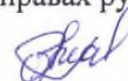


**Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Донской государственный технический университет
в г. Шахты Ростовской области»
(ИСОиП (филиал) ДГТУ в г. Шахты)**

На правах рукописи



Бабенко Лиана Григорьевна

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОЗАЩИТНОГО ИЗДЕЛИЯ
ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ДВИГАТЕЛЬНЫМИ
ВОЗМОЖНОСТЯМИ**

Специальность: 05.19.04 –Технология швейных изделий

Диссертация

на соискание учёной степени кандидата технических наук

Научный руководитель –
кандидат технических наук, доцент
Савельева Н.Ю.

Шахты – 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ И СОКРАЩЕНИЙ.....	16
ГЛАВА 1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ДВИГАТЕЛЬНЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ	19
1.1 Причинно-следственные связи, приводящие к ограничению двигательной активности в концепции проектирования адапционной теплозащитной одежды для ЛОДВ.....	20
1.2 Анализ отечественного и зарубежного опыта проектирования теплозащитных изделий для ЛОДВ.....	35
1.3 Обзор швейных изделий и технических устройств, используемых для повышения теплового комфорта	38
1.4 Разработка общей схемы проектирования и исследования теплозащитного изделия для ЛОДВ, постановка целей и задач диссертационных исследований.....	45
Цель и направления диссертационного исследования.....	48
ГЛАВА 2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ПАКЕТА МАТЕРИАЛОВ С УЧЁТОМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЛОКАЛЬНОГО ОБОГРЕВА В ТЕПЛОЗАЩИТНОМ ИЗДЕЛИИ ДЛЯ ЛОДВ	50
2.1 Описание гиподинамической системы нижних конечностей ЛОДВ как теоретического обоснования технического задания для проектирования теплозащитного изделия.....	50
2.2 Определение «физиологического нуля» температуры поверхности кожи гиподинамической системы нижних конечностей ЛОДВ.....	56
2.2.1 Методика проведения эксперимента и инструментарий.....	58
2.2.2 Обработка результатов исследований.....	61
2.2.3 Определение локальной температуры поверхности кожи ЛОДВ в помещении в комфортных условиях.....	63
2.3 Исследование теплозащитных свойств пакетов материалов для изготовления теплозащитной одежды для ЛОДВ.....	64
2.3.1 Выбор методики, определение количественных и качественных показателей комфортного самочувствия мужчин при эксплуатации	76

теплозащитного изделия для ЛОДВ	
2.3.2 Обработка экспериментальных данных.....	82
2.4 Обоснование выбора безопасной системы локального обогрева гиподинамической системы нижних конечностей ЛОДВ в теплозащитном изделии.....	88
2.4.1 Определение критерия безопасности использования системы локального обогрева.....	89
2.4.2 Исследование влияния дополнительной системы локального обогрева на теплозащитные свойства пакета материалов.....	91
Выводы по главе 2.....	92
ГЛАВА 3 РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ ЛОДВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕПЛОЗАЩИТНОГО ИЗДЕЛИЯ С СИСТЕМОЙ ЛОКАЛЬНОГО ОБОГРЕВА	95
3.1 Математическое описание процессов теплопроводности в теплозащитном изделии для ЛОДВ.....	95
3.2 Разработка математических моделей процесса теплообмена в системе «нижние конечности ЛОДВ – теплозащитное изделие – отрицательная температура окружающей среды».....	104
3.2.1 Математическое описание процесса теплообмена в области стопы ЛОДВ в теплозащитном изделии.....	105
3.2.2 Математическое описание процесса теплообмена системы «колени-голень» ЛОДВ в теплозащитном изделии.....	110
3.3 Проверка работоспособности математических моделей процесса теплообмена при расчётах теплового состояния нижних конечностей ЛОДВ в теплозащитном изделии.....	117
Выводы по главе 3.....	126
ГЛАВА 4 РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ТЕПЛОЗАЩИТНОГО ИЗДЕЛИЯ С СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫМ КОМФОРТОМ ДЛЯ ЛОДВ	128
4.1 Разработка системы управления тепловым комфортом в теплозащитном изделии.....	128
4.2 Разработка конструктивного устройства и методики конструирования теплозащитного изделия с системой управления тепловым комфортом	132

4.3 Выбор методов обработки специфичных узлов теплозащитных изделий с системой управления тепловым комфортом.....	141
4.4 Апробация конструктивного устройства теплозащитного изделия для ЛОДВ с системой управления тепловым комфортом.....	145
4.5 Оценка эффективности показателя социального эффекта в процессе эксплуатации теплозащитного изделия с системой управления тепловым комфортом	149
Выводы по главе 4.....	151
Внедрение результатов диссертационных исследований.....	152
ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ.....	154
Список литературы.....	157
Приложение А (обязательное) Образцы теплозащитной адаптивной одежды отечественных и зарубежных производителей	171
Приложение Б (обязательное) Швейные изделия и технические устройства, используемые для повышения теплового комфорта	180
Приложение В (обязательное) Акт о проведении совместных исследований	187
Приложение Г (обязательное) Паспорт исследований средней температуры поверхности кожи нижних конечностей у ЛОДВ	189
Приложение Д (обязательное) Определение необходимого числа испытаний	190
Приложение Е (обязательное) Современные материалы, используемые при проектировании теплозащитной одежды	195
Приложение Ж (обязательное) Акт о проведении совместных исследований по подбору рационального пакета материалов	202
Приложение З (обязательное) Исследование теплозащитных свойств пакетов материалов	204
Приложение И (обязательное) Паспорт нагревательных элементов	220
Приложение К (обязательное) Радиометр теплового излучения «ИК-метр»	221
Приложение Л (обязательное) Акт о проведении совместных исследований по апробации макета теплозащитного изделия с использованием дополнительной системы локального обогрева	222
Приложение М (обязательное) Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Программа для расчёта теплового состояния стоп в адаптационном теплозащитном мешке для ног с дополнительным обогревом для людей с ограниченными двигательными	224

возможностями»

Приложение Н (обязательное) Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Программа для расчёта теплового состояния системы «колени-голень» в теплозащитном изделии с дополнительным обогревом для людей с ограниченными двигательными возможностями»	225
Приложение О (обязательное) Графики зависимости температуры поверхности кожи нижних конечностей на различных участках при отрицательных температурах окружающей среды	226
Приложение П (обязательное) Проверка гипотезы о нормальном распределении отклонений расчётных и экспериментальных значений температуры поверхности кожи нижних конечностей ЛОДВ при отрицательной температуре окружающей среды	229
Приложение Р (обязательное) Лекала деталей теплозащитного изделия из подкладочного и прокладочного материалов	231
Приложение С (обязательное) Акт о проведении совместных исследований по апробации опытного образца теплозащитного изделия с использованием системы управления тепловым комфортом	232
Приложение Т (обязательное) Значения средней температуры поверхности кожи ЛОДВ при апробации теплозащитного изделия с системой управления тепловым комфортом	234
Приложение У (обязательное) Акты внедрения в производство	235
Приложение Ф (обязательное) Расчёт затрат на изготовление теплозащитного изделия («мешок для ног»)	238

ВВЕДЕНИЕ

Проблема повсеместной интеграции людей с инвалидностью в социальную жизнь является стратегической задачей Правительства Российской Федерации (РФ).

Для решения поставленной задачи в качестве «дорожной карты» создания условий равных возможностей в РФ разработана и принята Федеральная целевая программа «Доступная среда». По запросу «Форума действий» Общественного Народного Фонда целевая программа пролонгирована Президентом РФ Владимиром Путиным до 2025 года (V этап) [1, 2]. С 2015 года Правительство рассматривает и принимает ряд важнейших документов, регламентирующих программу реабилитации, абилитации и социализации при неуклонном повышении качества жизни людей с инвалидностью [1-3].

Распоряжение Правительства РФ от 22 ноября 2017 г. N 2599-р «О стратегии развития производства промышленной продукции реабилитационной направленности до 2025 г.» [3] регламентирует разработку «конкурентоспособной, устойчивой и структурно сбалансированной реабилитационной индустрии, производящей изделия для реабилитации и абилитации, создание доступной среды, других ассистивных устройств и технологий, необходимых для восстановления или компенсации временных (постоянных) нарушений здоровья, а также для обеспечения автономности, повышения качества жизни, социальной и других видов активности инвалидов, лиц с временными или постоянными ограничениями здоровья, пожилых людей, других маломобильных категорий граждан».

Базовыми принципами программы [3] являются обеспечение доступности современной продукции реабилитационной направленности для инвалидов и маломобильных граждан; импортозамещение продукции реабилитационной направленности иностранного происхождения отечественной продукцией, а также развитие её экспорта. При этом определены нормативные документы и требования, предъявляемые к продукции реабилитационной

направленности – это высокое качество, функциональность, безопасность, надёжность и эффективность эксплуатации [3].

В дальнейших исследованиях определим термин адаптационной одежды / изделий – как ассортимент моделей функциональной имиджеобразующей одежды (изделий), отвечающих полному комплексу требований системы «ЛОДВ – окружающая среда – средство передвижения – реабилитационный эффект», а также повышенным требованиям комфорта и безопасности человека, находящегося в инвалидном кресле-коляске.

По данным Федеральной государственной информационной системы «Федеральный реестр инвалидов» [4], общая численность людей с инвалидностью по состоянию на 09.04.2019 года составляет 11 миллионов 947 тысяч человек. Из них около 3% (более 350 тыс. человек) имеют инвалидность, обусловленную стойким ограничением двигательных возможностей различной этиологии. Данная группа людей передвигается при помощи технических средств и приспособлений.

В дальнейших исследованиях определим данный контингент как люди с ограниченными двигательными возможностями (ЛОДВ).

Важными факторами, которые необходимо учитывать при проектировании теплозащитных адаптационных изделий для ЛОДВ является нарушение терморегуляции, а также отсутствие объективной реакции гиподинамической системы нижних конечностей ЛОДВ на внешние раздражители (отрицательные температуры окружающей среды). Данные факторы ведут к увеличению риска замерзания и неконтролируемого обморожения нижних конечностей.

Актуальность темы обусловлена потребностью в теплозащитных изделиях, адаптированных для безопасного нахождения людей с ограниченными двигательными возможностями (ЛОДВ) при определённом временном отрезке в условиях отрицательных температур окружающей среды. Данные изделия должны отвечать комплексу показателей качества и требованиям безопасности за счёт использования рационально составленных пакетов материалов и

дополнительных устройств, обеспечивающих создание, поддержание и контроль теплового комфорта людей с гиподинамией нижних конечностей (при низком уровне или отсутствии физической активности).

Степень научной разработанности проблемы.

Исследования, направленные на проектирование специальной (функциональной) одежды для людей с ограниченными возможностями здоровья (ЛОВЗ) в нашей стране ведутся с 70-х годов прошлого столетия, и нашли отражение в работах Агафоновой Л.П., Карабановой Н.Ю., Чащиной О.В. [5] (ФГУ «Санкт-Петербургский научно-практический центр медико-социальной экспертизы, протезирования и реабилитации инвалидов им. Г.А. Альбрехта Федерального агентства по здравоохранению и социальному развитию») [6], Бикбулатовой А.А. (ФГБОУ ВО Российский государственный социальный университет) [7], Будеевой О.Н. (Институт экономики и сервиса ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет») [8], Заева В.А. [9], Харловой О.Н. [10], Панферовой Е.Г. [11] (Новосибирский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина» (Технологии. Дизайн. Искусство)), Лымаревой Ю.В. (ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова») [12], Сафиной Л.А., Хамматовой Э.А. [13], Кумпан Е.В. [14], (ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»), Сурженко Е.Я. (ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна) [15], Коробцовой Н.А. [16], Андреевой Е.Г. [17], а также в исследованиях, выполняемых под руководством Петросовой И.А. (Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)) [18], Савельевой Н.Ю. (Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) «Донской государственный технический университет» в г. Шахты Ростовской области (ИСОиП (филиал) ФГБОУ ВО ДГТУ в г. Шахты Ростовской области) [19, 20] и др.

Большая часть исследований направлена на создание конструктивного устройства имиджеобразующей и функциональной (медицинской) одежды для ЛОДВ, передвигающихся при помощи технических приспособлений или средств, в том числе с использованием инвалидных кресел-колясок [21-24], одежды для детей с заболеванием ДЦП, а также изучение свойств пакетов материалов, используемых при проектировании реабилитационных (медицинских) изделий для эксплуатации их в комфортных условиях окружающей среды [25].

Не смотря на систематизацию знаний о современных материалах, конструкциях, утеплителях, физиологии человека, климатических и производственных условиях окружающей среды и накопленный опыт проектирования специальной теплозащитной одежды различного назначения для группы «здоровых» людей, отраженный в исследованиях Афанасьевой Р.Ф., Делль Р.А. [26], Кокеткина П.П. [27], Чубаровой З.С. [28], Романова В.Е. [29], Колесникова П.А. [30], Бринка И.Ю. [31], Бекмурзаева Л.А. [32], Черуновой И.В. [33], Лебедевой Е.О. [34] и др. теоретическая и исследовательская база процесса проектирования теплозащитной адаптационной одежды для ЛОДВ с высокой степенью безопасности её эксплуатации отсутствует.

В настоящее время слабо развита теоретическая и нормативная база процесса проектирования адаптационной одежды для ЛОДВ, в том числе не определены изменения температуры поверхности кожи ЛОДВ по сравнению с группой здоровых людей, нет общего представления о процессах терморегуляции и механизме нарушения кровообращения, не существует критериев определения комфортного физиологического состояния человека с ограниченными возможностями движения (ОДВ) в связи с огромным количеством причинно-следственных связей, приведших человека к инвалидности. Практически не разработано информационное обеспечение (информация о необходимом и достаточном количестве размерных признаков, способов их определения для целей конструирования изделий). Отсутствует методическое

обеспечение процесса конструирования функциональных изделий адаптационной одежды.

Анализ предлагаемой в настоящее время теплозащитной одежды, учитывающей требования безопасности её эксплуатации и степень повышения самостоятельности ЛОДВ при самообслуживании, показал крайне ограниченный ассортимент изделий отечественного и зарубежного производства. При этом, подавляющее большинство реальных аналогов образцов одежды как отечественного, так и зарубежного производства не имеют подтверждения безопасности их эксплуатации ЛОДВ в условиях отрицательного температурного режима окружающей среды.

Таким образом, проблема проектирования адаптационных теплозащитных изделий для ЛОДВ с прогнозируемым тепловым комфортом и контролем безопасности её эксплуатации в условиях отрицательных температур окружающей среды является актуальной научной проблемой.

Работа выполнена в 2009 – 2020 гг. на кафедре «Конструирование, технологии и дизайн» ИСОиП (филиала) ФГБОУ ВО ДГТУ в г. Шахты Ростовской области в рамках гранта Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере» по программе «Участник молодежного научно-инновационного конкурса» («УМНИК») «Разработка теплозащитной адаптационной одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями для холодного времени года» договор от 17.07.2019 № 14467ГУ/2019, а также инициативных НИР (по заданию ООО «ЦПОСН «ОРТОМОДА») при выполнении гранта по заявке № СОПР-14697 «Теоретические и научно-исследовательские разработки процесса проектирования специальной (реабилитационной) одежды для пожилых граждан, инвалидов, маломобильных групп населения», конкурса «СОПРовождение – 15».

Содержание работы соответствует следующим пунктам паспорта научной специальности 05.19.04 – Технология швейных изделий: 1. Разработка теоретических основ и установление общих закономерностей проектирования одежды и технологии изготовления швейных изделий на фигуры типово-

го и нетипового телосложения; 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.

Целью диссертационной работы является совершенствование процесса проектирования теплозащитного изделия с системой управления тепловым комфортом (СУТК) гиподинамической системы нижних конечностей ЛОДВ.

Для достижения поставленной цели в работе поставлены и решены следующие **научные задачи**:

– разработано информационно-методическое обеспечение процесса проектирования теплозащитной одежды для ЛОДВ;

– предложен показатель теплового комфорта гиподинамической системы нижних конечностей ЛОДВ – «физический нуль», определены его значения и интервалы вариабельности;

– исследованы теплозащитные свойства современных материалов и разработаны рекомендации по составлению рационального пакета для изготовления теплозащитного изделия для ЛОДВ;

– обоснованы безопасность использования и места расположения нагревательных элементов системы локального обогрева в теплозащитном изделии;

– предложена система управления тепловым комфортом гиподинамической системы нижних конечностей при эксплуатации теплозащитного изделия для ЛОДВ в условиях отрицательных температур окружающей среды;

– разработаны рациональные конструктивно-технологические решения комплексного теплозащитного изделия с СУТК, позволяющие обеспечить эксплуатационный комфорт и комплексную безопасность ЛОДВ, передвигающихся при помощи инвалидных кресел-колясок;

– разработаны адекватные математические модели прогнозирования теплового состояния гиподинамической системы нижних конечностей в теплозащитном изделии, с учётом его эксплуатации ЛОДВ в диапазоне отрицательных температур окружающей среды;

– предложена методика конструирования теплозащитного изделия «Мешок для ног», реализованная в условиях функционирования САПР «Грация» (версия 401).

Объекты исследования: теплозащитное изделие «мешок для ног», элементы гиподинамической системы нижних конечностей ЛОДВ, пакеты текстильных материалов с теплозащитной функцией, система управления тепловым комфортом и безопасностью ЛОДВ.

Предмет исследования: процесс проектирования теплозащитного изделия с использованием системы контроля теплового комфорта гиподинамической системы нижних конечностей ЛОДВ.

Методология и методы диссертационного исследования. Работа основывается на использовании системного подхода к вопросу проектирования теплозащитной адаптационной одежды для ЛОДВ. Для решения поставленных задач применены методы математического моделирования и экспериментальных исследований. В теоретических исследованиях использованы методы системного анализа, основы цифровой схемотехники.

Экспериментальные исследования проводились в лабораторных условиях и в условиях натуральных испытаний. Температуру поверхности кожи ЛОДВ определяли с использованием цифровых портативных термометров марки «Vesool BC – T5». Результаты экспериментальных исследований обработаны с применением методов математической статистики, корреляционного и регрессионного анализа (Excel, Maple (9.5)). В работе использованы следующие программные продукты: САПР «Грация» (версия 401), Adobe PhotoShop CS5, Corel Draw X4.

Научная новизна работы состоит в обосновании механизма терморегуляции в закрытой гиподинамической системе «человек с ОДВ – теплоза-

щитное изделие» путём целенаправленного точечного теплового воздействия на участки нижних конечностей.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Теоретическая значимость работы заключается в установлении механизма протекания тепловых процессов в закрытой гиподинамической системе «человек с ОДВ – теплозащитное изделие» находящейся в условиях отрицательных температурах окружающей среды.

Практическая значимость состоит в разработке конструкции и технологии проектирования теплозащитного изделия, оснащённого системами локального обогрева и контроля теплового комфорта нижних конечностей.

Авторские права на разработанное программное обеспечение защищены двумя свидетельствами на государственную регистрацию программы для ЭВМ: № 2019613703 «Программа для расчёта теплового состояния стоп в адаптационном теплозащитном мешке для ног с дополнительным обогревом для людей с ограниченными двигательными возможностями» и № 2019666325 «Программа для расчёта теплового состояния системы «колени-голень» в теплозащитном изделии с дополнительным обогревом для ЛОДВ людей с ограниченными двигательными возможностями».

Результаты работы используются в учебном процессе Института сферы обслуживания и предпринимательства (филиала) ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» в г. Шахты при подготовке обучающихся по направлениям подготовки 29.03.05 и 29.04.05 Конструирование изделий легкой промышленности.

Наиболее существенные результаты, выносимые на защиту:

– критерий безопасности и показатели теплового комфорта гиподинамической системы нижних конечностей, составляющие теоретическую базу проектирования теплозащитной одежды для ЛОДВ;

– конструктивно-технологические решения комплексного теплозащитного изделия с СУТК гиподинамической системы нижних конечностей, обеспечивающего эксплуатационный комфорт и высокую степень безопасно-

сти его эксплуатации ЛОДВ в условиях отрицательных температур окружающей среды;

– математические модели прогнозирования теплового состояния элементов гиподинамической системы нижних конечностей («колени – голени – стопы») в теплозащитном изделии, с учётом его эксплуатации ЛОДВ в диапазоне отрицательных температур окружающей среды;

– методика конструирования теплозащитного адаптационного изделия (мешок для ног) для ЛОДВ.

Степень достоверности и апробация результатов работы:

Достоверность проведенных исследований и обоснованность результатов подтверждены современными методами сбора и обработки исходных данных, достаточным объёмом выборок экспериментальных исследований и применением современных специализированных программных продуктов для обработки их результатов, соответствием отдельных результатов экспериментальных исследований теоретическим расчётам, апробацией результатов в лабораторных и реальных условиях, внедрением отдельных положений диссертации в учебный процесс, а также актами о проведении совместных исследований с Государственным бюджетным учреждением социального обслуживания населения Ростовской области «Шахтинский пансионат для престарелых и инвалидов» (ГБУСОН РО «Шахтинский ППИ», г. Шахты Ростовской области).

Математические модели исследуемых объектов разработаны на основе фундаментальных законов процесса теплообмена. Результаты измерений обработаны методами математической статистики с доверительной вероятностью 0,95%.

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались, обсуждались и получили положительную оценку на шести Международных, Всероссийских научно-практических конференциях (НПК) и семинарах. Наиболее значимые из них: I – IV Всероссийская (с участием граждан иностранных государств) научная конференция студентов, аспирантов и молодых учёных «Научная весна» (г. Шахты 2016, 2017, 2018, 2019 гг.); VIII Международная научно-практическая конференция «EUROPEAN

RESEARCH» (г. Пенза); XVI Международная молодежная научно-практическая конференция «Научные исследования и разработки молодых ученых» (г. Новосибирск); Международная научная студенческая конференция «Инновационное развитие лёгкой и текстильной промышленности» (ИНТЕКС-2018) (г. Москва); участие в конкурсах-конференциях по программе «Участник молодежного научного инновационного конкурса» («УМНИК» 2017, 2018 гг.); участие в Молодёжном инновационном конвенте Ростовской области (2018 г.); участие в финальном этапе областного конкурса-смотря изобретений «Донская сборка. 2018»; участие в XXI Международном научно-практическом форуме «SMARTEX-2018» (г. Иваново); заседаниях кафедры «Конструирование, технологии и дизайн» ИСОиП (филиала) ФГБОУ ВО «Донской государственной технической университет» в г. Шахты Ростовской области в 2016 – 2019 гг.

Проектно-конструкторская документация на изготовление теплозащитного адаптационного изделия (мешок для ног) с контролем теплового комфорта гиподинамической системы нижних конечностей ЛОДВ внедрена в производственный цикл ООО «Центр проектирования обуви специального назначения «ОРТОМОДА»» (ООО «ЦПОСН «ОРТОМОДА»») (г. Москва) и ИП «Еремина Ю.В.» (г. Ставрополь).

Публикации:

По теме диссертационной работы опубликовано 37 печатных работ, из них: в журналах, рецензируемых ВАК – 4, 2 монографии, 2 статьи, входящие в базу Scopus. Получено 2 Свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ. Общий объём научных публикаций составляет 3,2 п.л. (личный вклад 1,6 п.л.).

Структура и объём работы:

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, общих результатов и выводов, библиографического списка и приложений. Работа изложена на 156 страницах основного текста, содержит 43 рисунка, 22 таблицы, список литературы из 125 наименований, 20 приложений.

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ И СОКРАЩЕНИЙ

Перед изложением материала дадим расшифровку некоторым терминам и сокращениям.

Абилитация – это лечебные и/или социальные мероприятия по отношению к инвалидам или морально подорванным людям (осуждённым и проч.), направленные на адаптацию их к жизни. В более широком смысле слова, абилитация – подготовка к какому-либо роду деятельности.

Адаптационная одежда (адаптационные изделия) – ассортимент моделей функциональной имиджеобразующей одежды (изделий), отвечающих полному комплексу требований системы «ЛЮДВ – окружающая среда – средство передвижения – реабилитационный эффект», отвечающих повышенным требованиям комфорта и безопасности человека, находящегося в инвалидном кресле-коляске.

СУТК – система управления тепловым комфортом.

Аккомодация – приспособливание, адаптация.

ВОИ – Всероссийское общество инвалидов.

Гиподинамическая система нижних конечностей ЛЮДВ – совокупность физиологических изменений в нижних конечностях ЛЮДВ, объединяющих в себя нарушение двигательной активности, потерю чувствительности, ухудшение вазомоторного контроля, изменение кровоснабжения, и т.д.

Гомеостаз – относительное динамическое постоянство внутренней среды (крови, лимфы, тканевой жидкости) и устойчивость основных физиологических функций (кровообращения, дыхания, терморегуляции и т.д.) организма.

Дефект – любая утрата психической, физиологической или анатомической структуры, или функции, или отклонение от нее.

Инвалидность – функциональное ограничение или препятствие для нормальной деятельности, вызванное дефектом, в том числе, неспособность передвигать нижние конечности, вытягивать, сжимать что-нибудь в руках,

самостоятельно одеваться, принимать пищу, использовать туалет, вставать с постели.

Индивидуальная программа реабилитации (ИПР) инвалида – комплекс оптимальных для инвалида реабилитационных мероприятий, в том числе виды и порядок реализации медицинских, профессиональных и других мер, направленных на восстановление и компенсацию нарушенных или утраченных функций организма или способностей.

Индивидуальная программа реабилитации (абилитации) инвалида (ИПРА) – это комплекс мер по реабилитации инвалида (ребенка-инвалида) который разрабатывается при проведении медико-социальной экспертизы гражданина исходя из комплексной оценки ограничений жизнедеятельности, реабилитационного потенциала на основе анализа его клинико-функциональных, социально-бытовых, профессионально-трудовых и психологических данных и утверждается руководителем бюро медико-социальной экспертизы (МСЭ).

Комфорт – комплексное восприятие ощущений при воздействии внешних и внутренних раздражителей, обусловленное особенностями психофизиологического состояния человека.

Комфортное тепловое состояние человека – функциональное состояние организма человека, характеризующееся определенным содержанием и распределением теплоты в поверхностных и глубоких тканях тела при минимальном напряжении аппарата терморегуляции.

ЛОВЗ – люди с ограниченными возможностями здоровья.

ЛОДВ – люди с ограниченными двигательными возможностями.

Локомоция – (движения) человека представляют собой результат сокращения скелетных мышц, обеспечивающих поддержание позы, перемещение отдельных частей тела или всего тела в пространстве.

ОДА – опорно-двигательный аппарат.

ОДВ – ограниченные двигательные возможности.

ПСМТ – позвоночно-спинно-мозговая травма – механическое повреждение позвоночника и/или содержимого позвоночного канала (спинного мозга, его оболочек и сосудов, спинномозговых нервов).

Рациональная конструкция – это конструкция, обеспечивающая статическое и динамическое соответствие размерам и форме тела потребителей, с высокой степенью бытового комфорта и безопасности, при разработке которой учитывается полный комплекс специальных требований, предъявляемых к изделиям заданного назначения, а также учитывается специфика их эксплуатации.

Реабилитация – комплекс медицинских, педагогических, психологических и иных видов мероприятий, направленных на максимально возможное восстановление или компенсацию нарушенных, или полностью утраченных, в результате болезни или травмы, нормальных психических и физиологических функций (потребностей) человеческого организма, его трудоспособности.

Социально-бытовая адаптация – система мероприятий, направленных на восстановление (сохранение) личностного и социального статуса, социальной значимости в семье и обществе.

Тепловой комфорт – характеризует степень удовлетворенности человека условиями температурной и тепловой среды.

Терморегуляция – совокупность физиологических процессов, обусловленных деятельностью центральной нервной системы, поддерживающих температуру тела на постоянном уровне.

Физиологический нуль – это состояние, при котором температура определенной части кожи адаптируется (становится нечувствительной) к внешней температуре, т.е. находится на физиологическом нуле.

ГЛАВА 1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ДВИГАТЕЛЬНЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ

В соответствии с международной статистикой инвалидности, по данным [45], в настоящее время от 13 до 15 процентов населения планеты страдают различными формами расстройства здоровья.

С 2010 года по данным [46] в Российской Федерации прослеживается спад численности ЛОВЗ. Отрицательная динамика данного показателя обусловлена установлением нормативного порога инвалидизации в РФ равным 9% от общей численности населения государства и принятием Приказа Минтруда от 17 сентября 2015 года № 1024н «О классификациях и критериях, используемых при осуществлении медико-социальной экспертизы граждан федеральными государственными учреждениями медико-социальной экспертизы» [47], в котором «конкретизированы подходы к оценке степени выраженности нарушенных функций организма и критерии установления инвалидности, в том числе детям»; уточнены формулировки, что позволило исключить их неодинаковое толкование в различных регионах [47].

Согласно определению ВОЗ, «под здоровьем понимается не только отсутствие болезней и физических недостатков, а состояние полного физического, психологического и социального благополучия» [45]. Величина утраты здоровья выражается в показателях заболеваний, приводящих к инвалидности, и показывает нарушения, происходящие в структурах и функциях организма.

Известно, что интеграции людей с ограниченными возможностями здоровья (ЛОВЗ) в социум, способствует реабилитация, т.е. осуществление различных программ, видов обслуживания или терапевтических мероприятий, которые помогают быстрому восстановлению нарушенных функций [48].

Формирование технического задания для проектирования, разработки и исследования специальных изделий для ЛОДВ различного назначения, в том

числе, с функцией теплозащиты невозможно без выявления причинно-следственных связей, приводящих к инвалидности, а также формирования комплекса требований и показателей качества, предъявляемых к ассортиментной линейке адапционных теплозащитных изделий с высокой степенью безопасности их эксплуатации.

Все результаты исследований, приведенные в данной главе, базируются на изучении специализированной справочной, медицинской, технической нормативно-правовой литературы.

1.1 Причинно-следственные связи, приводящие к ограничению двигательной активности в концепции проектирования адапционной теплозащитной одежды для ЛОДВ

По данным [49] и общероссийского информационного портала «Социальная карта Российской Федерации» (совместный проект Общественной палаты России и Министерства здравоохранения и социального развития) [46], причинами, приводящими к инвалидности, в том числе и за счёт ограничения двигательных возможностей, могут быть: общие заболевания; трудовые увечья; профессиональные заболевания; врожденные заболевания и недостатки, приводящие к инвалидности с детства; инвалидность вследствие ранения (контузии, увечья), связанная с боевыми действиями; военные травмы или заболевания, полученные в период военной службы; инвалидность, связанная с аварией на Чернобыльской АЭС, последствия радиационных воздействий и непосредственное участие в деятельности подразделений особого риска; иные причины, установленные законодательством РФ.

Исходя из Федерального закона «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации» [50] и Своде правил СП 148.13330.2012 [51], «Ослабленные люди по степени подвижности, влияющей на характер оборудования помещений, в которых живут и получают медицинское обслуживание, делятся на следующие три категории: свободно передвигающиеся; с

ограниченным передвижением в пределах дома, квартиры, комнаты, этажа; обездвиженные, беспомощные, «прикованные к постели».

Объединяющим началом современной законодательной базы для присвоения любому индивидууму группы инвалидности является его способность выполнения обязанностей в ходе профессиональной деятельности.

Анализ литературных источников научно-исследовательского характера и медицинской литературы [49, 52-54] позволили разработать и представить классификационную схему причин, которые приводят к ограничению двигательной возможности (рисунок 1.1). Это:

- травматические и посттравматические повреждения головного мозга, позвоночного столба и нижних конечностей;
- врождённые заболевания головного мозга, позвоночного столба и нижних конечностей (в том числе аномалия развития отдельных участков нижних конечностей);
- нетравматические повреждения головного мозга, позвоночного столба и нижних конечностей;
- приобретённые заболевания.



Рисунок 1.1 – Причины, приводящие к ограничению двигательных возможностей

Ежегодно в Российской Федерации регистрируется 50 тысяч случаев позвоночно-спинно-мозговой травмы (ПСМТ), из которых свыше 8 тысяч человек становятся «тяжёлыми инвалидами», а процент смертности в остром периоде травмы достигает 6,3% [55].

За последние 70 лет произошел рост «спинального» травматизма более чем в 200 раз [49]. По результатам эпидемиологических исследований, представленных в [53], позвоночно-спинно-мозговая травма (ПСМТ) составляет от 1 до 4% от общего числа больных с различными видами травм, а её частота в различных географических регионах колеблется от 29,4 до 50 случаев на 1 миллион жителей. Большая часть пострадавших – это лица моложе 40 лет, при этом, мужчины травмируются в 2,5-4 раза чаще, чем женщины.

Люди с инвалидностью, перенёвшие травмы головного мозга и позвоночного столба, а также страдающие параплегией нижних конечностей, представляют весьма многочисленный и сложный контингент людей с инвалидностью, обусловленной поражением опорно-двигательной системы [53]. Они имеют свои специфические особенности, которые определены как самим поражением спинного и головного мозга, так и вторичными изменениями. Эти особенности касаются изменениями процессов функционирования мышечной системы, нервной системы, кардиореспираторной и других функциональных систем организма. При этом перечисленный спектр причин и заболеваний является первопричиной депрессивного состояния или изменения психики человека.

В соответствии с рисунком 1.2. изображена диаграмма, представляющая структуру внешних причин ПСМТ.

Внешние причины ПСМТ

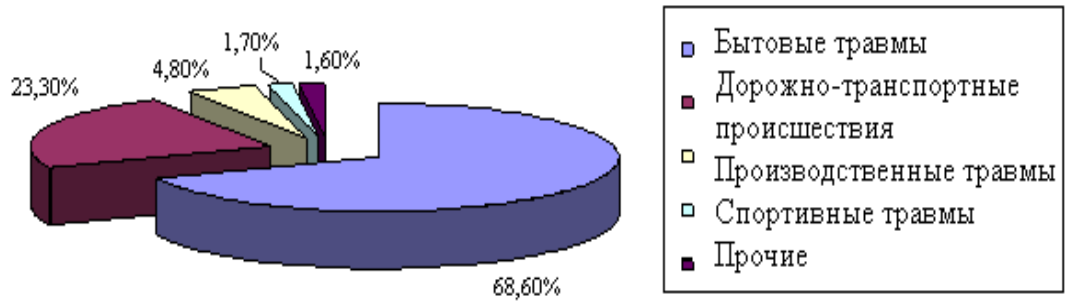


Рисунок 1.2 – Структура внешних причин ПСМТ

Стоит отметить, что более тяжёлые ПСМТ и смертность отмечены при дорожно-транспортных происшествиях.

