011. – 222 с.
153. Коваленко Р.В. Трехмерная визуализация объектов проектирования в САПР одежды / Р.В. Коваленко, Ю.А. Коваленко // Современные инженерные проблемы в производстве товаров народного потребления. – 2019. – 5с.
154. САПР GRAFIS [Электронный ресурс] / cadrus.ru. – Режим доступа: <http://www.cadrus.ru/cad/advantages/>.
155. Ассоль [Электронный ресурс] / assol.org. – Режим доступа: http://assol.org/programmnye_produkty/po_dlya_proektirovaniya_odezhdy.
156. Лeko [Электронный ресурс] / vsetop.com. – Режим доступа: <http://vsetop.com/software/493-leko.html>

157. САПР Грация [Электронный ресурс] / saprgrazia.com. – Режим доступа: <http://www.saprgrazia.com/>
158. СТАРПРИМ [Электронный ресурс] / sama.spb.ru. – Режим доступа: <http://sama.spb.ru/staprim-trekhmernoe-proektirovanie/>
159. Реликт [Электронный ресурс] / software4pc.ru. – Режим доступа: http://www.software4pc.ru/download/relic_83009.
160. Тятенкова Н.Н. Экология человека. Часть 2. Методы оценки физического здоровья: метод. указания / Н.Н.Тятенкова. - Ярославль: ЯрГУ, 2005. – 40 с.
161. Эргономика / Под ред. проф. В.В. Адамчука . – М.: UNITY, 1999. – 233с.
162. Пискозуб В.С., Черунова И.В. Мобильные средства мониторинга биофизического напряжения человека / В.С.Пискозуб, И.В.Черунова // X Международная студенческая конференция «Студенческий научный форум» - 2018.– 6с. – Режим доступа: <https://scienceforum.ru/2018/article/2018004868>.
163. Пат. РФ №RU173655 U1 РФ, МПК В64 G 7/00 (2006.01) Имитатор космических условий на основе виртуальной реальности / О.К. Вавилов, Е.Л. Черняков; заявитель и патентообладатель: О.К. Вавилов, Е.Л. Черняков, 2017112786, заявл. 13.04.2017, опубл. 05.09.2017, Бюл. №25.
164. Пат. №RU169010 U1 РФ, А61В 5/0225 (2006.01) Устройство для измерения артериального давления в условиях двигательной активности человека / А.И. Фесенко, В.М. Строев; заявитель и патентообладатель: Тамбовский государственный технический университет" (ФГБОУ ВО "ТГТУ") , 2015151298, заявл. 30.11.2015, опубл. 01.03.2017, Бюл. №7.
165. Пат.№RU2629247 U1 РФ, G09 G3/14 Светодиодное устройство индикации / И.П. Боровой; заявитель и патентообладатель: И.П. Боровой, 2003113927/20, заявл. 06.05.2003, опубл. 20.09.2003.
166. Пат. RU 2380 074 С2 РФ, МПК А61Н 1/00(2006.01) Способ повышения психологической и физической активности / Е.В. Воронина; заявитель и патентообладатель: Е.В. Воронина, 2008105685/14, заявл. 14.02.2008, опубл. 27.01.2010.

167. Пат. RU 2 294 753 C1 РФ, МПК А61К 35/74(2006.01) А61Р 37/02(2006.01) А61Р 43/00(2006.01) Способ повышения физической работоспособности здорового человека / Л.М. Масыгунова, А.Б. Бакиров, О.С. Коган, И.Д. Рыбаков, Ю.Б. Пушкарева, А.Н. Попов, Ю.Б. Казарьян, В.В. Савельева; заявитель и патентообладатель: ФГУ науки "Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека" ФГУН УФ НИИ МТ ЭЧ Роспотребнадзора, 2005122798/14, заявл. 18.07.2005, опубл. 10.03.2007.
168. Пат. RU 2 468 086 C1 РФ, МПК C12Q 1/00 (2006.01), C12N 15/12 (2006.01), А61В 10/00 (2006.01) Способ выявления предрасположенности к длительным физическим нагрузкам / Т.П. Шкупат, Т.В. Вердуни, А.И. Бутенко, Т.В. Белик; заявитель и патентообладатель: Федеральное государственное автономное образовательное учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет», 2011137584/10, заявл. 12.09.2011, опубл. 27.11.12, Бюл. №33.
169. Пат. RU 140 166 U1 РФ, МПК А61В 5/16 (2006.01) Устройство для определения физической работоспособности человека / В.А. Орлов, Ю.М. Шпилевой, О.Б. Фетисов, И.А. Баранов, О.Е. Стрелков, В.В. Корытов, А.В. Ильин, Н.О. Стрелков, В.И. Баранов; заявитель и патентообладатель: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-производственное предприятие Навигатор здоровья», 2013158397/14, заявл. 27.12.2013, опубл. 27.04.2014, Бюл. №12.
170. Пат. RU 2 601 102 C РФ, МПК А61В10/00А61В5/16 Способ улучшения работоспособности человека / Д.П. Рыбаков; заявитель и патентообладатель: Д.П. Рыбаков, 2014153420/14, заявл. 25.12.2014, опубл. 27.10.2016, Бюл. №30.
171. Пат. RU 2 610 619 C2 РФ, МПК А61Н 39/06 (2006.01), H01L 35/28 (2006.01), G05D 23/22 (2006/01) Устройство для поддержания активной работоспособности человека / А.И. Грядун, В.В. Хоронжук; заявитель и патентообладатель: А.И. Грядун, В.В. Хоронжук, 22015112207, заявл. 06.04.2015, опубл. 14.02.2017, Бюл. №5.

172. Пат. RU 2 508 923 С1 РФ, А61М 16/12 (2006.01), А61G 10/00 (2006.01) Способ восстановления работоспособности человека после физических и психоэмоциональных нагрузок / А.И. Григорьев, В.И. Гришин, А.Т. Логунов, О.И. Орлов, Н.Б. Павлов, А.В. Суворов; заявитель и патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Государственный научный центр Российской Федерации Институт медико-биологических проблем. Российской академии наук, 2013107437/14, заявл. 20.03.2013, опубл. 10.03.2014, Бюл. №7.
173. Пат. RU 2 610 561 С2 РФ, МПК А61N 1/32 (2006.01), А61М 16/12 (2006.01), А61К 38/08 (2006.01), А61Р 43/00 (2006.01) Способ повышения работоспособности человека / В.А. Бухарин, А.Г. Левицкий, Г.С. Торшин, С.А. Цветков, Г.Я. Шестак; заявитель и патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное образование учреждение высшего профессионального образования «Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта, 2015126597, заявл. 02.07.2015, опубл. 13.02.2017, Бюл. №2.
174. Пат. RU 2 129 421 С1 РФ, МПК А61Н39/08 А61G10/02 А61М15/02 Способы повышения работоспособности человека / А.Н. Щетинин; заявитель и патентообладатель: А.Н. Щетинин, заявл. 29.08.1995, опубл. 27.04.1999.
175. Пат. RU 2 133 602 С1 Российская Федерация, МПК А61Н 11/00, 39/00 Устройство для повышения работоспособности человека "ипликатор кузнецова" / И.И. Кузнецов; заявитель и патентообладатель: И.И. Кузнецов, 97117010/14, заявл. 22.10.1997, опубл. 27.07.1999.
176. Пат. RU 2 354 282 С2, РФ, МПК А61В3/00 Способ оценки изменения уровня общей работоспособности человека / Ю.Н. Петров, Т.Е. Егорова, М.М. Седых; заявитель и патентообладатель: Ю.Н. Петров, Т.Е. Егорова, М.М. Седых, заявл. 24.05.2007, опубл. 10.05.2009.
177. Пат. RU 2 445 708 С2, РФ, МПК G08В 21/02 (2006.01) Способ обеспечения безопасности жизнедеятельности людей / В.В. Бутенко, А.П. Назаренко, В.К.

- Сарьян, А.Л. Шишкин, А.С. Лутохин, Н.А. Сущенко, Е.А. Ильевич, В.И. Травуш, С.Н. Трубицин; заявитель и патентообладатель: ФГУ Научно-исследовательский институт Радио, 2009130733/08, заявл. 12.08.2009, опубл. 20.03.2012, Бюл. №8.
178. Пат. RU 2 204 998 С2, РФ, МПК А61К31/02 Способ повышения работоспособности организма / Ю.Ю. Стойлов; заявитель и патентообладатель: Ю.Ю. Стойлов, заявл. 16.02.2001, опубл. 27.05.2003.
179. Пат. RU 94 005 924 А1, РФ, МПК А61В 5/16(1995.01) Способ и устройство для экспресс-оценки функционального состояния цнс и прогнозирования работоспособности человека-оператора в производственных условиях при экологически неблагоприятных воздействиях и реабилитации после травм и заболеваний / М.П. Мороз А.В. Захаров; заявитель и патентообладатель: Научно-исследовательский институт военной медицины МО РФ, 94005924/14, заявл. 15.02.1994, опубл. 10.08.1996.
180. Пат. RU 94 004 706 А1, РФ, МПК А61В 5/02(1995.01), А61В 5/091(1995.01) Способ оценки физической работоспособности больных ишемической болезнью сердца, перенесших операцию аортокоронарного шунтирования / В.М. Ключев, В.Н. Яковлев, А.М. Щегольков, Э.А. Вирс, А.К. Огнев; заявитель и патентообладатель: Центральный военный клинический госпиталь, 94004706/14, заявл. 18.02.1994, опубл. 20.05.1996.
181. Пат. RU 94 037 994 А1, РФ, МПК А61В 6/00(1995.01) Способ оценки физической кондиции человека / Ю.Н.Вавилов, К.Ю. Вавилов; заявитель и патентообладатель: Челябинский государственный технический университет, 94037994/14, заявл. 07.10.1994, опубл. 20.09.1996.
182. Пат. RU 168584 U1, РФ, МПК А61В 5/11 (2006.01) Устройство для регистрации двигательной активности человека / А.В. Горбунов, А.С. Егоров, С.А. Егоров; заявитель и патентообладатель: А.В. Горбунов, А.С. Егоров, С.А. Егоров, 2016100377, заявл. 11.01.2016, опубл. 09.02.2017, Бюл. №4.

183. ГОСТ Р 15.011-96 Система разработки и постановки продукции на производство. Патентные исследования. Содержание и порядок проведения. - М.: Стандартиформ, 2010. – 18с.
184. Глебова Е.В. Производственная санитария и гигиена труда / Е.В.Глебова. – М.: Высшая школа, 2005. – 383с.
185. Психология труда / Под ред. А.В. Карпова. – М.: Владос-Пресс, 2003. – 352 с.
186. Определение физической работоспособности [Электронный ресурс] / studylib.ru. – Режим доступа: <https://studylib.ru/doc/534374/opredelenie-fizicheskoj-rabotosposobnosti-podgotovleno-doc>.
187. Черунова И.В. Разработка методики эргономической оценки двигательного режима человека в утеплённой одежде / В.С. Пискозуб, И.В. Черунова // Сборник научных статей 5-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. - Курск. - – 2018. – С.281-287.
188. Агрегатное состояние воды и фазовые переходы [Электронный ресурс] / infopedia.su. – Режим доступа: <https://infopedia.su/13x6816.html>
189. Лавров В.В. Деформация и прочность льда / В.В. Лавров и др. - Л.: Гидрометеизд, 1969. – 206с.
190. Меликов Е.Х. Метод определения теплофизических свойств материалов одежды для Севера / Е.Х. Меликов, Л.Н. Расторгуева, А.В. Стерликов // Швейная промышленность. – 1998. – №6. – 20с.
191. Кирюхин С. М., Шустов Ю.С. Текстильное мате Шустолвриаловедение / С.М.Кирюхин, Ю.С.Шустов. - М.: КолосС, 2011. – 360с.
192. МР 2.2.7.2129-06. 2.2.7. Физиология труда и эргономика. и в неотапливаемых помещениях. Методические рекомендации". – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2006. – 18с.
193. Пат. RU 2194264 С1 РФ, МПК G01N 3/00 Машина испытательная разрывная / А.Ф. Кравченко, А.И. Бугаец, С.М. Чиликов, Е.Н. Потаенко; заявитель и

- патентообладатель: А.Ф. Кравченко, А.И. Бугаец, С.М. Чиликов, Е.Н. Потаенко, заявл. 19.03.2001, опубл. 10.12.2002.
194. Пат. RU 2 304 274 С1 РФ, МПК G01N 3/00 (2006.01) Разрывная машина / В.И. Водопьянов, О.В. Кондратьев, А.И. Горуннов, С.Б. Гаманюк; заявитель и патентообладатель: Государственное общеобразовательное учреждение высшего профессионального образования Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ), № 2006105590/28, заявл. 22.02.2006, опубл. 10.08.2007. Бюл. № 22.
195. Пат. RU 53 444 U1 РФ, МПК G01N (2006.01) Машина разрывная учебная / С.К. Сергеев, Ю.С. Песоцкий, В.Г. Троян, Б.В. Букеткин; заявитель и патентообладатель: Федеральное государственное унитарное предприятие "Российское научно-производственное объединение "Росучприбор", 2005128467/22, заявл. 12.09.2005, опубл. 10.05.2006. Бюл. №22.
196. ТОЧМАШПРИБОР РТ-250М-2 Машина для определения разрывного усилия и удлинения образцов [Электронный ресурс] / tochmashpribor.nt-rt.ru. – Режим доступа: <https://tochmashpribor.nt-rt.ru/price/product/234752>.
197. ГОСТ 3813-72 (ИСО 5081-77, ИСО 5082-82) Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия. Методы определения разрывных характеристик при растяжении. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 26с.
198. Стефанова Е.Б. Техническое обеспечение исследований разрывных характеристик охлажденных текстильных материалов для одежды / Е.Б. Стефанова, И.В. Черунова, С.Ш. Ташпулатов // Костюмология. – 2020. – Т.5.№ 1. – С.19. – Режим доступа: <https://kostumologiya.ru/PDF/23TLKL120.pdf>.
199. Пат. RU 2 694 111 С1 РФ, МПК G01N 3/04 (2006.01). Экспериментальная установка для исследования охлажденных текстильных материалов / Е.Б. Стефанова, И.В. Черунова, М.П. Стенькина, П.В. Черунов, А.М. Коринтели; заявитель и патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской

- государственный технический университет» (ДГТУ) (RU), № 2018124909, заявл. 06.07.2018, опубл. 09.07.2019, Бюл. № 19.
200. Назарова М.В. Исследование технологического режима выработки хлопчатобумажной ткани с целью получения ткани с максимальной стойкостью к истиранию / М.В. Назарова, Т.Л. Фефелова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – №11-5. – С.737-740.
201. ГОСТ 18976-73 Ткани текстильные. Метод определения стойкости к истиранию. - М.: Издательство стандартов, 1985. – 5с.
202. Применение полного факторного эксперимента при проведении исследований: метод. указания / сост. А.Н.Гайдадин, С.А.Ефремова. - Волгоград: ВолгГТУ, 2008. – 16 с.
203. Ребро И.В. Прикладная математическая статистика для технических специальностей: учеб. пособие / И.В. Ребро, В.А. Носенко, Н.Н. Короткова. - Волгоград: ИУНЯ ВолгГТУ, 2011. – 149 с.
204. ГОСТ 6309-93. Нитки швейные хлопчатобумажные и синтетические. - М.: Изд-во стандартов, 1995. – 24 с.
205. Швейные нитки [Электронный ресурс] / liveinternet.ru. - Режим доступа: <https://www.liveinternet.ru/users/5592124/post381056955>
206. Белова И.Ю. Справочник «Швейные нитки» / И.Ю. Белова, А.С. Каневский, А.М.Чельшев // Библиотека швейной промышленности. – 2005. – 45 с.
207. ГОСТ Р 53019-2008 Нитки швейные для изделий технического и специального назначения. - М.: Стандартиформ, 2009. – 15с.
208. Технические характеристики «Электросолемер ГМ-2007» [Электронный ресурс]: / [laborkomplekt.ru](http://www.laborkomplekt.ru). - Режим доступа: <http://www.laborkomplekt.ru/?page=7&sid=4&srid=248&iid=7916>.
209. ГОСТ 29122-91 Средства индивидуальной защиты. Требования к стежкам, строчкам и швам. - М.: Издательство стандартов, 1992. – 23с.

210. ГОСТ 28073-89 Методы определения разрывной нагрузки, удлинения ниточных швов, раздвигаемости нитей ткани в швах. - М.: Издательство стандартов, 1989. – 11с.
211. Общие сведения и свойства фторопласта ФТОРОПЛАСТ-4 (Ф-4) – [Электронный ресурс] / formoplast-spb.ru. - Режим доступа: <https://www.formoplast-spb.ru/info-f4/>.
212. Фандеев В.П. Методы исследования пористых структур / В.П. Фандеев, К.С. Самохина // Наукоедение. – 2015. – Т.7(№4). – Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/34TVN415.pdf>
213. Соловьев Е.М., Несиоловская Т.Н., Кузнецова И.А. Получение волокнистых наполнителей резин и пути улучшения их свойств: Тематический обзор.- М.:ЦНИИТЭнефтехим,1986. – 50с.
214. Дифракционный метод компьютерного контроля параметров волокнистых материалов по микроизображениям их поверхности [Электронный ресурс] / esa-conference.ru. - Режим доступа: <https://esa-conference.ru/wp-content/uploads/files/pdf/SHlyahtenko-Pavel-Grigorevich.pdf>.
215. Цифровой оптический микроскоп VHX5000 Keyence [Электронный ресурс] / sernia.ru. - Режим доступа: https://sernia.ru/catalog/tsifrovoye_mikroskopy_keyence/tsifrovoy_opticheskiy_mikroskop_vhx5000_keyence/.
216. Стефанова Е.Б. Исследование микроструктуры волокнистых материалов для поликомпонентных функциональных утеплителей / И.В. Черунова, Е.В. Румянцев, Е.Б. Стефанова, С.Ш. Ташпулатов, З.А. Сабирова, З.М. Ахмедова // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2020. – 389(5). – С.39–45.
217. ГОСТ 15902.2-2003 (ИСО 9073-2:1995) Полотна нетканые. Методы определения структурных характеристик. - М.: АО "Кодекс. – 20с.