Проведя систематизацию и анализ медицинских источников [49, 52-54] были выявлены сопутствующие заболевания, приводящие к ограничению двигательной активности, а также возможные последствия, вызванные данными заболеваниями. Общая схема возможных заболеваний в следствии ПСМТ представлена в соответствии с рисунком 1.3.

Необходимо отметить, что такие заболевания как инсульт (острое нарушение мозгового кровообращение, которое приводит к повреждению и отмиранию нейронов головного мозга) или инфаркт миокарда (одна из форм клинической болезни сердца, протекающая с развитием ишемического некроза участка миокарда) так же приводят к временному или постоянному ОДВ.



Рисунок 1.3– Общая схема возможных заболеваний в следствии ПСМТ

Известна классификационная схема определения степени неподвижности (ограничения двигательной возможности) людей с инвалидностью, обусловленная заболеваниями / травмированиями определённых отделов позвоночного столба и головного мозга [56] и как следствие, приводящими к степени ограничения двигательной активности (рисунок 1.4).



Рисунок 1.4 – Классификационная схема определения степени неподвижности ЛЮДВ [56]

Анализ классификационной схемы, приведённой в соответствии с рисунком 1.4. показал, что все выделенные группы людей с инвалидностью

имеют нарушения статодинамической функции и категории жизнедеятельности, по которым проводится медико-социальная экспертиза. Следовательно, данная классификационная схема не противоречит приведённым выше основаниям получения группы инвалидности и может быть принята к рассмотрению в диссертационных исследованиях.

Таким образом, рассмотрены причинно-следственные связи, приводящие к инвалидности, обусловленной ограничением двигательных возможностей различной степени, и как следствие, приобретением вторичных осложнений функционирования организма.

Рассматривая процесс проектирования адаптационной одежды для ЛОДВ необходимо обосновать правомочность использования термина «статодинамическая функция» или «статодинамическая система».

Человек с ОДВ находящийся в инвалидном кресле-коляске представляет собой совмещение двух систем: полной неподвижности нижних конечностей (статическая система) при частичной или полной сохранности подвижности отдельных участков туловища, верхних конечностей, головы, шеи (динамическая система). Физиологические процессы, протекающие в организме ЛОДВ, зависят от степени его неподвижности, формы, стадии и стажа заболевания.

Описывая процессы, происходящие в нижней, статической зоне, следует отметить влияние сосудистых заболеваний головного и спинного мозга, на гиподинамию (ослабление и дистрофию мышечной системы), вторичные изменения и деформацию суставов, и наличие у определенного процента ЛОДВ так называемой «спастики» – болевого синдрома мышечных тканей. Наблюдаются нарушение процесса кровообращения, нарушение функции проведения ответных сигналов нервных окончаний на внешние раздражители, обуславливающие отсутствие чувствительности, онемение и чувство зябкости нижних конечностей. Основной характеристикой статичной системы у ЛОДВ является нарушение терморегуляции, и как следствие отсутствие функции потоотделения на участках кожи нижних конечностей.

При этом сохранение двигательной активности и функционирования верхней, динамической системы, в компенсаторной фазе увеличивает степень потоотделения, развитие и тонус мышечной системы. Можно считать, что динамическая система имеет не столь существенные различия по сравнению с группой так называемых «здоровых» людей.

В данных исследованиях ограничим контингент людей с инвалидностью – это мужчины трудоспособного возраста, с сохранным интеллектом, с полной неподвижностью нижних конечностей, с частичным или нормальным функционированием верхних конечностей и верхней части корпуса, способных самостоятельно перемещаться в пространстве и преодолевать препятствия, сохранять равновесие тела в рамках выполняемой бытовой и профессиональной деятельности в специально созданных условиях с использованием инвалидного кресла-коляски.

С учётом данного ограничения задачи проектирования адаптационной одежды для дальнейших исследований необходимо произвести комплексный анализ взаимодействия элементов системы «ЛЮДВ в кресле-коляске – окружающая среда – личностные факторы – адаптационная одежда» (рисунок 1.5).

В соответствии с Международной классификацией функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья (далее МКФ) [57] существуют контекстовые факторы, представляющие полную обстановку, в которой живет и существует индивид. Они включают в себя факторы окружающей среды и личностные факторы, оказывающие влияние на индивида с изменением здоровья, на показатели здоровья, а также показатели, связанные со здоровьем этого индивида» [57].



Рисунок 1.5 – Система взаимодействия элементов системы «ЛОДВ в кресле-коляске – окружающая среда – личностные факторы – адаптационная одежда»

В МКФ факторы окружающей среды рассматриваются на двух различных уровнях – на уровне индивида и на уровне общества. Взаимодействие факторов окружающей среды осуществляется посредством таких составляющих как функции и структуры организма, активность и участие. «Ограничения жизнедеятельности характеризуются как последствия или результат сложных взаимоотношений между изменением здоровья индивида, личностными факторами и внешними факторами, представляющими условия, в которых индивид живёт» [57]. Так взаимосвязь различных окружающих факторов может оказывать различное воздействие на одного и того же индивида определёнными изменениями здоровья.

Функция факторов окружающей среды представляет собой создание физической и социальной обстановки, некую среду отношений и установок, в которой люди осуществляют свою жизнедеятельность [57]. Они являются внешними по отношению к индивиду, и могут оказывать как положительное, так и отрицательное влияние на реализацию индивида в обществе, на потенциальную способность индивида либо на функции и структуру его организма.

Так на адаптацию ЛОДВ в социуме напрямую влияет «окружающая среда с барьерами без облегчающих факторов или с облегчающими факторами». Примером такого влияния на ЛОДВ может служить ограниченный доступ к объектам социальной, инженерной и транспортной инфраструктур.

Одним из средств предотвращения барьеров окружающей среды являются технические средства передвижения, которые в соответствии с Распоряжением Правительства РФ [58] внесены в федеральный перечень реабилитационных мероприятий, технических средств реабилитации и услуг, предоставляемых инвалиду. Это различные виды кресел-колясок и приспособлений: костыли, трости трех-, четырехопорные и телескопические, ходилки, поручни и т.д.

Кресла-коляски можно дифференцировать по следующим характеристикам:

- по способу эксплуатации (комнатные, прогулочные, универсальные, дорожные и кресла-коляски активного типа: спортивные, для танцев);
- по способу задания движения (ручные рычажные; ручные, приводимые в движение ободом колес, приводимые в движение электроприводом),
- по размерам (малогабаритные, велоколяски),
- по мобильности (складные, нескладные, разборные).

Существует государственный стандарт «Кресла-коляски. Общие технические условия» [59], регламентирующий манёвренность ЛОДВ в зданиях, транспортных средствах (автобусах, парходах, самолетах, лифтах), при самостоятельном передвижении в условиях улицы или с использованием сторонней помощи. При этом данным документом регламентируются нормы подбора кресла-коляски индивидуально для каждого человека с ОДВ.

Одним из важнейших критериев, влияющих на социальную адаптацию ЛОДВ, являются их личностные факторы, такие как психологические особенности, уровень депрессии, уровень тревоги, осознание и отношение к болезни. Фактор отсутствия в гардеробе ассортиментной линейки одежды различного назначения, адаптированной к условиям жизнедеятельности, в том

числе в виду отсутствия её на рынке товаров и услуг или высокой стоимости может негативно сказаться на психическом здоровье ЛОДВ.

Следует предположить, что особое место в линейке адаптационной одежды занимают тепло- и термозащитные изделия с высокой степенью безопасности, позволяющие находиться ЛОДВ в условиях пониженных или повышенных температур окружающей среды.

Выше мы дали описание «статодинамической системе» как основополагающей для целей проектирования, в том числе, теплозащитной адаптационной одежды для ЛОДВ.

Невозможность человека с ОДВ дать объективную оценку состояния собственного теплоощущения, может привести к обморожению при нахождении ЛОДВ в зоне отрицательных температур окружающей среды, а, следовательно, с наступлением холодного времени года, длящегося на территории РФ от трёх до девяти месяцев, люди с ОДВ вынуждены находиться дома.

Ключевым элементом системы теплозащитных изделий является тепловой комфорт, который непосредственно влияет на психофизиологическое состояние ЛОДВ.

Стоит отметить, что «комфорт» – это комплексное понятие, которое является сложным субъективным ощущением, возникающим при взаимодействии между материалами, климатом, психическими и психологическими особенностями человека [60]. А, следовательно, при проектировании теплозащитных изделий показатель комфортного состояния напрямую зависит от характеристик микроклимата пододёжного пространства [60].

Вместе с тем, в настоящее время расширены требования, предъявляемые к теплозащитным изделиям для ЛОДВ. Это не только некий «защитный кокон», обладающий теплозащитной функцией, но и эстетически привлекательные, эргономичные, лёгкие по весу изделия, не представляющие сложности в уходе, предусматривающие возможность прогнозирования и контроля теплового состояния человека при безусловном повышении эксплуатационного комфорта и безопасности, способные положительно влиять на психофи-

физиологическое состояние человека с ОДВ, в том числе и в период реабилитации.

Так как теплозащитная адаптационная одежда относится к классу бытовой одежды, то и весь спектр требований и показателей качества, предъявляемых к бытовой одежде является актуальным и для проектирования адаптационной одежды.

Известна структурная схема комплекса показателей качества предъявляемых к адаптационной одежде для ЛОДВ [56, 61] (рисунок 1.6).

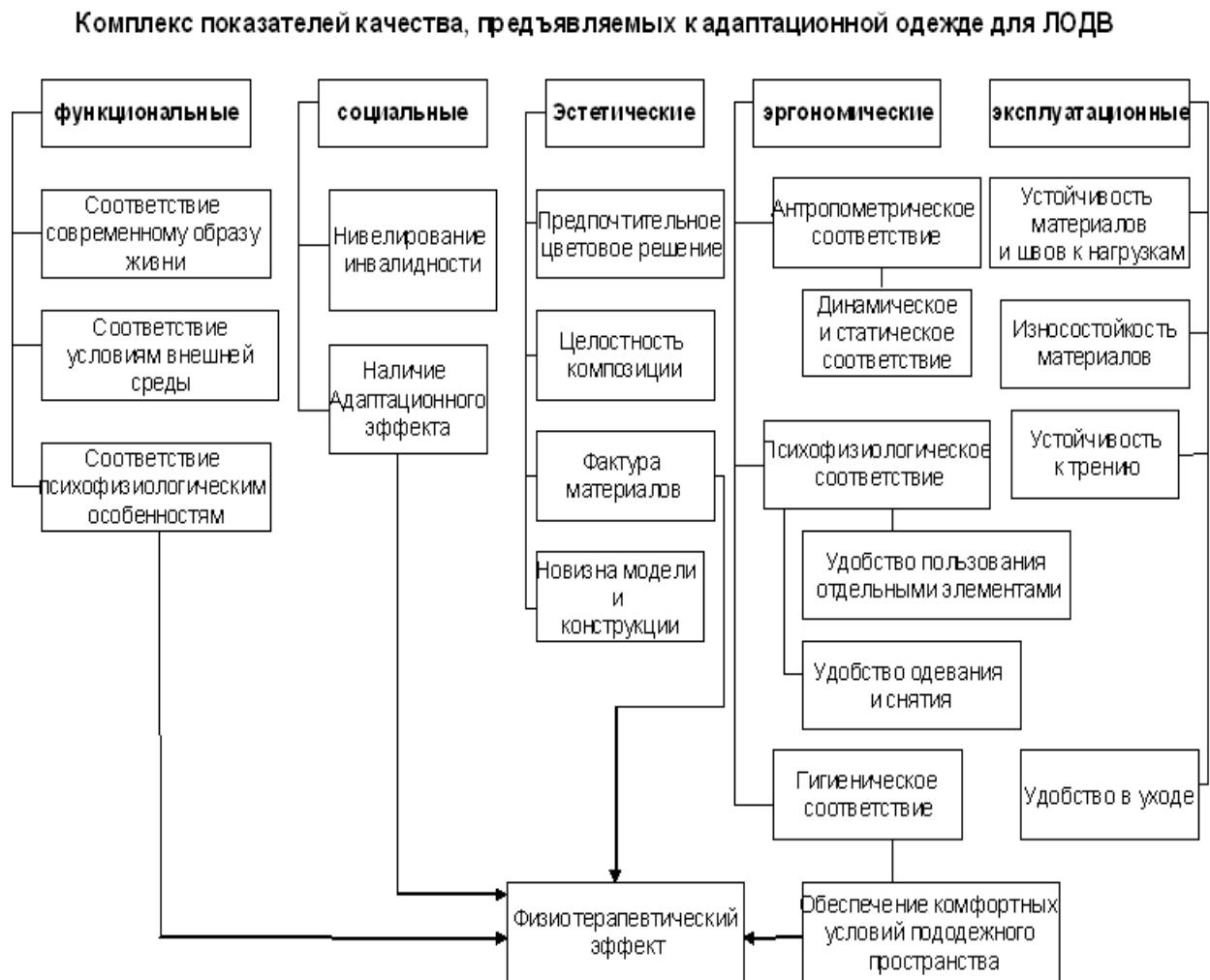


Рисунок 1.6 – Структурная схема комплекса показателей качества, предъявляемых к адаптационной одежде для ЛОДВ [56]

При проектировании теплозащитной одежды для ЛОДВ с высокой степенью безопасности и теплового комфорта данную схему предлагается до-

полнить блоками «безопасность эксплуатации» и «комфорт изделия» (рисунок 1.7).



Рисунок 1.7 – Содержание дополнительных блоков требований, предъявляемых к теплозащитным изделиям для ЛОДВ

Все вышеперечисленное доказывает, необходимость комплексного учёта групп факторов при разработке рациональной конструкции функциональных теплозащитных изделий [61] таких как:

- причины ограничения двигательных возможностей и сопутствующие вторичные заболевания;
- степень ограничения двигательных возможностей и длительность нахождения ЛОДВ в кресле-коляске;
- учёт размеров, формы и кинематики движущихся механизмов кресла-коляски;
- требования и показатели качества, предъявляемые к теплозащитным изделиям, и материалам из которых они изготовлены;
- разработка конструктивного устройства с использованием системы эргономически функциональных членений отдельных деталей и изделия в целом.

Таким образом, разработана обобщённая схема причинно-следственных связей, приводящих к ограничению двигательных возможностей и влияющих на качество жизни ЛОДВ, в аспекте проектирования адаптационной одежды с высокой степенью комфорта и безопасности её эксплуатации (рисунок 1.8).

Можно предположить, что учёт взаимодействия приведённых в системе элементов, использование современного опыта разработки конструктивного и технологического решения теплозащитной одежды для ЛОДВ, а также анализ швейных изделий и технических устройств, используемых для повышения теплового комфорта так называемой группой «здоровых» людей (специальной одежды для охоты, рыбалки и других активных видов отдыха в холодное время года) позволит максимально полно разработать техническое задание для проектирования функционального теплозащитного изделия для ЛОДВ с высокой степенью комфорта и безопасности.

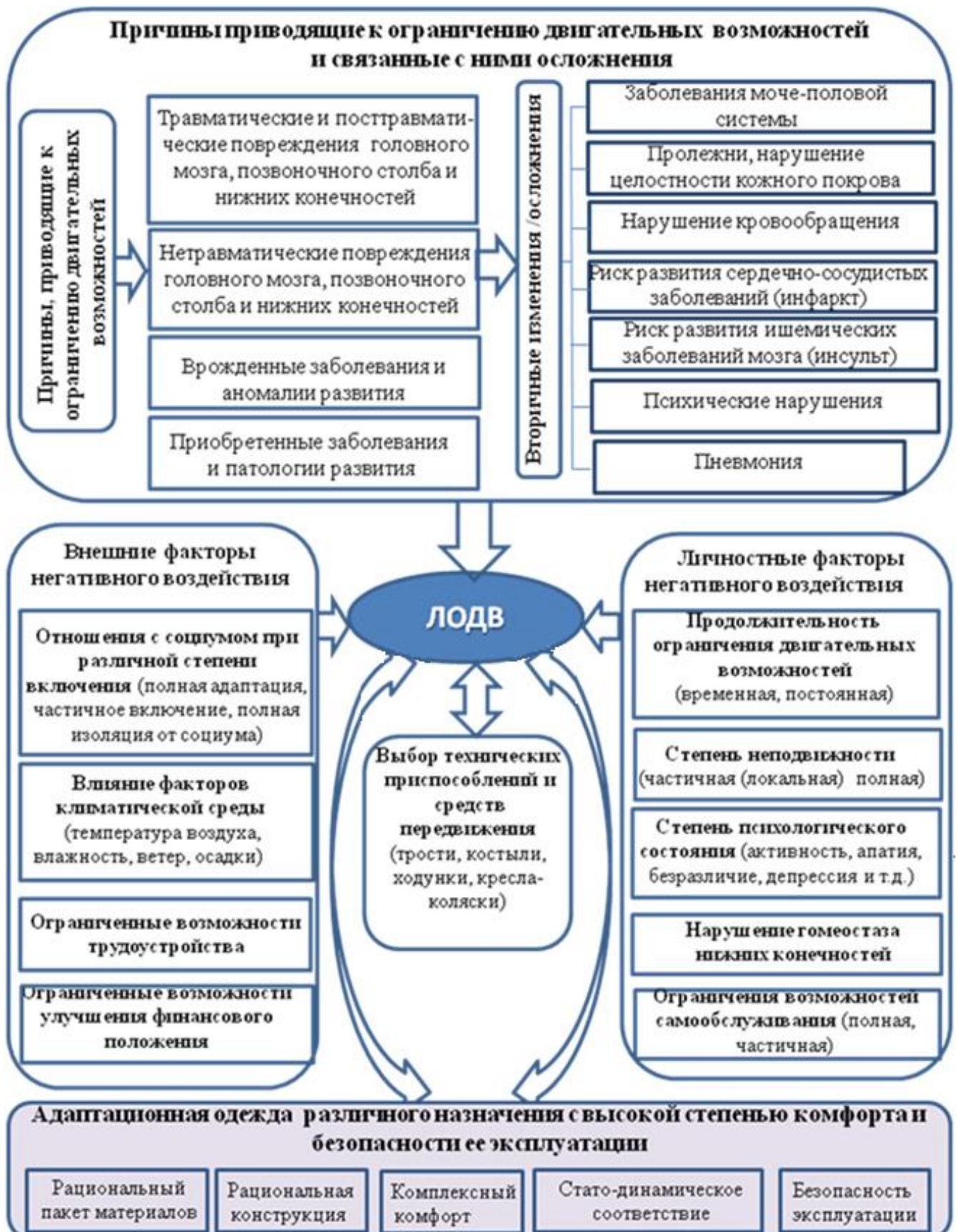


Рисунок 1.8 – Обобщённая схема причинно-следственных связей, приводящих к ограничению двигательных возможностей и влияющих на качество жизни ЛЮДВ

1.2 Анализ отечественного и зарубежного опыта проектирования теплозащитных изделий для ЛОДВ

С целью сбора и анализа информации по определению ассортимента и конструктивного решения теплозащитных адаптационных изделий для ЛОДВ проведён патентный поиск, а также проанализированы реальные образцы моделей аналогов. Необходимо обратить внимание на отсутствие единой терминологии при характеристике изделий для ЛОВЗ. Это и функциональная, адаптивная и специальная. В данном разделе диссертации будет использована «оригинальная» терминология фирм-производителей.

В настоящее время, в РФ лидирующими фирмами по производству функциональной одежды для ЛОВЗ являются Брянское протезно-ортопедическое предприятие [35], ООО «Центр проектирования обуви специального назначения «ОРТОМОДА»» (ООО «ЦПОСН «ОРТОМОДА»», г. Москва) [36], ООО «Криптомед» [37] (г. Москва) и ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-практический центр медико-социальной экспертизы, протезирования и реабилитации инвалидов им. Г.А. Альбрехта Минтруда России» (г. Санкт-Петербург) [6].

Лидерами производства и реализации специальной (адаптивной) одежды для ЛОВЗ среди зарубежных фирм производителей являются бренды «Buck & Buck» [38], «ABL Denim» [39], «Adaption by Adrian» [40], «Easy Access Clothing» [41] (США), «Izadaptive» [42], «Silvert's» [43] (Канада), «Able2Wear» [44] (Великобритания).

подавляющее большинство фирм производителей реализуют свою продукцию посредством глобальной сети «Интернет» с помощью специализированных сайтов и Интернет-магазинов [36-44].

Внешний вид моделей аналогов приведен в соответствии с рисунками А.1 – А.16 Приложения А.

Анализ моделей показал, что подавляющее большинство фирм отечественных и зарубежных производителей предлагают следующий ассортимент теплозащитных изделий: плащи-дождевики, пончо, теплозащитные брюки и

куртки, мешки для ног, дождевики, чехлы комбинезоны, перчатки и нижнее бельё.

Изделия, разрабатываемые Студией универсального дизайна Галины Волковой [62] (ООО «Центр проектирования обуви специального назначения «ОРТОМОДА»») [36], для людей с «функциональными нарушениями и ограничениями жизнедеятельности» позволяют создавать привлекательный имидж, а также значительно облегчает лицам, ухаживающим за людьми с инвалидностью осуществлять должный уход как за самими ЛОДВ, так и за эксплуатируемыми ими изделием. Анализ конструктивного устройства предлагаемого ассортимента теплозащитных изделий показал высокую степень эргономического соответствия антропометрическим данным людей, передвигающихся при помощи кресел-колясок.

Некоторые производители [37, 66] предлагают использовать в качестве подкладки и утеплительного материала искусственный мех с добавлением шерсти, большинство производителей в качестве подкладочного материала используют флис [37, 38, 40, 41, 43, 62,67].

Фирмы производители [38, 43] предлагают теплозащитную одежду, состоящую из одного слоя – флис или демисезонные изделия – плащи-дождевики и водоотталкивающие пончо без утеплительных материалов. Можно предположить, что такие изделия не предназначены для эксплуатации их в условиях пониженных температур окружающей среды.

Большинство зарубежных фирм [38, 40,44] предлагает адаптивную одежду для маломобильных групп потребителей – пожилых людей и ЛОДВ передвигающихся при помощи кресел-колясок. При этом изделия не приспособлены для самостоятельного снятия / надевания, а предложенные конструктивные решения направлены на облегчение ухода за людьми маломобильной группы (изделие по принципу «запах», застежка на ленту «велькро» на спинке изделия, укороченная спинка и удлинённая деталь переда).

Несмотря на заявленные производителями соответствия изделия для ЛОДВ только изделия фирм [36, 37, 63, 64, 67, 68 и 39] имеют эргономически

функциональные членения, повторяющие в той или иной мере анатомические контуры человека, находящегося в положении сидя.

В результате проведённого анализа реальных образцов теплозащитной «адаптивной» одежды и изделий для людей с ОДВ, предлагаемых в настоящее время исследователями-проектировщиками, а также отечественными и зарубежными фирмами-производителями можно сделать следующие выводы:

- ассортиментная линейка минимальна, в большей степени, изделия не отвечают требованиям, предъявляемым к безопасности нахождения ЛОДВ в условиях отрицательной температуры окружающей среды;

- изделия не имеют гендерных и возрастных отличий;

- конструктивное устройство в большинстве моделей не соответствует формам тела человека, находящегося в положении сидя и не способствует повышению степени самообслуживания ЛОДВ;

- отсутствует научно обоснованная информация о безопасной эксплуатации теплозащитных изделий с учётом временных и температурных режимов эксплуатации;

- тепловой комфорт в теплозащитной адаптационной одежде создаётся исключительно за счёт использования теплозащитных свойств пакета материалов, что на наш взгляд не может обеспечить достаточно длительное пребывание ЛОДВ при отрицательных температурах окружающей среды;

- в предложенных изделиях отсутствуют системы обеспечения и контроля теплового комфорта.

Данный анализ, а также необходимость создания теплозащитных изделий с функцией прогнозирования и контроля теплового комфорта гиподинамической системы нижних конечностей ЛОДВ показал необходимость изучения предлагаемой в настоящее время ассортиментной линейки одежды предназначенной для экстремальных видов отдыха людей не имеющих ОДВ.

1.3 Обзор швейных изделий и технических устройств, используемых для повышения теплового комфорта

В настоящее время в швейной отрасли легкой промышленности активно развивается область проектирования одежды, способной интерактивно взаимодействовать с окружающей средой, обрабатывать поступающие сигналы и приводить в действие ответные реакции организма человека [70].

С развитием науки, предполагается выделение новой категории одежды, получившей термин «умная» или «интеллектуальная» – одежда с адаптированными и / или интегрированными электронными системами, с наличием «собственных интеллектуальных функций» [71].

Основной задачей «умной» одежды является контроль физиологических показателей организма человека, таких как частота сердечных сокращений, частота дыхания, температура тела и артериальное давление, создание и поддержание теплового комфорта. Также благодаря современным технологиям, «умная» одежда может контролировать количество ультрафиолета, воздействующего на организм [72].

Анализ специализированных источников показал, что рынок так называемой «умной» одежды подразделяется на одежду для военнослужащих [70]; костюмы виртуальной реальности, интегрирующие движения человека; спортивную одежду; медицинскую; модную одежду, а также специальную одежду для работы и активного отдыха, в том числе и в экстремальных условиях (водолазные, горные работы, охота, рыбалка, горнолыжный спорт).

Стоит отметить, что «умная одежда» это всегда сложный синтез швейного изделия, окружающей среды и встраиваемой электроники, при условии сохранности основных функций швейного изделия (например, стирка швейного изделия). Швейное изделие с внедренным в него электронным устройством без системы автоматизированного контроля, тяжело назвать «умной» одеждой. Так как основной характеристикой одежды данной категории, является автоматизированное получение, обработка и последующая реакция на внешние факторы без или с вмешательством пользователя.

В соответствии с источником [71] определены 4 категории продукции, используемые при изготовлении так называемой «умной» одежды:

- текстиль, который имеет дополнительные «интеллектуальные» функции;
- текстильные материалы с модификацией физических свойств;
- изделия с адаптированными электронными микросистемами;
- изделия со встроенной электроникой;
- изделия с локальными системами обогрева.

Так как сегмент рынка «умной» одежды разнообразен и направлен на решение различных задач, в данной работе произведено ограничение по признаку – теплозащитные изделия с функцией создания, поддержания и контроля теплового комфорта человека при эксплуатации их в условиях пониженных температурах окружающей среды.

Лидерами в производстве данного вида одежды являются фирмы «Carinthia» (Австрия) [66], «FuelWare» (Канада) [73], «Columbia Sportswear Company» (США) [74], «Venture Heat» (США) [75], «РусКомИнТех» (Россия) [78], «RedLaika» (Россия) [80] и др. Модели образцов так называемой «умной» теплозащитной одежды различного назначения приведены в соответствии с рисунками Б.1 – Б.13 Приложения Б.

подавляющее большинство теплозащитных изделий различных производителей объединяет общий принцип создания и поддержания теплового комфорта – использование систем или элементов подогрева [73-86].

Канадская компания «FuelWare» [73] (рисунок Б.1 Приложения Б) предлагает «умную рубашку с подогревом», особенностью которой является реакция датчиков на изменение температуры тела человека при создании оптимального микроклимата пододёжного пространства.

Крупнейшим производителем и поставщиком одежды и аксессуаров для активного отдыха является фирма «Columbia Sportswear Company» [74] представляет линейку верхней одежды «Omni-Heat» с электрическим регулируемым обогревом. Производитель уверяет, «что батареи работают около

шести часов с одного заряда». При этом заявленная цена изделия – 50 тысяч рублей [74].

Американская фирма «Venture Heat» [75] разрабатывает и реализует одежду для зимних видов спорта, а также экипировку для мотоциклистов с подогревом. Интерес для исследований представляет ассортимент одежды с подогревом – куртки, жилеты, брюки, перчатки, шарфы, представленные в соответствии с рисунком Б.2. Приложения Б. Безопасность эксплуатации изделий с подогревом обусловлена применением технологии «Wearable Heating Technology» и использованием низкого напряжения в процессе электрического нагрева. Одежда оснащена автоматической технологией отключения нагревательных элементов, при увеличении температуры выше комфортной для организма человека. Нагревательные элементы – гибкие нагревательные панели, источник питания – литий-ионные батареи.

Интерес представляет разработка ученых из Массачусетского Университета в Амхерсте – метод создания системы хранения энергии легко интегрируемой в одежду путем «вышивания элементов питания». Даная разработка решает проблему долговечности источников питания, а также облегчает вес самого аккумулятора [76]. В соответствии с рисунком Б.3. Приложения Б представлен образец одежды с вшитым элементом питания.

Ведущими научными сотрудниками МОУ «Института инженерной физики» [77] проводятся исследования по повышению эффективности технических систем и комплексов, технологий военного и двойного назначения, задачами которых является, в том числе, разработка систем обогрева, обеспечивающих поддержание температурного режима инфузионных биологических растворов при оказании медицинской помощи, в том числе в полевых условиях и разработка электрообогрева костюма водолаза, интегрированного в экипировку с целью создания теплового комфорта и обеспечения необходимого времени пребывания его под водой в условиях низких температур без ухудшения эргономических характеристик, как под водой, так и на суше (рисунок Б.4. Приложения Б).

Костюм надевается непосредственно на тело или на тонкое нательное бельё под водолазный гидрокостюм «сухого» типа и обеспечивает автоматическое поддержание постоянного температурного режима в диапазоне 30-35°C. Каждый нагревательный элемент оснащен термовыключателем с температурой отключения 35°C. Нагревательный элемент – термоткань с нагревательным проводом на основе тепловолокна, источник питания – литий-ионные батареи: 2 шт., батареи 4-2ЛИА-8 емкостью 8Ач.

Особый интерес представляет «эвакуационный термомешок с электрообогревом», который позволяет исключить возможность переохлаждения пострадавших при их эвакуации с оказанием первой помощи при низкой температуре окружающей среды [77]. Модель представлена в соответствии с рисунком Б.4. Приложения Б.

На базе научно-производственного центра «РусКомИнТех» [78] разработан «Система активного подогрева одежды» – позволяющая человеку беспрепятственно выполнять различного рода задачи при экстремальных климатических условиях (в условиях Арктики и Антарктики), принцип работы которой основан на преобразовании электрической энергии в тепловую. Данная система включает в себя универсальные мобильные обогреватели, жилеты и куртки с подогревом, стельки и носки с подогревом, обувь с подогревом, спальные мешки и одеяла с подогревом, перчатки и рукавицы с подогревом, а также обувь с подогревом. В соответствии с рисунком Б.5. Приложения Б представлен жилет с электроподогревом, оснащённый системой активного подогрева одежды [78].

В работе [79] подробно изложена информация о системах и изделиях с электрообогревом, нагревательных элементах, источниках питания и конструкциям электрообогреваемой одежды. Автор подчёркивает [79], что «электрообогреваемая одежда не должна нагревать поверхность тела человека, а лишь способствовать уменьшению его теплопотерь и поддержанию теплообмена на уровне, обеспечивающем комфортные теплоощущения в течение всего периода эксплуатации. Она должна обеспечивать равномерную за-

щиту поверхности тела человека от охлаждения, предотвращая локальный перегрев её отдельных участков».

Отечественный производитель фирмы «RedLaika» [80] специализируется на производстве швейных изделий с подогревом, а также «греющих комплектов», предназначенных для охоты, рыбалки, спорта, езды на снегоходе / квадроцикле / мотоцикле (жилеты, брюки, костюмы, куртки с обогревом, экипировку для активного отдыха, термобельё с подогревом, перчатки, обувь, стельки, носки с подогревом) [80]. Нагревательные элементы выполнены из углеродных волокон, источник питания – интеллектуальный перезаряжаемый литиевый аккумулятор на 7,4В/4400мАч. Во всех изделиях температура нагрева от 30 до 60°C [80]. Изделия фирмы «RedLaika» представлены в соответствии с рисунком Б.6. Приложения Б.

Российское представительство компании «Blazewear» (U.K.) [81] предлагает одежду, термобельё и аксессуары с обогревом, а также греющие комплекты для одежды (рисунок Б.7. Приложения Б). Нагревательные элементы – гибкие углеродные пластины. Источник питания – перезаряжаемый литий-полимерный аккумулятор 5200mAh и «интеллектуальное» зарядное устройство.

Ю.Э. Стивенсом (Тайвань) [82] разработано швейное изделие «Электрическая одежда», включающее в себя куртку и перчатки с электрическими нагревательными элементами. В изобретении используется электрический подогрев, посредством соединения вилочных и розеточных частей соединителя, контактируемых с электрическим источником питания. Место расположения нагревательных элементов в перчатках, а также на уровне линии талии в куртке. Источник питания размещается в верхнем накладном кармане куртки. Технический эскиз «Электрической одежды» представлены в соответствии с рисунком Б.8. Приложения Б.

Разработчиком [83] представлено конструктивное устройство утеплённой куртки с нагревательным элементом. Новизна данной полезной модели заключается в снижении веса изделия за счет нагревательных элементов, состоящих из набора инфракрасных модулей – тонкой прочной карбоновой пленкой со

специальным медно-серебряным напылением. Нагревательные элементы оснащены 5 температурными режимами. Зарядка нагревательного элемента происходит с помощью зарядного устройства на батарее. Технический эскиз изделия представлен в соответствии с рисунком Б.9. Приложения Б.

Автором полезной модели [84] предложена «Одежда с подогревом» по типу майки, изготовленной из эластичной сетчатой ткани. «Задняя часть майки выполнена двухслойной, между слоями размещены гибкие электронагревательные элементы, прикрепленные к внутреннему слою задней части» [84]. Нагревательные элементы выполнены в виде гибких электронагревательных элементов с источником питания в виде батареи. В соответствии с рисунком Б.10. Приложения Б представлен технический эскиз одежды с подогревом.

Разработчиком [85] предложено устройство для обеспечения теплового баланса организма, относящееся к спецодежде по типу термоизолирующего костюма, снабженного источником тепла. Источником тепла выступают каталитические грелки, заправленные топливом объемом 20см^3 , при максимальной заправке вырабатывающие тепло в течение 8-14 часов с температурой до 60°C , а также втачиванием в предмет одежды полос металлической фольги. Место расположения источников тепла – на внутренней поверхности одежды на уровне поясицы. В соответствии с рисунком Б.11. Приложения Б представлен технический эскиз полезной модели.