218. ГОСТ 3811-72. Материалы текстильные. Ткани, нетканые полотна и штучные изделия. Методы определения линейных размеров, линейной и поверхностной плотностей. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. - 30с.
219. Ресурсный центр коллективного пользования (РЦКП) НОЦ "Материалы" Донского государственного технического университета [Электронный ресурс] / nano.donstu.ru. - Режим доступа: <https://nano.donstu.ru/>
220. ГОСТ 12023-2003 (ИСО 5084:1996) Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения толщины. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. – 27с.
221. Cherunova I. Influence of structure and composition of the fibrous materials on the performance characteristics of thermal protection structures with combined functions / I. Cherunova, L. Osipenko, M. Stenkina // Solid State Phenomena. – 2018. – №284. – Pp.65-70. – Режим доступа: [10.4028/www.scientific.net/SSP.284.65](https://www.scientific.net/SSP.284.65).
222. ГОСТ 7076-99 Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме. - М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2000. – 27с.
223. ТЕМП 3.3. [Электронный ресурс] / interpribor.ru. - Режим доступа: <https://www.interpribor.ru/the-determination-of-heat-flow-temp-3.3>
224. ГОСТ 12997-84 Изделия ГСП. Общие технические условия. - М.: ИПК Издательство стандартов, 1997. – 31с.
225. Стефанова Е.Б. Исследование системы «Снег-лёд-одежда» в аспекте совершенствования эксплуатационных свойств швейных изделий / Е.Б. Стефанова, И.В. Черунова // В сборнике: Научная весна - 2016. – Шахты, ИСОиП (ф-л) ДГТУ в г.Шахты. – 2016. – С.277-281.
226. ГОСТ Р 57632-2017 Материалы нетканые для специальной одежды. Утеплители. Технические требования. Методы испытаний. - М.: Стандартинформ, 2017. – 20с.

227. Численное моделирование возникновения и развития снежной метели при помощи модели WRF-ARW [Электронный ресурс] / method.meteorf.ru. - Режим доступа: <http://method.meteorf.ru/publ/tr/tr353/bich.pdf>
228. Практикум по технологии изделий из кожи / Сост. В. Л. Раяцкас, Э. Э. Торнау, Р. В. Баркаускас и др. // Под ред. В.Л. Раяцкаса. - М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1981. – 279с.
229. Аналитическая геометрия - Канатников А.Н., Крищенко А.П. Москва: Издательство МГТУ им. Баумана, 2000. – 388с.
230. ГОСТ 162-90 Штангенглубиномеры. - М.: Издательство стандартов, 1990 – 10с.
231. Методы математического моделирования и вычислительной диагностики / Под ред. А.Н. Тихонова, А.А. Самарского. – М.: Мир, 1990. – 290с.
232. Умняков П.Н. Разработка методов расчета и прогнозирование теплового комфорта в производственных помещениях швейных предприятий с учетом теплофизических свойств пакетов одежды : Дис.... докт.техн. наук: 05.19.04, 05.26.01 . - Москва, 1989. – 346.
233. Калинин Э.К. Методы расчета сопряженных задач теплообмена / Э.К. Калинин, Г.А. Дрейцер, В.В. Костюк, И.И. Берлин // М.: Машиностроение. – 1985. – 232с.
234. Задиорский В.М. Биомеханика двигательного аппарата человека / В.М. Задиорская, А.С. Аруин, В.Н. Селяунов // М.: Физкультура и спорт. – 1981. – 143с.
235. Трякин А. А., Бесова Н. С., Волков Н. М., Гладков О. А., Карасева В. В., Сакаева Д. Д. Практические рекомендации по общим принципам проведения противоопухолевой лекарственной терапии. Злокачественные опухоли / А. А. Трякин, Н. С. Бесова, Н. М. Волков, О. А. Гладков, В. В. Карасева, Д. Д. Сакаева // Практические рекомендации RUSSCO. – 2020. – Т.13.№01. –С.26-39.
236. ГОСТ Р ИСО 13731-2016 Эргономика термальной среды. Термины, определения и обозначения. - М.: Стандартинформ, 2019. – 28с.

237. ГОСТ 31396-2009 Классификация типовых фигур женщин по ростам, размерам и полнотным группам для проектирования одежды. - М.: Стандартиформ, 2011. –21с.
238. МУК 4.3.1895-04 Оценка теплового состояния человека с целью обоснования гигиенических требований к микроклимату рабочих мест и мерам профилактики охлаждения и перегревания: Методические указания. - М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 20с.
239. Кудрявцев В.И. Расчет оптимального распределения пакета утеплителя в одежде для защиты от холода / В.И. Кудрявцев // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ №2003610587. – 1с.
240. Жданова Т.А. Основы алгоритмизации и программирования / Т.А. Жданова, Ю.С. Бузыкова. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос.ун-та, 2011. – 56 с.
241. Lukyanova E. Development and study of the structure and properties of a composite textile material with encapsulated heat-preserving components for heat-protective clothing / I. Cherunova, N. Kornev, E. Lukyanova. V. Varavka // Applied Sciences. – 2021. –11(11). – P.5247. = Режим доступа: <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/11/5247> (15/12)
242. Модные женские пуховики 2021-2022 [Электронный ресурс] / kleo.ru. – Режим доступа: <https://www.kleo.ru/items/fashion/modnye-zhenskie-puhoviki-20212022.shtml>.
243. Женские куртки 2022 [Электронный ресурс] / newwoman.ru. – Режим доступа: <https://www.newwoman.ru/letter.php?id=8591>.
244. Костюмы утепленные из антистатической ткани с МВО свойствами [Электронный ресурс] / tuc.ru. – Режим доступа: http://tuc.ru/katalog/zimnyaya_specodezhda/kostyummy_uteplennye_iz_antistaticheskoy_tkani_s_mvo_svoystvami/gp_022ub_pion/.
245. Женские куртки осень-зима 2021-2022 [Электронный ресурс] / kp.ru, – Режим доступа: <https://mycrazystars.ru/modnyekurtki-2021-2022-foto-samyh-trendovyh-modelej.html>.

246. Ассортимент женской теплозащитной одежды [Электронный ресурс] / columbia.ru. – Режим доступа: <https://columbia.ru/catalog/zhenschinam>.
247. ГОСТ 22249-82 Иглы к швейным машинам. - М.: ИПК Издательство стандартов, 1997. – 56с.
248. Психология труда / Под ред. А.В. Карпова. – М.: Владос-Пресс, 2003. – 352с.
249. Определение физической работоспособности [Электронный ресурс] / studylib.ru. – Режим доступа: <https://studylib.ru/doc/534374/opredelenie-fizicheskoy-rabotosposobnosti-podgotovleno-doc>.
250. Пат. RU 190 542 U1 Российская Федерация, МПК А41D 13/00 (2006.01). Теплозащитный костюм с функцией управления безопасным режимом физической работы / И.В. Черунова, В.С. Пискозуб, Я.О. Выпрягаева, В.С. Пашков, Е.Б. Стефанова, А.М. Коринтели, П.В. Черунов, Ю.А. Давыдова, А.А. Ковалева; заявитель и патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ) (RU), № 2018138724, заявл. 01.11.2018, опубл. 03.07.2019, Бюл. № 19.
251. ГОСТ 12.4.061-88. Система стандартов безопасности труда. Метод определения работоспособности человека в средствах индивидуальной защиты. - М.: ИПК Изд-во стандартов, 2001. – 56с.
252. New EU Arctic Strategy. European Union External Action. [Электронный ресурс] / eeas.europa.eu. - Режим доступа: https://eeas.europa.eu/headquarters/headquarters-homepage/105777/new-eu-arctic-strategy_en.
253. Arctic sea ice extent. National snow and ice data center [Электронный ресурс] / nsidc.org. - Режим доступа: <http://nsidc.org/arcticseaicenews/>.
254. Forbes B.C. Arctic climate change discourse: the contrasting politics of research agendas in the West and Russia / B.C. Forbes, F. Stammer // Polar Research 28, 2009. – Pp. 28-42.

255. Solomon S. Climate change 2007. The physical science basis / S.Solomon, D.Qin, M.Manning, Z.Chen, M.Marquis, K.Averyt, M.M.B.Tignor, H.L. Jr.Miller // Cambridge: Cambridge University Press, 2007. – 45p.
256. GISS surface temperature analysis / GISS (Goddard Institute for Space Studies) [Электронный ресурс] / data.giss.nasa.gov. – Режим доступа. - <http://data.giss.nasa.gov/gistemp/maps/>.
257. Stephen G. Snow Depth on Arctic Sea Ice / G.Stephen, I.G.Warren, N.Untertener, V.F.Radionov, N.N.Brzazgin,, Y.I.Aleksandrov, R.Colony // JOURNAL OF CLIMATE. – 1999. –V.12. – Pp.1814-1829.
258. Rigor I.G. Variations in surface air temperature observations in the arctic / I.G.Rigor, L.C.Roger, S.Martin // Journal of climate. – 2000. – V.13. – Pp. 896-913.
259. Parsons K.C. Human Thermal Environments / K.C. Parsons . — London, New York:Taylor & Francis Group, 2021. – 560p.
260. Tikuisis P. Martineau Comparison of thermoregulatory responses between men and women immersed in cold water / P. Tikuisis, I. Jacobs, D. Moroz, A. L. Vallerand // Journal of applied physiology. – 2000. – Pp.1403–1411.
261. Leonard W.R. Measuring human energy expenditure and metabolic function: Basic principles and methods Article in Journal of anthropological sciences / W.R. Leonard // Journal of Anthropological Science. – 2010. – №88. – Pp. 221-230.
262. CEN EN 342 Protective clothing - Ensembles and garments for protection against cold [Электронный ресурс] / docs.cntd.ru. - Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/552380848>.
263. EN 343 + A 1 (2008) Protective clothing – Protection against foul weather [Электронный ресурс] / docs.cntd.ru. - Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/461995512>.
264. Mäkinen H. Cold-protective clothing: types, design and standards / H.Mäkinen, K.Jussila // Protective clothing protective clothing. managing thermal stress woodhead publishing series in textiles. – 2014. – Pp.3-38.

265. ISO 11079:2007 Ergonomics of the thermal environment - Determination and interpretation of cold stress when using required clothing insulation (IREQ) and local cooling effects [Электронный ресурс] / iso.org. - Режим доступа: <https://www.iso.org/standard/38900.html>.
266. Stolwijk J.R. A mathematical model of physiological temperature regulation in man / J.R. Stolwijk // Washington: nat. aeronaut and space admin. – 1971. – 77p.
267. Wissler E.H. A mathematical model of the human thermal system / E.H.Wissler // Bulletin of mathematical biophysics. – 1964. – vol. 26. – Pp.147-166.
268. Havenith G. Personal factors in thermal comfort assessment: clothing properties and metabolic heat production / G. Havenith, I. Holmér, K. Parsons // Energy and buildings. – 2000. – 34(6). – Pp.581-591.
269. Havenith G. A database of static clothing thermal insulation and vapor permeability values of non-Western ensembles for use in ASHRAE standard 55 / G. Havenith, K. Kuklane, J. Fan, S. Hodder, Y. Ouzzahra, K. Lundgren // Ashrae trans. –2015. – 121(1). – Pp. 197-215.
270. Falk S. Vogdt Fanger's model of thermal comfort: a model suitable just for men? / S. Falk, U. Frank // Energy Procedia. –2017. – Pp.129-134.
271. Bontoux L. Textiles and clothing manufacturing: vision for 2025 and actions needed. / L. Bontoux, P. Boucher, F. Scapolo // Luxembourg: Publications Office of the European Union. – 2017. – 42с. – Режим доступа: <https://core.ac.uk/download/pdf/84886847.pdf>.
272. Sakthivel S. Thermal conductivity of Non-Woven materials using reclaimed fibres / S. Sakthivel, T. Ramachandran // International Journal of Engineering Research and Applications. – 2012. – Vol. 2. – Issue 3. – Pp.2983-2987.
273. AXIOTHERM® PCM [Электронный ресурс] axiotherm.de. - Режим доступа: <https://www.axiotherm.de/en/produkte/axiotherm-pcm/>.
274. BASF to divest its Micronal® PCM business to Microtek Laboratories [Электронный ресурс] / maisonpassive.be. - Режим доступа: https://www.maisonpassive.be/IMG/pdf/Micronal_EN.pdf.

275. PureTemp [Электронный ресурс] / puretemp.com. - Режим доступа: <http://www.puretemp.com/how-puretemp-works>.
276. An Trana N.H. New fibers from PCM using the conventional melt spinning process / N.H. An Trana, M. Kirstena, Ch. Cherif // AIP Conference Proceedings 2055, 060002. – 2019. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1063/1.5084834> .
277. Phase Change Materials (Phasenwechselmaterial): Gütesicherung Quality Assurance RAL-GZ [Электронный ресурс] / pcm-ral.org. - Режим доступа: https://www.pcm-ral.org/pdf/RAL_GZ_896_Phase_Change_Material_Edition_March_2018.pdf.
278. Axiotherm GmbH [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.pcm-ral.org/pcm/en/members/axiotherm-gmbh/>.
279. CrodaTherm microencapsulated wax [Электронный ресурс] / crodatherm.com. - Режим доступа: <https://www.crodatherm.com/en-gb/products-and-applications/crodatherm-microencapsulated-wax>.
280. Hangzhou ruhr new material technology co., ltd. ('RuhrTech') [Электронный ресурс] / ruhrtech.com. - Режим доступа: <http://www.ruhrtech.com/#3>.
281. Shanghai cloud chemical industry [Электронный ресурс] / cloudchem.com. - Режим доступа: <https://www.cloudchem.com.cn/>.
282. Schoeller®-PCM [Электронный ресурс] / schoeller-textiles.com. - Режим доступа: <https://www.schoeller-textiles.com/en/technologies/schoeller-pcm>
283. Comfortemp® Thermal Insulation [Электронный ресурс] / apparel.freudenberg-pm.com. - Режим доступа: <https://apparel.freudenberg-pm.com/products/Comfortemp>.
284. Outlast® textiles [Электронный ресурс] / outlast.com. - Режим доступа: <https://www.outlast.com/>.
285. HI-RES_thermocules_fiber [Электронный ресурс] / outlast.com. - Режим доступа: http://www.outlast.com/fileadmin/user_upload/media/HI-RES_thermocules_fiber_sw.jpg.

286. Cherunova, I. Development of automation algorithm for step of designing technology of static electricity protection clothing / I. Cherunova, S. Tashpulatov, A. Merkulova // International Russian Automation Conference “RusAutoCon”. – 2018. – Режим доступ: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8501821>.
287. Cherunova, I. Automation of deformed fibrous materials thermal characteristics accounting process in garments production / I. Cherunova, , S. Tashpulatov, S. Kolesnik, // International Russian Automation Conference “RusAutoCon”. – 2018. – Режим доступа: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8501795>.
288. Comtense [Электронный ресурс] / comtense.ru. – Режим доступа: <http://www.comtense.ru/soft/soft.php?page=1>.
289. GERBER [Электронный ресурс] / avrki.ru. – Режим доступа: http://www.avrki.ru/articles/content/gerber_for_china/.
290. Investronica [Электронный ресурс] / perevalov.ru. – Режим доступа: <http://www.perevalov.ru/sapr/software/adapter/>.
291. Julivi [Электронный ресурс] / julivi.com. – Режим доступа: <http://julivi.com/о-компании.html>
292. Lectra [Электронный ресурс] / promebelclub.ru. – Режим доступа: <http://promebelclub.ru/forum/showthread.php?t=525>
293. NOVO-CUT [Электронный ресурс] / novocut.de. – Режим доступа: <http://www.novocut.de/>.
294. Eleander – CAD [Электронный ресурс] / life-prog.ru. – Режим доступа: http://life-prog.ru/2_72137_Eleandr.html.
295. VICON PRODUCTS [Электронный ресурс] / vicon.com. – Режим доступа: <https://www.vicon.com/about-us/>.
296. Motion H. Understanding, modeling, capture and animation [Электронный ресурс] / H. Motion // Behavior histograms for action recognition and human detection. – 2007. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/321619353_Human_Motion_Understanding_Modelling_Capture_and_Animation.