Обогревающий жилет [86] с гибкими нагревательными элементами, предназначен для «увеличения времени работы специалиста без риска для его жизни в условиях пониженных температур окружающей среды». Гибкие нагревательные элементы выполнены из провода, изготовленного из лавсановых нитей с резистивным напылением серебра, и установленными в них датчиками температуры. Питание обогревающего жилета осуществляется от аккумуляторных батарей. Место расположения нагревательных элементов в деталях переда на уровне груди, на детали спинки на уровне лопаток. Жилет предназначен для водолазов, буровиков, нефтяников, газовиков, сотрудников

МЧС, ГАИ, военнослужащих, охранников и др. Технический эскиз обогревающего жилета представлен в соответствии с рисунком Б.12. Приложения Б.

Авторами [87] предложена оболочка с подогревом по типу мешка с рукавами и горловиной, с вентиляционными отверстиями в нижней части. Также имеется устройство подачи и распределения теплого воздуха внутри изделия. В соответствии с рисунком Б.13. Приложения Б представлен технический эскиз оболочки с подогревом.

В результате обзора предлагаемой одежды с системой дополнительного обогрева как отечественных, так и зарубежных производителей, можно сделать следующие выводы:

- несмотря на представленное многообразие моделей «умной» теплозащитной одежды для группы «здоровых» людей, исследований и образцов «умной» одежды с дополнительной системой локального обогрева для ЛОДВ, передвигающихся при помощи инвалидных кресел-колясок, в настоящее время не существует, либо они находятся на стадиях разработки;

- необходимо провести проверку локализации нагревательных элементов системы обогрева с обоснованием возможности их использования для ЛОДВ;

- необходимо проведение дополнительных исследований, позволяющих доказательно аргументировать выбор диапазона температуры нагрева в нагревательных элементах в соответствии с топографией температуры поверхности кожи ЛОДВ. В большинстве предлагаемых изделий с встроенными системами локального обогрева температура нагрева может варьироваться от 30 до 60 °С. Потребителю предоставляется право выбора температурных режимов на основе его теплоощущений и представлении комфортного теплового состояния. Данный выбор представляет серьезную проблему для ЛОДВ, которые не всегда могут принять решение о комфорте / дискомфорте теплового состояния своего организма;

- большинство изделий с обогревом не снабжены системой контроля, обеспечивающей аварийное отключение в случае выхода из строя элементов

системы обогрева. Данное устройство является основным средством контроля безопасности ЛОДВ.

Явными недостатками изделий моделей-аналогов, представленными в настоящее время на рынке «умной» теплозащитной одежды, являются:

- высокая ценовая линейка зарубежных производителей, в том числе повышающаяся за счет стоимости доставки изделия по территории РФ, так как собственная стоимость некоторых моделей составляет от 198 до 1000\$ USA;

- большой вес изделий;

- ограниченное время продолжительности работы элементов питания;

- все изделия предназначены для эксплуатации группой «здоровых» людей, способных адекватно контролировать свои теплоощущения.

Все это доказывает актуальность проведения исследований в области проектирования, изготовления и апробации, с высокой степенью комфорта и безопасности теплозащитной одежды со встроенными системами локального обогрева и контроля комфортного теплового состояния нижних конечностей ЛОДВ.

1.4 Разработка общей схемы проектирования и исследования теплозащитных изделий для ЛОДВ, постановка целей и задач диссертационных исследований

Проведенный в п.п.1.1 – 1.3 анализ специализированной литературы позволяет выделить круг задач для проектирования теплозащитных изделий для людей с ограниченными двигательными возможностями, в условиях их эксплуатации при температуре окружающей среды от 0 до минус 15°C.

В соответствии с рисунком 1.9. приведена общая схема проектирования и исследования теплозащитных изделий для ЛОДВ. Исследования разделены на следующие основные блоки:

- формирование исходных данных для проектирования теплозащитной одежды для ЛОДВ;

- разработка научно-обоснованных рекомендаций по выбору рационального пакета материалов и дополнительных источников обогрева;
- обоснование возможности использования дополнительной системы локального обогрева при проектировании теплозащитных изделий с высокой степенью теплового комфорта;
- разработка математической модели прогнозирования теплового состояния ЛОДВ на локальных участках нижних конечностей при эксплуатации теплозащитного изделия с системой локального обогрева;
- разработка и исследование комплексного теплозащитного изделия с системой управления тепловым комфортом (СУТК).

Все дальнейшие исследования будут проведены на примере теплозащитного изделия – «мешок для ног», с целью расширения существующей линейки теплозащитной адаптационной одежды для ЛОДВ.

Цель исследований – использование современных технологий и материалов, способствующих созданию имиджевого изделия, с полным соответствием комплексу предъявляемых требований и показателей качества при проектировании адаптационной одежды с функцией создания, поддержания и контроля теплового комфорта и безопасности нахождения ЛОДВ в зимнее время года, при температурах окружающей среды до минус 15°C, доступное по ценовой политике.

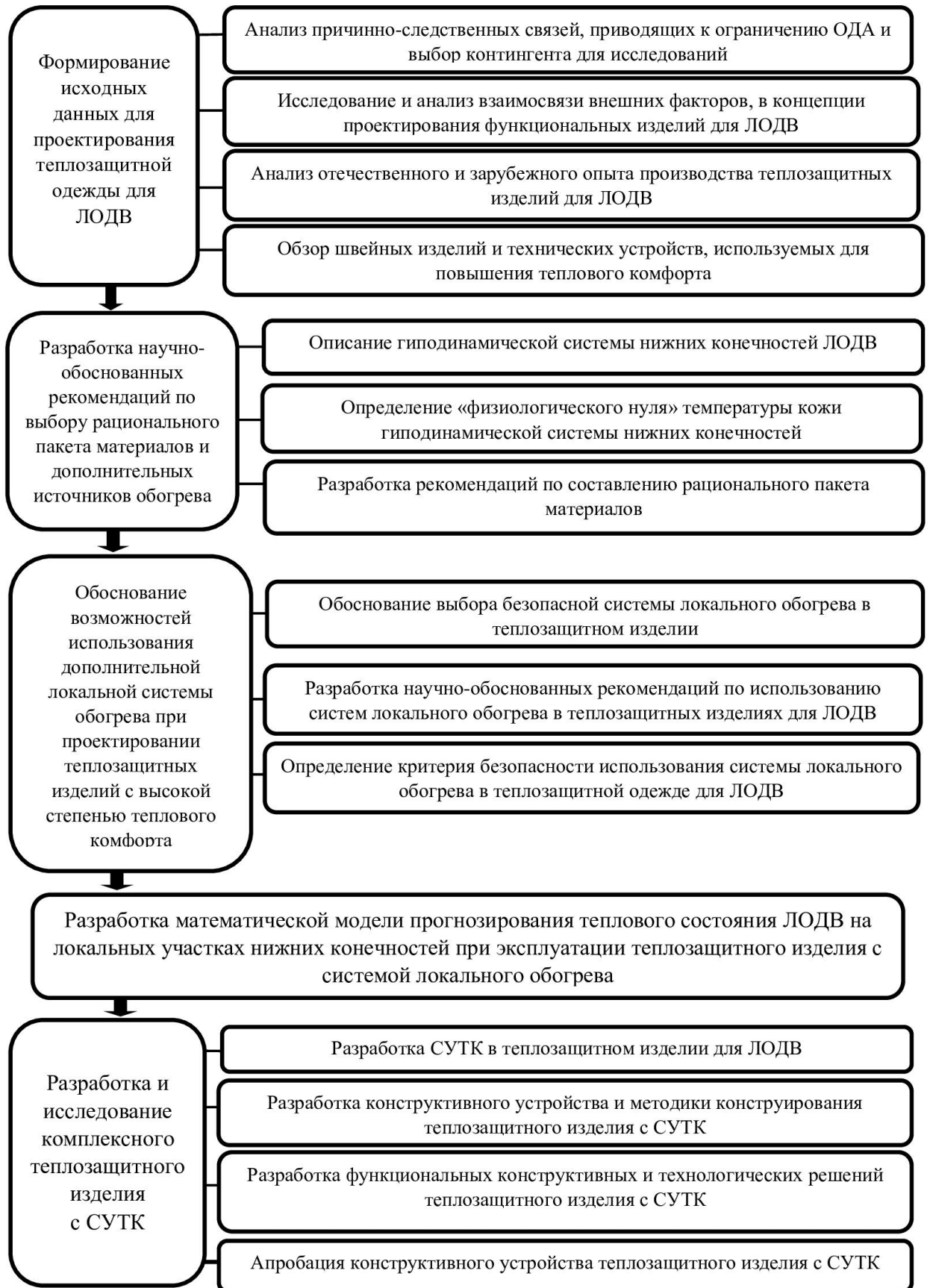


Рисунок 1.9 – Общая схема проектирования и исследования теплозащитных изделий для ЛОДВ

Цель и направления диссертационного исследования

1. В ходе анализа опубликованных результатов исследований выявлено, что исходная база знаний процесса проектирования теплозащитной одежды для ЛОДВ недостаточна. Исследования, направленные на проектирование теплозащитной адаптационной одежды с дополнительными техническими средствами, которые создают и поддерживают тепловой комфорт ЛОДВ, в настоящее время практически отсутствуют либо находятся на стадии разработки.

2. Анализ справочной и медицинской литературы, а также научных исследований в области физиологии людей с инвалидностью, показал отсутствие теоретической базы для целей проектирования адаптационной теплозащитной одежды, одной из составляющих которой является температура поверхности кожи гиподинамической системы нижних конечностей ЛОДВ. Степень важности определения данного показателя в процессе проектирования теплозащитной одежды для ЛОДВ обуславливается необходимостью проверки теплового комфорта человека в процессе эксплуатации изделия в условиях отрицательных температур окружающей среды.

3. Отсутствие теоретической и исследовательской базы процесса проектирования безопасной теплозащитной одежды для ЛОДВ диктует необходимость проведения ряда дополнительных исследований, направленных на разработку информационного и методического обеспечения процесса конструирования теплозащитных изделий адаптационной одежды с системой эргономически функциональных членений, соответствующих положению человека в инвалидном кресле-коляске.

4. Процесс интеграции людей с инвалидностью в социум определяет потребность в специальной адаптационной одежде различного назначения. В настоящее время наиболее разработанным является ассортимент адаптационной демисезонной одежды для защиты от дождя или для пребывания ЛОДВ в помещениях. Ассортимент теплозащитной одежды для рассматрива-

емого контингента весьма ограничен, изделия в большинстве своем не приспособлены для повышения степени самообслуживания ЛОДВ, отсутствуют научно-обоснованные рекомендации по безопасности ее эксплуатации. Поэтому развитие технологии проектирования теплозащитной одежды для ЛОДВ с высокой степенью комфорта и уровня безопасности является актуальным.

5. Одной из проблем при проектировании теплозащитных изделий для ЛОДВ является отсутствие адекватной реакции человека на внешнее воздействие отрицательных температур. Решение вопросов изготовления одежды с повышенным тепловым комфортом возможно при использовании системы дополнительного обогрева. При этом безопасность нахождения человека с ОДВ в теплозащитном изделии с системой дополнительного обогрева в условиях отрицательных температур окружающей среды может быть обеспечена управляемой системой термоконтроля пододёжного пространства. Можно предположить, что эксплуатация теплозащитных изделий с системами локального обогрева и контроля теплового комфорта позволит значительно повысить качество жизни людей данного контингента.

6. В настоящее время возможность пребывания ЛОДВ в условиях отрицательных температур окружающей среды считается опасным. Это обусловлено невозможностью отслеживания физиологических изменений и опасностью обморожения нижних конечностей. Поэтому исследования, направленные на прогнозирование теплового состояния человека с ОДВ в теплозащитном изделии в условиях отрицательных температур окружающей среды являются актуальным направлением.

На основании полученных данных сформированы цели и задачи для дальнейшего проектирования, разработана общая схема проектирования и исследования теплозащитных изделий для ЛОДВ.

Целью работы является совершенствование процесса проектирования теплозащитного изделия с системой управления тепловым комфортом (СУТК) гиподинамической системы нижних конечностей ЛОДВ.

ГЛАВА 2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ПАКЕТА МАТЕРИАЛОВ С УЧЁТОМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЛОКАЛЬНОГО ОБОГРЕВА В ТЕПЛОЗАЩИТНОМ ИЗДЕЛИИ ДЛЯ ЛОДВ

Известно, что комфортное состояние человека достигается эквивалентным соотношением микроклимата пододёжного пространства и температуры окружающей среды [26]. Условием создания и поддержания пододёжного комфорта является рациональный выбор пакета материалов и научно-обоснованное использование дополнительных (локальных) систем обогрева. Последнее требует тщательного изучения, вследствие особенностей физиологического состояния выбранной категории людей – люди с ограниченными двигательными возможностями. Проектируемое теплозащитное изделие – «мешок для ног» для ЛОДВ. Задача данных исследований носит комплексный характер и состоит из трёх этапов:

- разработка теоретической базы формирования технического задания для проектирования теплозащитных изделий для ЛОДВ с учётом особенностей гиподинамической системы нижних конечностей;
- разработка рекомендаций по рациональному подбору материалов в пакет теплозащитного изделия для ЛОДВ;
- обоснование возможности использования дополнительной локальной системы обогрева при проектировании теплозащитных изделий с высокой степенью теплового комфорта.

2.1 Описание гиподинамической системы нижних конечностей ЛОДВ как теоретического обоснования технического задания для проектирования теплозащитного изделия

Задача создания теплового комфорта для людей с «особыми потребностями», а именно с ОДВ, в настоящее время является актуальной и нерешённой вследствие многих причин:

- большого разнообразия заболеваний и факторов, приводящих к ОДВ;
- невозможности стандартизации описания особенностей телосложения, пропорций фигур ЛОДВ, так как каждое заболевание и связанные с ними осложнения, а также «стаж» инвалидности накладывают отпечатки на особенности психофизиологического состояния людей.

Еще одной причиной является сложность, а порой и невозможность в полной мере использовать классическую теорию теплообмена и теплопередачи для людей с ОДВ вследствие ряда причин, перечисленных в [83, 84]. Так, в [83] в качестве факторов, представляющих сложности при оценке термальной среды выделены:

- ослабление и потеря чувствительности к температурам, в том числе, за счёт физических ограничений и применяемых методов лечения, которые оказывают существенное влияние на субъективное индивидуальное восприятие теплового комфорта ЛОДВ;

- различия в форме тела, обусловленные потерей или атрофией конечностей, из-за чего использование формулы Дюбуа, применяемой для определения площади поверхности тела человека, является проблематичной, а результаты, полученные при помощи данной формулы, могут быть ошибочными;

- уменьшение более чем на 80% потоотделения с поверхности кожи, присущее подавляющему большинству людей с тетраплегией и другими формами паралича;

- ухудшение вазомоторного контроля у людей, принимающих сосудорасширяющие лекарства;

- ухудшение скорости обмена веществ, присущее в большей степени ЛОДВ вследствие ограничения их активности;

- воздействия тепловой нагрузки на другие физиологические функции человека (сердечно-сосудистую систему, обострение заболеваний кожи и мочеполовой системы и т.д.), возникающие в процессе негативного влияния температуры окружающей среды, а именно, переохлаждения или перегрева.

В целом, можно констатировать, что тепловые условия, которые характеризуют умеренно комфортное состояние здорового человека, могут быть неприемлемы для ЛОДВ [88, 89].

Говоря о критериях оценки теплового комфорта ЛОДВ, следует отметить, что в настоящее время определяющими являются показатели прогнозируемой средней оценки (PMV) и прогнозируемый процент недовольных (PPD), которые в соответствии с [89] рекомендуется получать из теоретического уравнения комфорта на основе экспериментальных данных исследования большой группы людей.

Предложенный в [89] метод не предназначен для прогнозирования чувствительности ЛОДВ к температуре окружающей среды, а направлен на прогнозирование приемлемых (предпочтительных) тепловых ощущений в зависимости от влияния условий окружающей среды (температуры, влажности и скорости движения воздуха). Вместе с тем доказано, что одним из важнейших условий хорошего самочувствия человека с ОДВ является обеспечение термостабильного состояния его организма (температурного гомеостаза) [90, 91].

Вынужденное фиксированное положение тела и недостаточная мышечная активность (гипокинезия) снижают функциональные возможности организма ЛОДВ. Как правило, это проявляется в замедлении скорости реакции на внешние раздражители; ухудшении общей и двигательной координации; снижении уровня анализа и синтеза центральной нервной системы; ослаблении общей физической и физиологической деятельности [88, 92-95].

Повреждения позвоночного столба и спинного мозга, как правило, сопровождаются нарушениями мочеиспускания, дефекации, половой деятельности. В связи с чем, подавляющее большинство ЛОДВ вынуждены использовать в повседневной жизни различные гигиенические средства и приспособления.

Еще одним негативным фактором, обусловленным физиологическими особенностями ЛОДВ, является нарушение общего гомеостаза. Люди рассматриваемой категории вследствие полной или частичной потери чувстви-

тельности кожных покровов, а также нарушения кровообращения на отдельных участках нижних конечностей, постоянно испытывают чувство некомфортного ощущения «зябкости» в нижних конечностях и повышенного пототделения верхней части туловища и верхних конечностях. Следовательно, для создания комфортного теплового состояния, кроме теплозащитной одежды, они вынуждены круглый год носить дополнительные теплозащитные изделия (термобельё, тёплые носки и т.д.).

Все вышеперечисленное создает предпосылки для формирования ряда отрицательных последствий психогенного и функционального характера в области бытовой деятельности ЛОДВ, особенно во время пребывания (прогулок) при различных температурных режимах окружающей среды [95].

Для соблюдения комфортного состояния человека с ОДВ, находящегося в кресле-коляске во время прогулки необходимо рассмотреть процессы образования и отдачи тепла в организме. Известно, что интенсивность образования тепла в процессе жизнедеятельности человека с ОДВ зависит от возраста, пола, температуры окружающей среды, питания, интенсивности мышечной деятельности. С понижением температуры внешней среды теплопродукция увеличивается, особенно она возрастает при мышечной работе.

В классической теории теплоотдача рассматривается как переход теплоты, высвобождаемой в процессе жизнедеятельности из организма в окружающую среду. Осуществляется в основном излучением, конвекцией, кондукцией и испарением [26].

Рассматривая процесс теплоотдачи человека, находящегося в инвалидном кресле-коляске необходимо выделить два случая.

В первом случае, человек с ОДВ, находящийся в инвалидном кресле в процессе прогулки, ведомый своим помощником, находится приблизительно в условиях стационарного режима, когда температура тела человека меняется во времени сравнительно мало.

Во втором случае, человек с ОДВ самостоятельно передвигается в инвалидном кресле, а, следовательно, его теплопродукция возрастает. Повыша-

ется температура тела, при этом возрастают энергозатраты организма на конвекцию, дыхание, потоотделение, испарение и радиацию.

В данном случае, человека, в процессе его передвижения при помощи кресла-коляски, необходимо рассматривать с учётом такого комплекса, как динамика верхней части туловища и статика нижней, т.е. в виде ранее описанной статодинамической системы.

Потери тепла конвекцией возрастают из-за увеличения интенсивности движений человека с ОДВ преимущественно за счёт интенсивной мышечной работы верхних конечностей и плечевого пояса. В данном случае, необходимо учитывать процесс потоотделения в верхней части туловища, как одного из мощных механизмов терморегуляции, играющих важную роль при выполнении человеком физической деятельности. Для проверки гипотезы о нарушении гомеостаза и как следствие, снижения терморегуляции, рассмотрим детально гиподинамическую систему нижних конечностей.

Известно, что у человека гомойотермными, т.е. способными сохранять постоянную температуру, являются только внутренние области тела (так называемые «ядро», или «сердцевина»). «Сердцевину» окружает пойкилотермная «оболочка» (в её состав частично входят конечности), которая выступает в качестве своеобразного изолирующего слоя и «буфера», который смягчает резкие температурные раздражения, исходящие из окружающей среды [95]. Изолирующая способность «оболочки» зависит от её толщины и коэффициента переноса тепла (путём контакта и конвекции). Обе эти величины обусловлены интенсивностью кровоснабжения [95].

Между «сердцевиной» и поверхностью тела имеется температурный градиент, величина, которая зависит от температуры окружающей среды, подкожной клетчатки и теплоизоляции кожи, а также от физической активности человека. Так при падении наружной температуры кровоснабжение «оболочки» уменьшается. Сужение сосудов увеличивает теплоизоляцию «оболочки» и снижает конвекционный перенос тепла. Вследствие этого ста-

новится меньше коэффициент прохождения тепла через «оболочку» и увеличивается внутренний градиент температур [95].

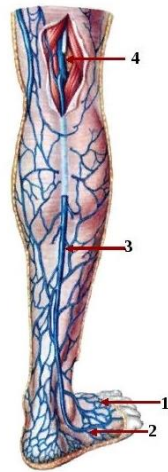
Повышенное внимание стоит уделить тому факту, что особая роль в терморегуляции организма с окружающей средой принадлежит конечностям, кровоснабжение которых может меняться в широких пределах. Поэтому на конечностях отдача тепла с поверхности и кровоснабжение единицы их объёма при положительном тепловом балансе значительно выше, а при отрицательном значительно ниже, чем средние цифры отношения всего тела [95].

Вышеуказанная информация подтверждает, что ЛОДВ, с парализацией нижних конечностей в большей степени подвержены риску обморожения в холодное время года.

Принимая во внимание, что человеческое тело может поглощать излучение в дальней инфракрасной области спектра благодаря его способности проникать глубоко в ткани организма и понимая механизм излучения, где оно в инфракрасной области спектра проникает через кожу в подкожные ткани и трансформируется из световой энергии в тепловую, используем этот принцип в дальнейших исследованиях.

Известно, что тепловое действие в глубоких слоях тканей вызывает расширение кровеносных сосудов в капиллярах [95]. Также повышается частота сердечных сокращений и ускоряется кровообращение, что крайне важно для людей с парализацией нижних конечностей. Частота сердечных сокращений увеличивается по мере того, как от внутренних органов к поверхности кожи поступает большой поток крови, причем артериальное давление при этом не повышается.

Рассматривая схематическое строение стенки сосудов венозной системы нижних конечностей, представленной в соответствии с рисунком 2.1 можно констатировать, что основное расположение глубоких вен соответствует внутренней и задней поверхности бедра, голени и стопы [96].



1. Тильная венозная дуга стопы
2. Латеральная краевая вена
3. Малая подкожная вена ноги
4. Подколенная вена

Рисунок 2.1 – Схематическое строение поверхностных вен нижних конечностей [96]

Учитывая контактные участки торса и нижних конечностей человека, находящегося в положении сидя с деталями и участками кресла-коляски, следует предположить, что местами наибольшего отклика на дополнительный обогрев могут быть: задняя поверхность голени и стопы. При этом области колена (внешняя поверхность) и бедра возможно будут испытывать наибольшую степень охлаждения.

Сформировав теоретическую базу технического задания проектирования теплозащитной одежды для ЛОДВ необходимо провести дополнительные исследования по формированию рациональных пакетов материалов и определению безопасности использования дополнительных источников обогрева для создания и поддержания теплового комфорта человека, находящегося в инвалидном кресле-коляске с учётом отрицательных температур окружающей среды.

2.2. Определение «физиологического нуля» температуры поверхности кожи гиподинамической системы нижних конечностей ЛОДВ

Одной из важнейших задач при проектировании теплозащитного изделия с системой локального обогрева является выбор адекватных температурных режимов подогрева для различных климатических условий. Но, учитывая сложность объективной оценки ЛОДВ собственных тепловых ощущений

и предпочтений, необходимо экспериментальным путем определить допустимые температурные режимы для ЛОДВ в теплозащитной одежде с системой локального обогрева при отрицательных температурах окружающей среды.

В соответствии с источником [97] для кожи, адаптированной к комнатной температуре воздуха от 20 до 25 °С, порог ощущения горячего при локальном воздействии, для разных индивидуумов находится в пределах от 40 до 46 °С, (при средней температуре от 42 до 43 °С), порог «жгуче горячего» ощущения соответствует температуре от 43 до 51 °С (при средних значениях от 46 до 47 °С).

Существует понятие «физиологический нуль» – это состояние, при котором температура определенной части кожи адаптируется (становится нечувствительной) к внешней температуре, т.е. находится на «физиологическом нуле», который для различных областей кожи может быть достигнут при температурах среды от 12 до 18 °С (отрицательный нуль) и от 41 до 42 °С (положительный нуль) [95]. Другими словами, эта точка термальной индифферентности, представляющая собой небольшой диапазон температур, в пределах которого нет никаких тепловых ощущений.

Из вышесказанного понятно, что температура на различных участках тела неодинакова. Известно, что у здорового человека, среднее значение физиологического нуля на открытых участках кожи нижних конечностей в соответствии с [97, 26] на участке задней поверхности голени составляет 32,2 °С, на участке нижней поверхности стоп – 31,1 °С, на участке лодыжки – 30,0 °С, на участке пальцев стопы – 24,4 °С.

Необходимо учитывать тот фактор, что в результате патологий у ЛОДВ происходит изменение локальной температуры тела. В настоящее время, топография кожи у людей с ограниченными двигательными возможностями практически не изучена. Немецким ученым Rossignoli I. совместно с испанским научным центром изучения инвалидности [98], с помощью метода инфракрасной термографии проведены исследования по определению температуры по-

верхности кожи корпуса и верхних конечностей у ЛОДВ, передвигающихся при помощи кресел-колясок, с целью диагностики заболеваний плечевых суставов [98]. Аналогичные исследования по определению температуры поверхности кожи нижних конечностей в настоящее время неизвестны.

Поэтому необходимо провести дополнительные исследования по определению среднего показателя «физиологического нуля» на участках поверхности кожи нижних конечностей, а также средней температуры поверхности кожи нижних конечностей у людей с ограниченными двигательными возможностями.

Данные исследования необходимы для:

- установления критического максимума температуры системы локального обогрева, тем самым обезопасить человека от получения перегрева либо термического ожога в местах расположения нагревательных элементов;
- установления критического минимума температуры поверхности кожи на различных участках, тем самым обезопасить человека от переохлаждения и обморожения в период нахождения в условиях отрицательных температур окружающей среды.

Для определения «физиологического нуля» температуры поверхности кожи, как теоретической основы проектирования теплозащитных изделий и определения уровня достоверности, проведены исследования по определению температуры поверхности кожи гиподинамической системы нижних конечностей ЛОДВ.

Исследования осуществлялись под контролем медицинских работников, на базе Государственного бюджетного учреждения социального обслуживания населения Ростовской области «Шахтинский пансионат для престарелых и инвалидов» о чем свидетельствует акт о проведении совместных исследований, представленный в соответствии с Приложением В.

2.2.1 Методика проведения эксперимента и инструментарий

Испытания проводились с участием восьми мужчин, с различными нозологиями (параплегия нижних конечностей вследствие ДТП и врожденный

вывих бедра), повлекших за собой нарушения двигательной активности и перемещающихся в пространстве посредством инвалидных кресел-колясок, в возрасте от 45 до 60 лет, имеющих 2 группу инвалидности. Общий стаж инвалидности испытуемых составляет более 10 лет.

Перед экспериментом медицинским работником было зафиксировано удовлетворительное состояние здоровья испытуемых (артериальное давление, ЧСС и температура тела зафиксированы в пределах нормы, мочевого пузыря – опустошен). Обязательным условием подготовки мужчин, принимающих участие в эксперименте, является нахождение их в течение 10 минут до эксперимента в состоянии полного покоя в помещении при комфортной температуре воздуха.

Все показатели эксперимента регистрировались в исходном состоянии испытуемых в положении сидя, при проведении эксперимента при комфортной комнатной температуре 24°C, относительной влажности воздуха (60-65%) и подвижности воздуха не более 0,1 м/с.

Все испытуемые были одеты в бытовую одежду (верхняя сорочка, брюки, тёплые носки) и нательное бельё.

Так как задачей исследования является определение локальной температуры поверхности кожи нижних конечностей мужчин с ОДВ, предложена 7-точечная методика измерения. В качестве основных мест крепления датчиков выбраны [83]:

- датчик № 1 – бедро (внутренняя поверхность ниже паховой области);
- датчик № 2 – бедро (передняя поверхность выше линии колена);
- датчик № 3 – голень (передняя поверхность в середине голени);
- датчик № 4 – бедро (задняя поверхность в середине бедра);
- датчик № 5 – голень (задняя поверхность в середине голени);
- датчик № 6 – стопа (нижняя поверхность в середине стопы);
- датчик № 7 – колено.

Общая схема расположения датчиков на теле испытуемых приведена в соответствии с рисунком 2.2.

Способ крепления датчиков на теле осуществлён при помощи эластичного сетчатого бинта.

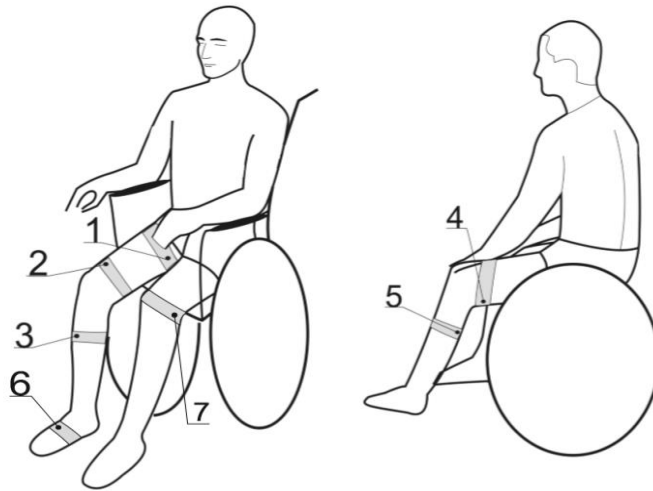


Рисунок 2.2 – Общая схема расположения датчиков на теле человека для исследования локальной температуры поверхности кожи нижних конечностей

Определение температуры кожных покровов проводилось с использованием цифровых портативных термометров, марки «Vesool BC – T5» оснащённых двумя датчиками для измерения температуры, с диапазоном измерения температуры от минус 50 до плюс 70°C. Внешний вид датчика приведен в соответствии с рисунком 2.3.



Рисунок 2.3 – Внешний вид цифрового портативного термометра

Технические характеристики устройства: диапазон измерения температуры: от минус 50 до плюс 70°C, разрешающая способность: 0,01°C, точность измерения: $\pm 0,1^\circ$, источник питания: батарея, 1,5В.

2.2.2 Обработка результатов исследований

Для проведения качественного эксперимента разработан паспорт проведения исследований, включающий в себя основные сведения о человеке с ОДВ, участвующем в эксперименте (возраст, пол, заболевание, и т.д.), представленный в соответствии с Приложением Г.

По результатам первичных исследований составлена таблица 2.1. результирующих показателей локальной температуры поверхности кожи нижних конечностей на ранее определенных участках у 8 испытуемых.

Таблица 2.1 – Результирующие показатели проведения эксперимента

Температура поверхности кожи нижних конечностей, ($^{\circ}\text{C}$)									
№ датчика	Испытуемый 1	Испытуемый 2	Испытуемый 3	Испытуемый 4	Испытуемый 5	Испытуемый 6	Испытуемый 7	Испытуемый 8	Средняя $t^{\circ}\text{C}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	34,0	33,0	31,5	32,3	32,2	31,5	32,5	32,1	32,4
2	30,0	31,6	30,9	31,8	31,4	32,2	31,1	31,2	31,3
3	30,6	30,3	31,2	32,3	31,1	30,6	31,1	30,4	30,9
4	32,5	33,0	31,8	32,6	32,8	33,4	32,3	32,3	32,6
5	29,2	29,8	30,3	31,1	30,4	30,1	30,1	30,7	30,2
6	28,0	28,8	27,9	26,7	26,9	29,1	30,2	31,7	28,6
7	26,2	26,4	27,1	27,6	26,5	27,9	26,4	26,1	26
Средняя температура поверхности кожи нижних конечностей по всем датчикам, ($^{\circ}\text{C}$)	30,0	31,4	30,1	30,6	30,1	30,6	31	31	30,2

На основании первичных результатов по определению средней температуры поверхности кожи нижних конечностей у 8 испытуемых, построены графики по каждому определяемому локальному участку, а также, в соответствии с рисунком Д.1 Приложения Д в качестве сравнения, приведены графики средней температуры поверхности кожи нижних конечностей на локальных участках нижних конечностей у здорового человека [97].

При анализе результирующих графиков практически на каждом локальном участке нижних конечностей прослеживается расхождение показаний температуры поверхности кожи в среднем равным 2°C .

Для определения достоверности полученных данных и определения необходимого числа испытаний, проведена статистическая обработка первичных экспериментальных данных, представленная в соответствии с Приложением Д, результаты которой определили необходимость проведения дополнительных испытаний, представленных в соответствии с таблицей Д.2. приложения Д. Объем выборки при доверительной вероятности 0,95 и допустимой ошибкой в 5% составил 52 человека.

Испытания проводились с участием мужчин, с различными нозологиями (параплегия нижних конечностей, врожденный вывих бедра, вестибулярное нарушение, нарушение двигательной активности после перенесенного инсульта), повлекших за собой нарушения ОДА, в возрасте от 45 до 60 лет, имеющих 2 группу инвалидности, общий стаж инвалидности которых составляет более 10 лет. Перед экспериментом медицинским работником было зафиксировано удовлетворительное состояние здоровья испытуемых (артериальное давление, ЧСС и температура тела зафиксированы в пределах нормы, мочевого пузыря – опустошен). Обязательным условием подготовки мужчин, принимающих участие в эксперименте, является нахождение их в течение 10 минут до эксперимента в состоянии полного покоя в помещении при комфортной температуре воздуха.

Все показатели эксперимента регистрировались в исходном состоянии испытуемых в положении сидя, при проведении эксперимента при комфорт-

ной комнатной температуре 24°C, относительной влажности воздуха (60-65%) и подвижности воздуха не более 0,1м/с.

Все испытуемые были одеты в бытовую одежду нательное бельё, верхнюю сорочку, брюки и тёплые носки.

2.2.3 Определение локальной температуры поверхности кожи ЛОДВ в помещении в комфортных условиях

В результате проведения дополнительных исследований, приведённых в соответствии с Приложением Д (таблица Д.2.), получены данные локальной температуры поверхности кожи на различных участках нижних конечностей ЛОДВ.

В соответствии с таблицей 2.2 приведен сравнительный анализ температуры поверхности кожи нижних конечностей на различных участках ЛОДВ с локальной температурой поверхности кожи нижних конечностей здорового человека приведенного в соответствии с [26].

Таблица 2.2 – Границы вариабельности показателя локальной температуры поверхности кожи гиподинамической системы нижних конечностей ЛОДВ

№ п/п	Участок нижних конечностей	Средняя температура поверхности кожи мужчин *, (°С), согласно исследованиям [26]	Средняя температура поверхности кожи ЛОДВ, полученная в ходе эксперимента, (°С)	Интервал границы изменчивости средней температуры поверхности кожи ЛОДВ, полученный в ходе эксперимента, (°С)
1	Бедро (внутренняя поверхность)	30,0	29,5±2,4	27,1...31,9
2	Бедро (передняя поверхность выше линии колена)	30,0	29,3±2,3	27,0...31,6
3	Передняя часть голени	32,2	31,5±1,9	29,6...33,4
4	Бедро (задняя поверхность в середине бедра)	30,0	29,5±3,5	26,5...33,0
5	Задняя часть голени	32,2	31,1±2,1	29,0...33,2
6	Нижняя часть стопы	33,3	28,9±1,8	27,1...30,5
7	Колено	–	32,7±1,0	27,1...30,7
Средняя температура поверхности кожи гиподинамической системы нижних конечностей t, (°С)		31,2	30,4	31,7...33,7
Примечание: *мужчин, входящих в группу так называемых «здоровых людей», находящихся в комфортных условиях окружающей среды, на которых надет комплект «комнатной одежды» (бельё, сорочка, пиджак, брюки, носки (х/б) и полуботинки).				

Полученные значения средней температуры поверхности кожи ЛОДВ на локальных участках характеризуют критерий «физиологического нуля» гиподинамической системы нижних конечностей и в дальнейших исследованиях будут использованы в качестве базового показателя, характеризующего тепловой комфорт.

Выявлено, что средняя температура поверхности кожи гиподинамической системы нижних конечностей здоровых людей превышает среднее значение температуры поверхности кожи у ЛОДВ на $0,8^{\circ}\text{C}$ с варьированием по отдельным участкам от $0,5$ до $4,4^{\circ}\text{C}$. При этом средняя температура поверхности кожи ЛОДВ максимально приближена к аналогичной температуре группы здоровых людей на участках бедра (от $0,5$ до $0,7^{\circ}\text{C}$). Максимальное расхождение значений средней температуры поверхности кожи ЛОДВ и группы здоровых людей соответствует участкам «нижняя часть стопы» ($4,4^{\circ}\text{C}$) и участка «задняя часть голени» ($1,1^{\circ}\text{C}$). Проанализировать изменение среднего значения локальной температуры поверхности кожи на участке «колена» не представляется возможным, вследствие отсутствия результатов исследований данной величины у группы «здоровых» мужчин.

В дальнейшем, найденная в ходе экспериментальных данных средняя температура поверхности кожи ЛОДВ, будет взята за основу при разработке теоретических основ процесса проектирования теплозащитной одежды для ЛОДВ.

Можно предположить, что на участках от колена до стопы закрытой гиподинамической системы «человек с ОДВ – теплозащитное изделие» необходимо использовать дополнительное точечное тепловое воздействие для создания теплового комфорта ЛОДВ в условиях отрицательных температур окружающей среды.

2.3 Исследование теплозащитных свойств пакетов материалов для изготовления теплозащитной одежды для ЛОДВ

Исследования по подбору рациональных пакетов материалов для теплозащитной одежды для ЛОДВ являются продолжающимися, в комплексе общих исследований, проводимых на кафедре «Конструирование, технологии и дизайн» ИСОиП (филиала) ДГТУ в г. Шахты.

Проанализировав опыт изготовления адаптационной теплозащитной одежды для ЛОДВ, а также рынок используемых в настоящее время для изготовления теплозащитной одежды [26-34, 99-101] поверхностных, подкладочных и прокладочных материалов утеплителей, представленных в соответствии с таблицей Е.1 Приложения Е, для дальнейших исследований выбраны:

– в качестве основных (поверхностных) выбран мембранный материал (арт. 216FOR-Movement) и плащевой материал Dewspo (арт. 216FOR-240T Dewspo PU WR Milky #135) (фирма-производитель «Юнсен» (Республика Корея)) [99].

Структура основного мембранного материала (арт. 216FOR-Movement) представлена в соответствии с рисунком 2.4 [99].

В качестве прокладочных утепляющих материалов выбраны – синтепон (Россия), холлофайбер (Россия) и Тинсулейт® (США).

В качестве подкладки выбран флисовый материал (арт. 211SX004) [100].

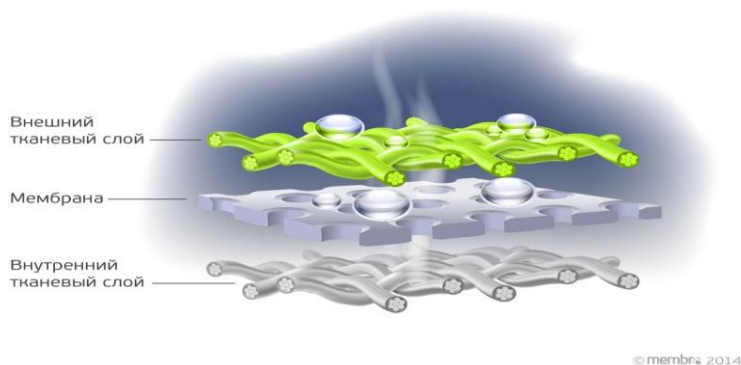


Рисунок 2.4 – Структура мембранного материала (арт. 216FOR-Movement) [99]

Выбор данных материалов обусловлен их повсеместным использованием при изготовлении функциональной теплозащитной одежды, малым весом,

пластичностью, удобством эксплуатации, а также доступной ценой, что является одним из приоритетных параметров при изготовлении одежды для слабо социально защищенной группы – людей с ОДВ.

Выбор данных материалов производился с учётом требований, приведенных в ГОСТ Р ИСО 7730-2009 «Эргономика термальной среды» [88], где рекомендовано использовать нейтральные значения IREQ, либо экстраполяцию IREQ (Required Clothing Insulation – требуемая изоляция одежды) с целью предотвращения общего охлаждения тела [88].

Популярность современных курточных и плащевых материалов Dewspo (Дюспо), обусловлена его свойствами: мягкой фактурой, водостойкостью и защитой от ветра. При этом готовые изделия из Dewspo обладают достаточной воздухопроводностью и не впитывают влагу. Высокие технические характеристики Dewspo приобретает после обработки тонкими полиуретановыми пропитками устойчивыми не только к влаге, но и к большинству органических растворителей, жиру и поту. Так пропитка PU обеспечивает водонепроницаемость и ветрозащиту, а пропитка WR обеспечивает материалам водоотталкивающую пропитку [99]. Материалы на 100% состоят из полиэстера, просты в уходе и не требуют специальных навыков и процедур по уходу за ними. Допускается ручная или машинная стирка (40 градусов). Химическая чистка, а также растворители и хлорные отбеливатели воздействуют на ткань негативно (разрушают защитные пропитки), поэтому запрещены. Температура глажения не более 150 градусов. Не рекомендуется машинная сушка и отжим на высоких скоростях.

Заявленная производителем область применения группы материалов Dewspo: пошив мужских, женских и детских курток, плащей, ветровок, зонтов, мешков для сменной обуви, чехлов на спортивный инвентарь, туристического снаряжения (спальные мешки, чехлы на рюкзаки, легкие тенты и др.) [99]. Стоимостная линейка – от 57 до 107 рублей за метр.

Мембранный материал (арт. 216FOR-Movement) состоит на 100% из полиэстеровых волокон, обладает приятными тактильными ощущениями. Гото-

вые изделия из мембранного материала обладают водоупорными и паропроницаемыми свойствами. Данные свойства обусловлены её микропористой мембранной структурой, поэтому отталкивает жидкость (грязь) с поверхности ткани, не впитывая её, и выводит наружу испарения тела (пары, пот). Также плащевые ткани из мембраны препятствуют проникновению ветра, т.е. абсолютно не продуваемы [99]. Область применения: пошив мужских, женских и детских курток, плащей, ветровок, спецодежды, зонтов, мешков для сменной обуви, чехлов на спортивный инвентарь, туристического снаряжения (спальные мешки, чехлы на рюкзаки, легкие тенты, одежда и снаряжения для охотников и рыболовов и др.) [99]. Стоимостная линейка – от 185 до 287 рублей за метр.

Флис – синтетическое трикотажное полотно, на 100% состоящее из полиэстера. Эластичный и приятный на ощупь материал обладает высокими техническими характеристиками, такими как теплоустойчивость, износостойкость и прочность. Одежда из флиса практически не впитывает влагу и быстро сохнет, не дает усадку при стирке, а также обладает хорошими антипилинговыми свойствами (не образуются пилли). Флис надолго сохраняет стойкость цвета, что дает возможность окрашивать его в необычные и яркие цвета [100]. Область применения: пошив домашней, спортивной, туристической и детской одежды, а также подкладки и отделка верхней одежды и предметов интерьера. Стоимостная линейка – от 87 до 387 рублей за метр.

Утепляющий прокладочный материал холлофайбер-СОФТ (Россия) имеет специальное покрытие – «корку» в верхней и нижней части полотна, которая сдерживает волокна этого материала от миграции сквозь стенки этого покрытия и материал, в который он вшит. Мягкий, лёгкий и нежный материал способный выдерживать многократные стирки, сохраняя форму изделия, обеспечивает уникальные «дышащие» свойства, терморегулирование. Используется в пошиве тёплой одежды, постельных принадлежностях, одеял, продукции для детей, комплектов на выписку. Очень хорошо сохраняет тепло при небольшой толщине, является экологически чистым продуктом, не токсичен для организма и не содержит вредных примесей. Изготовлен из первичного сырья

на заводе ООО «ТЕРМОПОЛ» (Россия) [100]. Стоимостная линейка – от 100 до 157 рублей за метр. Структура прокладочного материала представлена в соответствии с рисунком 2.5 [100].

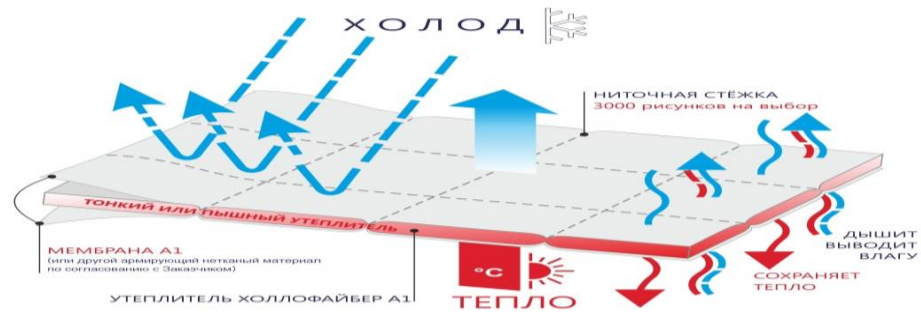


Рисунок 2.5 – Структура прокладочного утепляющего материала холлофайбер-СОФТ [100]

Утепляющий прокладочный материал синтепон (Россия). Синтепон представляет собой объёмную, мягкую структуру, состоящую из полиэфирных волокон, скреплённых между собой в полотно при помощи физического или химического воздействия. Для исследований выбран синтепон, изготовленный термическим способом, без применения клея и других веществ, способных нанести вред здоровью человека с инвалидностью [100].

Утепляющий прокладочный материал Тинсулейт® «С» (3M-Minnesota Mining Manufacturing, (США)) относится к классу запатентованных термоизолирующих нетканых материалов. Состав: 65% полиолефиновое волокно, 35% полиэфирное волокно. Теплоизоляция обеспечивается по двум направлениям: задержание воздуха и отражение теплового излучения тела. По своим свойствам тинсулейт превосходит известные утеплители равной толщины в 1,5 раза, а по степени отражения тепла – в 2 раза [101]. Материал обеспечивает хорошую вентиляцию, не впитывает влагу (поглощение влаги – менее 1% от своего веса) и, соответственно, обеспечивает достойную теплоизоляцию во влажных условиях. Структура этого материала максимально приближена к структуре натурального пуха, но обладает рядом весомых преимуществ: не мигрирует через подкладку изделия и внешнюю ткань, не вызывает аллергии, обладает способностью эффективно сохранять излучаемое телом тепло при наименьшем объёме. Изначально материал разработан с целью решения зада-

чи утепления костюмов и обуви космонавтов. После успешного завершения этой задачи продолжилось развитие материала в направлении создания группы утеплителей [101].

Назначение: верхняя и спортивная одежда, перчаточные и галантерейные изделия. Структура прокладочного материала Тинсулейт® и принцип его работы представлены в соответствии с рисунком 2.6 [100].

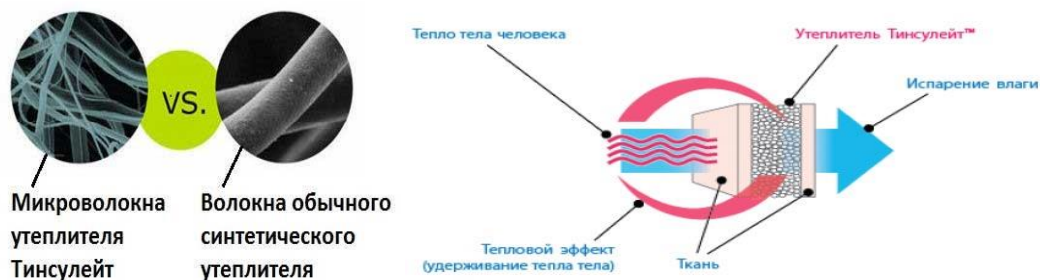


Рисунок 2.6 – Структура и принцип работы прокладочного утепляющего материала Тинсулейт® (США) [101]

Технические характеристики выбранных материалов приведены в таблицах 2.3, 2.4, 2.5.

Таблица 2.3 – Технические характеристики основных материалов для проведения экспериментальных исследований [102]

Наименование показателя	Единицы измерения	Характеристики		Технические характеристики материалов, в соответствии с ГОСТ 28486-90 [103]
		Мембранный материал (арт. арт. 216FOR-Movement) [99]	Плащевой материал «Дюспо» (арт. 216FOR-240T Dewspo PU WR Milky #135) [99]	
1	2	3	4	5
Состав ткани		ПЭ 100%	ПЭ 100%	–
Поверхностная плотность	г/м ²	160	186	50-130
Толщина	мм	1,5	1,3	
Водоотталкивание: в исходном виде после трех стирок	усл. ед.	100 90	120 80	Не менее 80
Разрывная нагрузка: по основе по утку	Н	899 484	900 430	Не менее 390 Не менее 240
Содержание свободного формальдегида	мкг/г	не обнаружен	не более 600	не более 1000

Окончание таблицы 2.3

Параметры цветостойкости		Результаты испытаний	Результаты испытаний	ГОСТ 28486	
Устойчивость окраски к воздействиям (изменение первоначальной окраски/закрашивание смежной ткани): стирки (40°C) трения (сухого) трения (мокрого) воды дистиллированной	баллы			Группа ОПК	
		5/4	5/4		5/4
		4	5/4-4		3-4
		4-5	5/4		3-4
водонепроницаемость (водоупорность): в исходном виде после трех стирок	мм вод.ст.	Свыше 3000 420	Свыше 780 400	Не менее 700 Не менее 200	
Другие испытания		Результаты испытаний	Результаты испытаний	ГОСТ 25295-2003, 30386.	

Таблица 2.4 – Технические характеристики прокладочных материалов утеплителей [100]

Наименование показателя	Единицы измерения	синтепон (110) (Россия) [100]	Гинсулейт® (США) Тип «С» («Классик») [101]	холлофайбер-СОФТ (Россия) [100]
1	2	3	4	5
Поверхностная плотность	г/м ²	90	240	100
Толщина	мм	90	20	40
Ширина полотна	м	1,5	1,5	1,5
Волокнистый состав	%	100% ПЭ	100% ПЭ	100% ПЭ
Рекомендуемый температурный режим эксплуатации	град, С	Не более минус 10	Не более минус 30	Не более минус 25
Стирка	град, С	Не более 30	Не более 40	Не более 40
Цена	руб. / погонный метр	85	654,5	120

Таблица 2.5 – Техническая характеристика флисовой ткани, выбранной в качестве подкладки [100]

Наименование показателя	Единицы измерения	флис (арт. 211SX004)	Допустимые параметры, в соответствии с ГОСТ 28486-90 [103]
1	2	3	4
Поверхностная плотность	г/м ²	240	150-170

Окончание таблицы 2.5

Толщина	мм	9	Около 0,5
Воздухопроницаемость	дм ³ /(м ² с)	404	400-600
Паропроницаемость	г/(м ² г)	58	Около 60
Гигроскопичность (при относительной влажности воздуха 65%)	%	12	Не менее 7
Жесткость	мкНсм ²	3600	Не более 4000
Пылеемкость (относительная пылеемкость)	%	15	15
Усадка по основе по утку	%	32	3,5% по основе и 2% по утку

Проведем сравнительный анализ способности составных пакетов материалов проводить тепло, называемый коэффициентом теплопроводности (λ , Вт/(м·°С)). Для оценки теплозащитных свойств материалов и пакетов из них [26] наиболее важной величиной является не коэффициент теплопроводности (λ), а обратная ему величина – тепловое сопротивление (R_T) (м²·С/Вт).

Как было сказано ранее, исследования теплофизических свойств материалов являются продолжающимися в комплексе общих исследований, проводимых на кафедре «Конструирование, технологии и дизайн» ИСОиП (филиала) ДГТУ в г. Шахты [31-34].

Для получения первичной характеристики теплозащитных свойств выбранных пакетов материалов тепловое сопротивление R_T определялось расчетным способом с использованием справочных или ранее найденных экспериментальных величин коэффициентов теплопроводности материалов λ (Вт/(м·°С)).

Для простого слоя тепловое сопротивление определялась по формуле (2.1):

$$R_T = \delta / \lambda, \quad (2.1)$$

где δ – толщина слоя, м; λ – коэффициент теплопроводности (Вт/м·°С).

Величина R_T отражает передачу тепла внутри материала. Теплозащитная способность в этом случае находятся в прямой зависимости от величины теплового сопротивления. Чем оно больше, тем выше теплоизоляционные свойства материала [26].

Величины коэффициентов теплопроводности каждого из материалов, входящих в пакет теплозащитного изделия мешок для ног, а также тепловое сопротивление каждого материала представлены в соответствии с таблицей 2.6.

Таблица 2.6 – Коэффициенты теплопроводности и тепловое сопротивление исследуемых материалов [102]

№ п/п	Название материала	Коэффициент теплопроводности λ , (Вт/(м·°С))	Тепловое сопротивление R_T , (м ² ·°С /Вт)	Толщина материала, мм
Основные материалы				
1	мембранный материал (арт. арт. 216FOR-Movement)	0,048	0,031	0,15
2	плащевой материал «Дюспо» (арт. 216FOR-240T Dewspo PU WR Milky #135)	0,052	0,025	0,14
Прокладочные (утепляющие) материалы				
1	синтепон (110)	0,039	2,307	35,00
2	Тинсулейт [®]	0,044	0,454	30,00
3	холлофайбер-СОФТ	0,029	0,833	20,00
Подкладочный материал				
1	флис	0,039	0,230	9,00

Полученные значения R_T в группе основных материалов выше у материала мембранный материал (арт. 216FOR-Movement), в группе прокладочных (утепляющих) материалов – у материала синтепон (110).

Известно, что в условиях субнормальных температур теплоотдача с поверхности одежды осуществляется конвекцией ($Q_{\text{конв}}$), испарением влаги ($Q_{\text{фаз}}$) и теплоизлучением ($Q_{\text{луч}}$) [22]:

$$Q_{\Sigma} = Q_{\text{конв}} + Q_{\text{фаз}} + Q_{\text{луч}} \quad (2.2)$$

Рассматривая теплозащитное изделие (мешок для ног) необходимо отметить, что данное изделие покрывает нижнюю подкорпусную часть тела человека и нижние конечности на участках бедро – голень – стопа.

Так как ранними исследованиями обосновано отсутствие процесса пототделения человека с ОДВ на данных участках, а также отсутствие откры-

тых участков тела, ограничимся определением теплоотдачи конвекцией. Для чего рассмотрим систему «сегмент тела ЛОДВ – пакет материалов – среда» для участка голени.

Теплообмен за единицу времени Q от тела человека к внешней поверхности одежды в [104] определяется по формуле:

$$Q = \frac{\lambda \cdot S \cdot (t_k - t_o)}{h}, \quad (2.3)$$

здесь S – площадь поверхности тела под одеждой, m^2 ;

h – толщина пакетов материалов, m ;

λ – коэффициент теплопроводности пакета одежды; ($Bm/(m \cdot ^\circ C)$);

t_k – средневзвешенная температура поверхности кожи, ($^\circ C$);

t_o – температура атмосферного воздуха, ($^\circ C$);

S – площадь поверхности тела человека, m^2 .

Коэффициент теплопроводности пакета материалов рассчитывается по формуле (2.4):

$$\frac{1}{\sum \lambda} = \frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} + \frac{1}{\lambda_3}, \quad (2.4)$$

Площадь поверхности тела рассчитана для мужчины роста 176 см и средней массы равной 72 кг с использованием формулы Мостеллера [100] (2.5):

$$ППТ(m^2) = \sqrt{\frac{BEC(kг) \cdot РОСТ(см)}{3600}} \quad (2.5)$$

Из расчёта следует, что площадь поверхности тела указанного мужчины равна $1,88 m^2$.

Учитывая, что нижние части двух конечностей составляют в среднем 0,222993 [105] от поверхности тела человека, можно рассчитать, что площадь поверхности голени одной конечности составит $0,21 m^2$.

Толщина пакета материалов $h(m)$ рассчитывалась суммированием толщины материалов, входящих в пакет материалов и воздушной прослойки между материалами.

Средневзвешенная температура поверхности кожи на участке голени ЛОДВ в теплозащитной одежде определена с использованием результатов исследований [97] и величины коэффициента для определения средневзвешенной температуры кожи на участке голени составляет 0,125 в соответствии с [26], то величина средневзвешенной температуры будет равна 4,01°C. Габаритные параметры образцов выбраны: длина образца – 0,26м, ширина – 0,16м.

Объёмная плотность пакетов M (г/м³) определялась по формуле (2.6):

$$M = \frac{m_i \cdot 10^6}{L \cdot B \cdot H} \quad (2.6)$$

где: m_i – масса образца, (г); L – длина образца, (м); B – ширина образца, (м); H – толщина пакета, (м).

Формирование материалов и характеристики пакетов, принятых для дальнейших исследований представлены в таблицах 2.7 и 2.8.

Таблица 2.7 – Формирование материалов и характеристики исследуемых пакетов для основного материала – мембранный (арт. 216FOR-Movement) и подкладочного материала – флис (арт. 211SX004)

Номер пакета материалов	синтепон (110)	Тинсулейт®	холлофайбер-СОФТ
1	2	3	4
пакет базовый 1	0	0	0
пакет №1	1	0	0
пакет №2	0	1	0
пакет №3	0	0	1
пакет №4	1	1	0
пакет №5	1	0	1
пакет №6	0	1	1
пакет №7	1	1	1

Таблица 2.8 – Формирование материалов в пакеты для основного материала Dewspo (арт. 216FOR-240T Dewspo PU WR Milky #135) и подкладочного материала – флис (арт. 211SX004)

Номер пакета материалов	синтепон (110)	Тинсулейт®	холлофайбер-СОФТ
1	2	3	4
пакет базовый 2	0	0	0
пакет №21	1	0	0
пакет №22	0	1	0
пакет №23	0	0	1
пакет №24	1	1	0
пакет №25	1	0	1
пакет №26	0	1	1
пакет №27	1	1	1

Результирующие показатели характеристик исследуемых пакетов материалов приведены в соответствии с таблицами 2.9, 2.10.

Анализ показателей характеристик пакетов материалов показал, что лучшими теплозащитными свойствами обладают пакеты материалов с двумя или тремя утепляющими прокладочными материалами. Но, по субъективной оценке ЛОДВ такие изделия обладают излишним весом, менее пластичны и эргономичны в процессе эксплуатации. Поэтому в дальнейших исследованиях будут рассмотрены пакеты материалов с одним утеплителем.

Таблица 2.9 – Результирующие показатели характеристик исследуемых пакетов материалов, сформированных в соответствии с таблицей 2.7

Пакеты материалов	Толщина стенки пакета, (м)	Вес пакета, (г)	Объемная плотность образца ($г/м^3$)	Тепловое сопротивление R_T , ($м^2 \cdot ^\circ C / Вт$)	Коэффициент теплопроводности пакета материалов, λ ($Вт/(м \cdot ^\circ C)$)	Теплообмен за единицу времени, Q (Вт)
1	2	3	4	7	5	6
пакет №1	0,1005	41,14	96,013	2,56	0,0138	0,76

Окончание таблицы 2.9

пакет №2	0,0305	42,80	97,975	2,17	0,0144	2,3
пакет №3	0,0505	32,90	81,532	1,17	0,0123	1,27
пакет №4	0,1205	57,52	95,358	3,02	0,0105	0,48
пакет №5	0,1405	55,86	93,901	3,25	0,0093	0,36
пакет №6	0,0705	47,62	83,555	1,4	0,0096	0,73
пакет №7	0,1605	67,56	82,022	3,7	0,0077	0,27

Таблица 2.10 – Результирующие показатели характеристик исследуемых пакетов материалов, сформированных в соответствии с таблицей 2.8

Пакеты материалов	Толщина стенки пакета, (м)	Вес пакета, (г)	Объемная плотность образца (г/м ³)	Тепловое сопротивление R _т , (м ² ·°C/Вт)	Коэффициент теплопроводности пакета материалов, λ (Вт/(м·°C))	Теплообмен за единицу времени, Q (Вт)
1	2	3	4	7	5	6
пакет №21	0,1005	41,14	96,013	7,1	0,014	0,76
пакет №22	0,0305	42,80	97,975	0,68	0,014	2,68
пакет №23	0,0505	32,90	81,532	4,2	0,012	1,23
пакет №24	0,1205	57,52	95,358	12,05	0,010	0,45
пакет №25	0,1405	55,86	93,901	15,6	0,009	0,35
пакет №26	0,0705	47,62	83,555	7,8	0,009	0,67
пакет №27	0,1605	67,56	82,022	22,9	0,007	0,24

Для достоверности полученных расчётных данных и определения степени влияния материалов на физиологическое состояние ЛОДВ, в том числе, на создание и поддержание теплового комфорта при эксплуатации теплозащитного изделия в условиях температурного режима окружающей среды от 0 до минус 15°С проведены исследования с непосредственным участием мужчин с ограниченными двигательными возможностями.

2.3.1 Выбор методики, определение количественных и качественных показателей комфортного самочувствия мужчин при эксплуатации теплозащитного изделия для ЛОДВ

Основными задачами эксперимента по исследованию влияния теплозащитных свойств пакетов материалов на тепловой комфорт нижних конечностей мужчин с ОДВ, является определение количественных и качественных показателей, характеризующих тепловой комфорт гиподинамической системы нижних конечностей, а также выбор методики проведения эксперимента для различного сочетания составляющих пакета материалов.

В пункте 2.2.2. определены такие количественные характеристики, как средняя температура поверхности кожи («физиологический ноль») нижних конечностей, артериальное давление, частота и ритмичность пульса при комфортном состоянии человека с ОДВ, приведена методика проведения исследований и места крепления датчиков. Дополнительным критерием для проведения исследований выбран качественный показатель комфортного самочувствия человека с ОДВ – показатель «теплоощущение».

Данный критерий оценивался по методике определения оценочной шкалы чувствительности к температуре в соответствии с ГОСТ Р ИСО 7730-2009 «Эргономика термальной среды. Аналитическое определение и интерпретация комфортности теплового режима с использованием расчёта показателей PMV и PPD и критериев локального теплового комфорта» [88]. Количество оценочных баллов было заведомо упрощено до 6, т.е. было адаптировано для понимания испытуемым «теплоощущений», оцениваемых им в ходе эксперимента при следующей градации состояния комфортности:

- 5 баллов – некомфортное состояние «жарко»;
- 4 балла – некомфортное состояние «тепло»;
- 3 балла – комфортное теплоощущение общего состояния;
- 2 балла – некомфортное состояние «прохладно»;
- 1 балл – некомфортное состояние «холодно»;
- 0 баллов – критический оптимум охлаждения кожного покрова.

Испытания проводились с участием шести мужчин, передвигающихся при помощи инвалидных кресел-колясок и относящихся ко второй группе ограничения двигательной активности по классификации ЛОДВ (с поражением спинного мозга на уровне поясничного отдела позвоночника), в возрасте от 45 до 60 лет, имеющих 2 группу инвалидности, общий стаж инвалидности которых составляет более 10 лет. Все исследования проводились под контролем и непосредственным участии работников медицинских учреждений. Объем выборки при доверительной вероятности 0,95 и допустимой ошибкой в 5% составил 6 человек.

Перед экспериментом медицинским работником было зафиксировано удовлетворительное состояние здоровья испытуемых (артериальное давление, ЧСС и температура тела зафиксированы в пределах нормы, мочевого пузыря – опустошен).

Обязательным условием подготовки мужчин, принимающих участие в эксперименте, является нахождение их в течение 10 минут до эксперимента в состоянии полного покоя в помещении при комфортной температуре воздуха. Эксперимент заканчивался при условии фиксирования медработником повышения пульса (при помощи пульсометра) или по личной просьбе и ощущениям испытуемого.

Все показатели эксперимента регистрировались в исходном состоянии испытуемых в положении сидя, при проведении эксперимента в климатической лаборатории при условиях имитации температурного режима воздуха – 0°С, минус 5°С, минус 10° С и минус 15° С, относительной влажности воздуха (60-65%) и подвижности воздуха не более 0,4-0,6м/с.

Начальные значения температуры кожных покровов были получены при нахождении испытуемого в теплозащитном изделии, выполненном из пакетов исследуемых материалов, состоящих из трёх слоев: основной, утепляющий прокладочный и подкладочный. На всех испытуемых было надето нательное белье, термобельё, верхняя сорочка, свитер, тёплые брюки, утеплённая куртка, шапка и перчатки.

Таким образом, для чистоты проведения эксперимента были максимально защищены открытые части тела. В соответствии с Приложением Ж представлен акт о проведении совместных исследований на базе ГБУСОН РО «Шахтинского ППИ» (г. Шахты Ростовской области).

Данные о показаниях датчиков снимались с экранов дисплеев и обрабатывались с использованием программного обеспечения табличного редактора Microsoft Office Excel 2007. Показания теплового состояния кожи регистрировались каждые четыре минуты в течение 60 минут.

Определение экспериментальных температур на поверхности тела и на поверхности одежды основано на статистических методах планирования эксперимента [106]. При планировании экстремального эксперимента обычно исходят из метода Бокса-Уилсона, который заключается в том, что экспериментатору предлагается ставить последовательные небольшие серии опытов, в каждой из которых одновременно варьируются по определенным правилам все факторы. Серии организуются таким образом, чтобы после математической обработки предыдущей можно было выбрать условия проведения (т. е. спланировать) следующую серию.

Применение планирования эксперимента делает поведение экспериментатора целенаправленным и организованным, существенно способствует повышению производительности его труда и надежности полученных результатов [106].

Чтобы узнать число различных состояний, достаточно число уровней факторов (если оно для всех факторов одинаково) возвести в степень числа факторов. В процессе планирования эксперимента необходимо знать воспроизводимость результатов эксперимента на объекте. Для всех факторов выберем некоторые уровни и в этих условиях проведем эксперимент. Затем через неравные временные промежутки повторим его несколько раз и сравним значения параметра оптимизации. Так разброс этих значений характеризует воспроизводимость результатов. Объект удовлетворяет требованию воспроизводимости результатов, в случае если он не превышает некоторой заранее за-

данной величины (наших требований к точности эксперимента), а если превышает, то не удовлетворяет этому требованию. Эксперимент является активным и управляемым.

Рассмотрим математическую модель зависимости температуры поверхности кожи одетого человека с ОДВ от совокупности входных параметров:

X_1 – наличие в исследуемом теплозащитном пакете прокладочного материала Тинсулейт®;

X_2 – наличие в пакете прокладочного материала синтепон;

X_3 – наличие в пакете прокладочного утеплителя холлофайбер-СОФТ;

τ – время участия человека с ОДВ в эксперименте;

$t_{амм}$ – температура окружающего воздуха.

При этом переменные X_1, X_2, X_3 являются логическими переменными задачи. В пакете теплозащитной одежды присутствуют также еще два вида материалов: подкладочный материал флис и основные материалы мембранный (арт. 216FOR-Movement) и Dewspo (арт. 216FOR-240T Dewspo PU WR Milky #135), однако эти материалы содержатся в каждом образце пакета и не являются варьируемыми величинами.

В условиях рассматриваемой математической модели неконтролируемыми факторами являются время τ и температура окружающего воздуха $t_{амм}$, а остальные входные факторы X_1, X_2, X_3 являются контролируемыми. Таким образом, проводимый натурный эксперимент является активным по переменным X_1, X_2, X_3 и пассивным по переменным τ и $t_{амм}$. В соответствии с этим, число опытов по τ при каждом фиксированном наборе X_1, X_2, X_3 сравнительно велико и равно 16, то есть, в течение часа (длительности проведения эксперимента), показания приборов, фиксирующих температуру поверхности кожи человека с ОДВ снимаются с интервалом 4 минуты.

Эксперименты проводились в два этапа, с учётом поверхностного ма-

териала: мембранного материала (арт. 216FOR-Movement) и плащевого материала Dewspo (арт. 216FOR-240T Dewspo PU WR Milky #135). Подкладочный материал флис присутствует во всех пакетах, поэтому в матрицы экспериментов он не включён. Количество опытов по переменной $t_{амм}$ также относительно велико, опыты проводились при 0°C, минус 5°C, минус 10°C, минус 15°C. Экспериментальные исследования проводились на основе формирования материалов представленных в таблицах 2.7 и 2.8.