297. Schack T. The cognitive nature of action — functional links between cognitive psychology, movement science, and robotics [Электронный ресурс]/ Т. Schack, Н. Ritter // Progress in Brain Research. – 2009. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/26248556_The_cognitive_nature_of_action -
298. Kaurane K. Human motor performance and physiotherapy: Effect of strapping, hot and cold pack treatments and muscle strength training [Электронный ресурс] / К. Kaurane // Department of physical medicine and rehabilitation, University of Oulu. –1999. – Режим доступа: isbn9514251431.pdf.
299. Libbrecht, K. The snowflake: winter’s secret beauty / К. Libbrecht, P. Rasmussen // Voyageur Press – 2003. – 112p.
300. I-Monsur M.A. Evaluation of adhesive binders for the development of yarn bonding for new stitch-free non-crimp fabrics / M.A. Al-Monsur, G. Bardl, C. Cherif // Textile Research Journal. – 2015. – Т.85(№15). – С.1635-1648.
301. Ghaib K. Latent heat storage: storage materials, heat transfer, and applications / К. Ghaib // Chemie ingenieur technik. – 2017. – 4(4). – Pp 4515–4532.
302. Fultz B. Phase Transitions in Materials / B. Fultz // 2nd ed.; Publisher: Cambridge University Press, United Kingdom. – 2020. – pp. 154–196.
303. Baranenko A.V. Application of substances with phase transitions for thermal energy accumulation / A.V. Baranenko, P.A. Kuznetsov, V.Yu. Zakharova, A.P. Tsoy // Scientific and technical journal of information technologies mechanics and optics. – 2018. – 18(6). – pp.990-1000.
304. ZEISS Crossbeam 340 and Crossbeam 540. Your FIB-SEM for High Throughput Nanotomography and Nanofabrication [Электронный ресурс]/ photos.labwrench.com. - Режим доступа: <http://photos.labwrench.com/equipmentManuals/20477-7085.pdf>.
305. ZEISS GeminiSEM. Field Emission Scanning Electron Microscope [Электронный ресурс]/ zeiss.com. - Режим доступа:

<https://www.zeiss.com/microscopy/int/products/scanning-electron-microscopes/geminisem.html>.

306. Chaichan M.T. Thermal conductivity enhancement by using nano-material in phase change material for latent heat thermal energy storage systems [Электронный ресурс] / M.T. Chaichan, Sh.H. Kamel, A.N.M., Al-Ajeely // Saussurea. – 2015. – vol.5(6). – Pp.48-55. – Режим доступа: <https://www.researchgate.net/publication/280923213>
307. Platinum Resistance Thermometer. Available online [Электронный ресурс]: [sciencedirect.com](https://www.sciencedirect.com). – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/platinum-resistance-thermometer>.
308. Chaichan M.T. Thermal conductivity enhancement by using nano-material in phase change material for latent heat thermal energy storage systems / M.T. Chaichan, Sh.H. Kamel, A.N.M., Al-Ajeely // Saussurea. – 2015. – vol.5(6). – Pp.48-55. – Режим доступа: <https://www.researchgate.net/publication/280923213>
309. ISO 8301 Thermal insulation — Determination of steady-state thermal resistance and related properties — Heat flow meter apparatus 1991 [Электронный ресурс]: [sis.se](https://www.sis.se). - Режим доступа: <https://www.sis.se/api/document/preview/912539/>
310. Fanger P.O. Thermal comfort / P.O. Fanger // McGraw-Hill, New York NY. –1970 – 244 pp.
311. Akimasa H. Modeling thermoregulation and core temperature in anatomically- based human models and its application to RF dosimetry / H. Akimasa // Recent advances in biomedical engineering. – 2007. – Pp.551-568.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

Характеристики криосферы

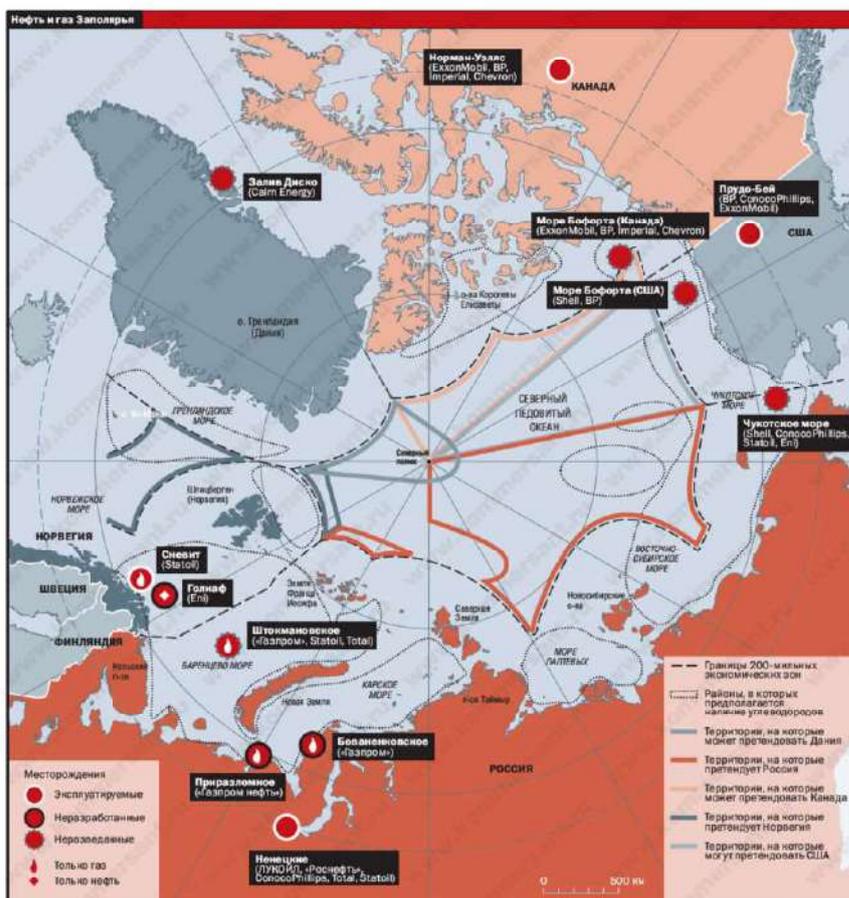


Рисунок А.1 – Границы Арктического шельфового побережья РФ [41].

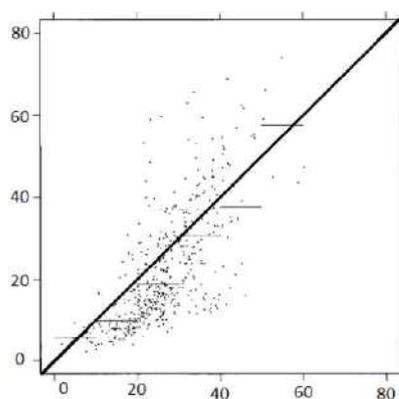


Рисунок А.2 – Изменение глубины снежного покрова относительно среднего [257]

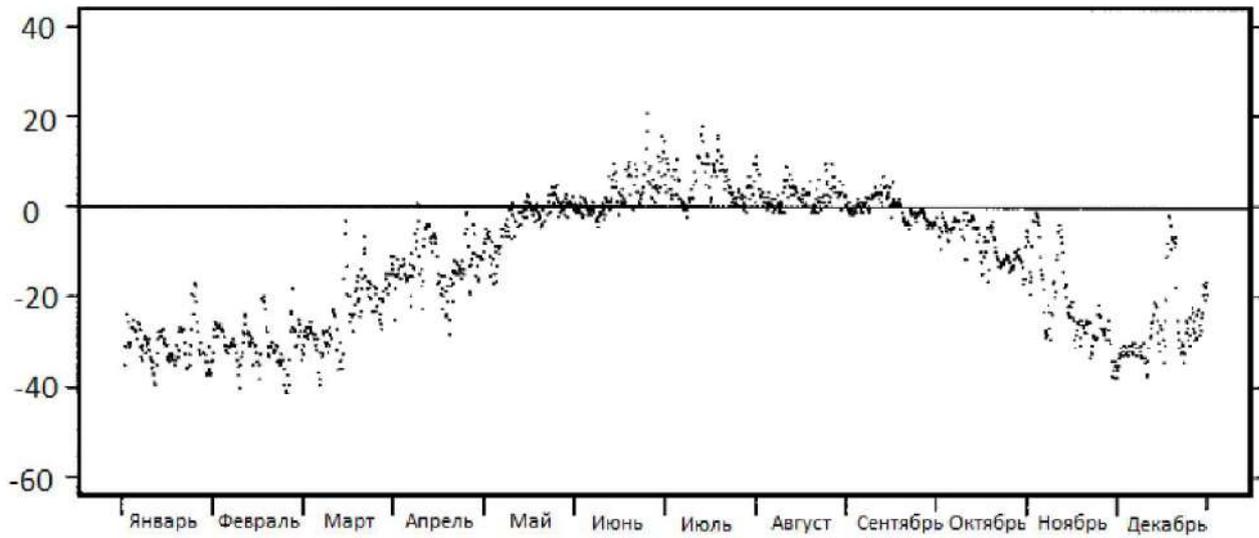


Рисунок А.3 – Среднее долгосрочное годовое распределение температур в Арктике.

Северная полярная станция [258]

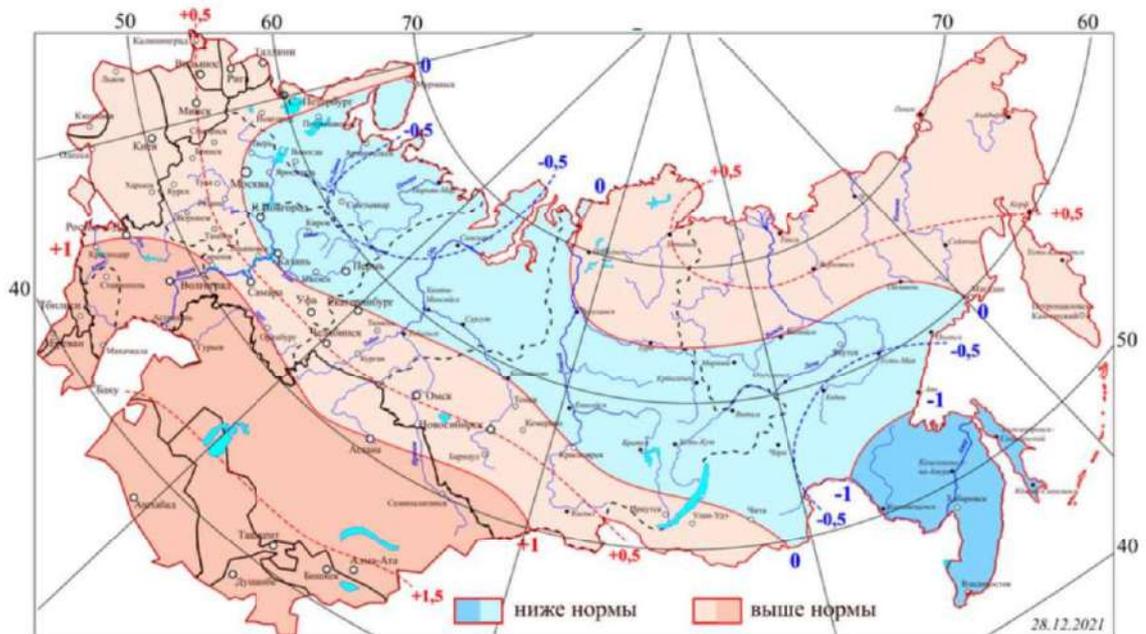


Рисунок А.4 – Аномалии месячной нормы осадков в % от нормы на январь 2022г. [42, 43]

Таблица А.1 - Характеристика среднего месячного и сезонного числа дней с различными атмосферными явлениями на примере Мурманска [44].

Атмосферное явление	Месяцы года								
	9	10	11	12	1	2	3	4	5
Туман	3	2	4	5	5	5	4	1	1
Туман испарение	0	1	7	12	13	12	7	2	0
Метель	<i>0,04</i>	2	5	9	11	10	10	4	<i>0,6</i>
Град	0,1	0	-	-	-	-	-	-	-
Гололед	0,03	0,4	0,6	0,6	0,4	0,4	0,1	0,06	0,06
Изморозь	0,1	2	5	9	10	8	5	1	0,03
Гроза	0,03	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,1
Снег	<i>1</i>	7	11	15	15	14	13	9	6
Дождь	15	6	2	0,2	0	0	1	2	5
Дождь со снегом	2	4	5	2	1	1	2	4	4

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(справочное)

Климатические параметры районирования криосферы для проектирования теплозащитной одежды

Таблица Б.1 – Границы климатических районов [48].

Район	Широта, с.ш.	Долгота
Атлантический	85–60°	50° з.д. – 30° в.д.
Североевропейский	85–60°	30° – 60° в.д.
Западносибирский	85–60°	60° – 100° в.д.
Восточносибирский	80–60°	100° – 150° в.д.
Чукотский	73–60°	150° в.д. – 170° з.д.
Аляскинский	73–60°	170° – 120° з.д.
Канадский	85–60°	120° – 50° з.д.

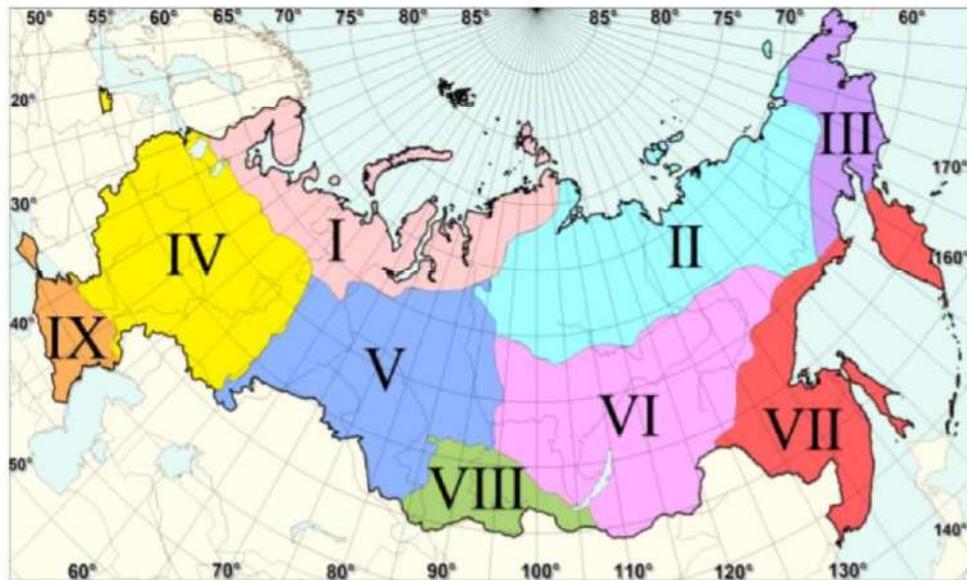


Рисунок Б.1– Квази-однородные климатические регионы: I - Север ЕЧР и Западной Сибири, II - Северная часть Восточной Сибири и Якутии, III - Чукотка и север Камчатки, IV - Центр ЕЧР, V - Центр и юг Западной Сибири, VI - Центр и юг Восточной Сибири, VII - Дальний Восток, VIII Алтай и Саяны, IX- Юг ЕЧР [50]

Таблица Б.2 – Температура воздуха в юго-восточном районе Баренцева моря [49].

Название метеостанции	Температура воздуха, °С.			
	Год			Продолжительность периода с T ниже 0 °С
	T _{ср}	T _{макс}	T _{мин}	
Канин Нос	-1,1	31	-35	205
Бугрино	-3,2	29	-43	230
Ходовариха	-4,9	29	-48	234
М.Константиновский	-4,9	32	-48	234
Варандей	-5,6	32	-48	239
Белый Нос	-7,0	29	-44	246
Мыс Микулкин	-2,2	24	-40	217
Им. Е.К. Фёдорова	-6,6	27	-48	249

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(справочное)

**Параметры физиологических реакций женского организма
на факторы холодного климата**

Таблица В.1 – Динамика сезонных случаев экстренной госпитализации женщин с заболеваниями системы кровообращения в условиях климата криосферы.

Год	Зима [76]	Весна [76]	Зима-Весна	За год
2010	16	11	27	63
2011	14	48	62	153
2012	58	62	120	340
2013	54	55	109	304
2014	53	74	127	393
Всего	195	250	445	1253

Таблица В.2 – Систематизация комплексных эксплуатационных условий криосферы с учетом уровня патологических сбоев климатозависимой системы женского организма (на примере данных городов Заполярья и ХМАО).

Месяцы	Критически низкая температура, °С	Снегопад, дней в месяце	Метель, дней в месяце	Количество госпитализаций женщин по причине патологических сбоев климатозависимой кардио(кровеносной) системы	Средняя температура, °С
10	-20	7	2	121	-16.75
11	-27	11	5	77	-23.25
12	-42	15	9	66	-41.25
1	-38	15	11	120	-32.75
2	-32	14	10	103	-30.75
3	-33	13	10	140	-27.25

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

(справочное)

Требуемая теплоизоляция в зависимости от уровней активности при различных температурах окружающей среды

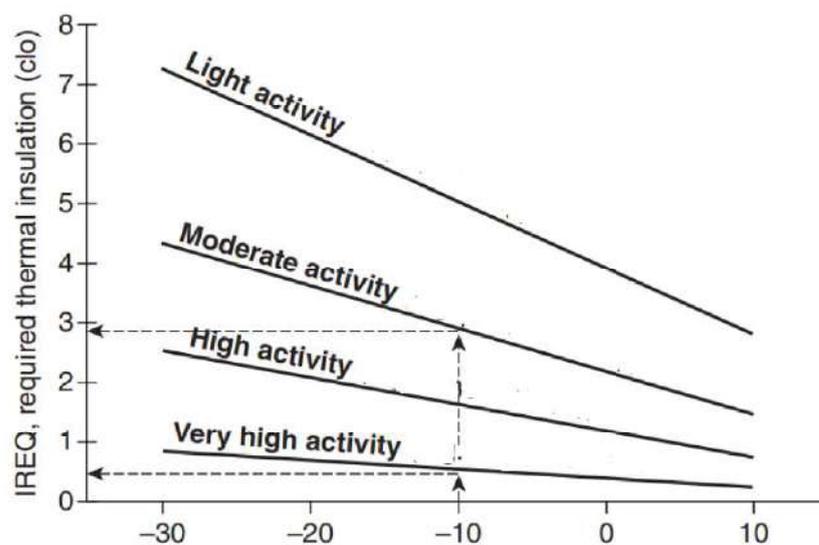


Рисунок Г.1 – Требуемая теплоизоляция, IREQ, при четырех уровнях активности при различных температурах окружающей среды (X) в соответствии с (Finnish Institute of Occupational Health) [264]

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

(обязательное)

Уровень основного обмена женщин для проектирования одежды

Таблица Д.1 – Стандартный уровень основного обмена женщин для проектирования одежды [20].

Возраст (годы)	Женщины	Мужчины
18	35,9	40,0
19	35,5	39,2
20	35,3	38,6
25	35,2	37,5
30	35,1	36,8
35	35,0	36,5
40	34,9	36,3
45	34,5	36,2
50	33,9	35,8
55	33,3	35,8
60	32,7	34,9
65	32,7	34,4

Таблица Д.2 – Характеристика современных средних ведущих габаритных параметров тела женщин (европейский тип) [270].

Возраст, лет	Количество, тысяч	Рост, м.	Вес, кг
18 - 20	462	1,68	60,9
20 – 25	1357	1,68	62,9
25 – 30	1484	1,67	64,7
30 – 35	1597	1,67	66,4
35 – 40	1491	1,67	67,5
40 – 45	1797	1,67	68,1
45 – 50	2122	1,67	68,8
50 – 55	2101	1,66	69,7
55 – 60	1944	1,65	70,4
60 – 65	1905	1,64	71,3
65 – 70	1575	1,64	71,2
70 – 75	2068	1,64	70,8
>75	3687	1,62	68,3
20-65	Среднее:		

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

(обязательное)

Характеристики текстильных материалов для теплозащитных пакетов одежды

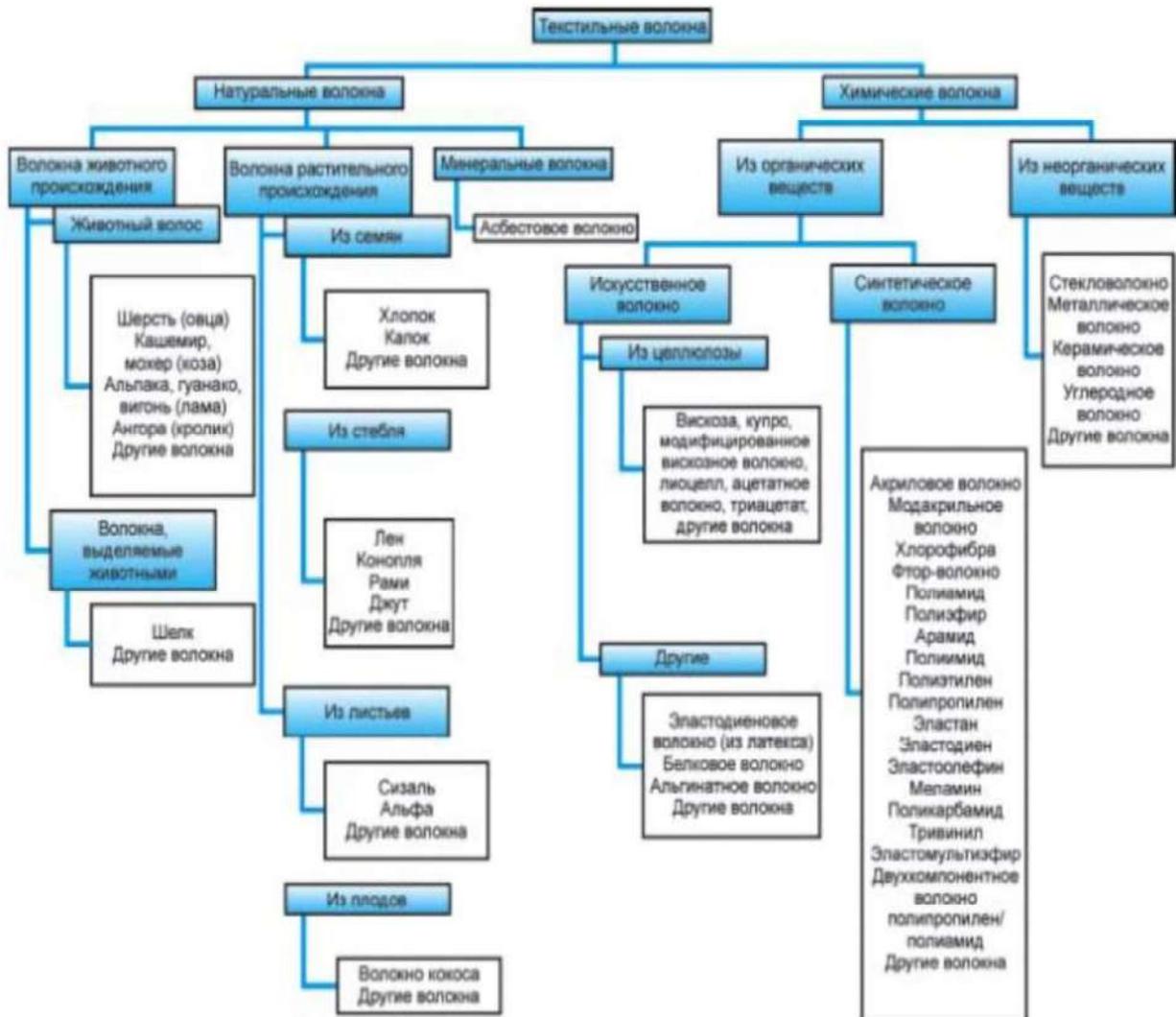


Рисунок Е.1 – Классификация текстильных волокон [101]

Таблица Е.1 – Характеристики выборки современных материалов верха для теплозащитной женской одежды (фрагмент).

№ п/п	Наименование материала	Волокнистый состав, %	Поверхностная плотность, г/м ²	Отделка (типовые, стандартные)	Производитель / поставщик
1	2	3	4	5	6
Смешанные ткани					
I – (190-220 г/м ²)					
1	NewBravo	ХЛ - 60, ПЭ - 40	205	Несминаемая CRF Softot	Клорман, Россия (Москва)
2	Shannon-W	ХЛ - 35, ПЭ - 65	215	Несминаемая CRF Softot	Клорман, Россия (Москва)
3	Грета	ХЛ - 20, ПЭ – 80	190	ВО	Балтийский текстиль
4	Темп 210	ХЛ - 20, ПЭ – 80	200	ВО	Балтийский текстиль
5	12С15-КВ	ХЛ - 47, ПЭ – 53	217	ВО	МОГОТЕКС, Белоруссия
6	09С10-КВ «УРАЛ»	ХЛ - 96, ПЭ – 4	202	ВО	МОГОТЕКС, Белоруссия
Смешанные ткани					
II – (245-300г/м ²)					
7	06С27-КВ «ПОЛЕТ»	ХЛ - 74, ПЭ – 26	263	ВО	МОГОТЕКС, Белоруссия
8	Dublin	ХЛ - 35, ПЭ – 65	300	Несминаемая CRF Softot	Клорман, Россия (Москва)
9	Премьер-Комфорт 250	ХЛ - 80, ПЭ – 20	255	ВО	Чайковский текстиль, Пермь
10	Климат Standard 250	ХЛ - 65, ПЭ – 35	260	ВО, PU	Чайковский текстиль, Пермь
Полиэстер 100%					
III – (180-220г/м ²)					
11	Dewspo Bonding	100% ПЭ	196	ВО	StenCom, Москва
12	Nordvik WR TPU	100% ПЭ	181	ВО	StenCom, Москва
13	JordanBonding WR	100% ПЭ	220	ВО	Балтийский текстиль, Иваново
14	Айсберг (iceberg)	100% ПЭ	190	Тефлон	Семейство Брик, Москва

Окончание таблицы Е.1

1	2	3	4	5	6
15	CalanderedPongee WR	100% ПЭ	211	PU	Гамма, Москва
16	Ткань LO600 Оксфорд P/OX	100% ПЭ	210	PU	Гамма, Москва
17	Алова	100% ПЭ	195-210	ВО	Forestline, Иваново
18	Полофлис (Poloflees)	100% ПЭ	240	ВО	ВостокТекс, Иваново
19	Доббипонж (DobbyPonge)	100% ПЭ	220	PU	ВостокТекс, Иваново
20	Windbloc	100% ПЭ	200	ВО	ВостокТекс, Иваново
Полиэстер 100%					
IV – (240-285 г/м2)					
21	Полебрик (polebrick)	100% ПЭ	285	Тефлон	Семейство Брик, Москва
22	Полофлис (Poloflees)	100% ПЭ	240	ВО	ВостокТекс, Иваново
Хлопчатобумажные					
V – (180-225 г/м2)					
25	Ткань хлопчатобумажная 06с-67 як	ХЛ -100%	180	-	Яковлевская мануфактура, Приволжск
26	Ткань хлопчатобумажная 04с37 як	ХЛ -100%	210	ВО	Яковлевская мануфактура, Приволжск
27	Ткань "Сатурн"	ХЛ -100%	225	ВО	Техно-лён, Ростов-на-Дону
Хлопчатобумажные					
VI – (240-280 г/м2)					
28	Ткань "Алтай"	ХЛ -100%	280	ВО	Техно-лён, Ростов-на-Дону
29	Саржа С-14-20Д	ХЛ-100%	240	ВО	Техно-лён, Ростов-на-Дону

Таблица Е.2 – Характеристики волокнистого состава материалов для внутренних слоёв теплозащитной одежды [113- 128] (группы материалов в соответствии с рисунком Е.1)

№пп	Наименование материала	Волокнистый состав
1	2	3
Группа В 2.1: Связное полотно		
1	Ватин	Хлопок (ХБ), шерсть, вискоза, полшерсть (30% натуральной шерсти + 70% ХБ или 70% полиэфирных (ПЭ) волокон или + 70% вискозных волокон; «вытряска» — короткие натуральные волокна, отходы льняного производства; отходы текстильной промышленности – нити, кусочки материи.
2	Шерстон	65% Шерсть + 35% ХБ
3	Силиконизированный Синтепон, Орсотерм, Termotec® (каландрированное полотно)	Полиэфирное (ПЭ) силиконизированное волокно
3	Файбертек	ПЭ волокна
4	Тинсулейт (Thinsulate)	ПЭ + полиолефиновые волокна
5	Холлофайбер СОФТ (Hollofiber)	ПЭ волокна
6	Термофайбер (Термофайбер Polo, Термофайбер (Termofiber) Холлотек(силиконизированный)	ПЭ волокно
7	Арктик Флис	Полиэстер
8	Синтепон	ПЭ волокно
9	Шерстяной войлок	Шерстяные волокна
10	Холлофан	ПЭ волокна
11	Термофин	Биокомпонентные полиэфирные волокна
12	Изософт	ПЭ волокна
13	Термолайт	Полиэстер
14	Нонвовен	ПЭ волокна
15	Микрофайн («лебяжий» пух в пластинах)	ПЭ волокна
16	«Валтерм» (Valtherm) –	ПЭ микросоты
17	Шерстикрон	ПЭ, натуральная шерсть
В2.2: Несвязный утеплитель		
18	Перо-пуховая Смесь	80-90 % пух натуральный 10-20% перо натуральное
19	Холлофайбер	100% волоконные шарики ПЭ
20	Primaloft	100% ПЭ
21	Термофайбер Micro	100% ПЭ микроволокно
22	Shelter	100% ПЭ микроволокно

Окончание таблицы Е.2

1	2	3
23	Синтепух: Termotec® Air и Termotec® Air Super (“лебяжий” пух),	100% ПЭ силиконизированное волокно
МЗ: подкладочные материалы		
24	Велсофт	100%ПЭ
25	Подкладочный	60% ПА, 40% Вис
26	Бязь	100% ХЛ
27	Фланель	100% ХЛ
28	Dewspо(Дьюспа)	100% ПЭ
29	Тик	100% ХЛ
30	Taffeta(Таффета)	100% ПЭ

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

(обязательное)

Характеристики теплоаккумулирующих материалов

Таблица Ж.1 – Характеристики температуры плавления / стабилизации веществ и материалов с теплоаккумулирующими свойствами [128-135].

Состав материала (ТАМ)	Температура плавления, °С
Пентадекан	+9,9
Докозан	+44
Гептадекан	+22
Генейкозан	+40
Октадекан	+26...+25,8
Тетрадекан	+27...+25,5
Докозан – октадекан	+ 31,2...+38,4
Генейкозан-октадекан	+35,0...+42,2
Октадекан - генейкозан -пальмитиновая кислота	+53,0...+80,0
Нонадекан	+50...+55
Теплоаккумулирующая композиция RU 2239647 [138]	+32,5
Теплоаккумулирующая композиция RU 2190656 [139]	+33,4
Пентагидрат тиосульфата натрия	+22...+36,1
Декагидрат сульфата натрия (Глауберова соль)	+58,0
Гептагидрат сульфита натрия	+53,4
Декагидрат карбоната натрия	+55,4
Тригидрат ацетата натрия	+52,6
Парафин	+25...+50

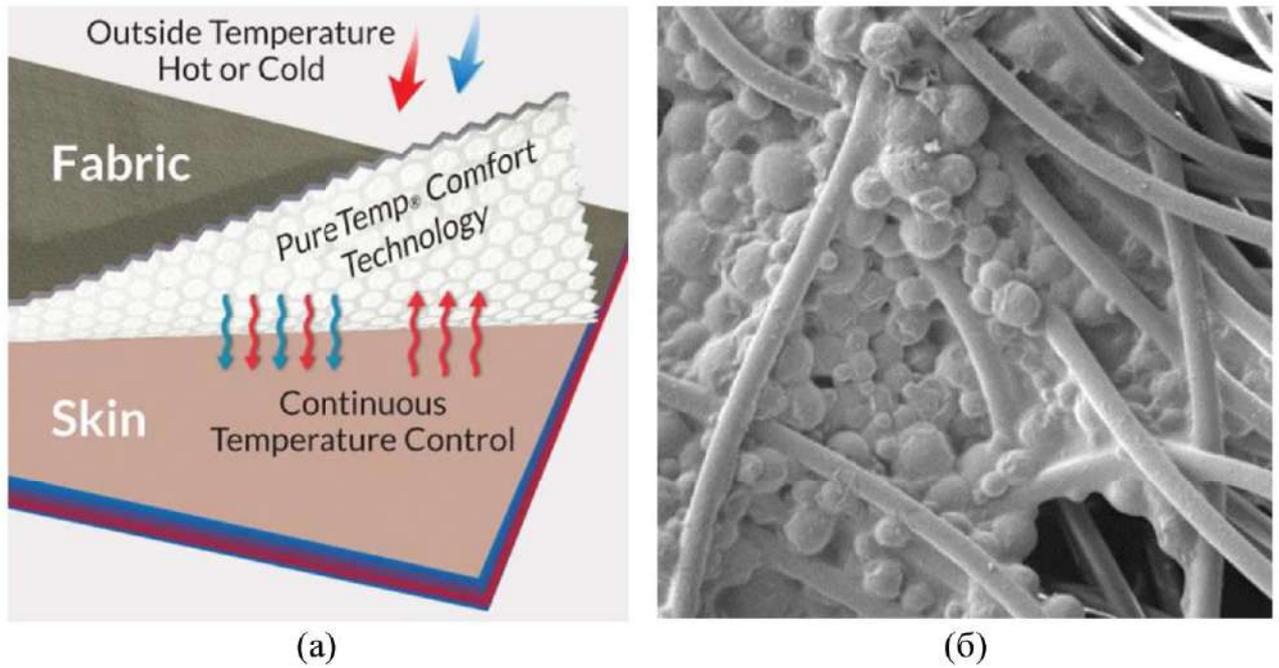


Рисунок Ж.1 – Особенности функции в текстильном материале (а), микроструктуры покрытия (б) с микрокапсулами PureTemp [276]