В рамках инициативных НИОКР гранта «Теоретические и научно-исследовательские разработки процесса проектирования специальной (реабилитационной) одежды для пожилых граждан, инвалидов, маломобильных групп населения», выполняемых по заданию ООО «ЦПОСН «ОРТОМОДА», совместно с предприятием были изготовлены макеты-полуфабрикаты теплозащитных изделий по типу «мешков для ног» из материалов, участвующих в эксперименте.

Конструктивное устройство теплозащитного изделия представлено в соответствии с рисунком 2.7.

Описание конструктивного устройства

Макет теплозащитного изделия, утеплённый, непромокаемый, предназначен для эксплуатации в холодное время года людьми с ОДВ, использующими инвалидное кресло-коляску, из плащевых материалов с флисовой подкладкой и дополнительным слоем прокладочного утеплителя. Макет мешка крепится к коляске застёжками на ленту «велькро».

Макет теплозащитного изделия состоит из тех частей: передней, задней и боковой.

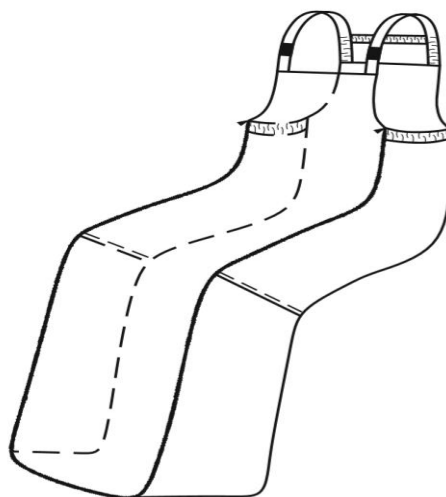


Рисунок 2.7 – Внешний вид конструктивного устройства макета теплозащитного изделия

Передняя часть изделия снабжена непромокаемой прочной молнией и полностью отстегивается. На движках молнии предусмотрены специальные кольца, обеспечивающие удобство захвата при снятии / надевании изделия в процессе эксплуатации людям с ограниченной подвижностью и испытывающие сложности при использовании мелких деталей. Длина передней части позволяет закрывать сидящего человека до уровня 15-20см выше линии талии.

Боковая часть состоит из двух частей. По верху боковой части вложена эластичная тесьма-лента.

Задняя часть макета теплозащитного изделия высокая, полностью закрывает спину. Конструкция теплозащитного изделия повторяет изгибы человеческого тела в области колена и ягодиц.

На задней части может быть обработана дополнительная застёжка на двухзамковую тесьму-молнию.

2.3.2 Обработка экспериментальных данных

Результаты проведения экспериментальных исследований (средние значения температур) при эксплуатации макетов теплозащитных изделий мужчинами с ОДВ (с различными видами пакетов материалов) в соответствии с температурой воздуха равной 0°C, минус 5°C, минус 10°C и минус 15°C приведены в таблицах 3.1-3.24 Приложения 3.

В качестве примера, на рисунках 2.8, 2.9, 2.10 и 2.11 приведены результирующие показатели экспериментов с основными материалами – мембранный (арт. 216FOR-Movement) и плащевой материал Dewspo (арт. 216FOR-240T Dewspo PU WR Milky #135)), в виде графика изменения средней температуры поверхности кожи на исследуемых участках при температуре окружающей среды 0°C, минус 5°C, минус 10°C и минус 15°C.

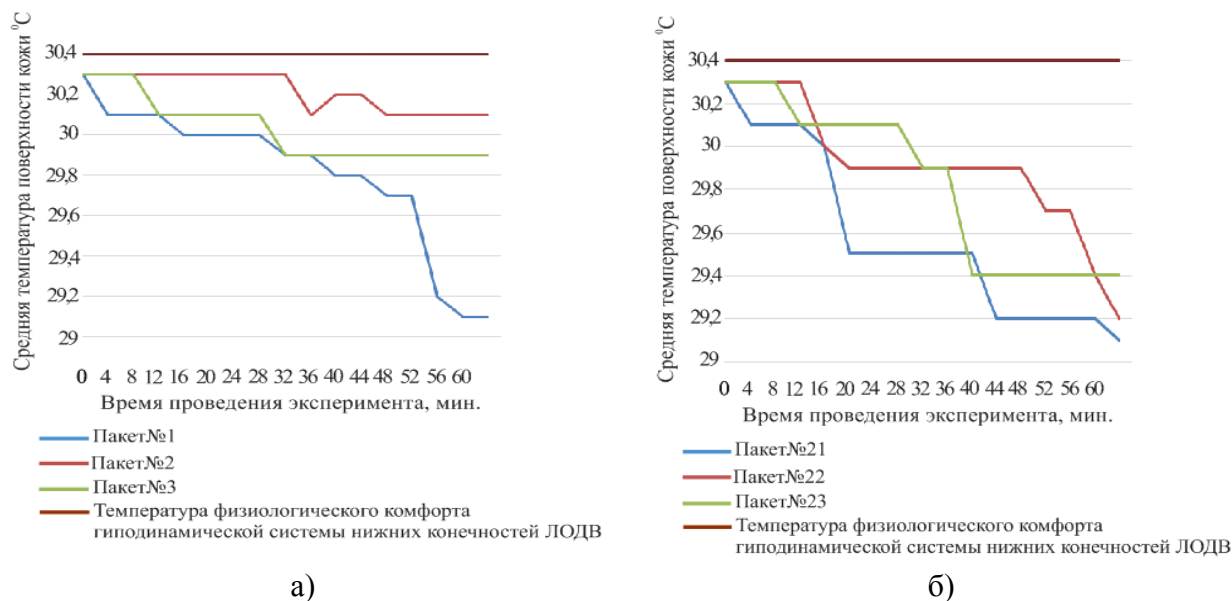


Рисунок 2.8 – Общий график изменения температуры поверхности кожи нижних конечностей мужчин с ОДВ при эксплуатации макетов теплозащитных изделий с различными комбинациями материалов при температуре окружающей среды 0°C
а) основная ткань – мембранная; б) основная ткань – плащевой материал Dewspo

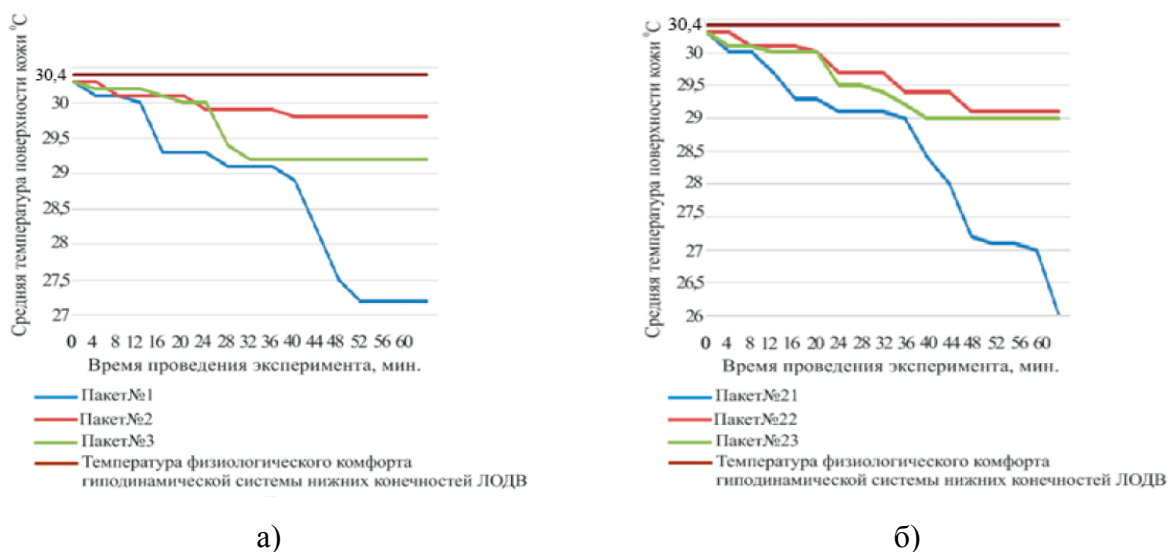


Рисунок 2.9 – Общий график изменения температуры поверхности кожи нижних конечностей мужчин с ОДВ при эксплуатации макетов теплозащитных изделий с различными комбинациями материалов при температуре окружающей

среды минус 5°C а) основная ткань – мембранная; б) основная ткань – плащевой материал Dewspo

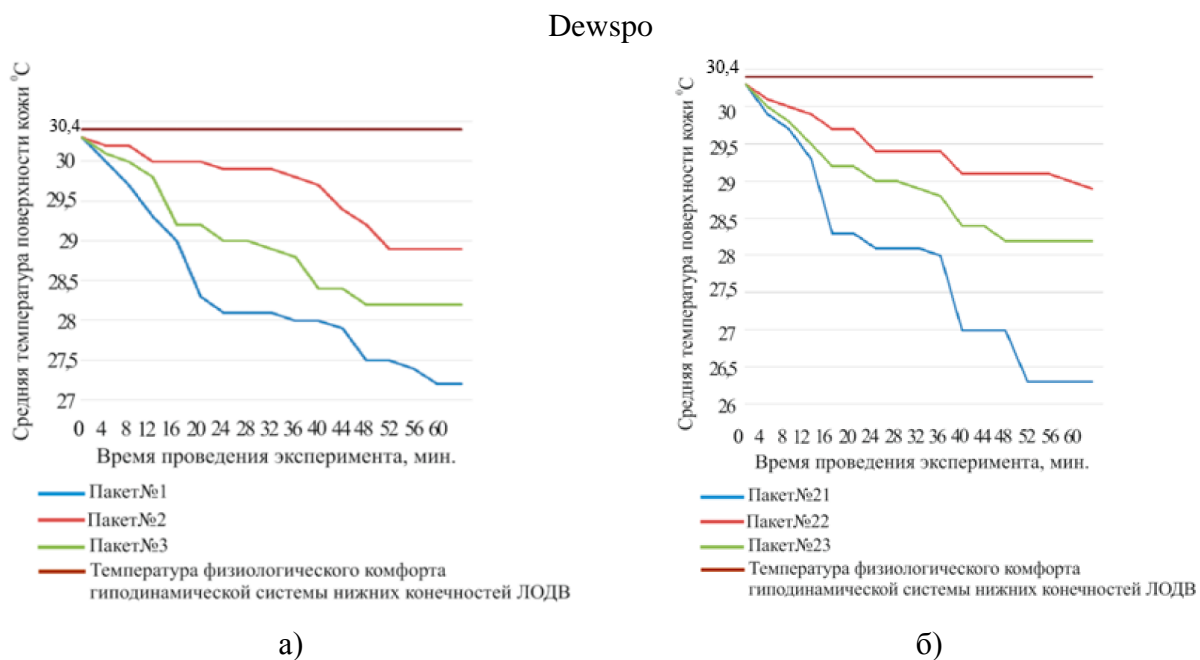


Рисунок 2.10 – Общий график изменения температуры поверхности кожи нижних конечностей мужчин с ОДВ при эксплуатации макетов теплозащитных изделий с различными комбинациями материалов при температуре окружающей среды минус 10°C

а) основная ткань – мембранная; б) основная ткань – плащевой материал Dewspo

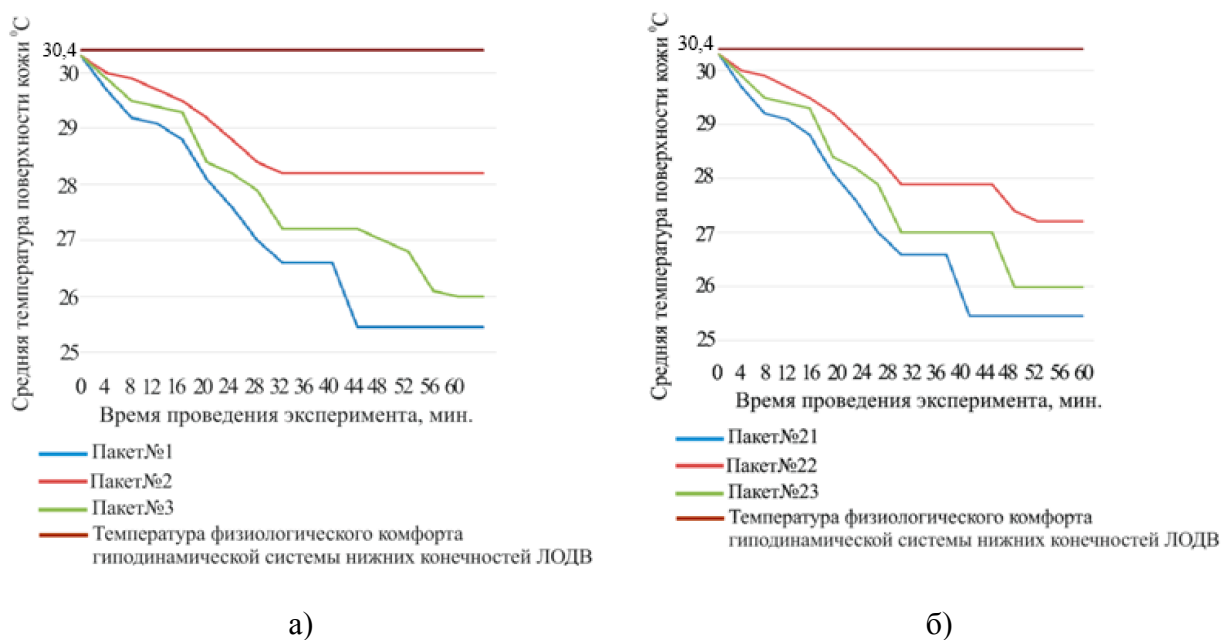


Рисунок 2.11 – Общий график изменения температуры поверхности кожи нижних конечностей мужчин с ОДВ при эксплуатации макетов теплозащитных изделий с различными комбинациями материалов при температуре окружающей среды минус 15°C

а) основная ткань – мембранная; б) основная ткань – плащевой материал Dewspo

Как показали результаты исследований, на тепловое состояние гиподинамической системы нижних конечностей мужчин с ОДВ, находящихся в теплозащитных изделиях в условиях улицы (при температуре воздуха от 0 до минус 15°C) влияет структура пакета материалов.

При этом, не смотря на последствия нарушения гомеостаза в нижних конечностях, а также сниженной по сравнению со здоровыми людьми скорости проведения импульсов периферийной нервной системы [94], из эксперимента следует наличие у исследуемой группы собственного терморегулируемого эффекта нижних конечностей.

Как видно из графиков пакеты материалов с составляющей основной тканью – плащевой материал Dewspo (арт. 216FOR-240T Dewspo PU WR Milky #135) показали худшие теплозащитные свойства, чем пакеты материалов с основным материалом мембранным (арт. 216FOR-Movement), что подтверждается ранее представленными расчётами.

Представленный анализ теплозащитных свойств исследуемых пакетов материалов позволяет сделать вывод о предпочтительности использования следующих составляющих пакета материалов для теплозащитного изделия (пакет №2): основной материал – мембранный (арт. 216FOR-Movement); прокладочный материал утеплителя – Тинсулейт®; подкладочный материал – флис.

Вариабельность средней температуры кожных покровов нижних конечностей при эксплуатации макетов теплозащитного изделия с исследуемыми составами пакетов материалов в условиях пониженных температур воздуха окружающей среды (от 0 до минус 15°C), где «А» – пакет материалов с основным материалом Dewspo (арт. 216FOR-240T Dewspo PU WR Milky #135), «Б» – пакет материалов с основным материалом мембранный материал (арт. 216FOR-Movement) приведены в таблице 2.11.

Таблица 2.11 – Вариабельность средних значений температуры поверхности кожи нижних конечностей при эксплуатации макетов теплозащитных изделий с различными составами пакетов материалов

Показатели	Температура воздуха окружающей среды, °С							
	0°С		минус 5°С		минус 10°С		минус 15°С	
Основной материал	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б
Минимальное значение средней температуры поверхности кожи нижних конечностей по всем пакетам, °С	29,8	29,5	28,7	28,5	28,3	27,9	27,1	27
Максимальное значение средней температуры поверхности кожи нижних конечностей по всем пакетам, °С	30,2	29,7	29,9	29,6	29,6	29,4	28,8	28,4

В целом, можно сказать, что температура поверхности кожи нижних конечностей у мужчин с ОДВ при ощущении ими теплового комфорта приближена к температуре здорового человека, находящегося в условии улицы в зимних брюках.

Дополнительно, в ходе эксперимента были определены границы вариабельности показателя «теплоощущение» комфортной и некомфортной зоны, а также добавлен показатель «критический оптимум охлаждения кожного покрова нижних конечностей» в соответствии с таблицей 2.12.

Определенные в ходе экспериментальных данных значения границ вариабельности показателя «теплоощущение» комфортной и некомфортной зоны, а также величина средней температуры поверхности кожи нижних конечностей положены в основу теоретического обоснования процесса проектирования теплозащитной одежды для ЛОДВ.

Таблица 2.12 – Границы вариабельности показателя «теплоощущение» комфортной и некомфортной зоны ЛОДВ, составленные для температуры поверхности кожи нижних конечностей

Количество баллов	Показатели «теплоощущение»	Граница температуры поверхности кожи нижних конечностей, °С
0 баллов	критический оптимум охлаждения кожного покрова	24,4 и ниже
1 балл	некомфортное состояние «холодно»	24,5-27,5
2 балла	некомфортное состояние «прохладно»	27,6-29,4
3 балла	комфортное теплоощущение общего состояния	29,5-32,2
4 балла	комфортное состояние «тепло»	32,3-34,5
5 баллов	некомфортное состояние «жарко»	свыше 36,0

Таким образом, экспериментальные исследования подтвердили практический выбор мужчин с ОДВ теплозащитного изделия, с использованием в пакете материалов утеплителя Тинсулейт[®], в качестве приоритетного для эксплуатации их в условиях отрицательных температур окружающей среды.

Вместе с тем, экспериментальные исследования доказали, что для создания и поддержания комфортного теплового состояния мужчин с ОДВ на прогулке в условиях температурного режима окружающей среды от 0 до минус 15°С целесообразно конструктивное устройство теплозащитного изделия, пакет которого состоит из трёх видов материалов: мембранная (арт. 216FOR-Movement), утеплителя Тинсулейт[®] и подкладочного материала – флис дополнить системой локального обогрева. Можно предположить, что данное решение позволит значительно расширить как границы температурного режима, так и время комфортного пребывания человека с ОДВ в условиях отрицательных температур.

2.4 Обоснование выбора безопасной системы локального обогрева гиподинамической системы нижних конечностей ЛОДВ в теплозащитном изделии

В исследованиях в качестве дополнительного источника обогрева была использована сертифицированная продукция – нагревательные гибкие элементы фирмы ООО «Группа промышленного развития и снабжения» (Тепловичок™) [107], а именно – тройной нагревательный гибкий элемент [107]. В соответствии с Приложением И приведен Паспорт нагревательных элементов.

Основные технические характеристики: размеры нагревательного элемента: 9x24 + 9x24 +24x37см; нагревательный элемент – углеродное волокно; изолирующий материал – нетканое полотно; тип подогрева – электрический, инфракрасный; максимальная температура нагрева – плюс 45°С; необходимый источник питания – от 12 до 14В; средняя мощность – 16/5Вт.

Три нагревательных элемента соединены в один контур и питаются от одного аккумулятора. Излишки проводов могут сворачиваться кольцом и фиксироваться внутри одежды. Допускается прошивание на швейной машине или ручными стежками [107]. Внешний вид нагревательного элемента представлен на рисунке 2.12.



Рисунок 2.12 – Внешний вид нагревательного элемента [107].

Выбор мест расположения элементов системы локального обогрева приведен в п. 2.1. Дополнительно было учтено условие исключения соприкосновения элементов системы локального обогрева, расположенных в теп-

теплозащитном изделии с участками нижних конечностей и деталями кресла-коляски.

Схема расположения элементов системы локального обогрева в теплозащитном изделии приведена в соответствии с рисунком 2.13.

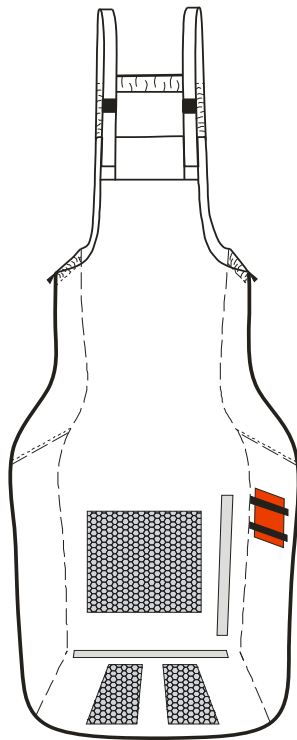


Рисунок 2.13 – Внешний вид конструктивного устройства теплозащитного изделия с расположением системы локального обогрева

Таким образом, два элемента были размещены в основании теплозащитного изделия в области расположения нижней поверхности стоп и в области задней поверхности голеней.

2.4.1 Определение критерия безопасности использования системы локального обогрева

Для теоретического обоснования безопасного использования системы локального обогрева в теплозащитном изделии, в качестве критерия безопасности впервые было предложено определять такой параметр микроклимата как интенсивность теплового облучения поверхности тела ЛОДВ при эксплуатации теплозащитного изделия с системой локального обогрева. Другими словами, определять величину теплового облучения от нагревательных эле-

ментов, на основании которой возможно произвести расчёт экспозиционной дозы теплового облучения ($ДЭО$) [108], вычисляемой по формуле 2.7:

$$ДЭО = I_{ТО} \cdot S \cdot \tau, \quad (2.7)$$

где $I_{ТО}$ – интенсивность теплового облучения, Вт/м²;

S – облучаемая площадь поверхности тела, м²;

τ – продолжительность облучения, ч.

При определении облучаемой поверхности тела необходимо производить её расчёт с учётом доли (%) каждого участка тела: голова и шея – 9%, грудь и живот – 16%, спина – 18%, руки – 18%, ноги – 39%, при общей площади тела человека равной 1,8м². Так как в рассматриваемом теплозащитном изделии нагревательный элемент размещён в области ног, то площадь облучаемой поверхности равна 0,7м². При этом стоит учитывать, что нагревательный элемент в большей степени воздействует на участки голеней и стоп. Исходя из этого, полученную площадь нижних конечностей примем за 0,35м². Продолжительность облучения (τ) была взята 2 часа, т.е. максимально заявленное время для эксплуатации теплозащитного изделия. Величина $I_{ТО}$ измерялась при помощи лабораторного прибора радиометра «ИК-метр», предназначенного для измерения энергетической яркости источника по интенсивности теплового излучения (теплового потока) в инфракрасном диапазоне, внешний вид которого представлен в соответствии с Приложением К. Полученные экспериментальным путем величины $ДЭО$ и $I_{ТО}$ были сравнены с нормой, и представлены в соответствии с таблицей 2.13.

Таблица 2.13 – Сравнительный анализ параметров микроклимата

№ п/п	Показатель	Норма [108]	Факт
1	$ДЭО, Вт \cdot ч$	500	130
2	$I_{ТО}, Вт/м^2$	≤ 140	62,7

Сравнительный анализ показателей величин $ДЭО$ показывает нахождение их в границах допустимого, что в свою очередь подтверждает безопас-

ность использования системы локального обогрева в теплозащитной одежде для ЛОДВ.

При этом, предложено использование показателя ДЭО как основного (объективного) критерия безопасности использования систем локального обогрева в теплозащитной одежде для ЛОДВ.

2.4.2 Исследование влияния дополнительной системы локального обогрева на теплозащитные свойства пакета материалов

В соответствии с методикой, представленной в пункте 2.2.1 произведены лабораторные исследования по определению средней температуры поверхности кожи нижних конечностей в макете теплозащитного изделия, состоящего из ранее выбранного пакета материалов (пакет №2) с системой локального обогрева, при температуре окружающей среды минус 15°C. Испытания проводились с участием шести мужчин, (при доверительной вероятности 0,95 и допустимой ошибкой в 5%), передвигающихся при помощи инвалидных кресел-колясок и относящихся ко второй группе ограничения двигательной активности по классификации ЛОДВ, в возрасте от 45 до 60 лет, имеющих 2 группу инвалидности, общий стаж инвалидности которых составляет более 10 лет. Все испытуемые были одеты в бытовую одежду: хлопчатобельное белье, термобельё, верхнюю сорочку, тёплые брюки, свитер, тёплые носки, утеплённую куртку, шапку и перчатки.

Все исследования проводились под контролем и непосредственном участии работников медицинских учреждений, о чём свидетельствует акт о проведении совместных исследований с ГБУСОН РО «Шахтинский ППИ» (г. Шахты Ростовской области) представленный в соответствии с Приложением Л.

В соответствии с рисунком 2.14 представлены результирующие графики зависимости средней температуры поверхности кожи нижних конечностей ЛОДВ в теплозащитном изделии без (результаты ранних исследований) и с использованием системы локального обогрева при температуре окружающей среды минус 15°C.

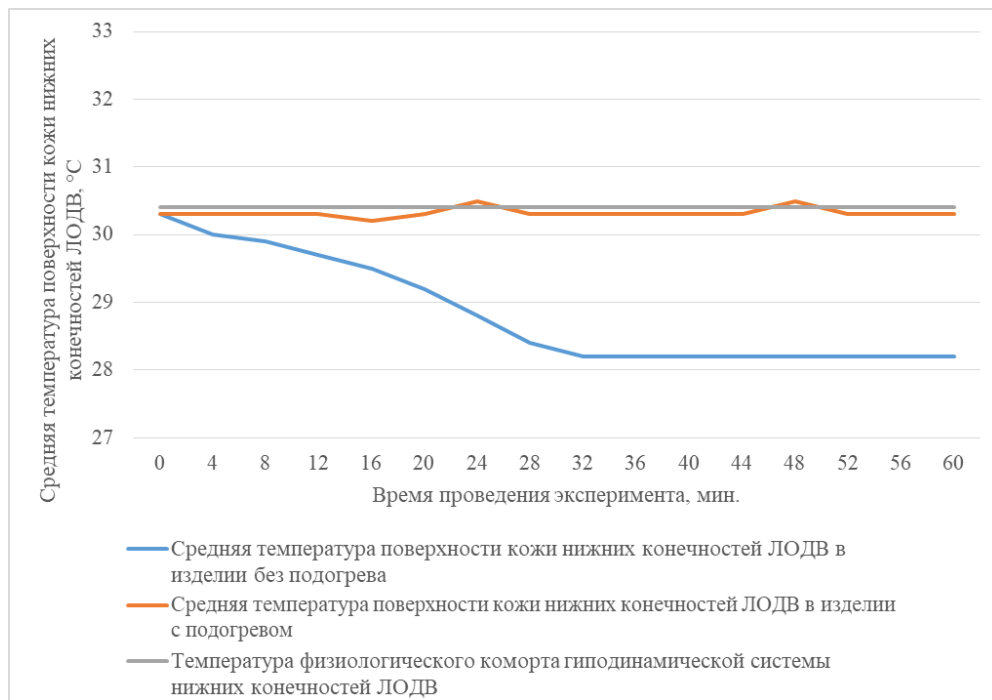


Рисунок 2.14 – Результирующие графики средней температуры поверхности кожи нижних конечностей ЛОДВ в теплозащитном изделии без и с использованием системы локального обогрева при температуре окружающей среды минус 15°C

Как видно из графика, температура поверхности кожи нижних конечностей при эксплуатации теплозащитного изделия с системой локального обогрева находится в пределах физиологического комфорта для ЛОДВ в течение всего эксперимента (1 час).

Результаты исследований подтвердили ранее высказанное предположение о том, что использование системы локального обогрева в теплозащитном изделии при эксплуатации его в условиях отрицательных температур окружающей среды, позволяет поддерживать тепловой комфорт ЛОДВ и увеличивает длительность нахождения (прогулок) ЛОДВ в условиях отрицательных температур окружающей среды).

Выводы по главе 2

В результате проведенного исследования с целью разработки теоретического обоснования для формирования технического задания процесса про-

ектирования теплозащитных изделий для ЛОДВ описаны особенности гиподинамической системы нижних конечностей ЛОДВ.

1. Впервые определены величины средней температуры поверхности кожи на участках гиподинамической системы нижних конечностей ЛОДВ при их нахождении в комфортной зоне, а также границы её вариабельности как теоретическое обоснование технического задания проектирования теплозащитных изделий для ЛОДВ. Выявлено, что средняя температура поверхности кожи гиподинамической системы нижних конечностей здоровых людей превышает среднее значение температуры поверхности кожи у ЛОДВ на $0,8^{\circ}\text{C}$ с варьированием по отдельным участкам от $0,5$ до $4,4^{\circ}\text{C}$. Определены участки наибольшего и наименьшего отклонения величин средней температуры кожи нижних конечностей группы здоровых людей и ЛОДВ.

2. Проведены исследования современных материалов, используемых для изготовления теплозащитной или специальной одежды с целью разработки рекомендаций по составлению рационального пакета для изготовления теплозащитного изделия для ЛОДВ. Определено что предпочтительным является пакет материалов, с входящим в состав основным материалом – мембранный (арт. 216FOR-Movement), прокладочным материалом утеплителем – Тинсулейт[®] и подкладочным материалом флис.

3. Экспериментальным путем определены границы вариабельности показателя «теплоощущение» комфортной и некомфортной зоны нижних конечностей ЛОДВ, а также предложен показатель – «критический оптимум охлаждения кожного покрова нижних конечностей» равный для ЛОДВ $24,4^{\circ}\text{C}$.

4. Впервые обоснована безопасность использования системы локального обогрева гиподинамической системы нижних конечностей ЛОДВ в теплозащитных изделиях посредством определения показателя интенсивности теплового облучения поверхности тела ЛОДВ.

5. На основе изучения гиподинамической системы нижних конечностей ЛОДВ проведено обоснование выбора места расположения элементов системы локального обогрева.

6. Впервые предложено дополнить теоретическую базу проектирования теплозащитной одежды для ЛОДВ критерием безопасности использования локальной системы обогрева, а также использовать найденные в ходе исследований значения «физиологического нуля» и интервалы их вариабельности в качестве показателей физиологического комфорта гиподинамической системы нижних конечностей ЛОДВ.

ГЛАВА 3 РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ ЛОДВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕПЛОЗАЩИТНОГО ИЗДЕЛИЯ С СИСТЕМОЙ ЛОКАЛЬНОГО ОБОГРЕВА

3.1 Математическое описание процессов теплопроводности в теплозащитном изделии для ЛОДВ

Теплозащитное изделие для ЛОДВ представляет собой сложносоставной пакет материалов различной формы вместе с воздушными прослойками разной толщины. Тепловое сопротивление каждого участка конструкции зависит от толщины, теплофизических свойств материалов, формы пакета, наличия воздушных прослоек. Поэтому в данных исследованиях задача описания процесса теплообмена рассматривается для отдельных локальных участков теплозащитного изделия:

- 1) участок нижних частей стоп;
- 2) участок коленей;
- 3) участок голеней.

Перенос теплоты процессом теплопроводности может происходить только при условии, что в различных точках тела температурное поле неоднородно, т.е. для того чтобы внутри тела возникал тепловой поток, необходимо наличие градиента температуры, отличного от нуля [109-111]. Тепловой поток в отличие от температуры имеет определенное направление: от точек тела с более высокой температурой к точкам с более низкой температурой. Для характеристики векторного поля тепловых потоков вводится вектор \vec{q} , называемый вектором плотности теплового потока. В произвольной точке P непрерывного температурного поля в изотропном теле вектор \vec{q} направлен противоположно градиенту температуры, т.е. его направление совпадает с направлением переноса теплоты, а его значение определяется как количество теплоты dQ , проходящее в единицу времени $d\tau$ через единицу площади изотермической поверхности dS :

$$q = \frac{dQ}{dS d\tau} \quad (3.1)$$

Согласно предположению Фурье [26], тепловой поток через элемент изотермической поверхности определяется значением температурного градиента в рассматриваемой точке. Опытные данные показали, что плотность теплового потока прямо пропорциональна градиенту температуры, т.е. вектор плотности теплового потока определяется соотношением

$$\bar{q} = -\lambda \text{grad} T = -\bar{1}_n \lambda (\partial T / \partial n) \quad (3.2)$$

где λ – коэффициент пропорциональности, именуемый теплопроводностью. Это равенство и составляет содержание основного закона теплопроводности Фурье. Модуль вектора теплового потока \bar{q} определяется по формуле (3.3)

$$|\bar{q}| = -\lambda (\partial T / \partial n). \quad (3.3)$$

Дифференциальное уравнение теплопроводности, выведенное на основе общих законов физики, устанавливает связь между временным и пространственным изменениями температуры в любой точке тела, в которой происходит процесс теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности имеет в общем случае бесчисленное множество решений. Чтобы из этого множества выбрать решение, характеризующее конкретный рассматриваемый процесс, и дать полное математическое описание этого процесса, необходимо к основному дифференциальному уравнению присоединить дополнительные условия, включающие геометрические, физические и краевые условия.

Геометрические условия определяют форму и линейные размеры тела. Физические условия определяют теплофизические параметры: λ – коэффициент теплопроводности (Вт/(м·°С)), a – коэффициент температуропроводности (м²/ч), ρ – плотность тела (кг/м³), c – удельную теплоемкость тела (Дж/(кг·°С)), q_v – объемную плотность теплового потока (Дж/(м³·°С)).

Краевыми условиями называют совокупность начальных и граничных условий. Начальные условия задаются только при изучении нестационарных

процессов и состоят в задании распределения температуры внутри тела в момент времени, выбранный за начальный. Граничные условия отображают условия теплового взаимодействия между окружающей средой и поверхностью тела.

Граничные условия 1 рода. Задается распределение температуры на поверхности S тела как функция координат и времени (3.4)

$$T_s = \varphi(x, y, z, \tau), \quad x, y, z \in S \quad (3.4)$$

К граничным условиям 1 рода можно отнести задачи разогрева и охлаждения системы при заданном изменении температуры на границе или при весьма интенсивном теплообмене на поверхности, когда температура поверхности близка к температуре среды.

Граничные условия 2 рода. Задается распределение плотности теплового потока на поверхности тела как функция координат и времени и согласно закону Фурье, записывается в виде (3.5)

$$-\lambda \left(\frac{\partial T}{\partial n} \right)_s = \Psi(x, y, z, \tau), \quad x, y, z \in S, \quad (3.5)$$

где \bar{n} – внутренняя нормаль к поверхности S .

Граничные условия 3 рода. На поверхности тела задается зависимость плотности теплового потока вследствие теплопроводности со стороны тела от температур поверхности тела T_s и окружающей среды T_c .

В случае охлаждения (нагрева) тела имеем (3.6)

$$q_s = \pm \alpha (T_s - T_c), \quad (3.6)$$

где α – коэффициент пропорциональности, называемый коэффициентом теплоотдачи (теплообмена), Вт/(м²·°С). Он характеризует интенсивность теплового взаимодействия среды заданной температуры T_c с поверхностью тела.

Уравнение (3.4) выражает закон Ньютона. Плотность потока за счёт теплопроводности k / от поверхности тела, определяется по закону Фурье. Следовательно, на основании закона сохранения энергии с учетом уравнений (3.2), (3.6) имеем (3.7)

$$-\lambda \left(\frac{\partial \Gamma}{\partial n} \right)_s = \alpha (T_s - T_c), \quad (3.7)$$

где \bar{n} – внутренняя нормаль к поверхности тела.

В отличие от λ коэффициент теплоотдачи α не является физической постоянной, характерной для того или иного вещества. В общем случае он отражает совместное действие конвекции, теплопроводности и зависит от многих факторов (формы и размера тела, температуры, давления и скорости среды, физических свойств среды и др.).

Граничные условия сопряжения 4 рода соответствуют теплообмену поверхности тела с окружающей средой или теплообмену соприкасающихся твердых тел, когда температура соприкасающихся поверхностей одинакова. Задаются они как условия равенства температуры и плотностей теплового потока на поверхности соприкосновения двух сред (или тел):

$$T_{1s} = T_{2s}; \quad (3.8)$$

$$\lambda_1 \left. \frac{\partial T_1}{\partial n} \right|_s = \lambda_2 \left. \frac{\partial T_2}{\partial n} \right|_s, \quad (3.9)$$

где $\partial/\partial n$ означает дифференцирование вдоль нормали к поверхности раздела. Условия (3.8)-(3.9) называют еще условиями идеального теплового контакта.

Теплообмен с внешней средой

Теплообмен у наружной поверхности теплозащитного изделия обычно рассматривается как процесс переноса тепла от поверхности тела во внешнюю среду и наоборот. При соприкосновении с воздухом тепловая энергия частиц твердого тела первоначально путем теплопроводности передается тем частицам воздуха, которые соприкасаются с поверхностью тела. Через некоторый интервал времени температура прилегающего к телу слоя воздуха повышается. Таким образом, вблизи тела образуется пограничный слой воздуха, имеющий более высокую температуру. Так как более теплый воздух обладает меньшей плотностью, то на некотором расстоянии от поверхности те-

ла возникают конвективные токи, перемещающие отдельные объёмы воздуха, т.е. передача тепла осуществляется путем конвекции.

Поток тепла с поверхности одежды во внешнюю среду $Q_{атм}$ можно определить по формуле [110]:

$$Q_{атм} = \rho \cdot c_p \cdot D \cdot (t_0 - t_в), \quad (3.10)$$

здесь D – внешний коэффициент турбулентной диффузии, $\frac{м^3}{сек}$;

c_p – удельная теплоёмкость воздуха, $\frac{Дж}{кг \cdot ^\circ C}$;

ρ – плотность воздуха, $\frac{кг}{м^3}$.

Тепловые потери от испарения влаги с поверхности одежды в [104] определяются по формуле (3.11)

$$Q_{исп} = \rho \cdot D \cdot a \cdot (e_k - e_0), \quad (3.11)$$

где: a – коэффициент, учитывающий, насколько скорость испарения с поверхности одежды меньше скорости испарения с равной поверхности воды, $\frac{Дж}{кг}$;

e_k – удельная влажность воздуха, насыщенного водяными парами при средней температуре кожи, %

e_0 – удельная влажность воздуха на поверхности одежды, %.

В расчетах величину $Q_{исп}$ не учитываем в силу ее малости и понятия формулы (3.8) не используем.

Размеры пограничного слоя воздуха, условия его существования и разрушения зависят от свойств и состояния газообразной среды, температуры тела, состояния поверхности, геометрических размеров, формы тела и расположения его в пространстве.

Одновременно с передачей тепла конвекцией от нагретой поверхности тела тепло передается излучением. Интенсивность процесса зависит от тем-

пературы тела, а также от температуры и свойств воспринимающих тепло предметов, особенностей отдающей тепло поверхности тела. Такими путями происходит отдача тепла от наружной поверхности верха теплозащитного мешка.

Общая отдача тепла от поверхности в окружающую среду может условно характеризоваться эквивалентным коэффициентом теплоотдачи, учитывающим как теплопроводность, так и передачу тепла конвекцией и излучением.

Отдача тепла конвекцией

При естественной конвекции при повышении температуры воздуха увеличивается длина свободного пробега молекул и температура пограничного слоя, уменьшается плотность воздуха, вследствие чего на некотором расстоянии от поверхности тела возникают конвективные потоки воздуха [109, 110]. Отдача тепла конвекцией поверхностью тела, имеющей температуру T_n , в газообразную среду, имеющую более низкую температуру T_c , определяется законом Ньютона (3.12)

$$q_k = \alpha_k (T_n - T_c), \quad (3.12)$$

где q_k – плотность потока тепла, теряемого за счёт конвекции единицей поверхности тела в единицу времени, Вт/м²; α_k – коэффициент теплоотдачи конвекцией, Вт/(м²·К); $T_n - T_c$ – разность температур поверхности тела и среды (воздуха), К.

Теплопотери единицы поверхности тела dS за момент времени δ_τ находят по зависимости (3.13)

$$\delta Q_k = \alpha_k (T_n - T_c) dS \delta_\tau \quad (3.13)$$

Принято полагать, что вся сложность процесса теплоотдачи конвекцией характеризуется основной величиной – коэффициентом теплоотдачи, представляющим собой сложную функцию большого числа параметров, влияющих на процесс теплообмена.

Многочисленные исследования привели к выводу о том, что решающее влияние на процесс естественной конвекции имеют физические свойства воздуха и температурный напор $\Delta T = T_n - T_c$ между телом и средой. Конфигурация тела имеет меньшее значение.

Теоретически определить зависимость между всеми параметрами удастся лишь для простых случаев теплоотдачи при известных допущениях и упрощениях. По этой причине результаты расчетов нередко существенно отличаются от данных опыта. Поэтому единственным надежным средством для выяснения зависимости теплоотдачи от различных параметров является эксперимент. Обычно уменьшают число исследуемых параметров на основе теории подобия с использованием безразмерных комплексов или критериев подобия.

Отдача тепла излучением

Всякое нагретое тело часть своей энергии отдает в окружающее пространство в виде электромагнитных волн – излучением или радиацией. В окружающем пространстве, заполненном воздухом и водяными парами, часть энергии излучения поглощается. Если на пути теплового излучения встречается другое тело, то тепловая энергия частично поглощается этим телом, частично отражается и частично может проходить сквозь тело.

Теплоотдача излучением подчиняется закону Стефана:

$$H = E \cdot \sigma (T^4 - T_g^4), \quad (3.14)$$

где E – константа, зависящая от природы поверхности, более или менее приближающейся к «абсолютно черному телу», σ – универсальная константа Стефана и, следовательно, пропорциональна разнице четвертых степеней абсолютных температур тела человека и среды. Однако, в условиях охлаждения тела одетого человека отклонение от линейной зависимости теплоотдачи от разности температур организма и среды невелико – около 5% [104]. По мере снижения внешней температуры, как мы увидим далее, падает и доля теплоотдачи излучением (по сравнению с теплопроводностью и конвекцией).

Одновременная отдача тепла излучением и конвекцией

А.В. Лыков [110] предложил формулу учёта одновременной отдачи тепла излучением и конвекцией. Если температура окружающей среды и температура воспринимающего тепло тела одинаковы, а коэффициент поглощения лучей воздухом очень мал, то величина передаваемого потока тепла может быть найдена по формуле, отражающей закон Ньютона (3.15):

$$q = \alpha(T_n - T_c), \quad (3.15)$$

здесь T_n – температура теплоотдающей поверхности;

T_c – температура окружающей среды;

$\alpha = \alpha_k + \alpha_T$ – суммарный коэффициент теплообмена;

α_k – коэффициент теплоотдачи конвекцией;

α_T – коэффициент лучистого теплообмена.

Часто с количественной стороны теплозащитная функция характеризуется величиной её термического сопротивления теплопередачи R , которая определяет способность конкретной оболочки сопротивляться переносу тепла от тела во внешнюю среду с более низкой температурой. Одежда представляется в виде сложносоставной оболочки, состоящей из m многослойных пакетов различных материалов, сопряженных между собой каким-либо технологическим способом. Термическое сопротивление j -го пакета материалов определяется решением стационарной задачи с граничными краевыми условиями третьего рода (3.16):

$$R_j = R_{\alpha_1} + R_{\lambda_j} + R_k + R_{\alpha_2} = \alpha_1^{-1} + \sum_{i=1}^{n_j} \delta_{ij} / \lambda_{ij} + R_k + \alpha_2^{-1}, \quad (3.16)$$

где $R_{\alpha_1} = \alpha_1^{-1}$ и $R_{\alpha_2} = \alpha_2^{-1}$ термические сопротивления внутренней и внешней теплоотдачи; α_1 и α_2 – средние по поверхности оболочки коэффициенты конвективной теплоотдачи соответственно от тела к внутренней поверхности теплозащитной оболочки и от внешней поверхности оболочки к окружающей среде, Вт/(м²·°C); $R_{\lambda_j} = \sum_{i=1}^{n_j} \delta_{ij} / \lambda_{ij}$ – термическое сопротивление j -ой зоны с

числом слоев n_j , δ_{ij} , λ_{ij} – соответственно толщина и коэффициенты теплопроводности i -го слоя материала из j -го пакета; величина R_k есть среднее значение контактного сопротивления между соприкасающимися слоями материалов. Для практически важных случаев используется среднее значение коэффициента теплоотдачи $\alpha = 5 - 15 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°С}$, что соответствует значениям $R_\alpha = 0,0667 - 0,2 \text{ м}^2 \cdot \text{С/Вт}$. Также по данным Кедрова Л.В. [112] для расчётов используется величина контактного сопротивления $R_k = 0,01 \text{ м}^2 \cdot \text{С/Вт}$.

От тела на внутренний слой теплозащитного пакета поступает тепловой поток плотности q . Теплообмен между внешней поверхностью пакета и окружающей средой (с температурой T_c) происходит по закону Ньютона с коэффициентом теплоотдачи α . Предполагается, что на границе слоев существует идеальный контакт, т.е. температура T_i и тепловые потоки на поверхности соседних слоев одинаковы.

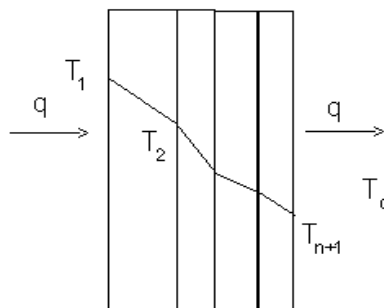


Рисунок 3.1. – Схема прохождения тепла через сложную плоскую стенку

В этом случае выражение $R = \sum_{k=1}^n \frac{\delta_k}{\lambda_k} + \frac{1}{\alpha}$ называется тепловым сопротивлением многослойного плоского пакета материалов. Если взять за критерий комфортности температуру T_1 контакта внутренней поверхности пакета и тела человека, то можно просчитать тепловое сопротивление пакета R , обеспечивающее комфортные условия в области стоп в течение длительного времени.

Схема прохождения тепла через сложную цилиндрическую стенку показана на рисунке 3.2. Пусть система материалов состоит из n слоев с внутренними и внешними радиусами $r_1, r_2 \dots r_{n+1}$ и коэффициентами теплопроводности $\lambda_1, \lambda_2 \dots \lambda_n$ соответственно.

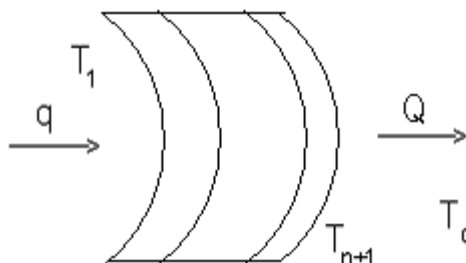


Рисунок 3.2 – Схема прохождения тепла через сложную цилиндрическую стенку

Выражение $R = r_1 \left(\sum_{k=1}^n \frac{\ln(r_{k+1}/r_k)}{\lambda_k} + \frac{1}{r_{n+1}\alpha} \right)$ называется полным термическим сопротивлением многослойной цилиндрической стенки.

3.2 Разработка математических моделей процесса теплообмена в системе «нижние конечности ЛОДВ – теплозащитное изделие – отрицательная температура окружающей среды»

Сложность рассматриваемого процесса теплообмена и невозможность учесть все многообразие действующих факторов требуют введения ряда условий и ограничений:

- нижние конечности человека рассматривается как неотъемлемая часть целостного организма, получающая часть тепла из общей теплопродукции;
- комфортное тепловое состояние нижних конечностей характеризуется температурой поверхности кожи различных участков нижних конечностей;
- охлаждение каждого участка нижних конечностей рассматривается на первой стадии, когда самочувствие человека сохраняется нормальным, терморегуляторные функции не напряжены. Температура кожи не ниже кри-

тической, что позволяет поддерживать теплообразование на определённом среднем уровне;

– одежда, защищающая основные части тела человека (туловище, руки), соответствует метеорологическим условиям, в которых находится человек;

– при использовании теплозащитного изделия в зимнее время испарение пота не имеет существенного значения в терморегуляции нижних конечностей, поэтому не учитывается при построении математической модели теплообмена.

3.2.1 Математическое описание процесса теплообмена в области стопы ЛОДВ в теплозащитном изделии

Для защиты стоп от холода в конструкции теплозащитного изделия предусмотрены нагревательные элементы (пластины). Процесс теплообмена в этой области можно описать с помощью краевой задачи для многослойной пластины, включающей саму стопу, шерстяной носок, нагревательный элемент и пакет теплозащитных материалов теплозащитного изделия.

В соответствии с (3.17) представлена математическая модель прогнозирования теплого состояния в области стопы ЛОДВ при эксплуатации теплозащитного изделия с системой локального обогрева:

$$\frac{\partial T_i}{\partial t} = a_i \frac{\partial^2 T_i}{\partial x_i^2} + \frac{q_{vi}(x_i, t)}{c_i p_i}, l_{i-1} \leq x_i \leq l_i, l_0 = 0, i = 1, 2 \dots n, \quad (3.17)$$

Краевые условия:

$$\frac{\partial T_1}{\partial x_1}(0, t) = 0, \lambda_n \frac{\partial T_n}{\partial x_n}(l_n, t) + \alpha(T_n(l_n, t) - T_c) = 0, \quad (3.18)$$

$$T_{i-1}(l_{i-1}, t) = T_i(l_{i-1}, t), \lambda_{i-1} \frac{\partial T_{i-1}}{\partial x_{i-1}}(l_{i-1}, t) = \lambda_i \frac{\partial T_i}{\partial x_i}(l_{i-1}, t), i = 2 \dots n. \quad (3.19)$$

Начальные условия $T_i(x_i, 0) = f_i(x_i)$,

где t – время, ч.; T_i – температура i -го слоя, °С; T_c – температура окружающей среды, °С; c_i – коэффициент теплоёмкости i -го слоя, Дж/кг·°С; a_i – коэффициент температуропроводности i -го слоя, м²/ч; p_i – плотность i -го слоя,

Вт/м²; λ_i – коэффициент теплопроводности i -го слоя, Вт/м·°C; $q_{vi}(x_i, t)$ – объемная плотность теплового потока источников i -го слоя, Вт/м³; α – коэффициент теплоотдачи с поверхности изделия, Вт/м²·°C; $f_i(x_i)$ – начальная температура i -го слоя, °C, $i = 1, 2, \dots, n$. Решение задачи находится в виде разложения в ряд по собственным функциям соответствующей однородной задачи методом Фурье. Результат получен в виде ряда (3.20)

$$T_i(x_i, t) = \sum_{m=1}^{\infty} c_{im}(t) \left(\cos\left(\frac{\mu_m x_i}{\sqrt{a_i}}\right) + A_{im} \sin\left(\frac{\mu_m x_i}{\sqrt{a_i}}\right) \right) + T_c, i = 1, 2, \dots, n \quad (3.20)$$

Сделаем замену $T_i - T_c = \Theta_i, i = 1, 2, \dots, n$, Тогда задача (3.17-3.19) примет вид:

$$\frac{\partial \Theta_i}{\partial t} = a_i \frac{\partial^2 \Theta_i}{\partial x_i^2} + \frac{q_{vi}(x_i, t)}{c_i \rho_i}, l_{i-1} \leq x_i \leq l_i, i = 1, 2, \dots, n. \quad (3.21)$$

$$\frac{\partial \Theta_i}{\partial x_1}(0, t) = 0, \lambda_n \frac{\partial \Theta_n}{\partial x_n}(l_n, t) + \alpha \Theta_n(l_n, t) = 0, \quad (3.22)$$

$$\Theta_{i-1}(l_{i-1}, t) = \Theta_i(l_{i-1}, t), \lambda_{i-1} \frac{\partial \Theta_{i-1}}{\partial x_{i-1}}(l_{i-1}, t) = \lambda_i \frac{\partial \Theta_i}{\partial x_i}(l_{i-1}, t), i = 2, \dots, n. \quad (3.23)$$

Начальные условия $\Theta_i(x_i, 0) = f_i(x_i) - T_c, i = 1, 2, \dots, n$.

Для нахождения собственных чисел и функций рассмотрим соответствующую однородную стационарную краевую задачу:

$$\frac{\partial^2 X_i(x_i)}{\partial x_i^2} + \frac{\mu^2}{a_i} X_i(x_i) = 0, l_{i-1} \leq x_i \leq l_i, i = 1, 2, \dots, n. \quad (3.24)$$

$$X_1'(0) = 0, \lambda_n \frac{\partial X_n}{\partial x_n}(l_n) + \alpha X_n(l_n) = 0, \quad (3.25)$$

$$X_{i-1}(l_{i-1}) = X_i(l_{i-1}), \lambda_{i-1} \frac{\partial X_{i-1}}{\partial x_{i-1}}(l_{i-1}) = \lambda_i \frac{\partial X_i}{\partial x_i}(l_{i-1}), i = 2, \dots, n. \quad (3.26)$$

Решением уравнений (3.24) служат функции (3.27)

$$X_i(x_i) = M_i \left(\cos\left(\frac{\mu x_i}{\sqrt{a_i}}\right) + A_i \sin\left(\frac{\mu x_i}{\sqrt{a_i}}\right) \right) \quad (3.27)$$

В силу первого условия (3.21) $A_1=0$ и полагая $M_1=1$, получим, что

$$X_1(x_1) = \cos\left(\frac{\mu x_1}{\sqrt{a_1}}\right). \text{ Удовлетворяя остальным граничным условиям, приходим к}$$

системе уравнений:

$$\cos\left(\frac{\mu l_1}{\sqrt{a_1}}\right) = M_2 \left(\cos\left(\frac{\mu l_1}{\sqrt{a_2}}\right) + A_2 \sin\left(\frac{\mu l_1}{\sqrt{a_2}}\right) \right) \quad (3.28)$$

$$\frac{\lambda_1}{\sqrt{a_1}} \sin\left(\frac{\mu l_1}{\sqrt{a_1}}\right) = M_2 \frac{\lambda_2}{\sqrt{a_2}} \left(\sin\left(\frac{\mu l_1}{\sqrt{a_2}}\right) - A_2 \cos\left(\frac{\mu l_1}{\sqrt{a_2}}\right) \right) \quad (3.29)$$

$$M_{i-1} \left(\cos\left(\frac{\mu l_{i-1}}{\sqrt{a_{i-1}}}\right) + A_{i-1} \sin\left(\frac{\mu l_{i-1}}{\sqrt{a_{i-1}}}\right) \right) = M_i \left(\cos\left(\frac{\mu l_{i-1}}{\sqrt{a_i}}\right) + A_i \sin\left(\frac{\mu l_{i-1}}{\sqrt{a_i}}\right) \right) \quad (3.30)$$

$$M_{i-1} \frac{\lambda_{i-1}}{\sqrt{a_{i-1}}} \left(\sin\left(\frac{\mu l_{i-1}}{\sqrt{a_{i-1}}}\right) - A_{i-1} \cos\left(\frac{\mu l_{i-1}}{\sqrt{a_{i-1}}}\right) \right) = M_i \frac{\lambda_i}{\sqrt{a_i}} \left(\sin\left(\frac{\mu l_{i-1}}{\sqrt{a_i}}\right) - A_i \cos\left(\frac{\mu l_{i-1}}{\sqrt{a_i}}\right) \right), i = 3 \dots n. \quad (3.31)$$

$$\frac{\lambda_n \mu}{\sqrt{a_n}} \left(-\sin\left(\frac{\mu l_n}{\sqrt{a_n}}\right) + A_n \cos\left(\frac{\mu l_n}{\sqrt{a_n}}\right) \right) + \alpha \left(\cos\left(\frac{\mu l_n}{\sqrt{a_n}}\right) + A_n \sin\left(\frac{\mu l_n}{\sqrt{a_n}}\right) \right) = 0. \quad (3.32)$$

Разделив равенство (3.29) на равенство (3.28) и равенства (3.31) на равенства (3.30), получим вместе с (3.28) систему из n уравнений с n неизвестными $\mu, A_2, A_3, \dots, A_n$:

$$\frac{\frac{\lambda_1}{\sqrt{a_1}} \sin\left(\frac{\mu l_1}{\sqrt{a_1}}\right)}{\cos\left(\frac{\mu l_1}{\sqrt{a_1}}\right)} = \frac{\frac{\lambda_2}{\sqrt{a_2}} \left(\sin\left(\frac{\mu l_1}{\sqrt{a_2}}\right) - A_2 \cos\left(\frac{\mu l_1}{\sqrt{a_2}}\right) \right)}{\left(\cos\left(\frac{\mu l_1}{\sqrt{a_2}}\right) + A_2 \sin\left(\frac{\mu l_1}{\sqrt{a_2}}\right) \right)}, \quad (3.33)$$

$$\frac{\frac{\lambda_{i-1}}{\sqrt{a_{i-1}}} \left(\sin\left(\frac{\mu l_{i-1}}{\sqrt{a_{i-1}}}\right) - A_{i-1} \cos\left(\frac{\mu l_{i-1}}{\sqrt{a_{i-1}}}\right) \right)}{\left(\cos\left(\frac{\mu l_{i-1}}{\sqrt{a_{i-1}}}\right) + A_{i-1} \sin\left(\frac{\mu l_{i-1}}{\sqrt{a_{i-1}}}\right) \right)} = \frac{\frac{\lambda_i}{\sqrt{a_i}} \left(\sin\left(\frac{\mu l_{i-1}}{\sqrt{a_i}}\right) - A_i \cos\left(\frac{\mu l_{i-1}}{\sqrt{a_i}}\right) \right)}{\left(\cos\left(\frac{\mu l_{i-1}}{\sqrt{a_i}}\right) + A_i \sin\left(\frac{\mu l_{i-1}}{\sqrt{a_i}}\right) \right)}, i = 3 \dots n. \quad (3.34)$$

$$\frac{\lambda_n \mu}{\sqrt{a_n}} \left(-\sin\left(\frac{\mu l_n}{\sqrt{a_n}}\right) + A_n \cos\left(\frac{\mu l_n}{\sqrt{a_n}}\right) \right) + \alpha \left(\cos\left(\frac{\mu l_n}{\sqrt{a_n}}\right) + A_n \sin\left(\frac{\mu l_n}{\sqrt{a_n}}\right) \right) = 0. \quad (3.35)$$

Исключая неизвестные A_2, A_3, \dots, A_n , получим уравнение относительно μ .

Решая это уравнение, находим положительные собственные числа μ_k

($k=1,2,\dots$) для задачи (3.24-3.26). Затем для каждого μ_k определяем коэффициенты собственных функций $A_{2k}, A_{3k}, \dots, A_{nk}$. Далее, из равенств (3.28), (3.30) находим множители μ_{ik} :

$$M_{2k} = \frac{\cos\left(\frac{\mu_k l_i}{\sqrt{a_1}}\right)}{\left(\cos\left(\frac{\mu_k l_i}{\sqrt{a_2}}\right) + A_{2k} \sin\left(\frac{\mu_k l_i}{\sqrt{a_2}}\right)\right)}; M_{ik} = M_{i-1k} \frac{\cos\left(\frac{\mu_k l_{i-1}}{\sqrt{a_{i-1}}}\right) + A_{i-1k} \sin\left(\frac{\mu_k l_{i-1}}{\sqrt{a_{i-1}}}\right)}{\cos\left(\frac{\mu_k l_{i-1}}{\sqrt{a_i}}\right) + A_{ik} \sin\left(\frac{\mu_k l_{i-1}}{\sqrt{a_i}}\right)}, i = 3..n;$$

Таким образом, найдены собственные числа и собственные функции однородной стационарной задачи:

$$X_{1k}(x_1) = \cos\left(\frac{\mu_k x_1}{\sqrt{a_1}}\right); X_{ik}(x_i) = M_{ik} \left(\cos\left(\frac{\mu_k x_i}{\sqrt{a_i}}\right) + A_{ik} \sin\left(\frac{\mu_k x_i}{\sqrt{a_i}}\right) \right), i = 2..n, k = 1, 2, \dots \quad (3.36)$$

Решение задачи (3.9, 3.17, 3.18) будем искать в виде:

$$\Theta_i(x_i, t) = \sum_{k=1}^{\infty} C_k(t) M_{ik} \left(\cos\left(\frac{\mu_k x_i}{\sqrt{a_i}}\right) + A_{ik} \sin\left(\frac{\mu_k x_i}{\sqrt{a_i}}\right) \right), l_{i-1} \leq r_i \leq l_i, i = 1, 2, \dots, n, t > 0. \quad (3.37)$$

Для определения коэффициентов $C_{im}(t)$ подставим разложение (3.37) в систему (3.21) и получим:

$$\sum_{k=1}^{\infty} C'_k(t) M_{ik} \left(\cos\left(\frac{\mu_k x_i}{\sqrt{a_i}}\right) + A_{ik} \sin\left(\frac{\mu_k x_i}{\sqrt{a_i}}\right) \right) = a_i \left(\sum_{k=1}^{\infty} C_k(t) M_{ik} \left(\frac{\partial^2}{\partial x_i^2} \left(\cos\left(\frac{\mu_k x_i}{\sqrt{a_i}}\right) + A_{ik} \sin\left(\frac{\mu_k x_i}{\sqrt{a_i}}\right) \right) \right) \right) + \frac{q_{vi}(x_i, t)}{c_i p_i}.$$

Учитывая, что $M_{ik} \left(\cos\left(\frac{\mu_k x_i}{\sqrt{a_i}}\right) + A_{ik} \sin\left(\frac{\mu_k x_i}{\sqrt{a_i}}\right) \right)$ удовлетворяют уравнениям (3.24),

будем иметь

$$\sum_{k=1}^{\infty} C'_k(t) M_{ik} \left(\cos\left(\frac{\mu_k x_i}{\sqrt{a_i}}\right) + A_{ik} \sin\left(\frac{\mu_k x_i}{\sqrt{a_i}}\right) \right) + \sum_{k=1}^{\infty} C_k(t) \mu_k^2 M_{ik} \left(\cos\left(\frac{\mu_k x_i}{\sqrt{a_i}}\right) + A_{ik} \sin\left(\frac{\mu_k x_i}{\sqrt{a_i}}\right) \right) = \frac{q_{vi}(x_i, t)}{c_i p_i}$$

или

$$\sum_{k=1}^{\infty} (C'_k(t) + \mu_k^2 C_k(t)) \mu_{ik} \cos\left(\frac{\mu_k x_i}{\sqrt{a_i}}\right) + A_{ik} \sin\left(\frac{\mu_k x_i}{\sqrt{a_i}}\right) = \frac{q_{vi}(x_i, t)}{c_i p_i}, i = 1, 2, \dots, n, t > 0. \quad (3.38)$$

Воспользуемся ортогональностью собственных функций:

$$\sum_{i=1}^n \frac{\lambda_i}{a_i} M_{ik} M_{ip} \int_{l_{i-1}}^{l_i} \left(\cos\left(\frac{\mu_k x_i}{\sqrt{a_i}}\right) + A_{ik} \sin\left(\frac{\mu_k x_i}{\sqrt{a_i}}\right) \right) \left(\cos\left(\frac{\mu_p x_i}{\sqrt{a_i}}\right) + A_{ip} \sin\left(\frac{\mu_p x_i}{\sqrt{a_i}}\right) \right) dx_i = \begin{cases} 0, k \neq p; \\ F_k > 0, k = p. \end{cases}$$

Умножим соответствующие уравнения (3.30) на

$$\frac{\lambda_i}{a_i} M_{ip} \left(\cos\left(\frac{\mu_p x_i}{\sqrt{a_i}}\right) + A_{ip} \sin\left(\frac{\mu_p x_i}{\sqrt{a_i}}\right) \right), \text{ затем проинтегрируем по отрезку } [l_{i-1}, l_i] \text{ и про-}$$

суммируем по i от 1 до n . В результате получим, используя ортогональность собственных функций, дифференциальное уравнение

$$(C'_p(t) + \mu_p^2 C_p(t)) F_p = \sum_{i=1}^n \frac{\lambda_i}{a_i} M_{ip} \int_{l_{i-1}}^{l_i} \left(\cos\left(\frac{\mu_p x_i}{\sqrt{a_i}}\right) + A_{ip} \sin\left(\frac{\mu_p x_i}{\sqrt{a_i}}\right) \right) \frac{q_{vi}(x_i, t)}{c_i p_i} dx_i, p = 1, 2, \dots$$

Обозначим правую часть равенства

$$\sum_{i=1}^n \frac{\lambda_i}{a_i} M_{ip} \int_{l_{i-1}}^{l_i} r_i \left(\cos\left(\frac{\mu_p x_i}{\sqrt{a_i}}\right) + A_{ip} \sin\left(\frac{\mu_p x_i}{\sqrt{a_i}}\right) \right) \frac{q_{vi}(x_i, t)}{c_i p_i} dx_i / F_p \text{ через } Q_p(t). \text{ Решая ли-}$$

нейное дифференциальное уравнение $(C'_p(t) + \mu_p^2 C_p(t)) = Q_p(t)$, находим его общее решение:

$$C_p(t) = \left(\int_0^t Q_p(t) e^{\mu_p^2 t} dt + L_p \right) e^{-\mu_p^2 t}, p = 1, 2, \dots$$

Подставляя найденное значение $C_p(t)$ в (3.37), получим, что

$$\Theta_i(x_i, t) = \sum_{k=1}^{\infty} \left(\int_0^t Q_p(t) e^{\mu_k^2 t} dt + L_k \right) e^{-\mu_k^2 t} M_{ik} \left(\cos\left(\frac{\mu_k x_i}{\sqrt{a_i}}\right) + A_{ik} \sin\left(\frac{\mu_k x_i}{\sqrt{a_i}}\right) \right) \quad (3.39)$$

$$l_{i-1} \leq x_i \leq l_i, i = 1, 2, \dots, n. \quad t > 0.$$

Теперь воспользуемся начальными условиями для определения постоянных коэффициентов L_p . Подставляя в (3.29) $t = 0$ и учитывая, что

$$\Theta_i(x_i, 0) = f_i(x_i) - T_C, i = 1, 2, \dots, n, \text{ будем иметь:}$$

$$\sum_{k=1}^{\infty} L_k M_{ik} \left(\cos\left(\frac{\mu_k x_i}{\sqrt{a_i}}\right) + A_{ik} \sin\left(\frac{\mu_k x_i}{\sqrt{a_i}}\right) \right) = f_i(x_i) - T_C, i = 1, 2, \dots, n. \quad (3.40)$$

Умножим соответствующие уравнения (3.40) на

$$\frac{\lambda_i}{a_i} M_{ip} \left(\cos\left(\frac{\mu_p x_i}{\sqrt{a_i}}\right) + A_{ip} \sin\left(\frac{\mu_p x_i}{\sqrt{a_i}}\right) \right), \text{ затем проинтегрируем по отрезку } [l_{i-1}, l_i] \text{ и про-}$$

суммируем по i от 1 до n . В результате, используя ортогональность собственных функций, получим

$$L_p = \frac{\sum_{n=1}^n \frac{\lambda_i}{a_i} M_{ip} \int_{l_{i-1}}^{l_i} \left(\cos\left(\frac{\mu_p x_i}{\sqrt{a_i}}\right) + A_{ip} \sin\left(\frac{\mu_p x_i}{\sqrt{a_i}}\right) \right) (f_i(x_i) - T_C) dx_i}{\sum_{i=1}^n \frac{\lambda_i}{a_i} M_{pi}^2 \int_{l_{i-1}}^{l_i} \left(\cos\left(\frac{\mu_p x_i}{\sqrt{a_i}}\right) + A_{ip} \sin\left(\frac{\mu_p x_i}{\sqrt{a_i}}\right) \right)^2 dx_i}, \quad (3.41)$$

$p=1,2,\dots$ Теперь, подставляя все найденные коэффициенты в (3.37), находим температуру i -го слоя $i=1,2,\dots,n$

$$T_i(x_i, t) = \Theta_i(x_i, t) + T_C = \sum_{k=1}^{\infty} \left(\int_0^t Q_k(t) e^{\mu_k^2 t} dt + L_k \right) e^{-\mu_k^2 t} M_{ik} \left(\cos\left(\frac{\mu_k x_i}{\sqrt{a_i}}\right) + A_{ik} \sin\left(\frac{\mu_k x_i}{\sqrt{a_i}}\right) \right) + T_C, \quad (3.42)$$

где t – время, мин.; T_i – температура i -го слоя, °C; T_C – температура окружа-

ющей среды, °C; $T_i - T_C = \Theta_i, i=1,2,\dots,n$; $\sum_{k=1}^{\infty} \left(\int_0^t Q_k(t) e^{\mu_k^2 t} dt + L_k \right) e^{-\mu_k^2 t} M_{ik}$ – коэффициенты

ряда Фурье; $\left(\cos\left(\frac{\mu_m x_i}{\sqrt{a_i}}\right) + A_{im} \sin\left(\frac{\mu_m x_i}{\sqrt{a_i}}\right) \right)$ – собственные функций краевой задачи; x_i

– координата точки в i -том слое; M_{ik} – собственные числа.