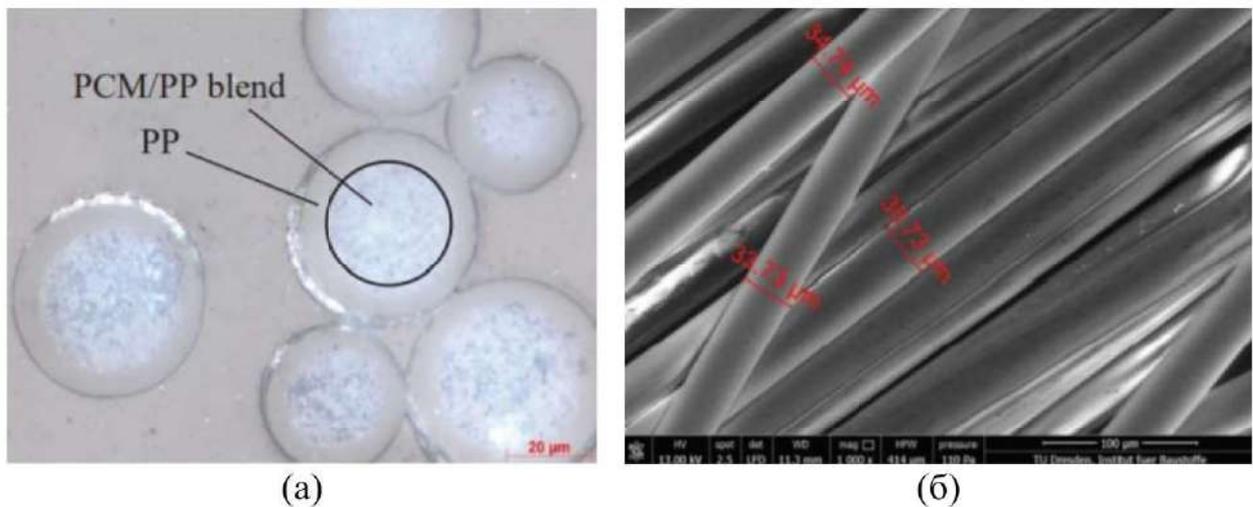


Рисунок Ж.2 – Микроструктура капсулированного элемента ТАМ (а) и волокнистой системы текстильной основы с расплавленными поверхностями волокон «PCM64 bico» [277]



Рисунок Ж.3 – Структура микрокапсулированного нетканого полотна по технологии Schoeller®-PCM [283]

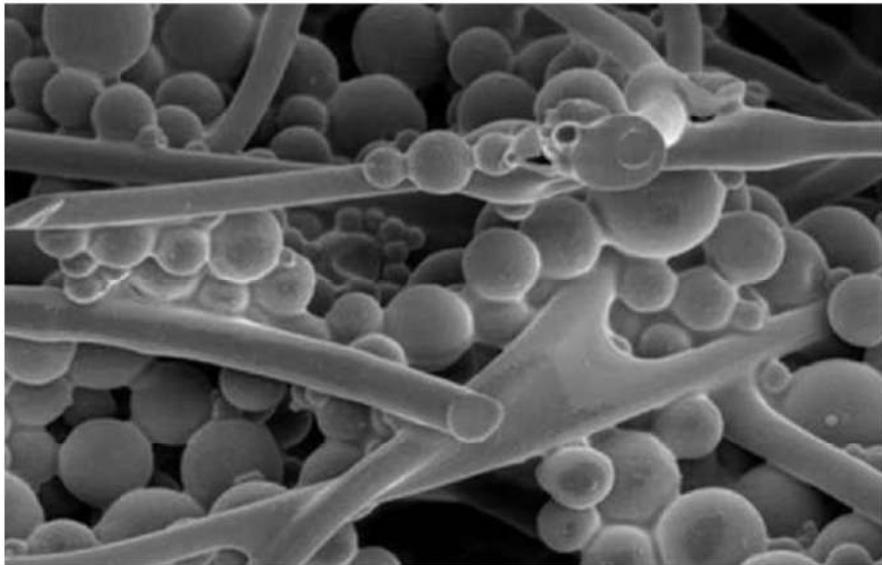


Рисунок Ж.4 – Структура микрокапсулированного нетканого полотна по технологии Comfortemp® (Германия) [284]

ПРИЛОЖЕНИЕ И

(обязательное)

Характеристики систем автоматизированного проектирования одежды (фрагмент)

Таблица И.1 – Характеристики систем автоматизированного проектирования одежды (Фрагмент) [155, 156, 157-159, 160, 288-291,293,294]

Наименование САПР	Тип пространства действия				Степень параметризации				Краткая характеристика и особенности САПР
	2D	2,5 D	3D		Параметрическая	Комбинированные			
			Развертывающая	Одевающая		Ограниченный доступ	Полный доступ на отдельных этапах	Полный доступ	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Crafis (Германия) авторизованный дилер в России – фирма «Cadrus»	+				+				Возможность создания новых моделей на основе выбранной методики конструирования, так и за счет введения лекал с дигитайзера. Принцип сквозной параметризации реализуется в возможности создания произвольной типологии размеро – ростов, организации иерархической структуры проектируемых деталей и лекал. В основном не используется для проектирования теплозащитной одежды. Так как, не учитывает свойства материалов.
Comtense (Comtense Ltd, Россия)		+					+		Используется на швейных и трикотажных фабриках, в производстве автомобильных чехлов и сидений.

ПРИЛОЖЕНИЕ К

(обязательное)

**Патентные исследования способов мониторинга
работоспособности человека в одежде**

Таблица К.1. Патентные исследования способов мониторинга работоспособности человека в одежде.

№ п / п	Предмет поиска (объект исследования, его составные части)	Страна выдачи, вид и номер охранного документа. Классификационный индекс	Заявитель (патентообладатель), страна. Номер заявки, дата приоритета, конвенционный приоритет, дата публикации	Название изобретения (полной модели, образца)	Сведения о Действии охранного документа или причина его аннулирования (только для анализа патентной чистоты)
1	2	3	4	5	6
1.	Физическая активность	RU 2380 074 С2, Россия	Воронина Елена Валерьевна (RU) Заявка: 2008105685/14, 14.02.2008 Дата начала отсчета срока действия патента: 14.02.2008 Дата публикации заявки: 20.08.2009 Бюл. № 23 (45) Опубликовано: 27.01.2010 Бюл. № 3	Способ повышения психологической и физической активности	Действует
2.	Физическая активность	RU 2 294 753 С1, Россия	Федеральное государственное учреждение науки "Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека" Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека	Способ повышения физической работоспособности здорового человека	Не действует

Продолжение таблицы К.1.

1	2	3	4	5	6
			<p>ФГУН УФ НИИ МТ ЭЧ Роспотребнадзора (RU) Заявка:2005122798/14, 18.07.2005</p> <p>Дата начала отсчета срока действия патента: 18.07.2005</p> <p>Опубликовано: 10.03.2007 Бюл. № 7</p>		
3	Физическая активность	RU 2 468 086 С1, Россия	<p>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Южный федеральный университет"</p> <p>Заявка: 2011137584/10, 12.09.2011</p> <p>Дата начала отсчета срока действия патента: 12.09.2011</p> <p>Дата подачи заявки: 12.09.2011 (45)</p> <p>Опубликовано:27.11.2012 Бюл. № 33</p>	Способ выявления предрасположе нности к длительным физическим нагрузкам	Действует
4	Физическая активность	RU 140 166 U1, Россия	<p>Общество с ограниченной ответственностью "Научно- производственное предприятие "Навигатор здоровья"</p> <p>Заявка:2013158397/14, 27.12.2013</p> <p>(Дата начала отсчета срока действия патента: 27.12.2013</p> <p>Дата подачи заявки:27.12.2013</p> <p>Опубликовано: 27.04.2014 Бюл. № 12</p>	Устройство для определения физической работоспособн ости человека	Действует
5	Работоспос обность	RU 156 151 U1,	Общество с ограниченной ответственностью "Научно- производственное	Устройство для определения физической	Не действует

Продолжение таблицы К.1.

1	2	3	4	5	6
		Россия	предприятие "Навигатор здоровья" (RU) Заявка: 2014153488/14, 29.12.2014 Дата начала отсчета срока действия патента: 29.12.2014 Дата подачи заявки: 29.12.2014 Опубликовано: 27.10.2015 Бюл. № 30	работоспособности и резервов здоровья человека	
6	Работоспособность	RU 2 601 102 С2, Россия	Рыбаков Дмитрий Петрович (RU) Заявка: 2014153420/14, 25.12.2014 Дата начала отсчета срока действия патента: 25.12.2014 Дата подачи заявки: 25.12.2014 Дата публикации заявки: 20.07.2016 Опубликовано: 27.10.2016 Бюл. № 30	Способ улучшения работоспособности человека	Действует
7	Работоспособность	RU 2 610 619 С2, Россия	Грядунов Александр Иванович (RU), Хоронжук Владимир Валентинович (RU) Заявка: 2015112207, 06.04.2015 Дата начала отсчета срока действия патента: 06.04.2015 Дата подачи заявки: 06.04.2015 Дата публикации заявки: 27.10.2016 Бюл. № 30 Опубликовано: 14.02.2017 Бюл. № 5	Устройство для поддержания активной работоспособности человека	Действует
13	Работоспособность	RU 2 508 923 С1, Россия	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Государственный научный центр Российской Федерации - Институт медико-биологических проблем	Способ восстановления работоспособности человека после физических и психоэмоциональных нагрузок	Не действует

Продолжение таблицы К.1.

1	2	3	4	5	6
			<p>Российской академии наук (RU), Закрытое акционерное общество "Специальное конструкторское бюро экспериментального оборудования при Институте медико-биологических проблем Российской академии наук" Заявка: 2013107437/14, 20.02.2013 Дата начала отсчета срока действия патента: 20.02.2013 Дата подачи заявки: 20.02.2013 Опубликовано: 10.03.2014 Бюл. № 7</p>		
14	Работоспособность	RU 2 610 561 С2, Россия	<p>образовательное учреждение высшего профессионального образования "Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург" Бухарин Виктор Александрович, Левицкий Алексей Григорьевич, Торшин Георгий Станиславович, Цветков Сергей Александрович, Шестак Георгий Яковлевич Заявка:2015126597, 02.07.2015 Дата начала отсчета срока действия патента: 02.07.2015 Дата подачи заявки: 02.07.2015</p>	Способ повышения работоспособности человека	Действует

Продолжение таблицы К.1.

1	2	3	4	5	6
			Дата публикации заявки: 12.01.2017 Бюл. № 2 Опубликовано: 13.02.2017 Бюл. № 5		
15	Работоспособность	RU 2 133 602 С1, Россия	Кузнецов Иван Иванович Заявка:97117010/14, 22.10.1997 Опубликовано: 27.07.1999	Устройство для повышения работоспособности человека «ипликатор Кузнецова»	Не действует
16	Работоспособность	RU 2 354 282 С2, Россия	Волжский государственный инженерно-педагогический университет-ВГИПУ (RU) Заявка: 2007119324/14, 24.05.2007 Дата начала отсчета срока действия патента: 24.05.2007 Дата публикации заявки: 27.11.2008 Бюл. № 33 Опубликовано: 10.05.2009 Бюл. № 13	способ оценки изменения уровня общей работоспособности человека	Не действует
17	Работоспособность	RU 2 445 708 С2, Россия	Федеральное государственное унитарное предприятие ордена Трудового Красного Знамени Научно-исследовательский институт Радио (RU)	Способ обеспечения безопасности жизнедеятельности людей	Действует

Продолжение таблицы К.1.

1	2	3	4	5	6
			Заявка: 2009130733/08, 12.08.2009 Дата начала отсчета срока действия патента: 12.08.2009 Дата подачи заявки: 12.08.2009 Дата публикации заявки: 20.02.2011 Бюл. № 5 Опубликовано: 20.03.2012 Бюл. № 8		
18	Работоспо собность	RU 2 204 998 С2, Россия	Физический институт им. П.Н.Лебедева РАН Заявка: 2001104306/14, 16.02.2001 Дата начала отсчета срока действия патента: 16.02.2001 Дата публикации заявки: 20.12.2002 Бюл. № 35 Опубликовано: 27.05.2003 Бюл. № 15	Способ повышения работоспособно сти организма	Не действует
19	Оценка работоспо собности	RU 94 005 924 А1, Россия	Мороз М.П., Захаров А.В. Заявка: 94005924/14, 15.02.1994 Дата публикации заявки: 10.08.1996	Способ и устройство для экспресс- оценки функци онального состояния цнс и прогнозировани я работоспособ ности человека- оператора в производствен ных условиях при экологически неблагоприятн ых воздействиях и реабилитации после травм и заболеваний	Не действует

Продолжение таблицы К.1.

1	2	3	4	5	6
21	Оценка работоспособности	RU 94 004 706 A1, Россия	Клюжев В.М., Яковлев В.Н. Щегольков А.М. Вирс Э.А. Огнев А.К Заявка:94004706/14, 18.02.1994 Дата публикации заявки: 20.05.1996	Способ оценки физической работоспособности больных ишемической болезнью сердца, перенесших операцию аортокоронарного шунтирования	Не действует
22	Оценка работоспособности	RU 94 037 994 A1, Россия	Вавилов Ю.Н., Вавилов К.Ю. Заявка: 94037994/14, 07.10.1994 Дата публикации заявки: 20.09.1996	Способ оценки физической кондиции человека	Не действует
23	Оценка работоспособности	RU 168584 U1, Россия	Горбунов Алексей Викторович, Егоров Андрей Сергеевич, Егоров Сергей Александрович Заявка: 2016100377,11.01.2016 Дата начала отсчета срока патента:11.01.2016 Дата подачи заявки: 11.01.2016	Устройство для регистрации двигательной активности человека	Действует
24	Работоспособность	RU 2629247 C2	Общество с ограниченной ответственностью "Многопрофильное предприятие "Элсис" (RU) Заявка: 2015111784, 31.03.2015 Дата начала отсчета срока действия патента: 31.03.2015 Дата подачи заявки: 31.03.2015 Дата публикации заявки: 20.10.2016 Бюл. № 29 Опубликовано: 28.08.2017 Бюл. № 25 Вавилов Олег Кимович, 05.09.2017 Черняков Евгений Леонидович (RU)	Способ получения информации о психофизиологическом состоянии человека	Действует

Окончание таблицы К.1.

1	2	3	4	5	6
2	Работосп особность	RU (11) 173 655(13) U1, Россия	Заявка: 2017112786, 13.04.2017 Дата начала отсчета срока действия патента: 13.04.2017 Дата регистрации 05.09.2017 Дата подачи заявки: 13.04.2017 Опубликовано: 05.09.2017 Бюл. № 25	Имитатор космических условий на основе виртуальной реальности	Действует

ПРИЛОЖЕНИЕ Л

(обязательное)

Режим циклического охлаждения человека в теплозащитной одежде

Таблица Л.1 – Режим работ на открытой территории при низких температурах в теплозащитной одежде [192].

Температура воздуха, °С	Скорость ветра, м/с												
	1		2		4		6		8		10		
	а	б	А	Б	А	Б	А	Б	а	б	А	б	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
-10	не регламентируется <*>						168	1	121	1	92	2	
-15	20 0	1	170	1	127	1	107	1	85	2	70	2	
-20	11 7	1	104	1	84	2	71	2	58	3	49	3	
-25	82	2	76	2	64	3	54	3	47	3	40	4	
-30	65	3	60	3	52	3	45	4	39	4	34	5	
-35	52	3	49	3	43	4	38	4	33	5	29	5	
-40	44	4	41	4	37	4	32	5	29	5	25	6	
-45	38	4	36	4	32	5	29	5	26	6	20	7	

<*> Отдых по причине физической усталости вследствие возможного перегревания следует проводить в теплом помещении.
а - продолжительность непрерывного пребывания на холоде, мин.;
б - число перерывов для обогрева за 4-часовой период рабочей смены.

Таблица Л.2 – Эквивалентные температуры для оценки комбинированного действия низких температур воздуха и ветра на незащищенные участки тела человека [192].

Скорость ветра, м/с	Температура воздуха, °С											
	10,0	4,4	-1,1	-6,7	-	-	-	-	-	-	-	-51,1
	Эквивалентная температура охлаждения, °С											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
безветрие	10,0	4,4	-1,1	-6,7	-	-	-	-	-	-	-	-51,1
2,2	8,9	2,2	-2,8	-8,9	-	-	-	-	-	-	-	-55,6
4,4	4,4	-2,2	-8,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-70,6
				15,6	22,8	31,1	36,1	43,3	50,0	56,7	63,9	

Продолжение таблицы Л.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
6,6	2,2	-5,6	- 12,8	- 20,6	- 27,8	- 35,6	- 42,8	- 50,0	- 57,8	- 65,0	- 72,8	-80,0
8,8	0	-7,8	- 15,6	- 23,3	- 31,7	- 39,4	- 47,2	- 55,0	- 63,3	- 71,1	- 78,9	-85,0
11,0	-1,1	-8,9	- 17,8	- 25,1	- 33,9	- 42,2	- 50,6	- 58,9	- 66,7	- 75,6	- 83,3	-91,7
13,2	-2,2	- 10,6	- 18,9	- 27,8	- 36,1	- 44,4	- 52,8	- 61,7	- 70,0	- 78,3	- 87,2	-95,6
15,4	-2,8	- 11,7	- 20,0	- 29,0	- 37,2	- 46,1	- 55,0	- 63,3	- 72,2	- 80,6	- 89,4	-98,3
17,6	-3,3	- 12,2	- 21,1	- 29,4	- 38,3	- 47,2	- 56,1	- 65,0	- 73,3	- 82,2	- 91,1	-100,0
Ветер со скоростью, большей, чем 17,6 м/с, дает незначительный дополнительный эффект	Незначительная опасность. Обморожение более чем за 1 ч при сухой коже				Высокая опасность. Опасность обморожения в течение 1 мин.				Очень высокая опасность. Обморожение наступает через 30 с			

ПРИЛОЖЕНИЕ М

(обязательное)

Патент на изобретение № 2694111 «Экспериментальная установка для исследования охлажденных текстильных материалов»

ПРИЛОЖЕНИЕ Н

(обязательное)

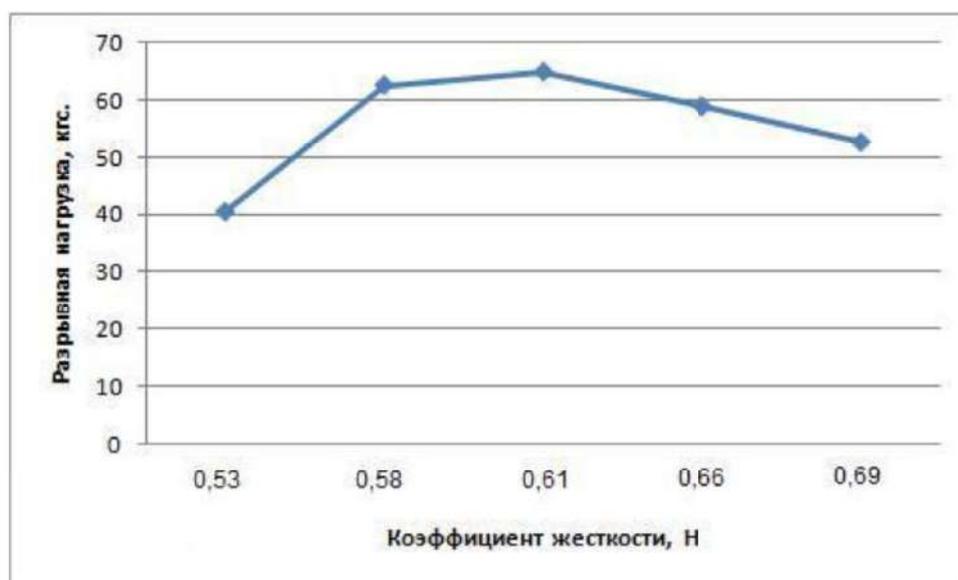
**Экспериментальные исследования механических свойств материалов верха
теплозащитной одежды в условиях фактического промерзания**

Рисунок Н.2 – Зависимость разрывной нагрузки от коэффициента жесткости материала Оксфорд 210 (с учетом режима циклического промерзания при температуре -18°C)

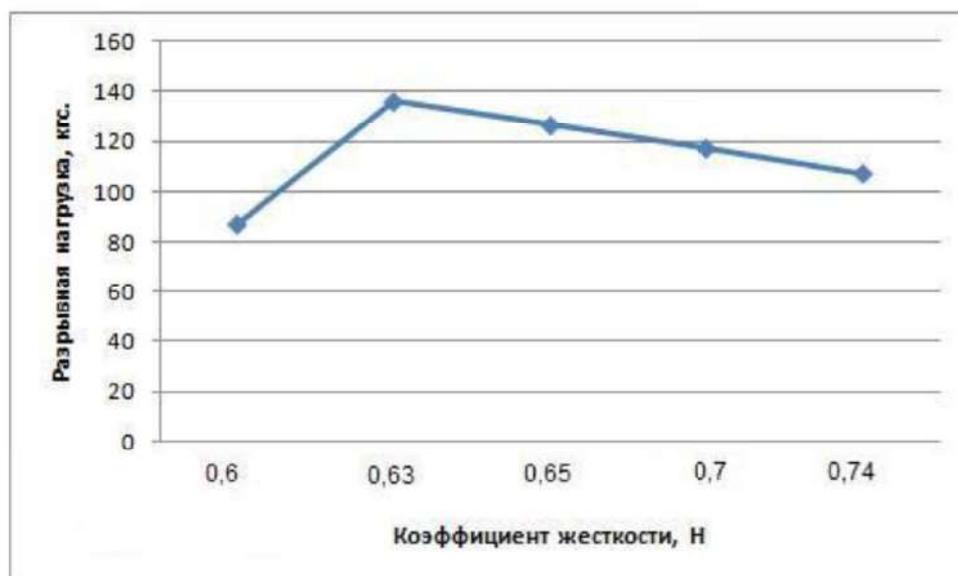


Рисунок Н.3 – Зависимость разрывной нагрузки от коэффициента жесткости материала Премьер – комфорт 250А (с учетом режима циклического промерзания при температуре -18°C)

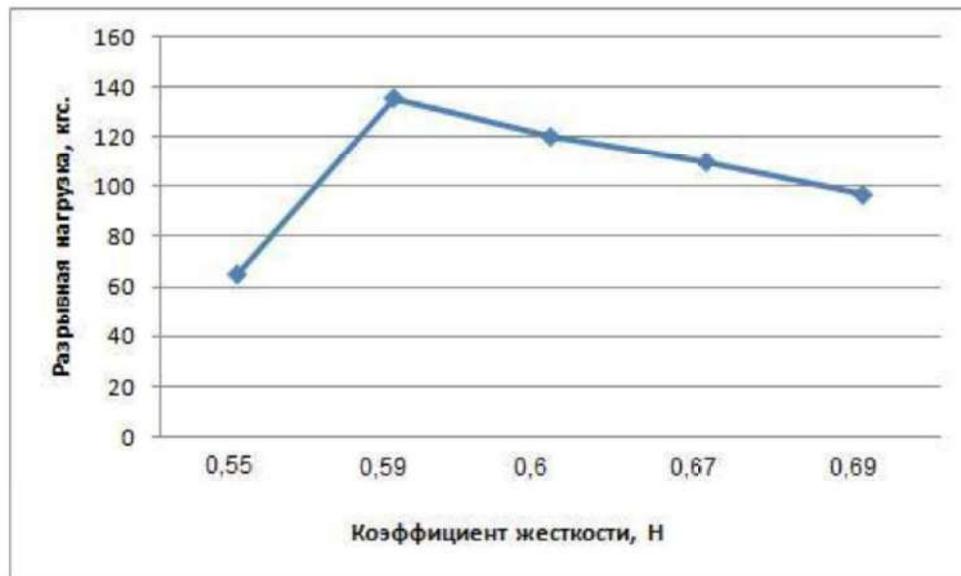


Рисунок Н.4 – Зависимость разрывной нагрузки от коэффициента жесткости материала Грета-М8С60 (с учетом режима циклического промерзания при температуре -18 °С)

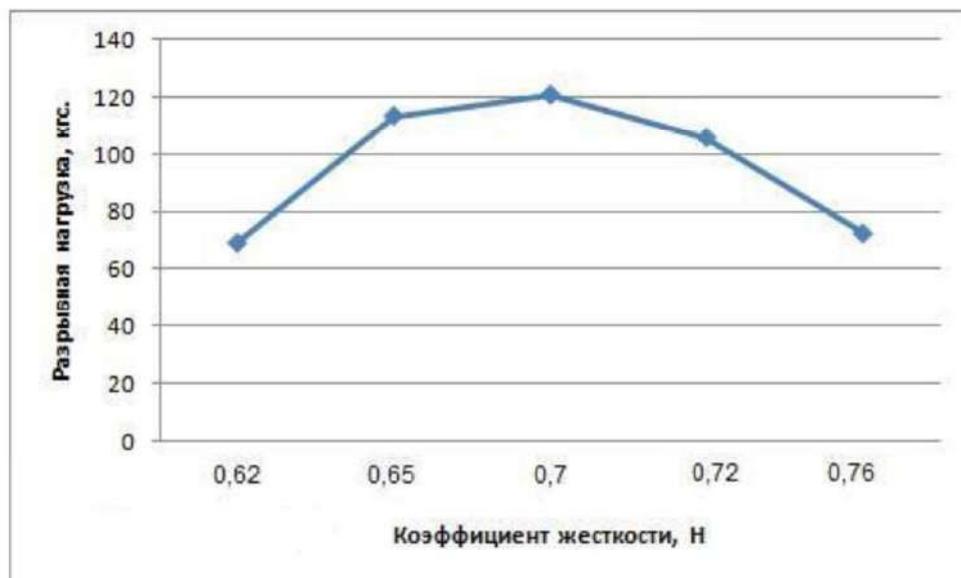


Рисунок Н.5 – Зависимость разрывной нагрузки от коэффициента жесткости материала Саржа С-14-20Д (с учетом режима циклического промерзания при температуре -18 °С)

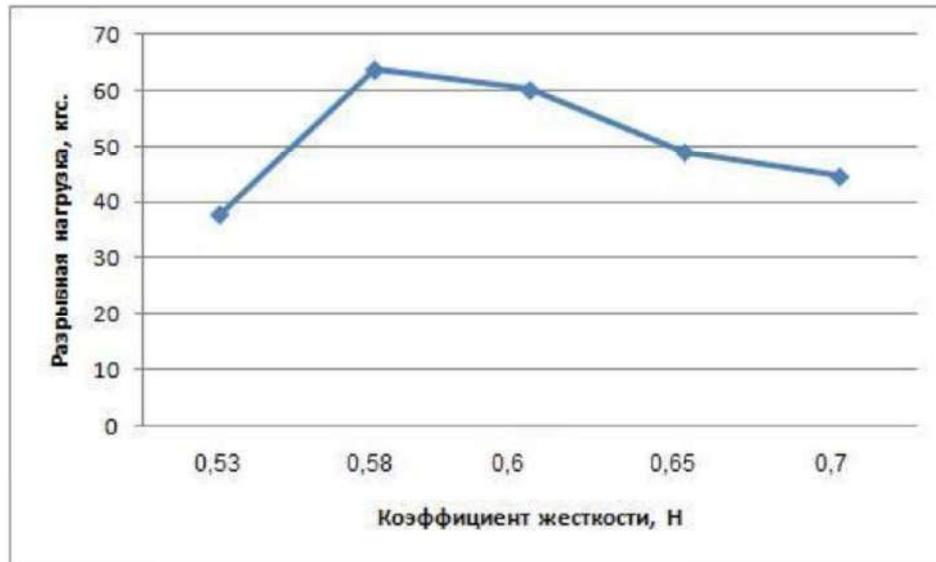


Рисунок Н.6 – Зависимость разрывной нагрузки от коэффициента жесткости материала Джордан (с учетом режима циклического промерзания при температуре $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$)

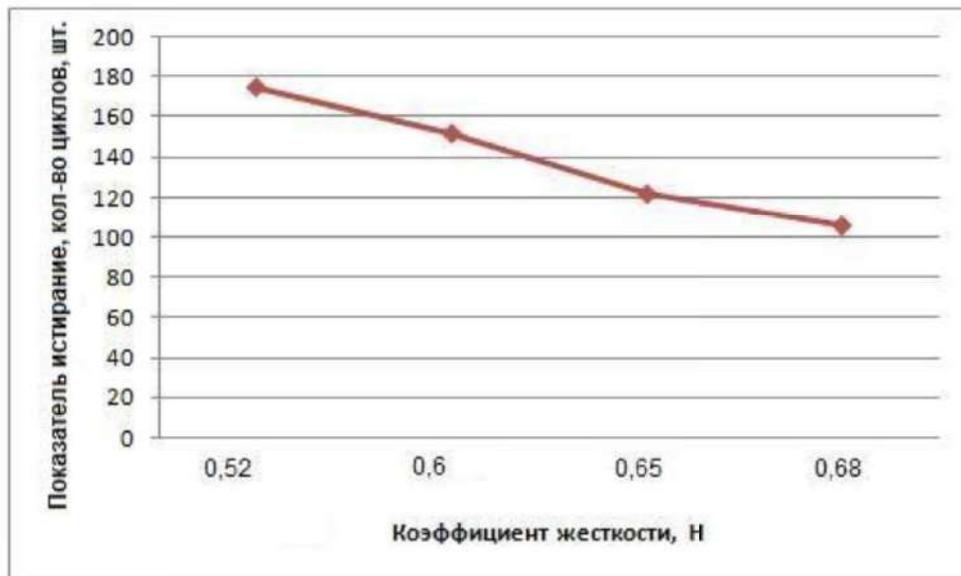


Рисунок Н.7 – Зависимость показателя устойчивости к истиранию от коэффициента жесткости материала «Дьюспа 240 PU milky» с учетом циклического промерзания (при $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$)

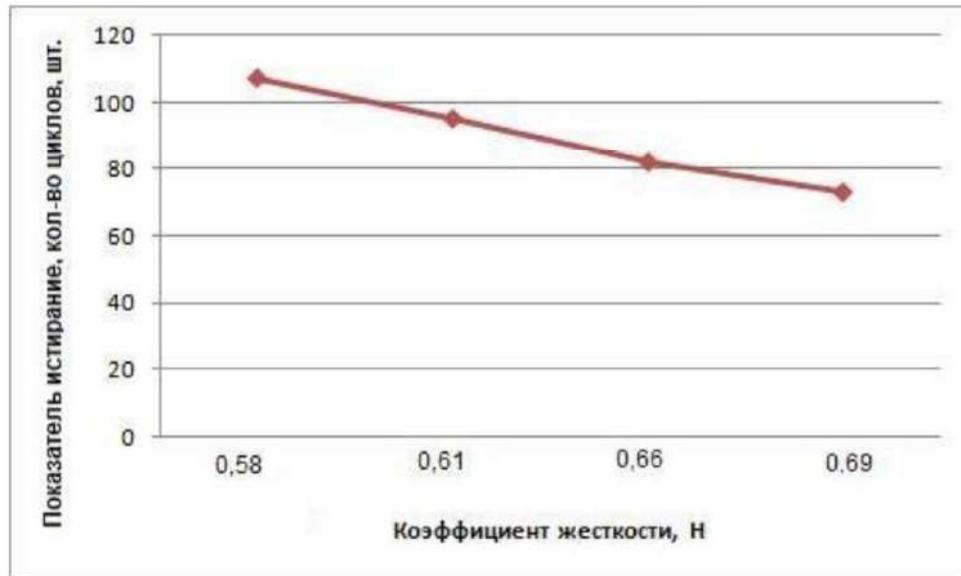


Рисунок Н.8 – Зависимость показателя устойчивости к истиранию от коэффициента жесткости материала «Оксфорд 210» с учетом циклического промерзания (при -18°C)

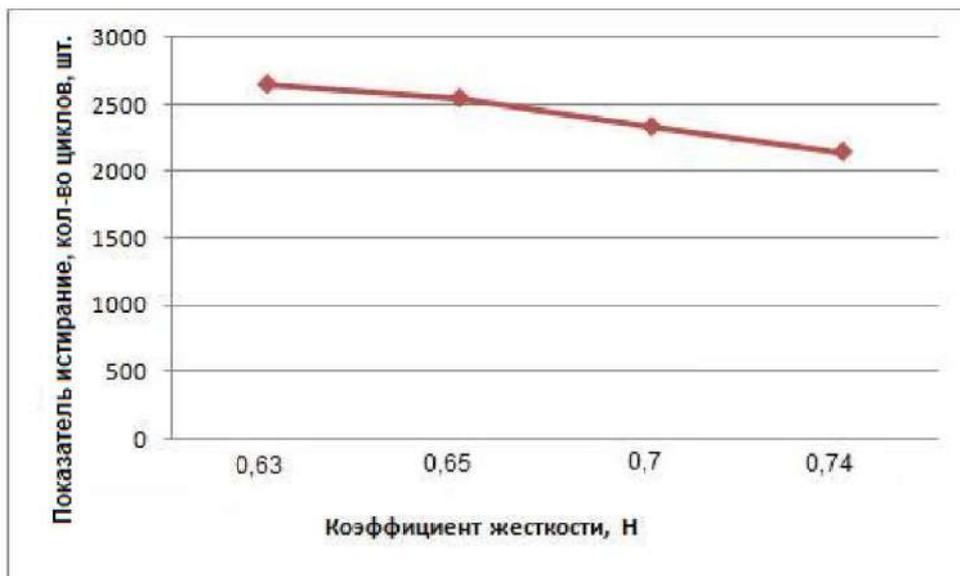


Рисунок Н.9 – Зависимость истирания от коэффициента жесткости материала «Лидер – комфорт 250А» с учетом циклического промерзания (при -18°C)

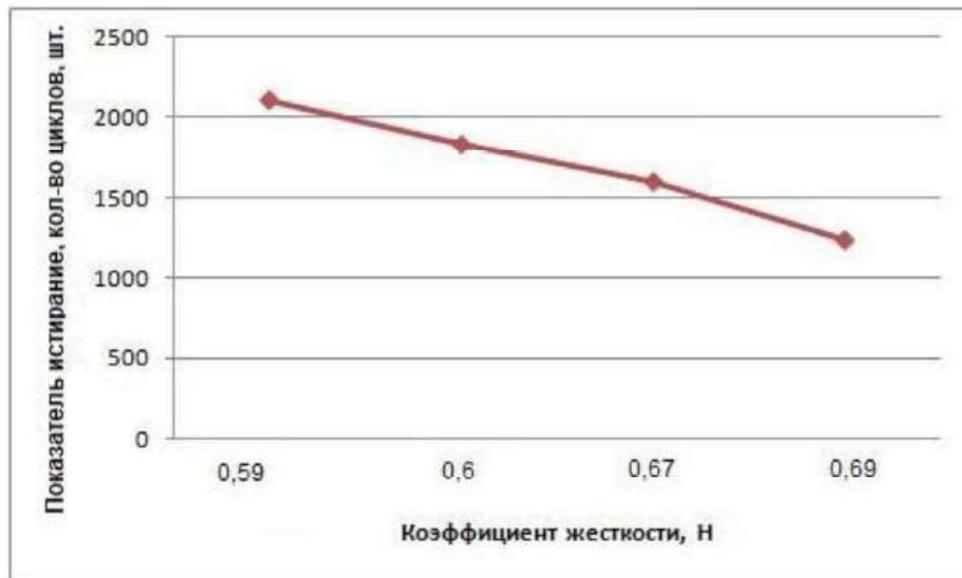


Рисунок Н.10 – Зависимость истирания от коэффициента жесткости материала «Грета-М8С60» с учетом циклического промерзания (при -18°C)

Таблица П.2 - Характеристика швов и ниток для изделий защитных от пониженных температур в соответствии с ГОСТ [209] (фрагмент)

Наименование строчки	Количество стежков в 1 см строчки, не менее	Условный (торговый) номер ниток			
		хлопчатобумажных	армированных	полиэфирных (лавсановых)	полиамидных (капроновых)
1	2	3	4	5	6
Ткани хлопчатобумажные и смешанные с пропиткой и без пропитки					
Стачивающая:					
в стачном, накладном шве, выполненном одной строчкой	3,5	30, 40 в 6 сложений	44лх-1, 65лх	33л, 55л	50к
в стачном, накладном шве, шве взамок, выполненном двумя строчками	3,0	30, 40 в 6 сложений	44лх-1, 65лх	33л, 55л	50к
в настрочном, запошивочном шве	2,5	30, 40 в 6 сложений	44лх-1, 65лх	33л, 55л	50к
Подшивочная в шве вподгибку	2,5	30, 40 в 6 сложений	44лх-1, 65лх	33л, 55л	50к
Стачивающе-обметочная:					
для стачивания	3,0	30, 40 в 6 сложений	44лх-1	33л, 55л	50к
для обметывания	3,0	40 в 3 сложения , 50 в 3 сложения	44лх-1	33л	50к
Обметочная	2,5	40 в 3 сложения , 50 в 3 сложения	44лх-1	33л	50к
Петельная	20	30, 40	44лх-1	33л, 55л	50к
...