Полученное уравнение (3.42) является решением задачи (3.17).

3.2.2 Математическое описание процесса теплообмена системы «колени-голень» в теплозащитном изделии

Рассматривая положение нижних конечностей и степень прилегания одежды человека в положении сидя, следует отметить, что вследствие наибольшего прилегания, а также в силу отсутствия большой воздушной прослойки в теплозащитном изделии, одним из наиболее подверженных воздействию холода является участок коленей. Для постановки краевой задачи условно можно принять его за сегмент цилиндра, изображённый в соответствии с рисунком 3.3.

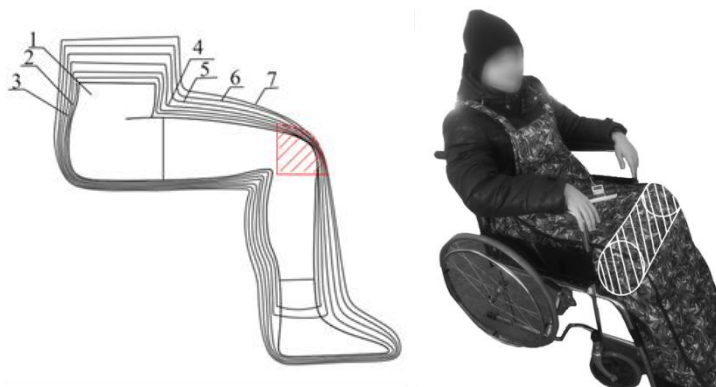


Рисунок 3.3 – Схематичное изображение слоёв составного пакета материалов, где 1 – нижнее бельё, 2 – кальсоны или термобельё, 3 – адаптационные брюки; материалы теплозащитного изделия: 4 – подкладочный материал, 5 – утепляющий прокладочный материал, 6 – материал верха, 7 – наполнитель.

В соответствии с (3.43) представлена математическая модель прогнозирования теплового состояния системы «колени-голень» ЛОДВ при эксплуатации теплозащитного изделия в условиях отрицательных температурах окружающей среды:

$$\frac{\partial T_i}{\partial t} = a_i \left(\frac{\partial^2 T_i}{\partial r_i^2} + \frac{1}{r_i} \frac{\partial T_i}{\partial r_i} \right) + \frac{q_{vi}}{c_i p_i}, R_{i-1} \leq r_i \leq R_i, i = 1, 2, \dots, n. \quad (3.43)$$

Краевые условия:

$$|T_1(0, t)| < \infty, \lambda_n \frac{\partial T_n}{\partial r_n}(R_n, t) + \alpha(T_n(R_n, t) - T_C) = 0, \quad (3.44)$$

$$T_{i-1}(R_{i-1}, t) = T_i(R_{i-1}, t), \lambda_{i-1} \frac{\partial T_{i-1}}{\partial r_{i-1}}(R_{i-1}, t) = \lambda_i \frac{\partial T_i}{\partial r_i}(R_{i-1}, t), i = 2..n. \quad (3.45)$$

Начальные условия $T_i(r_i, 0) = f_i(r_i)$,

где t – время, ч.; T_i – температура i -го слоя, °С; T_C – температура окружающей среды, °С; c_i – коэффициент теплоёмкости i -го слоя, Дж/кг · °С; a_i – коэффициент температуропроводности i -го слоя, м²/ч; p_i – плотность i -го слоя, Вт/м²; λ_i – коэффициент теплопроводности i -го слоя, Вт/м³·°С; q_{vi} – объёмная плотность теплового потока i -го слоя; Вт/м³, α – коэффициент теплоотдачи с

поверхности изделия, Вт/м²·°C; $f_i(r_i)$ – начальная температура i -го слоя, °C, $i = 1, 2, \dots, n$.

Решение задачи находится в виде разложения в ряд по собственным функциям соответствующей однородной задачи методом Фурье. Результат получен в виде ряда:

$$T_i(r_i, t) = \sum_{m=1}^{\infty} C_{im}(t) \left(J_0 \left(\frac{\mu_m r_i}{\sqrt{a_i}} \right) + A_{im} Y_0 \left(\frac{\mu_m r_i}{\sqrt{a_i}} \right) \right) + T_C, i = 1, 2, \dots, n, \quad (3.46)$$

где J_0, Y_0 – функции Бесселя нулевого порядка первого и второго рода.

Сделаем замену $T_i - T_C = \Theta_i, i = 1, 2, \dots, n$, Тогда задача (3.43-3.45) примет вид:

$$\frac{\partial \Theta_i}{\partial t} = a_i \left(\frac{\partial^2 \Theta_i}{\partial r_i^2} + \frac{1}{r_i} \frac{\partial \Theta_i}{\partial r_i} \right) + \frac{q_{vi}(r_i, t)}{c_i p_i}, R_{i-1} \leq r_i \leq R_i, i = 1, 2, \dots, n. \quad (3.47)$$

$$|\Theta_1(0, t)| < \infty, \lambda_n \frac{\partial \Theta_n}{\partial r_n}(R_n, t) + \alpha \Theta_n(R_n, t) = 0, \quad (3.48)$$

$$\Theta_{i-1}(R_{i-1}, t) = \Theta_i(R_{i-1}, t), \lambda_{i-1} \frac{\partial \Theta_{i-1}}{\partial r_{i-1}}(R_{i-1}, t) = \lambda_i \frac{\partial \Theta_i}{\partial r_i}(R_{i-1}, t), i = 2..n. \quad (3.49)$$

Начальные условия $\Theta_i(r_i, 0) = f_i(r_i) - T_C, i = 1, 2, \dots, n$.

Для нахождения собственных чисел и функций рассмотрим соответствующую однородную стационарную краевую задачу:

$$\frac{\partial^2 X_i(r_i)}{\partial r_i^2} + \frac{1}{r_i} \frac{\partial X_i(r_i)}{\partial r_i} + \frac{\mu^2}{a_i} X_i(r_i) = 0, R_{i-1} \leq r_i \leq R_i, i = 1, 2, \dots, n. \quad (3.50)$$

$$|X_1(0)| < \infty, \lambda_n \frac{\partial X_n}{\partial r_n}(R_n) + \alpha X_n(R_n) = 0, \quad (3.51)$$

$$X_{i-1}(R_{i-1}) = X_i(R_{i-1}), \lambda_{i-1} \frac{\partial X_{i-1}}{\partial r_{i-1}}(R_{i-1}) = \lambda_i \frac{\partial X_i}{\partial r_i}(R_{i-1}), i = 2..n. \quad (3.52)$$

Начальные условия: $\Theta_i(r_i, 0) = f_i(r_i) - T_C$.

Решением уравнений (3.50) служат функции

$X_i(r_i) = M_i \left(J_0 \left(\frac{\mu r_i}{\sqrt{a_i}} \right) + A_i Y_0 \left(\frac{\mu r_i}{\sqrt{a_i}} \right) \right)$. В силу первого условия (3.51) $A_1 = 0$ и, пола-

гая $M_i = 1$, , получим, что $X_1(r_1) = J_0\left(\frac{\mu r_1}{\sqrt{a_1}}\right)$. Удовлетворяя остальным гранич-

ным условиям, придем к системе уравнений:

$$J_0\left(\frac{\mu R_1}{\sqrt{a_1}}\right) = M_2 \left(J_0\left(\frac{\mu R_1}{\sqrt{a_2}}\right) + A_2 Y_0\left(\frac{\mu R_1}{\sqrt{a_2}}\right) \right); \quad (3.53)$$

$$\frac{\lambda_1}{\sqrt{a_1}} J_1\left(\frac{\mu R_1}{\sqrt{a_1}}\right) = M_2 \frac{\lambda_2}{\sqrt{a_2}} \left(J_1\left(\frac{\mu R_1}{\sqrt{a_2}}\right) + A_2 Y_1\left(\frac{\mu R_1}{\sqrt{a_2}}\right) \right); \quad (3.54)$$

$$M_{i-1} \left(J_0\left(\frac{\mu R_{i-1}}{\sqrt{a_{i-1}}}\right) + A_{i-1} Y_0\left(\frac{\mu R_{i-1}}{\sqrt{a_{i-1}}}\right) \right) = M_i \left(J_0\left(\frac{\mu R_{i-1}}{\sqrt{a_i}}\right) + A_i Y_0\left(\frac{\mu R_{i-1}}{\sqrt{a_i}}\right) \right); \quad (3.55)$$

$$M_{i-1} \frac{\lambda_{i-1}}{\sqrt{a_{i-1}}} \left(J_1\left(\frac{\mu R_{i-1}}{\sqrt{a_{i-1}}}\right) + A_{i-1} Y_1\left(\frac{\mu R_{i-1}}{\sqrt{a_{i-1}}}\right) \right) = \quad (3.56)$$

$$M_i \frac{\lambda_i}{\sqrt{a_i}} \left(J_1\left(\frac{\mu R_{i-1}}{\sqrt{a_i}}\right) + A_i Y_1\left(\frac{\mu R_{i-1}}{\sqrt{a_i}}\right) \right), i = 3..n;$$

$$- \frac{\lambda_n \mu}{\sqrt{a_n}} \left(J_1\left(\frac{\mu R_n}{\sqrt{a_n}}\right) + A_n Y_1\left(\frac{\mu R_n}{\sqrt{a_n}}\right) \right) + \alpha \left(J_0\left(\frac{\mu R_n}{\sqrt{a_n}}\right) + A_n Y_0\left(\frac{\mu R_n}{\sqrt{a_n}}\right) \right) = 0. \quad (3.57)$$

Разделив равенство (3.54) на равенство (3.50) и равенства (3.56) на равенства (3.51), получим вместе с (3.57) систему из n уравнений с n неизвестными $\mu, A_2, A_3, \dots, A_n$:

$$\frac{\frac{\lambda_1}{\sqrt{a_1}} J_1\left(\frac{\mu R_1}{\sqrt{a_1}}\right)}{J_0\left(\frac{\mu R_1}{\sqrt{a_1}}\right)} = \frac{\frac{\lambda_2}{\sqrt{a_2}} \left(J_1\left(\frac{\mu R_1}{\sqrt{a_2}}\right) + A_2 Y_1\left(\frac{\mu R_1}{\sqrt{a_2}}\right) \right)}{\left(J_0\left(\frac{\mu R_1}{\sqrt{a_2}}\right) + A_2 Y_0\left(\frac{\mu R_1}{\sqrt{a_2}}\right) \right)}, \quad (3.58)$$

$$\frac{\frac{\lambda_{i-1}}{\sqrt{a_{i-1}}} \left(J_1\left(\frac{\mu R_{i-1}}{\sqrt{a_{i-1}}}\right) + A_{i-1} Y_1\left(\frac{\mu R_{i-1}}{\sqrt{a_{i-1}}}\right) \right)}{\left(J_0\left(\frac{\mu R_{i-1}}{\sqrt{a_{i-1}}}\right) + A_{i-1} Y_0\left(\frac{\mu R_{i-1}}{\sqrt{a_{i-1}}}\right) \right)} = \frac{\frac{\lambda_i}{\sqrt{a_i}} \left(J_1\left(\frac{\mu R_{i-1}}{\sqrt{a_i}}\right) + A_i Y_1\left(\frac{\mu R_{i-1}}{\sqrt{a_i}}\right) \right)}{\left(J_0\left(\frac{\mu R_{i-1}}{\sqrt{a_i}}\right) + A_i Y_0\left(\frac{\mu R_{i-1}}{\sqrt{a_i}}\right) \right)} \quad (3.59)$$

$$i = 3..n;$$

$$- \frac{\lambda_n \mu}{\sqrt{a_n}} \left(J_1\left(\frac{\mu R_n}{\sqrt{a_n}}\right) + A_n Y_1\left(\frac{\mu R_n}{\sqrt{a_n}}\right) \right) + \alpha \left(J_0\left(\frac{\mu R_n}{\sqrt{a_n}}\right) + A_n Y_0\left(\frac{\mu R_n}{\sqrt{a_n}}\right) \right) = 0. \quad (3.60)$$

Исключая неизвестные A_2, A_3, \dots, A_n , получим уравнение относительно μ . Решая это уравнение, находим положительные собственные числа μ_k ($k=1,2,\dots$) для задачи (3.50-3.52). Затем для каждого μ_k определяем коэффициенты собственных функций $A_{2k}, A_{3k}, \dots, A_{nk}$. Далее, из равенств (3.52), (3.55) находим множители M_{ik} :

$$M_{2k} = \frac{J_0\left(\frac{\mu_k R_1}{\sqrt{a_1}}\right)}{\left(J_0\left(\frac{\mu_k R_1}{\sqrt{a_2}}\right) + A_{2k} Y_0\left(\frac{\mu_k R_1}{\sqrt{a_2}}\right)\right)};$$

$$M_{ik} = M_{i-1k} \frac{J_0\left(\frac{\mu_k R_{i-1}}{\sqrt{a_{i-1}}}\right) + A_{i-1k} Y_0\left(\frac{\mu_k R_{i-1}}{\sqrt{a_{i-1}}}\right)}{J_0\left(\frac{\mu_k R_{i-1}}{\sqrt{a_i}}\right) + A_{ik} Y_0\left(\frac{\mu_k R_{i-1}}{\sqrt{a_i}}\right)}, i = 3..n;$$

Таким образом, найдены собственные числа и собственные функции однородной стационарной задачи:

Решение задачи (3.50-3.52) будем искать в виде:

$$\Theta_i(r_i, t) = \sum_{k=1}^{\infty} C_k(t) M_{ik} \left(J_0\left(\frac{\mu_k r_i}{\sqrt{a_i}}\right) + A_{ik} Y_0\left(\frac{\mu_k r_i}{\sqrt{a_i}}\right) \right), R_{i-1} \leq r_i \leq R_i, i = 1, 2, \dots, n, t > 0. \quad (3.61)$$

Для определения коэффициентов $C_{im}(t)$ подставим разложение (3.61) в систему (3.30) и получим:

$$\sum_{k=1}^{\infty} C_k'(t) M_{ik} \left(J_0\left(\frac{\mu_k r_i}{\sqrt{a_i}}\right) + A_{ik} Y_0\left(\frac{\mu_k r_i}{\sqrt{a_i}}\right) \right) =$$

$$a_i \left(\sum_{k=1}^{\infty} C_k(t) M_{ik} \left(\frac{\partial^2}{\partial r_i^2} + \frac{1}{r_i} \frac{\partial}{\partial r_i} \right) \left(J_0\left(\frac{\mu_k r_i}{\sqrt{a_i}}\right) + A_{ik} Y_0\left(\frac{\mu_k r_i}{\sqrt{a_i}}\right) \right) \right) + \frac{q_{vi}(r_i, t)}{c_i p_i}.$$

Учитывая, что удовлетворяют уравнениям (3.31), будем иметь

$$\sum_{k=1}^{\infty} C_k'(t) M_{ik} \left(J_0\left(\frac{\mu_k r_i}{\sqrt{a_i}}\right) + A_{ik} Y_0\left(\frac{\mu_k r_i}{\sqrt{a_i}}\right) \right) + \sum_{k=1}^{\infty} C_k(t) \mu_k^2 M_{ik} \left(J_0\left(\frac{\mu_k r_i}{\sqrt{a_i}}\right) + A_{ik} Y_0\left(\frac{\mu_k r_i}{\sqrt{a_i}}\right) \right) = \frac{q_{vi}(r_i, t)}{c_i p_i}$$

или

$$\sum_{k=1}^{\infty} (C'_k(t) + \mu_k^2 C_k(t)) M_{ik} \left(J_0 \left(\frac{\mu_k r_i}{\sqrt{a_i}} \right) + A_{ik} Y_0 \left(\frac{\mu_k r_i}{\sqrt{a_i}} \right) \right) = \frac{q_{vi}(r_i, t)}{c_i p_i}, i=1, 2, \dots, n, t > 0. \quad (3.62)$$

Воспользуемся ортогональностью собственных функций:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n \frac{\lambda_i}{a_i} M_{ik} M_{ip} \int_{R_{i-1}}^{R_i} r_i \left(J_0 \left(\frac{\mu_k r_i}{\sqrt{a_i}} \right) + A_{ik} Y_0 \left(\frac{\mu_k r_i}{\sqrt{a_i}} \right) \right) \left(J_0 \left(\frac{\mu_p r_i}{\sqrt{a_i}} \right) + A_{ip} Y_0 \left(\frac{\mu_p r_i}{\sqrt{a_i}} \right) \right) dr_i = \\ = \begin{cases} 0, k \neq p; \\ F_k > 0, k = p. \end{cases} \end{aligned}$$

Умножим соответствующие уравнения (3.30) на

$$\frac{\lambda_i}{a_i} M_{ip} r_i \left(J_0 \left(\frac{\mu_p r_i}{\sqrt{a_i}} \right) + A_{ip} Y_0 \left(\frac{\mu_p r_i}{\sqrt{a_i}} \right) \right), \text{ затем проинтегрируем по отрезку } [R_{i-1}, R_i] \text{ и про-}$$

суммируем по i от 1 до n . В результате получим, используя ортогональность собственных функций, дифференциальное уравнение

$$(C'_p(t) + \mu_p^2 C_p(t)) F_p = \sum_{i=1}^n \frac{\lambda_i}{a_i} M_{ip} \int_{R_{i-1}}^{R_i} r_i \left(J_0 \left(\frac{\mu_p r_i}{\sqrt{a_i}} \right) + A_{ip} Y_0 \left(\frac{\mu_p r_i}{\sqrt{a_i}} \right) \right) \frac{q_{vi}(r_i, t)}{c_i p_i} dr_i, p=1, 2, \dots$$

$$\text{Обозначим } \sum_{i=1}^n \frac{\lambda_i}{a_i} M_{ip} \int_{R_{i-1}}^{R_i} r_i \left(J_0 \left(\frac{\mu_p r_i}{\sqrt{a_i}} \right) + A_{ip} Y_0 \left(\frac{\mu_p r_i}{\sqrt{a_i}} \right) \right) \frac{q_{vi}(r_i, t)}{c_i p_i} dr_i / F_p \text{ через } Q_p(t).$$

Решая линейное дифференциальное уравнение $(C'_p(t) + \mu_p^2 C_p(t)) = Q_p(t)$, находим его общее решение:

$$C_p(t) = \left(\int_0^t Q_p(t) e^{\mu_p^2 t} dt + L_p \right) e^{-\mu_p^2 t}, p=1, 2, \dots$$

Подставляя найденное значение $C_p(t)$ в (3.21), получим, что

$$\Theta_i(r_i, t) = \sum_{k=1}^{\infty} \left(\int_0^t Q_p(t) e^{\mu_k^2 t} dt + L_k \right) e^{-\mu_k^2 t} M_{ik} \left(J_0 \left(\frac{\mu_k r_i}{\sqrt{a_i}} \right) + A_{ik} Y_0 \left(\frac{\mu_k r_i}{\sqrt{a_i}} \right) \right), \quad (3.63)$$

$$R_{i-1} \leq r_i \leq R_i, i=1, 2, \dots, n, t > 0.$$

Теперь воспользуемся начальными условиями для определения постоянных коэффициентов L_p . Подставляя в (3.41) $t=0$ и учитывая, что

$$\Theta_i(r_i, 0) = f_i(r_i) - T_c, i=1, 2, \dots, n, \text{ будем иметь:}$$

$$\sum_{k=1}^{\infty} L_k M_{ik} \left(J_0 \left(\frac{\mu_k r_i}{\sqrt{a_i}} \right) + A_{ik} Y_0 \left(\frac{\mu_k r_i}{\sqrt{a_i}} \right) \right) = f_i(r_i) - T_c, i = 1, 2, \dots, n. \quad (3.64)$$

Умножим соответствующие уравнения (3.44) на $\frac{\lambda_i}{a_i} M_{ip} r_i \left(J_0 \left(\frac{\mu_p r_i}{\sqrt{a_i}} \right) + A_{ip} Y_0 \left(\frac{\mu_p r_i}{\sqrt{a_i}} \right) \right)$, затем проинтегрируем по отрезку $[R_{i-1}, R_i]$ и просуммируем по от 1 до n . В результате, используя ортогональность собственных функций, получим (3.65)

$$L_p = \frac{\left(\sum_{i=1}^n \frac{\lambda_i}{a_i} M_{ip} \int_{R_{i-1}}^{R_i} r_i \left(J_0 \left(\frac{\mu_p r_i}{\sqrt{a_i}} \right) + A_{ip} Y_0 \left(\frac{\mu_p r_i}{\sqrt{a_i}} \right) \right) (f_i(r_i) - T_c) dr_i \right)}{\sum_{i=1}^n \frac{\lambda_i}{a_i} M_{pi}^2 \int_{R_{i-1}}^{R_i} r_i \left(J_0 \left(\frac{\mu_p r_i}{\sqrt{a_i}} \right) + A_{ip} Y_0 \left(\frac{\mu_p r_i}{\sqrt{a_i}} \right) \right)^2 dr_i}, \quad (3.65)$$

$p = 1, 2, \dots$ Теперь, подставляя все найденные коэффициенты в (3.37), находим температуру i -го слоя $i = 1, 2, \dots, n$

$$T_i(r_i, t) = \Theta_i(r_i, t) + T_c = \sum_{k=1}^{\infty} \left(\int_0^t Q_k(t) e^{\mu_k^2 t} dt + L_k \right) e^{-\mu_k^2 t} M_{ik} \left(J_0 \left(\frac{\mu_k r_i}{\sqrt{a_i}} \right) + A_{ik} Y_0 \left(\frac{\mu_k r_i}{\sqrt{a_i}} \right) \right) + T_c, \quad (3.66)$$

где t – время, мин.; T_i – температура i -го слоя, °С; T_c – температура окружающей среды, °С; J_0, Y_0 – функции Бесселя нулевого порядка первого и

второго рода; $\sum_{k=1}^{\infty} \left(\int_0^t Q_k(t) e^{\mu_k^2 t} dt + L_k \right) e^{-\mu_k^2 t} M_{ik}$ – коэффициенты ряда Фурье;

$\left(J_0 \left(\frac{\mu_k r_i}{\sqrt{a_i}} \right) + A_{ik} Y_0 \left(\frac{\mu_k r_i}{\sqrt{a_i}} \right) \right)$ – собственные функции краевой задачи; M_{ik} – собственные числа; $T_i - T_c = \Theta_i, i = 1, 2, \dots, n$.

Данное уравнение (3.66) является решением задачи (3.43).

3.3 Проверка работоспособности математических моделей процесса теплообмена при расчётах теплового состояния нижних конечностей ЛОДВ в теплозащитном изделии

В работе Абрамова А.В. [26] разработан метод математического моделирования теплообмена в пакетах текстильных материалов в системе «элемент тела ЛОДВ – пакет материалов – среда» в условиях субнормальных температур. Предложены имитационные модели теплообмена, рассмотрена расчётная схема обобщённой математической модели в системе «элемент тела человека – пакет материалов – среда», в которой внутренний объём тепловой модели представляет собой контейнер с жидкостью с постоянной температурой, поддержание которой происходит за счёт подведения тепла электронагревателем.

В отличие от вышеупомянутой работы, в диссертационной работе рассматривается теплообмен для конкретного теплозащитного изделия – мешка для ног, представляющего собой сложносоставной пакет материалов различной формы вместе с воздушными прослойками разной толщины, при эксплуатации в условиях отрицательных температур окружающей среды. Кроме того изделие оснащено обогревающими элементами в области стоп и голеней.

В данных исследованиях критерием оценки времени комфортного пребывания человека с ОДВ в адаптационном теплозащитном изделии является температура поверхности кожи нижних конечностей, являющаяся величиной непостоянной.

Процесс теплообмена в области голени происходит через большую воздушную прослойку, в которой происходит постоянное перемещение воздуха, что представляет существенную трудность при построении математической модели.

За счёт низкого значения теплопроводности воздуха воздушные прослойки часто используются в качестве теплоизоляции.

Воздушная прослойка может быть герметичной или вентилируемой, в последнем случае её называют воздушным продухом.

Если бы воздух был в состоянии покоя, то термическое сопротивление было бы очень высоким.

Однако за счёт теплопередачи конвекцией и излучением сопротивление воздушных прослоек падает.

Уточнённые данные в соответствии с официальными рекомендациями СНиП П-3-79* [113] приведённые в соответствии с таблицей 3.1, показывают, что толщина невозмущённых пограничных слоев составляет 1-3см, но существенное изменение теплопередачи наступает лишь при толщинах воздушных прослоек менее 1см.

Таблица 3.1 – Термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки, ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$)

Толщина воздушной прослойки, см	Для горизонтальной прослойки при потоке тепла снизу вверх или для вертикальной прослойки		Для горизонтальной прослойки при потоке тепла сверху вниз	
	при температуре воздуха в прослойке			
	Положительной	отрицательной	положительной	отрицательной
1	0,13	0,15	0,14	0,15
2	0,14	0,15	0,15	0,19
3	0,14	0,16	0,16	0,21
5	0,14	0,17	0,17	0,22
10	0,15	0,18	0,18	0,23
15	0,15	0,18	0,19	0,24
20-30	0,15	0,19	0,19	0,24

Из таблицы видно, что термическое сопротивление мало зависит от толщины воздушной прослойки, поэтому в расчётах воздушная прослойка толщиной около 5 см рассматривается как теплозащитный слой пакета с тепловым сопротивлением $0,14\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

Кроме того, будем предполагать, что нога человека и теплозащитное изделие (по типу «мешка для ног») представляет часть многослойного цилиндра, одним из слоёв которого может быть нагревательный элемент. Эти предположения позволяют построить математическую модель в виде одномерной краевой задачи.

Для реализации расчётов построенной математической модели написаны программы в среде Maple (9.5) – для расчёта теплового состояния стоп и

для расчёта теплового состояния системы «колено-голень» в теплозащитном изделии с дополнительным обогревом для ЛОДВ. Получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Программа для расчёта теплового состояния стоп в адаптационном теплозащитном мешке для ног с дополнительным обогревом для людей с ограниченными двигательными возможностями» [114], представленное соответствии с Приложением М. В соответствии с Приложением Н представлено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Программа для расчёта теплового состояния системы «колено-голень» в теплозащитном изделии с дополнительным обогревом для людей с ограниченными двигательными возможностями» [115]. Программы дают возможность определить распределение температуры внутри многослойного пакета, который может включать сегмент нижних конечностей, нагревательный элемент, теплозащитные материалы и воздушные прослойки. В частности, с помощью программы возможно определить зависимость температуры поверхности кожи того или иного участка нижних конечностей от времени воздействия низких температур [116-118]. Входные данные программы включают следующие величины:

- температура окружающей среды ($^{\circ}\text{C}$);
- начальная температура кожи ($^{\circ}\text{C}$);
- толщина слоёв пакета (м);
- коэффициенты теплоёмкости слоев пакета ($\text{Дж}/(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})$);
- плотность пакета материалов ($\text{кг}/\text{м}^3$);
- теплопроводность материалов пакета ($\text{Вт}/(\text{м град})$);
- температуропроводность материалов пакета ($\text{м}^2/\text{ч}$);
- коэффициент теплоотдачи в окружающую среду;
- объёмная плотность теплового потока нижних конечностей и нагревательных элементов ($\text{Вт}/\text{м}^3$).

Для того чтобы проверить насколько теоретические расчёты согласуются с экспериментальными данными, проведены измерения температуры поверхности кожи нижних конечностей ЛОДВ в соответствии с методикой,

приведенной в пункте 2.2.1. Испытания проводились с участием шести мужчин, передвигающихся при помощи инвалидных кресел-колясок и относящихся ко второй группе ограничения двигательной активности по классификации ЛОДВ (с поражениями спинного мозга на уровне поясничного отдела позвоночника), в возрасте от 45 до 60 лет, имеющих 2 группу инвалидности, общий стаж инвалидности которых составляет более 10 лет. Все исследования проводились под контролем и непосредственном участии работников медицинских учреждений. Все испытуемые были одеты в бытовую одежду: нательное бельё, верхнюю сорочку, брюки и тёплые носки. Базовый комплект одежды дополнялся термобельём, свитером, тёплыми брюками, утеплённой курткой, шапкой и перчатками. Объем выборки при доверительной вероятности 0,95 и допустимой ошибкой в 5% составил 6 человек.

В качестве дополнительного подкладочного материала, для поддержания теплового комфорта, в местах размещения нагревательных элементов, предложено использование фольгированного материала пенофол. В таблице 3.2 приведены состав и характеристики материалов, из которых изготовлено теплозащитное изделие. В таблице 3.3 указан состав теплозащитного пакета в области голени. В таблице 3.4 приведен состав теплозащитного пакета в области колен, а в таблице 3.5 – состав теплозащитного пакета в области нижней части стопы.

Таблица 3.2 – Состав и характеристики теплозащитного изделия

№ п/п	Материал	Толщина материала, (мм)		Поверхностная плотность, г/м ²	Коэффициент теплопроводности λ (Вт/м · °С)	Коэффициент температуропроводности a (м ² /ч)
		В сжатом виде	В несжатом виде			
1	Мембранная	0,15	0,15	160	0,048	0,007
2	Тинсулейт [®]	2,0	3,0	200	0,044	0,0068
3	Флис	0,9	0,9	240	0,039	0,0063
4	Пенофол (фольга)	0,2	0,2	–	0,037	–

Таблица 3.3 – Состав и характеристики теплозащитного изделия в области голени

Состав пакета	Термобелье (кальсоны)	Воздушная прослойка	Шерстяные брюки	Воздушная прослойка	Нагревательный элемент	Подкладочный материал (пенофол)	Подкладочный материал (флис)	Воздушная прослойка	Утепляющий прокладочный материал (Тинсулейт®)	Воздушная прослойка	Основной материал (мембранный)
Толщина материала, мм	1,0	1,0	1,0	5,0	0,15	0,2	9	0,5	30	0,1	0,15
Коеф. теплопроводности слоя, λ (Вт/м \cdot $^{\circ}$ C)	0,043	0,026	0,03	0,026	0,043	0,037	0,039	0,026	0,044	0,026	0,048

Таблица 3.4 – Состав и характеристики теплозащитного изделия в области колена

Состав пакета	Термобелье (кальсоны)	Шерстяные брюки	Нагревательный элемент	Подкладочный материал (флис)	Воздушная прослойка	Утепляющий прокладочный материал (Тинсулейт®)	Воздушная прослойка	Основной материал (мембранный)
Толщина материала, мм	1,0	1,0	0,15	0,9	0,5	30	0,1	0,15
Коеф. теплопроводности слоя, λ (Вт/м \cdot $^{\circ}$ C)	0,043	0,03	0,043	0,039	0,026	0,044	0,026	0,048

Таблица 3.5 – Состав и характеристики теплозащитного изделия в области нижней части стопы

Состав пакета	Шерстяные носки	Нагревательный элемент	Подкладочный материал (пенофол)	Подкладочный материал (флис)	Воздушная прослойка	Утепляющий прокладочный материал (Тинсулейт®)	Воздушная прослойка	Основной материал (мембранный)
Толщина материала, мм	0,3	0,15	0,2	9	0,5	30	0,1	0,15
Кэф. теплопроводности слоя, λ (Вт/м·°С)	0,03	0,043	0,037	0,039	0,026	0,044	0,026	0,048

Эксперименты проводились при температуре окружающей среды минус 1°С и минус 10°С. Кроме того, при исследовании теплового состояния коленей, было выявлено что данный участок нижних конечностей является наиболее уязвимым от холода. Исходя из этого, предложено усовершенствование конструктивного устройства теплозащитного изделия – дополнительное притачивание накладного кармана, полностью закрывающего площадь коленей с целью вложения дополнительного вкладыша из утепляющего материала Тинсулейт®. На рисунке 3.4. представлено схематическое изображение накладного кармана для вкладывания дополнительного слоя утепляющего материала.

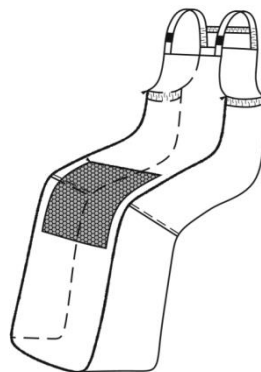


Рисунок 3.4 – Схематическое изображение накладного кармана в области коленей

Измерения температуры поверхности кожи проводились в течение часа с интервалами 4 минуты в четырех местах: в области коленей, в передней и задней частях голени, нижней части стопы. Результаты измерений на графиках показаны в виде точек, а расчётная температура в виде непрерывной кривой. На рис 3.5 и 3.6 представлены расчётные и экспериментальные данные в области колена. Критической считается температура поверхности кожи 24°C .

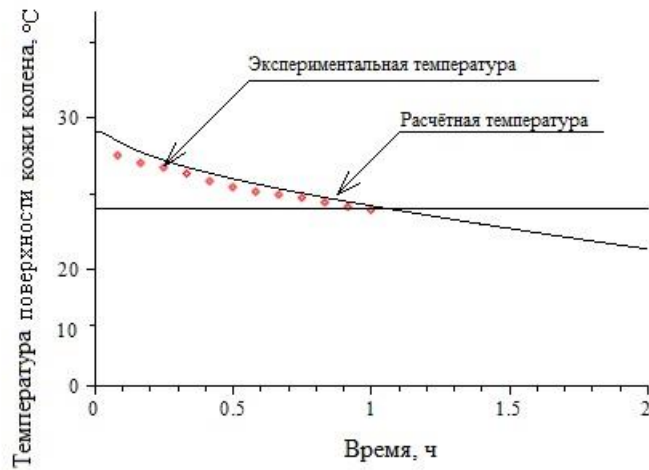


Рисунок 3.5 – График зависимости температуры поверхности кожи колена при температуре окружающей среды минус 1°C

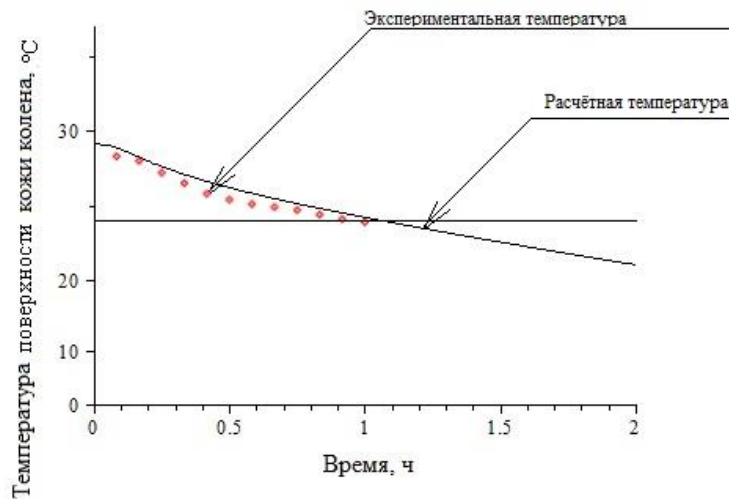


Рисунок 3.6 – График зависимости температуры поверхности кожи колена при температуре окружающей среды минус 10°C с использованием дополнительного слоя утеплителя

В соответствии с рисунками О.1., О.2. Приложения О представлены расчётные и экспериментальные данные в области голени; О.3., О.4. – в области стопы.