ПРИЛОЖЕНИЕ Р

(обязательное)

**Микроструктурные исследования волокнистой основы
теплоизоляционных оболочек одежды**

а) синтепон



б) термофайбер



в) холлофайбер



г) тинсулейт / Tinsulate

Рисунок Р.1 – Микроструктура волокнистых утепляющих материалов для одежды
(увеличение 100х)

Таблица Р.1 – Диаметр единичных волокон опорных утепляющих материалов для композиционной оболочки теплозащитной одежды.

Порядковый номер и показатель измерений	Диаметр (d, μm) для материалов:			
	Синтепон	Термофайбер / Termofiber	Холлофайбер / Hollofiber	Тинсулейт /Tinsulate
№1	29,9	28,5	24,5	20,5
№2	26,4	25,9	24,7	21,6
№3	30,6	30,6	20,6	21,3
№4	24,5	31,0	19,5	19,9
№5	24,5	29,1	21,0	22,4
Диапазон измерений	24,5-30,6	25,9-31,0	19,5-24,7	19,9-22,4
Среднее значение	27,18	29,02	22,06	21,14

Таблица Р.2 – Характеристики параметров межволоконистых полостей в структуре волокнистых утепляющих материалов для одежды.

Показатели	Параметры профиля (μm) для материалов:			
	Синтепон	Термофайбер / Termofiber	Холлофайбер / Hollofiber	Тинсулейт /Tinsulate
1	2	3	4	5
Средняя глубина открытых полостей (продольное сечение), μm	1122,6	427,0	442,6	697,5
Средняя глубина открытых полостей (поперечное сечение), μm	756,2	902,33	322,8	433,4
Плотность размещения открытых свободных полостей (в продольном направлении полотна), %	35,2	48,5	23,2	52,7
Плотность размещения открытых свободных полостей (в поперечном направлении полотна), %	46,7	84,7	11,6	9,2

ПРИЛОЖЕНИЕ С

(справочное)

Характеристики оборудования микроструктурных исследований

Рисунок С.1 – Двухлучевой сканирующий электронный/ионный микроскоп ZEISS CrossBeam 340 [304]

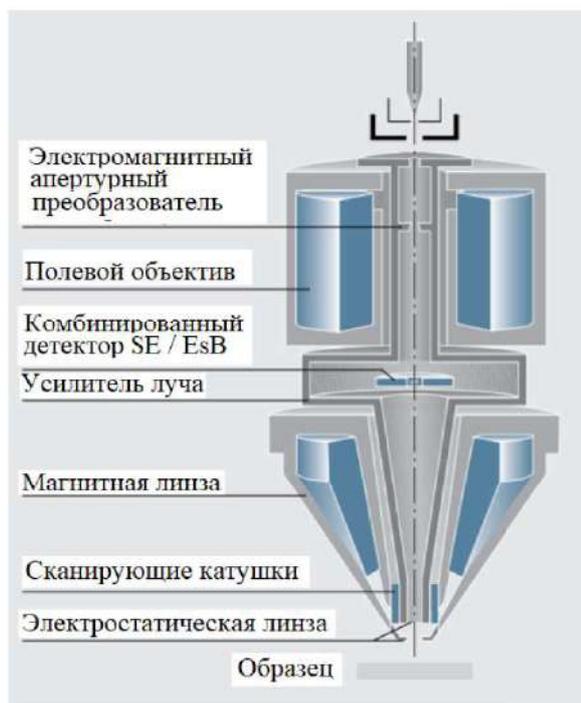


Рисунок С.2 – Схема конструкции колонны GEMINI I VP (Crossbeam340) [305]

Таблица С.1 – Характеристики двухлучевого сканирующего электронного/ионного микроскопа ZEISS CrossBeam 340.

Тип катода	автоэмиссионный катод Шоттки
Стабильность пучка по току	0,2%/час, 0,4%/сутки
Ускоряющее напряжение	от 20 до 30 000 В
Разрешение при ускоряющем напряжении	15 кВ, 30 кВ - 1,0 нм
Разрешение при ускоряющем напряжении	1 кВ - 1,9 нм
Встроенные детекторы	вторичных (SE) и обратно рассеянных (BSE) электронов
Боковой детектор вторичных электронов	(BSE)
Детектор вторичных электронов	для работы в режиме низкого вакуума
Детектор поглощенного тока с функцией замера тока зонда	2 ИК-камеры с регулируемой ИК-подсветкой

ПРИЛОЖЕНИЕ Т

(обязательное)

Система кодирования признаков и параметров моделей структуры поликомпонентных гибридных теплосберегающих оболочек для одежды

Таблица Т.1 – Система кодирования признаков и параметров моделей структуры поликомпонентных гибридных
теплосберегающих оболочек для одежды.

КОД	Описание критериев формирования кода	Содержание	Параметризация
1	2	3	4
K1	Компоненты и их количество, классифицированные по функциональной роли в комплексном материале (базовая теплоизоляция, теплоаккумуляция);	Комплект материалов, формирующих многокомпонентный слой теплозащиты в одежде	Количество компонентов в поликомпонентной структуре – 2
K.1.1	Компоненты, обеспечивающие функцию базовой теплоизоляции (типа Синтепон, Термофайбер (Termofiber), Холлофайбер (Hollofiber), Тинсулейт (Tinsulate))	Волокнистые материалы связанной неориентированной структуры.	Количество материалов компонентов в поликомпонентной структуре – 1
K.1.2	Компоненты, обеспечивающие функцию теплоаккумуляции	Волокнистые капсулированные и твердые материалы	Количество материалов компонентов в поликомпонентной структуре – 1

Продолжение таблицы Т.1.

1	2	3	4
К.1.2	Компоненты, обеспечивающие функцию теплоаккумуляции	Волокнистые капсулированные и твердые материалы	Количество материалов компонентов в поликомпонентной структуре - 1
К.1.2.1	Капсулированные материалы (типа Comfortemp®, Outlast®-Thermoscales™)	На волокнистой основе	Количество материалов компонентов в поликомпонентной структуре - 1
К.1.2.2	Твердые ТАМ (типа Глауберова соль)	В полимерной оболочке.	Количество материалов компонентов в поликомпонентной структуре - 1
К.2	Тип волокон, составляющих основу каждого компонента комплексной волокнистой структуры материала	По ориентации волокон	-
К.2.1	Ориентированные	Вдоль полотна	-
К.2.2	Неориентированные	-	-
К.3	Вид (активное вещество) теплоаккумулярующего материала, включенного в комплексную структуру	Учитываются активные компоненты с фазовым переходом тепловых свойств	-
К.3.1	Глауберова соль (вариант)	В полимерной оболочке	Температура фазового перехода +23...37 °С
К.3.2	Парафин (парафин)	Капсулированный	
К.4	Способ скрепления компонент в волокнистой структуре комплексного материала		
К.4.1	Клеевой	-	-
К.4.2	Пневматический	-	-
К.4.3	Аэродинамический	-	-

Продолжение таблицы Т.1.

1	2	3	4
К.4.4	Холстопрощивной	-	Регулярность точечного крепления в сеточной системе (90°) с расстоянием между узлами сетки 100мм
К.4.5	Без скрепления	-	-
К.5	Метод интегрирования теплоаккумулирующих компонент в общей структуре волокнистого материала	С учетом предложенной концепции формирования поликомпонентного синтетического утеплителя	-
К.5.1	«M-Intro»	-	-
К.5.2	«M- Integer»	-	-
К.5.3	«M- Combo»	-	-
К.6	Геометрическая форма компонент в структуре комплексного материала.	-	-
К.6.1	Шар	капсула	
К.6.2	Параллелепипед	в том числе кубический элемент и полотно (пластина)	
К.6.2.1	Куб	Элемент ПВОМ-С	2...N
К.6.2.2	Пластина	Элемент ПВОМ-П	2...10
К.7	Размеры элементов структуры поликомпонентного материалов	-	-
К.7.1	Диаметр волокон опорного материала	К.7.1.d	d=21...29 μm
К.7.2	Диаметр волокон теплоаккумулирующего материала	К.7.2.d	d=13...15 μm

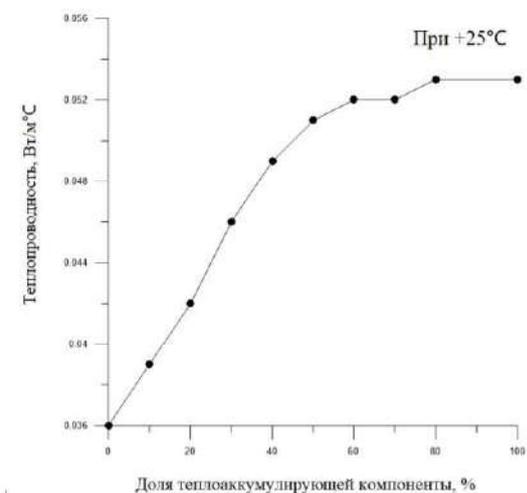
Окончание таблицы Т.1.

1	2	3	4
К.7.3	Диаметр капсулированных ТАМ	К.7.3.d	d=2,6...15µm
К.7.4	Средние параметры размеров полостей	К.7.1.D	D=320... 1120 µm
К.7.5	Размеры контактирующих частиц волоконистых ТАМ в многокомпонентных композициях. Должны составлять	К.7.1.L	L=не менее 2000 µm

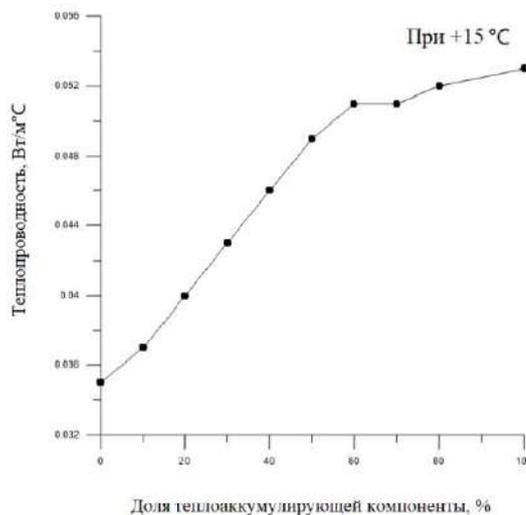
ПРИЛОЖЕНИЕ У

(обязательное)

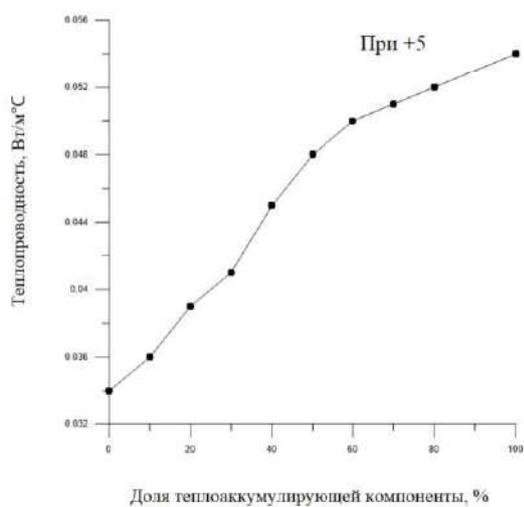
Исследование теплопроводности гибридных оболочек с теплоаккумулирующими компонентами на текстильной основе



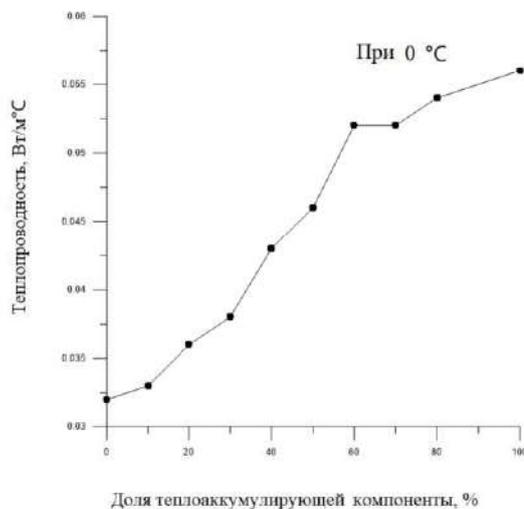
при температуре +25°C



при температуре +15°C

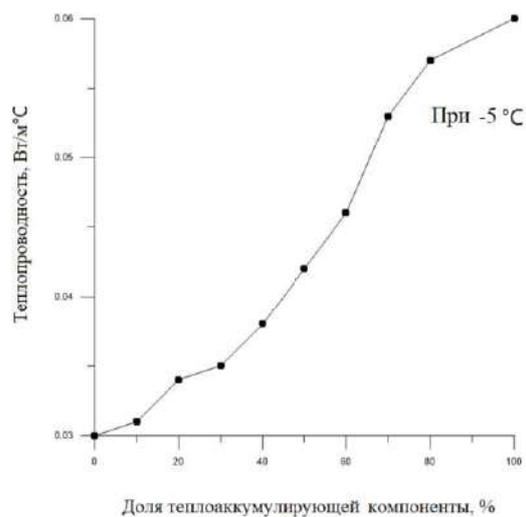


при температуре +5°C

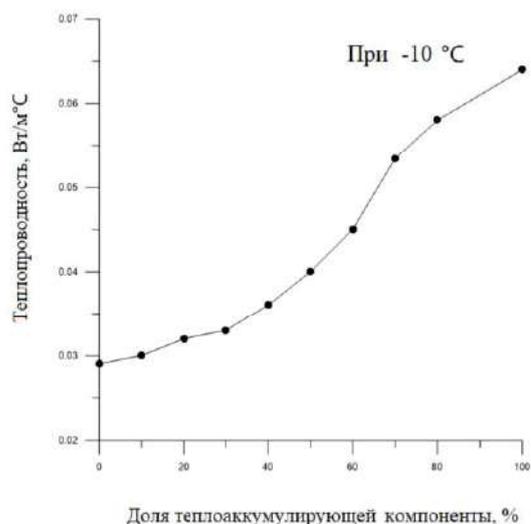


при температуре 0°C

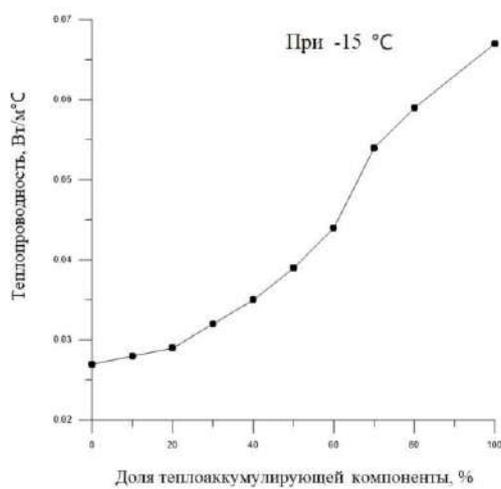
Рисунок У.1 – Зависимость теплопроводности гибридных материалов от доли МОПМ на основе текстильного материала "Outlast®-Thermocules» в зависимости от температурного режима «тепло-холод» (0...+25 °C)



при температуре -5°C



при температуре -10°C



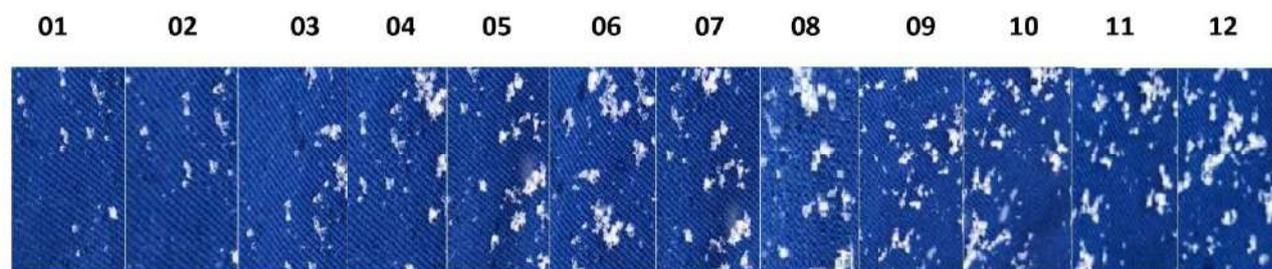
при температуре -15°C

Рисунок У.2 – Зависимость теплопроводности гибридных материалов от доли МОПМ на основе текстильного материала "Outlast®-Thermocules» в зависимости от температурного режима «тепло-холод» (0...-15°C)

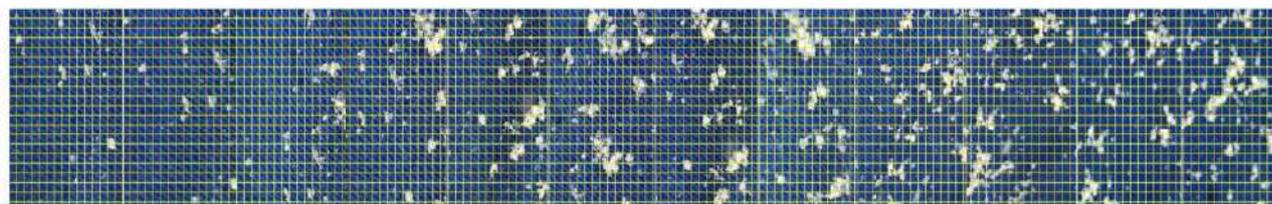
ПРИЛОЖЕНИЕ Ф

(обязательное)

Тестовое исследование накопления снега на поверхности теплозащитной одежды



(а)



(б)

Рисунок Ф.1 – Динамическое сегментирование поверхности одежды, покрывающейся
снегом (в минутах)

Таблица Л.1 – Динамика покрытия поверхности теплозащитной одежды
снегом

№пп	Время, мин.	Доля поверхности, покрытой снегом, %	№пп	Время, мин.	Доля поверхности, покрытой снегом, %
1	01	2	7	07	19
2	02	5	8	08	22
3	03	7	9	09	24
4	04	11	10	10	23
5	05	14	11	11	25
6	06	17	12	12	28

ПРИЛОЖЕНИЕ X

(обязательное)

Теплофизические характеристики модели женского тела для моделирования процессов теплообмена человека через одежду со средой

Таблица X.1 – Параметры биоматериалов для послойной условно-анатомической модели тела женщины в системе одежды

Ткань	$K[\text{Вт/м}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}]$	$C[\text{Дж/кг}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}]$	$\rho[\text{кг/м}^{-3}]$	$V[\text{Вт/ м}^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}]$	$A[\text{Вт/м}^{-3}]$
1	2	3	4	5	6
Воздух	0	0	0	0	0
Внутренний воздух	0	0	0	0	0
Кожа	0,27	3600	1125	1700	1620
Мышца	0,40	3800	1047	2000	480
Жир	0,22	3000	500	1500	300
Кортикальная кость	0,37	3100	1990	3400	610
Губчатая кость	0,41	3200	1920	3300	590
Нерв (позвоночник)	0,46	3400	1038	40000	7100
Серое вещество	0,57	3800	1038	40000	7100
Глаза	0,58	4000	1009	0	0
Хрусталик	0,40	3600	1053	0	0
Стенка глаза	0,58	3800	1026	75000	22000
Сердце	0,54	3900	1030	54000	9600
Печень	0,51	3700	1030	68000	12000
Легкое	0,14	3800	1050	9500	1700
Почки	0,54	4000	1050	270000	48000
Кишечник (тонкий)	0,57	4000	1043	71000	13000
Кишечник (толстый)	0,56	3700	1043	53000	9500
Желчный пузырь	0,47	3900	1030	9000	1600
Селезенка	0,54	3900	1054	82000	15000
Желудок	0,53	4000	1050	29000	5200
Поджелудочная железа	0,52	4000	1045	41000	7300
Кровь	0,56	3900	1058	0	0
Жидкость организма	0,56	3900	1010	0	0
Желчный	0,55	4100	1010	0	0
Железы	0,53	3500	1050	360000	64000
Мочевой	0,43	3200	1030	9000	160

Окончание таблицы X.1

1	2	3	4	5	6
Сухожилие	0,42	3300	1050	270000	48000
Надпочечники	0,41	3300	1040	9000	1600

Таблица X.2 – Экспериментальные характеристики температуры поверхности тела женщин (170-88-96, 29 лет, вес 64 кг) для моделирования тепловых систем с одеждой

Распределение сенсоров по участкам измерения на теле женщины		
Номер участка измерения	Параметр измерения, °С	Место измерения
1	32,63	Лоб
2	35,89	Туловище (спереди на уровне линии груди)
3	34,64	Туловище (сзади на уровне линии груди)
4	34,49	Поверхность живота спереди (на уровне линии талии)
5	34,96	Поверхность спины (на уровне линии талии)
6	32,72	Внешняя поверхность плеча (рука)
7	34,50	Кисть (внешняя поверхность)
8	27,93	Бедро (нога, спереди)
9	28,67	Бедро (нога, сзади)
10	28,77	Голень (нога, сзади)
11	30,44	Стопа

ПРИЛОЖЕНИЕ Ц

(обязательное)

Чертежи деталей конструкции женского теплозащитного костюма для климатических условий криосферы, выполненный в условиях САПР одежды

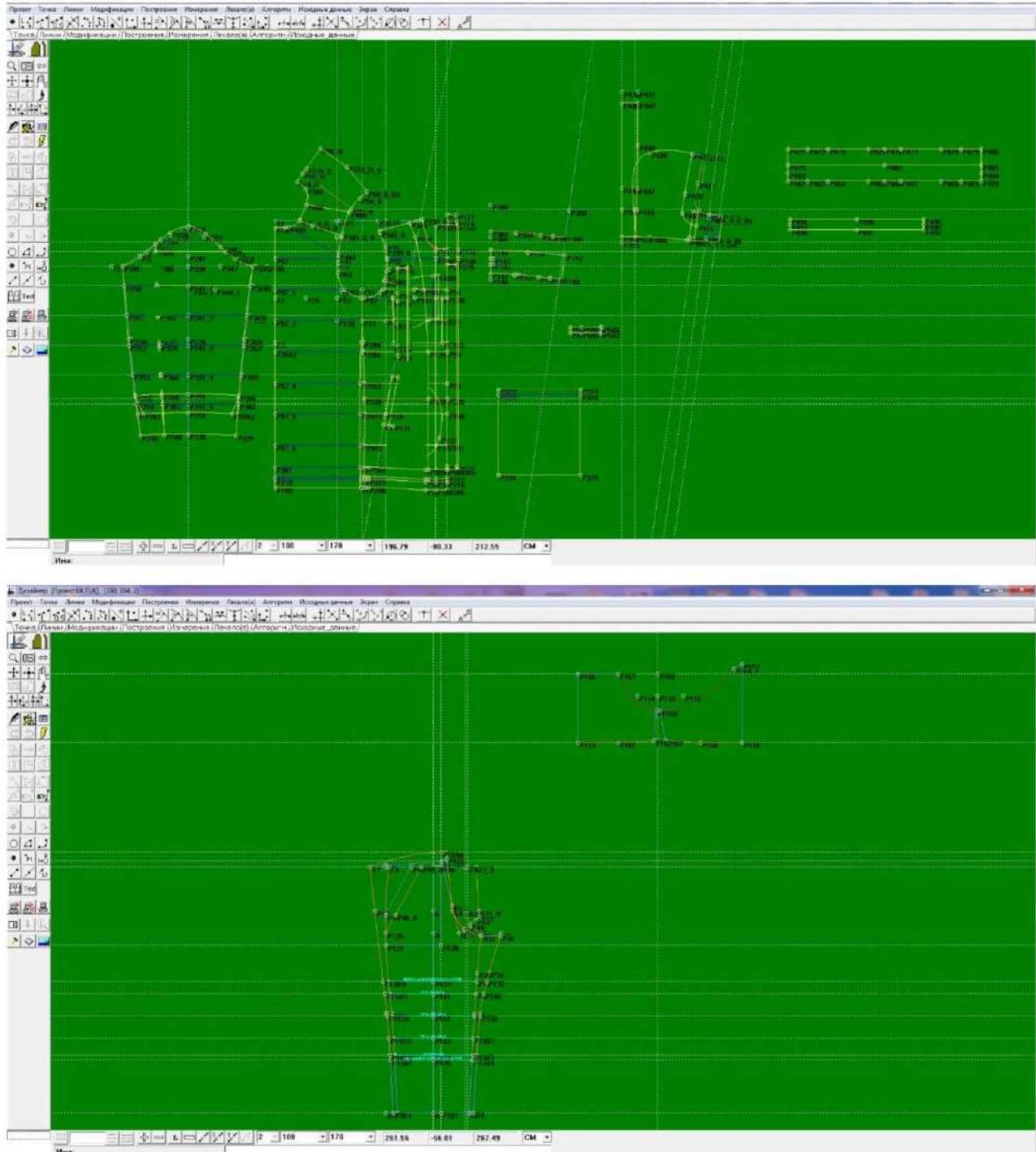


Рисунок Ц.1. – Чертежи деталей конструкции женского теплозащитного костюма для защиты от климатических факторов криосферы

ПРИЛОЖЕНИЕ Ч

(обязательное)

Патент на полезную модель № 190542 «Теплозащитный костюм с функцией управления безопасным режимом физической работы»



Авторы: **Черунова Ирина Викторовна (RU), Пискозуб Виктория Сергеевна (RU), Выпрягаева Яна Олеговна (RU), Пашиков Виталий Сергеевич (RU), Стефанова Екатерина Борисовна (RU), Коршители Анна Михайловна (RU), Черунов Павел Владимирович (RU), Давыдова Юлия Андреевна (RU), Ковалева Алена Александровна (RU)**

ПРИЛОЖЕНИЕ Ш

(обязательное)

Акты внедрения результатов диссертационной работы**Индивидуальный предприниматель****Судоргина Надежда Васильевна****ИНН 616100684728****Свидетельство о государственной регистрации****серия 61 № 007953476****Юридический адрес: 344092, г. Ростов-на-Дону, ул. Капустина, 14-85****Банковские реквизиты: расчетный счет № 40802810152094084644****Юго-Западный банк ПАО «Сбербанк» г. Ростов-на-Дону****БИК 046015602 к/с 30101810600000000602****ОГРНИП 315619600094068****УТВЕРЖДАЮ****Индивидуальный предприниматель****Н.В. Судоргина****«28» декабря 2021 г.****АКТ**

внедрения модельно-конструктивных решений женской теплозащитной куртки для эксплуатационных условий криосферы (низкие температуры климата, снег, контактный лёд) на ИП Судоргина Надежда Васильевна, разработанной по результатам диссертационных исследований (на соискание ученой степени кандидата технических наук), выполненных Лукьяновой Екатерины Борисовны (научный руководитель д.т.н., профессор Черунова И.В.), посвященных совершенствованию процессов проектирования женской теплозащитной одежды для эксплуатационных условий криосферы.

Комиссией в составе: индивидуального предпринимателя Судоргина Н.В. и членов комиссии: руководителя проекта «Культтовары» Горюнова Е.А. и директора по продажам Гончар Н.С. составили настоящий Акт о том, что в производственную деятельность компании с брендом «Культтовары» (<https://kulttorg.com/>), действующей в рамках производственно-коммерческой деятельности ИП Судоргина Н.В., внедрены модельно-конструктивные решения женской теплозащитной куртки с повышенными показателями эффективности защиты от холода и снега, разработанной Лукьяновой Е.Б.

Разработка внедрена в период ноябрь - декабрь 2021 г. и включена в реестр проектных решений предприятия для систематического использования.

Комиссия отмечает, что предложенные решения в области конструирования, конфекционирования и технологии изготовления предложенной теплозащитной одежды расширяет конкурентоспособный ассортимент предприятия в части современной женской зимней одежды за счет рациональных физических и функциональных свойств.

Члены комиссии:

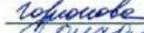
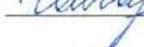
 Судоргина Н.В.
 Горюнова Е.А.
 Гончар Н.С.

Рисунок Ш.1 – Акт внедрения на производственном предприятии ИП Судоргина Н.В. г.

Ростов-на-Дону



**ООО «Торгово-производственное предприятие
«Техноформ»**

344010, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, дом 107, офис 3
ИНН 6163084223 КПП 616301001
р/с 40702810510000140223 АО «ТИНЬКОФФ БАНК» г. Москва
к/с 30101810145250000974 БИК 044525974
тел/факс (863) 200-84-14, 200-84-19, 200-84-21
www.tehnoform.com, e-mail: info@tehnoform.com

Исх. №1105/2 от 28.12.2021 года

УТВЕРЖДАЮ

Директор по производству

к.т.н. Н.Ю. Суконцева



АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов диссертационной работы

(на соискание ученой степени кандидата технических наук)

Лукьяновой Екатерины Борисовны

(научный руководитель д.т.н., профессор Черунова И.В.),

посвященной совершенствованию процессов проектирования женской
теплозащитной одежды для эксплуатационных условий криосферы

1. Объект внедрения – методика зонального формирования пакетов материалов теплозащитной одежды для эксплуатационных условий криосферы (защита от холода, снега)
2. Характеристики объекта внедрения – методика реализует разработанные Лукьяновой Е.Б. алгоритмы комплектации материалов для деталей теплозащитной одежды с учетом повышенной общей и локальной защиты от снеговой нагрузки, с учетом физической активности человека в условиях холода. Для проектирования женской теплозащитной одежды в алгоритмах учтены особенности теплообмена и эргономики женского организма.
3. Период внедрения – с 01.09.2021 по настоящее время.
4. Результаты внедрения:
 - 4.1. Улучшение эксплуатационных свойств женской теплозащитной одежды в условиях холода и снега.

- 4.2. Расширение ассортимента теплозащитной одежды с функциональными свойствами.
5. Социальный эффект – разработанные и изготовленные на основе новых методик теплозащитные костюмы представляет собой усовершенствованное средство индивидуальной защиты от холода, снега и сопутствующих климатических факторов криосферы, что позволяет расширить возможности, уровень защиты и повысить готовность людей, особенно женщин, к жизнедеятельности в сложных условиях внешней среды, которые в настоящее время представляют интерес при реализации ряда национальных программ освоения северных регионов страны.

Состав комиссии:

- | | | |
|--|---|----------------|
| 1. Директор по производству,
к.т.н. |  | Н.Ю. Суконцева |
| 2. Инженер-конструктор |  | Н.В. Спивак |
| 2. Инженер-технолог |  | Е.М. Табыйка |

Рисунок Ш.2 – Акт внедрения на производственном предприятии ООО «ТПП «Техноформ»» г. Ростов-на-Дону



Общество с ограниченной ответственностью
· БВН инжиниринг ·

346400, Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Троицкая 39/166
 ОКПО 12116707, ОГРН 1026102216821, ИНН 6150007341, КПП 615001001
 ОКВЭД 72.19 14.12 14.13.21 14.13.22 46.90
 р/с 40702810100300002401 в ПАО КБ «Центр-инвест» г. Ростов-на-Дону
 к/с 30101810100000000762. БИК 046015762
 Тел./факс 8(8635)22-43-57, 22-80-17, e-mail: bvn@bvn.ru; web: bvn.ru; bvntavel.ru

№ 270 от 29.12.2021 г.

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

К.Э.Н.



А.Ю.Сироткин

(председатель комиссии)

АКТ

о внедрении результатов
 кандидатской диссертационной работы

ЛУКЬЯНОВОЙ Екатерины Борисовны

Комиссия в составе: председатель Сироткин А.Ю., генеральный директор, к.э.н.; члены комиссии: Редькина О.В., директор производственного департамента; Горбанева Н.И., руководитель сектора по работе с ключевыми партнерами - составили настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы, посвященной совершенствованию процессов проектирования женской теплозащитной одежды для эксплуатационных условий криосферы, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук, использованы в проектно-конструкторской деятельности ООО «БВН инжиниринг» при разработке и комплектации материалами специальной теплозащитной одежды для эксплуатации в 3,4 и особом климатическом поясе, а также в условиях высокогорья (по совокупности – в эксплуатационных условиях криосферы) в виде:

Экспериментальных данных о зависимости эксплуатационных параметров современных текстильных материалов для спецодежды от совокупных условий холодного климата, включая влияние солевого компонента северных прибрежных территорий в режиме низких температур.

Период внедрения – с 01.01.2021 по 25.12.2021.

Объем внедрения – 186 ед. (костюм, куртка теплозащитные) на сумму 1 488 000 руб.

Использование указанных результатов позволяет повысить качество проектирования и эффективность применения современных материалов с комплексными защитными свойствами в изделиях, ориентированных на эксплуатацию в сложных климатических условиях; обеспечить повышение эргономического комфорта теплозащитной одежды для женщин, работающих в сложных климатических условиях; сократить затраты на производство дополнительных внутрипроизводственных испытаний и исследований, что положительно повлияло на общую эффективность производственно-коммерческой деятельности предприятия.

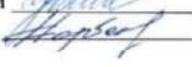
Члены комиссии  Редькина О.В.
 Горбанева Н.И.

Рисунок Ш.3 – Акт внедрения на производственном предприятии
 ООО «БВН инжиниринг» г. Новочеркасск