Адекватность математических моделей проверяется при помощи критерия Кочрена (Cochran), применяемого по дисперсиям отклонений откликов модели от среднего значения откликов системы «нижние конечности ЛОДВ – комплексное теплозащитное изделие с СУТК – окружающая среда». [119]. Показывается, что отклонение расчётных и экспериментальных данных подчиняется нормальному закону распределения и среднеквадратическое отклонение не превосходит 1°C , а следовательно, ошибка не превосходит 4% от измеряемой величины температуры поверхности кожи нижних конечностей ЛОДВ. Проверка гипотезы о нормальном распределении отклонений расчётных и экспериментальных значений при отрицательной температуре окружающей среды представлена в соответствии с Приложением П.

В дальнейшем можно считать правомочным использование построенных математических моделей для расчёта температуры поверхности кожи нижних конечностей, защищённых теплозащитным изделием при различной температуре окружающей среды.

В качестве прогноза были проведены расчёты зависимости температуры поверхности кожи нижних конечностей от времени при температуре окружающей среды минус 5°C и минус 15°C . В качестве примера приведён график расчётной температуры поверхности кожи в области колена, в соответствии с рисунком 3.7.

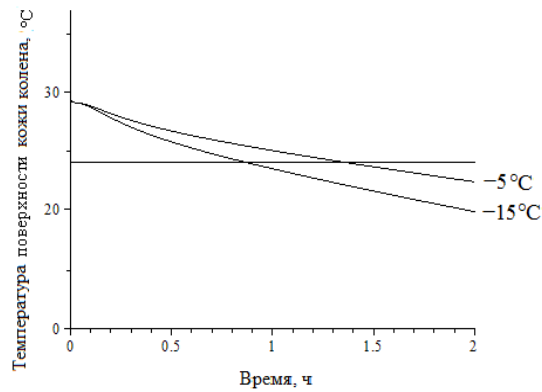


Рисунок 3.7 – Графики расчётной температуры поверхности кожи колена при температуре окружающей среды минус 5°C и минус 15°C с использованием дополнительного слоя утеплителя

В соответствии с рисунками О.5. Приложения О, представлены графики расчётной температуры поверхности кожи в области голени, в соответствии с рисунком О.6. – в области стопы, с использованием дополнительного слоя утеплителя при температуре окружающей среды минус 5°C и минус 15°C.

Результирующие графики доказали адекватность предложенных математических моделей прогнозирования теплового состояния гиподинамической системы нижних конечностей ЛОДВ при эксплуатации теплозащитного изделия, а, следовательно, при заданных краевых условиях проектирования и может быть принята для дальнейших исследований.

Для достоверности полученных данных, в ходе проведения эксперимента производилась съёмка при помощи тепловизора «Testo 875» поверхности теплозащитного изделия при различных отрицательных температурах окружающей среды, с целью выявления зон нижних конечностей, подверженных наибольшему замерзанию. На рисунке 3.8 в качестве примера, представлено изображение, полученное при съёмке тепловизором при температуре минус 10°C.

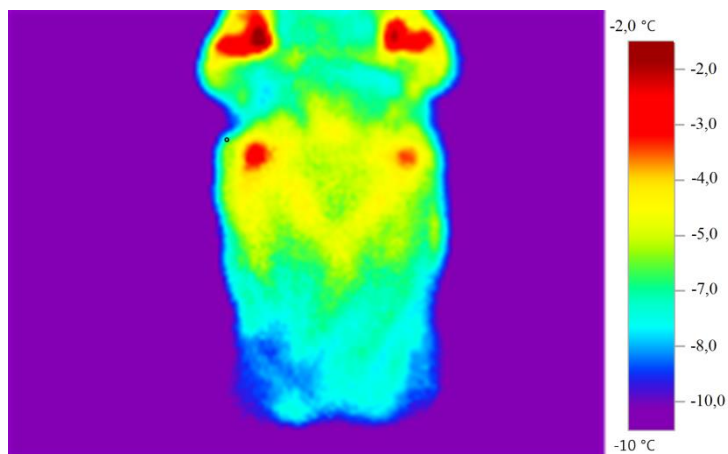


Рисунок 3.8 – Температура поверхности теплозащитного изделия в области нижних конечностей при температуре окружающей среды минус 10°С

Анализ температуры поверхности теплозащитного изделия в области нижних конечностей при температуре воздуха окружающей среды минус 10°С показал расхождение от минус 2 до 10°С в зависимости от локальности зон. Зона коленей имеет минимальную отрицательную температуру в данном диапазоне – минус 2°С. Это объясняется тем, что в рассматриваемой зоне толщина пакета материалов минимальна, вследствие отсутствия воздушной прослойки, что в свою очередь доказывает достоверность математических расчётов, приведенных в главе 3. Все вышесказанное подтверждает рациональность использования дополнительного слоя утепляющего материала в теплозащитном изделии на уровне коленей при температурах воздуха окружающей среды ниже 0°С.

Также в ходе апробации макета теплозащитного изделия, опираясь на субъективный параметр комфортного самочувствия ЛОДВ – показатель «теплоощущение», были составлены рекомендации по выбору температурного режима нагревательных элементов:

- при температуре воздуха окружающей среды 0 минус 3°С, комфортной температурой нагревательных элементов (при равномерном распространении её во внутреннем пространстве теплозащитного изделия) можно принять 36°С;

- при минус 10°С выбрать 40°С;

– при минус 15°C выбрать 42°C, с учётом нахождения ЛОДВ на воздухе не более одного часа.

Выводы по главе 3

1. Впервые математически описаны процессы теплообмена ЛОДВ в области стопы и системы «коллено-голень» в теплозащитном изделии.

2. На основе классических краевых задач теплопроводности, разработаны адекватные математические модели процесса теплообмена и прогнозирования теплового состояния гиподинамической системы нижних конечностей в теплозащитном изделии с системой локального обогрева (с учётом его эксплуатации ЛОДВ в диапазоне отрицательных температур окружающей среды).

3. Адекватность математических моделей проверяется при помощи критерия Кочрена (Cochran). Показывается, что отклонение расчётных и экспериментальных данных подчиняется нормальному закону распределения и среднеквадратическое отклонение не превосходит 1°C, а следовательно, ошибка не превосходит 4% от измеряемой величины температуры поверхности кожи нижних конечностей ЛОДВ. В дальнейшем можно считать правомочным использование построенных математических моделей для расчёта температуры поверхности кожи нижних конечностей, защищённых теплозащитным изделием при различной температуре окружающей среды.

4. На основании экспериментальных данных, а также в результате анализа снимков, полученных в результате съёмки при помощи тепловизора, выявлено, что зона коленей является наиболее подвергающейся замерзанию. Предложено введение в конструктивное устройство теплозащитного изделия дополнительного кармана для вкладывания дополнительного слоя утеплителя для защиты зоны коленей от воздействий отрицательных температур.

5. По результатам проведённых исследований составлены и предложены рекомендации по выбору температурного режима нагревательных

элементов для нахождения ЛОДВ в теплозащитном изделии при различных диапазонах отрицательных температур.

б. Получены свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ: «Программа для расчёта теплового состояния стоп в адапционном теплозащитном мешке для ног с дополнительным обогревом для людей с ограниченными двигательными возможностями», «Программа для расчёта теплового состояния системы «колени-голень» в теплозащитном изделии с дополнительным обогревом для людей с ограниченными двигательными возможностями».

ГЛАВА 4 РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ТЕПЛОЗАЩИТНОГО ИЗДЕЛИЯ С СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫМ КОМФОРТОМ ДЛЯ ЛОДВ

В ходе проведённых исследований доказана целесообразность использования теплозащитной одежды для ЛОДВ с дополнительной системой локального обогрева при эксплуатации ее в условиях окружающей среды от 0 до минус 15°С.

Теплозащитное изделие, со встроенной системой локального обогрева должно поддерживая тепловой комфорт в заданных условиях, обеспечивать безопасность в процессе его эксплуатации людьми с ОДВ.

Вышесказанное подтверждает необходимость усовершенствования конструкции теплозащитного изделия с учётом использования локальных систем обогрева, а также необходимость разработки комплексного теплозащитного изделия с системой управления тепловым комфортом (СУТК) гиподинамической системы нижних конечностей ЛОДВ.

4.1 Разработка системы управления тепловым комфортом в теплозащитном изделии

Важным фактором при оснащении теплозащитного изделия для ЛОДВ нагревательными элементами, является выбор диапазона температурных режимов при различных ситуативных условиях окружающей среды, т.е. обогрев в изделии должен регулироваться автоматически как реакция на изменение заданных условий.

Другими словами, система обогрева должна быть безопасной в процессе эксплуатации и учитывать физиологические особенности человека с гиподинамией нижних конечностей, в первую очередь, такие как нарушение кожной чувствительности – реакции на внешние раздражители. Так как человек с ОДВ, при тепловом воздействии на участки тела, лишенный адекватной ре-

акции на раздражитель (например, такое нарушение функций организма как параплегия) может получить термический ожог.

Из этого возрастает необходимость контроля изменения температуры за счёт дополнительных источников обогрева. Для решения данной проблемы разработан алгоритм работы системы управления тепловым комфортом с учётом использования системы локального обогрева. На рисунке 4.1 представлен алгоритм работы СУТК.

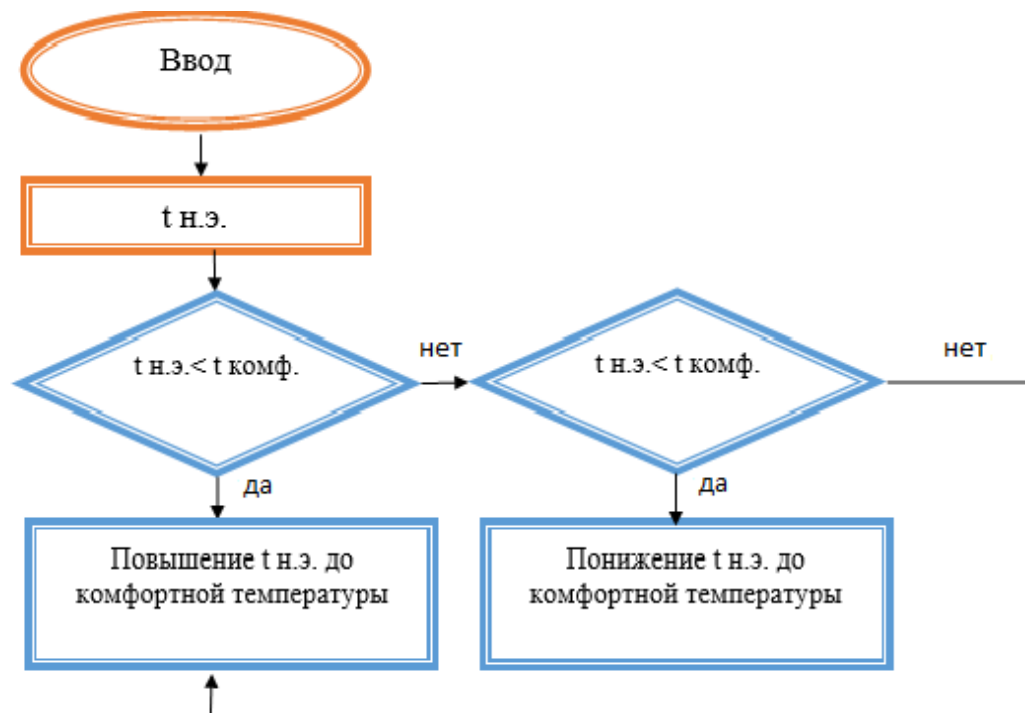


Рисунок 4.1 – Алгоритм работы СУТК, где $t_{н.э.}$ – температура нагревательных элементов; $t_{комф.}$ – комфортная температура для пользователя

Представленный алгоритм работы СУТК имеет температурный гистерезис равный 2°C , заложенный в логику термостата. Гистерезис [120] – это величина, при которой сигнал изменяется на противоположный, при котором влияние перехода осуществляется с некой задержкой. Другими словами, когда заданная температура достигнута, сигнал сменится на противоположный не сразу, а по достижению величины гистерезиса (заданной температуры).

Предположим, что пользователь установил температуру нагревательных элементов 36°C , при этом гистерезис температуры равен 2°C . Если тем-

пература понижается до 34°C термостат включается, когда температура внутри изделия достигнет 36°C термостат перейдет в выключенное состояние.

С целью безопасной эксплуатации изделия с нагревательными элементами, в данной работе предложено использование в качестве аккумулятора внешнего мобильного аккумулятора («Power bank»). Технические характеристики внешнего мобильного аккумулятора представлены таблице 4.1

Таблица 4.1 – Технические характеристики внешнего мобильного аккумулятора («Power bank»)

№ п/п	Характеристика	Показатель / наличие
1.	Ёмкость	20000мА-ч
2.	Одновременная зарядка двух устройств	есть
3.	Поддержка быстрой зарядки	есть, USB Power Delivery
4.	Разъём	USB Type-C
5.	Напряжение	5,9, 12В
6.	Ток	1,5А
7.	Максимальный ток	3А
8.	Разъёмы	USBx2, USB Type-C
9.	Тип	Li-Polymer
10.	Индикатор заряда	есть
11.	Материал корпуса	пластик
12.	Вес	430г
13.	Комплектация	кабель USB Type-C

В соответствии с рисунком 4.2 представлена схема СУТК. Принцип работы СУТК заключается в том, что изделие оснащено управляющим микроконтроллером (ESP-WROOM-32) (1), с системой управления питанием со встроенным Bluetooth мостом (2), системой, считывающей температуру нагревательных элементов, оснащённой термодатчиком (3), который в свою очередь измеряет температуру внутри пододёжного пространства, а также системой включения и выключения нагревательных элементов (4).

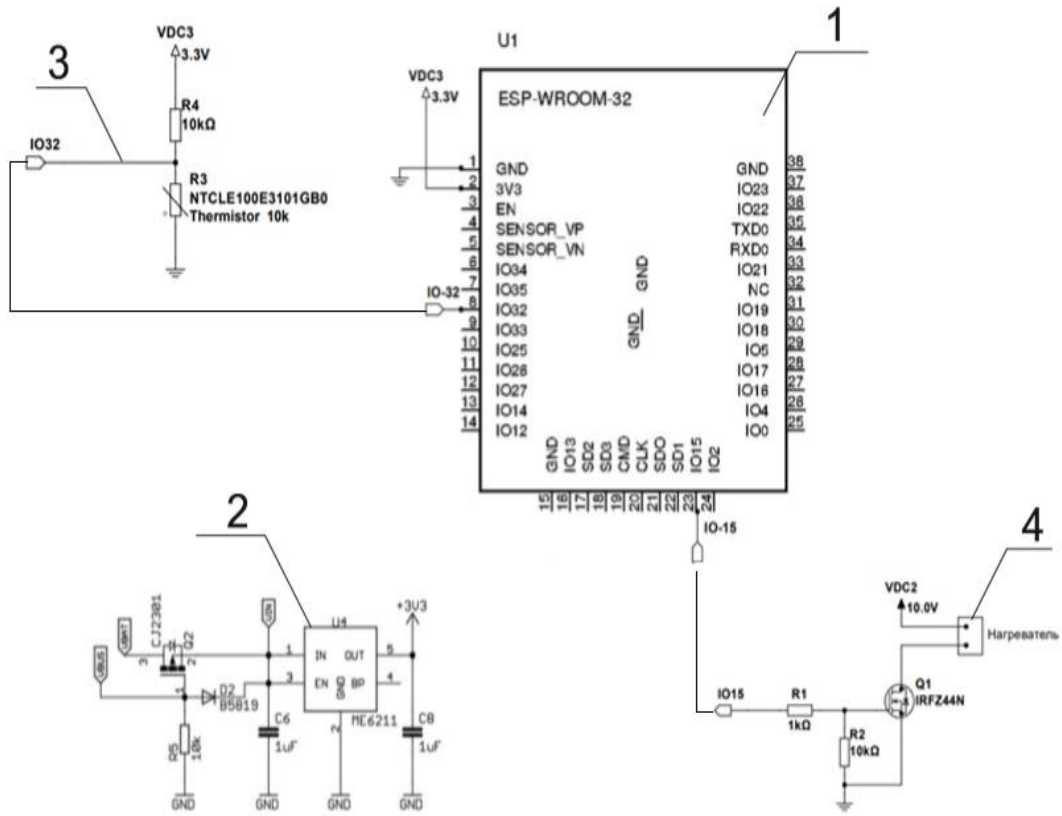


Рисунок 4.2 – Схема системы управления тепловым комфортом

Для того чтобы осуществлять контроль и производить мониторинг желаемой температуры внутри изделия, разработано программное обеспечение для смартфона. Алгоритм работы СУТК записан на управляющий микроконтроллер. Посредством Bluetooth на смартфоне, пользователь подключается к теплозащитному изделию, и задаёт в приложении желаемую температуру внутри изделия. На рисунке 4.3 представлен интерфейс прототипа приложения для смартфона с рабочим названием «ТЕРМОМЕШОК».

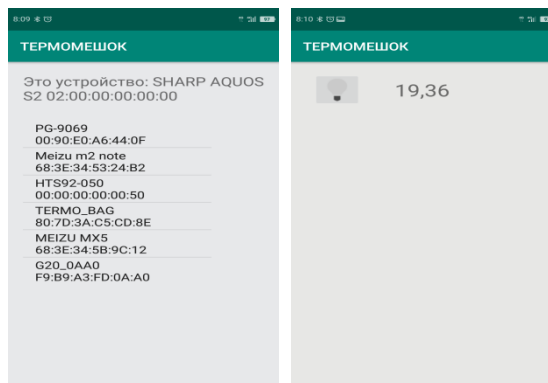


Рисунок 4.3 – Интерфейс приложения «ТЕРМОМЕШОК»

Справа на рисунке изображены значения температур через запятую: первое значение – это текущая температура внутри изделия, второе значение – заданная температура обогрева.

Вышесказанное позволяет сделать вывод, что предложенная система управления тепловым комфортом позволяет не только создавать и поддерживать тепловой комфорт ЛОДВ в условиях отрицательных температур, а также отвечает требованиям безопасности в процессе эксплуатации.

4.2 Разработка конструктивного устройства и методики конструирования теплозащитного изделия с системой управления тепловым комфортом

Методика конструирования мешка для ног разработана с учётом минимизации и доступности определения исходной информации, удобства снятия / надевания, безопасности эксплуатации, в том числе и с учётом использования нагревательных элементов системы локального обогрева.

Габариты мешка для ног должны быть соразмерны параметрам тела ЛОДВ и габаритам кресла-коляски.

Можно предположить, что при несоблюдении требований соразмерности габаритов теплозащитного изделия параметрам «ширина сидения», «глубина сидения», «высота спинки» кресла-коляски возможны угрозы безопасности для ЛОДВ. В частности за счёт попадания частей изделий в движущиеся элементы кресла-коляски, а также неудобство от наслоения толщин материалов пакета при использовании специальных технических приспособлений кресла-коляски – защиты одежды от грязи (рисунок 4.4).

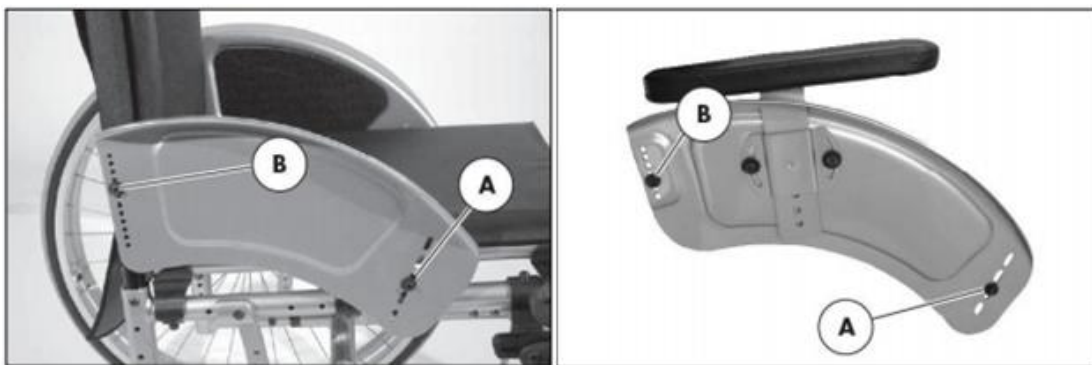


Рисунок 4.4 – Внешний вид специального приспособления для защиты одежды от грязи (В и А – крепления к деталям кресла-коляски)

Толщина составного внутреннего пакета одежды будет принята максимальной для эксплуатации изделия в условиях нижней границы температуры окружающей среды (минус 15°C), так как человек с ОДВ для прогулки в холодное время года должен быть одет как минимум в нательное бельё, термол или теплозащитное бельё, тёплые носки, верхнюю сорочку, утеплённые брюки, свитер и теплую куртку, шапку и перчатки. Следует учитывать возможное увеличение толщины суммарного пакета в локальных зонах использования гигиенических приспособлений (подгузников).

Необходимо отметить, что при определении размерной характеристики ЛОДВ для целей конструирования одежды основную проблему составляет невозможность принятия людьми данного контингента естественного вертикального положения. Нахождение человека в положении сидя также затрудняет доступ или делают невозможным определение ряда размерных признаков.

Таким образом, предложено в качестве массива размерных признаков использовать пять измерений, определяемых с поверхности тела ЛОДВ («Рост», который целесообразно измерять в положении лёжа, «Обхват груди третий», «Ширина спины», «Ширина груди», «Расстояние от линии талии до плоскости сидения») и семь измерений, выбираемых из [121]: из них пять проекционных «Высота сосковой точки», «Высота линии талии», «Высота коленной точки», «Высота заднего угла подмышечной впадины», «Высота подъягодичной складки» и два линейных «Расстояние от шейной точки до

линии обхвата груди первого спереди («Высота проймы спереди» и «Расстояние от шейной точки до уровня заднего угла подмышечной впадины спереди» («Высота проймы косая»). Учитывая, что межполлотная разница по проекционным размерным признакам не превышает 0,2см, привязкой к поллотной группе можно пренебречь.

Дополнительными параметрами при разработке конструкции мешка для ног являются углы между осевыми плоскостями торса и бедра (α , град), бедра и голени (β , град) и голени и стопы (γ , град), обусловленные техническим устройством кресла-коляски (рисунок 4.5) и рекомендательные величины соответствия между габаритным параметром «Ширина сидения» кресла-коляски и ведущим размерным признаком «Обхват груди третий», приведенные согласно таблице 4.2.

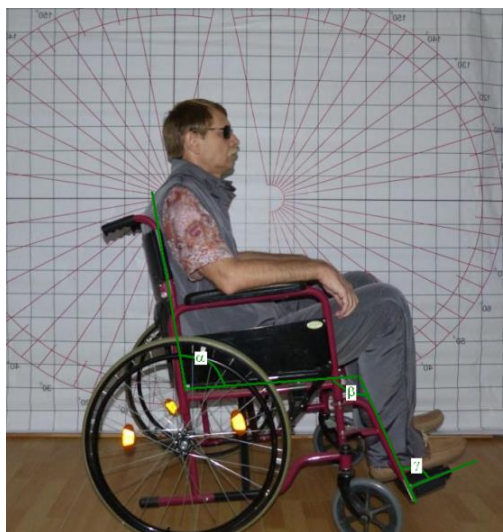


Рисунок 4.5 – Расположение основных плоскостей инвалидного кресла-коляски

В среднем, границы изменения угла наклона спинки современных инвалидных кресел-колясок (α) составляют от 10 до 30 градусов относительно вертикали, т.е. от 100 до 120 градусов относительно горизонтальной плоскости сидения. Угол наклона между горизонтальной плоскостью сидения и держателями подножек (β) в среднем составляют от 100 до 130 градусов. Угол между держателями подножек и подножками (λ) – от 90 до 110 градусов [59, 122].

Таблица 4.2 – Рекомендательные величины соответствия между габаритным параметром «Ширина сидения» кресла-коляски и ведущим размерным признаком «Обхват груди третий» [59, 122]

Обхват груди третий	Ширина сидения кресла-коляски
До 96	38
96	40
100	42
104	44
108-112	46
116-124	48
Свыше 128	50

Для решения вопроса соответствия изделия антропометрическому положению человека, находящегося в положении сидя в кресле-коляске предложена эргономически функциональная конфигурация боковой части мешка с внутренним членением детали в области линии колена и удлинение детали задней части на 8см относительно детали передней части.

Для обеспечения соответствия размеров теплозащитного изделия обхватным параметрам фигур ЛОДВ различных полнот, рекомендуется использовать коэффициент использования конструктивной прибавки (ПК) при расчёте ширины деталей боковой части. Экспериментальным путем определены границы значений коэффициентов от 0,4 до 0,8.

Конструктивная прибавка к ширине мешка рассчитана по известной формуле [123] (4.1):

$$ПК = ПС + ПП + ПТ, \quad (4.1)$$

где ПС – прибавка на свободу,

ПП – прибавка на пакет,

ПТ – припуск технологический.

Припуском технологическим при построении конструкции пренебрегаем, так как дублирование деталей отсутствует. Материалы пакета не поддаются усадке при ВТО (ВТО не производится).

В свою очередь прибавка на пакет (ПП) учитывает толщины пакетов всех нижележащих слоёв одежды (ППВ) и собственно толщину пакета материалов, входящих в проектируемое изделие (ППН) и рассчитана для участка соответствующего измерению размерного признака «Обхват груди третий» (4.2).

$$\text{ПП} = \text{ППВ} + \text{ППН} \quad (4.2)$$

Прибавка на пакет нижележащих слоев учитывает толщину термозащитного белья (0,4см), сорочки / пуловера (0,5см), жакета (2,25см), куртки утепленной (4,3см) [123]. Прибавка на толщину пакета материалов мешка для ног определена в соответствии с таблицей 2.9 и составляет 3,05см.

$$\text{ПП} = (0,4 + 0,5 + 2,25 + 4,3 + 3,05) = 10,6 \text{ см}$$

Учитывая возможно использование гигиенических приспособлений, общая конструктивная прибавка принята равной 15см.

Описание усовершенствованного конструктивного устройства теплозащитного изделия «мешок для ног»

Мешок для ног теплозащитный для людей с инвалидностью, передвигающихся в инвалидном кресле-коляске, выполненный из мембранного материала с использованием прокладочного утеплителя Тинсулейт® и подкладочного материала флис предназначен для эксплуатации ЛОДВ в условиях отрицательных температур воздуха.

Мешок крепится к коляске застёжками на ленту «велькро» и состоит из четырёх частей – задней, передней и двух боковых. Детали боковых поверхностей состоят из двух частей (нижней и верхней).

Верхние срезы передних частей расположены на 5см выше линии груди, что позволяет передней части по высоте закрывать сидящего человека до уровня 15-20см выше линии талии. Верхние срезы задней части – на 8см выше верхних срезов передних частей.

Низ мешка имеет закругления у боковых срезов. Донная часть мешка цельновыкроенная с задней частью.

Конструкция теплозащитного изделия повторяет изгибы человеческого тела в области колена и ягодиц за счёт конфигурации и членения боковой плоскости на верхнюю и нижнюю части на уровне линии колена.

Верхний срез боковой плоскости имеет вогнутую конфигурацию. Для улучшения прилегания изделия верхние части деталей боковой плоскости обработаны с вложением эластичной тесьмы шириной 4см.

Застёжка изделия на непромокаемую двухзамковую разъёмную тесьму-молнию расположенная по контуру соединения передней части с верхними срезами деталей боковой поверхности и донной части задней детали.

Для целей безопасности предусмотрена внутренняя планка под застёжку.

На движках молнии предусмотрены специальные кольца, обеспечивающие удобство захвата при снятии / надевании изделия в процессе эксплуатации людям с ограниченной подвижностью и испытывающие сложности при использовании мелких деталей.

Мешок на бретелях. Участки бретелей со стороны задних деталей с вложением эластичной тесьмы. Крепление деталей мешка с бретелями с использованием пластиковых замков.

Для усиления теплозащитных свойств изделия на уровне линии колена запроектирован карман для вложения дополнительного слоя утеплителя с входом со стороны верхней части бедра.

С целью размещения системы локального обогрева, а также безопасного и беспрепятственного её удаления, на деталях подкладки спроектированы дополнительные карманы для вложения нагревательных элементов (пластин), системы термоконтроля и адаптера-аккумулятора.

Для аккумуляирования и сохранности выработанного тепла нагревательными элементами внутри теплозащитного изделия предусмотрены вкладыши из материала пенофол. Отражающая сторона пластин направлена в сторону нагревательных элементов.

Для изоляции излишков проводов спроектированы кабель-менеджеры. Карманы для нагревательных элементов выполнены из сетчатого материала неопрен и обработаны краевой тесьмой.

Кабель-менеджеры изготовлены из основного материала. Метод крепления – на ленту «велькро».

Предложенное конструктивное устройство крепления системы локального обогрева обусловлено удобством его снятия, замены и регулирования. В соответствии с рисунком 4.6 представлен технический эскиз теплозащитного изделия «мешок для ног».

Предложенное конструктивное устройство теплозащитного изделия выполнено в соответствии с размерной типологией мужчин [121] и учитывает используемые габаритные параметры технических компонентов СУТК и размещение нагревательных элементов системы локального обогрева.

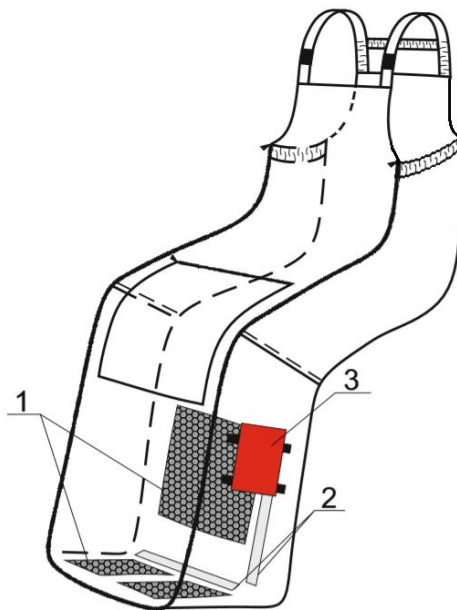


Рисунок 4.6 – Технический эскиз теплозащитного изделия: 1 – карманы для нагревательных элементов; 2 – кабель-менеджеры; 3 – карман для адаптера-аккумулятора и СУТК

Конструкция разработана в условиях функционирования САПР «Грация» (версия 401) для типовой фигуры мужчины размера 176-100-88.

Массив исходных данных для проектирования, расчёт основных параметров конструкции приведены в соответствии с рисунками 4.7 и 4.8

Чертёж модельной конструкции изделия приведен в соответствии с рисунком 4.9

N	Пояснение	Обозначение	Формула	Значение
1	Рост	P	176.	176.
2	Высота сосковой точки	Вст	128.7	128.7
3	Высота линии талии	Влт	109.9	109.9
4	Высота коленной точки	Вк	49.4	49.4
5	Высота заднего угла подмышечной впадины	Взу	132.	132.
6	Высота подъягодичной складки	Впс	80.8	80.8
7	Обхват груди третий	Ог3	100.	100.
8	Расстояние от шейной точки до линии обхвата груди первого спереди (высота проймы спереди)	Впрп	28.8	28.8
9	Ширина груди	Шг	38.3	38.3
10	Расстояние от шейной точки до уровня заднего угла подмышечной впадины спереди (высота проймы косая)	Впрз	21.4	21.4
11	Ширина спины	Шс	40.7	40.7
12	Расстояние от линии талии до плоскости сидения	Дс	26.2	26.2

Рисунок 4.7 – Массив размерных признаков

N	Пояснение	Обозначение	Формула	Значение
13	Высота спинки	Всп	$(Взу-Влт)+(170-P)/3+5$	25.1
14	Высота переда	Впп	$(Вст-Влт)+(170-P)/3+5$	21.8
15	Ширина верхней задней части	Швзч	$Шс/2-3$	17.35
16	Ширина верхней передней части	Швпч	$Шг/2-3$	16.15
17	Уровень линии подъягодичной складки	Улпс	$(Влт-Впс)+(170-P)/4$	27.6
18	Высота боковой части	Вбч	$Дс+(170-P)/3+6$	30.2
19	Длина мешка	Дм	$Влт+(170-P)+6$	109.9
20	Припуск на свободное облегание	ПК	15	15.
21	Ширина передней части	Шпч	$(Ог3/6*2+ПК*0.6)$	42.333333
22	Ширина задней части мешка	Шзч	Шпч	42.333333
23	Длина донной части	Ддч	$P*0.14+3.14+4$	31.78
24	Уровень линии колена	Ук	$(Влт-Вк)+(170-P)/2$	57.5
25	Ширина боковой части мешка по линии талии	Шбч	$Ог3/6+ПК*0.4$	22.666667
26	Ширина нагревательного элемента 1	Ш1	33	33.
27	Высота нагревательного элемента 1	В1	24	24.
28	Ширина нагревательного элемента 2	Ш2	9	9.
29	Высота нагревательного элемента 2	В2	24	24.

Рисунок 4.8 – Расчёт основных конструктивных параметров мешка для ног

В соответствии с рисунком Р.1 Приложения Р, представлены шаблоны деталей теплозащитного мешка для ног из основного материала и сетчатого материала неопрен, разработанный для ЛОДВ в условиях функционирования САПР «Грация» (версия 401).

Представленная методика и конструктивное устройство теплозащитного изделия были апробированы в ходе раскроя и изготовления опытного образца и его экспериментальной носки (натурные испытания) шестью мужчинами с ОДВ передвигающихся при помощи инвалидных кресел-колясок.

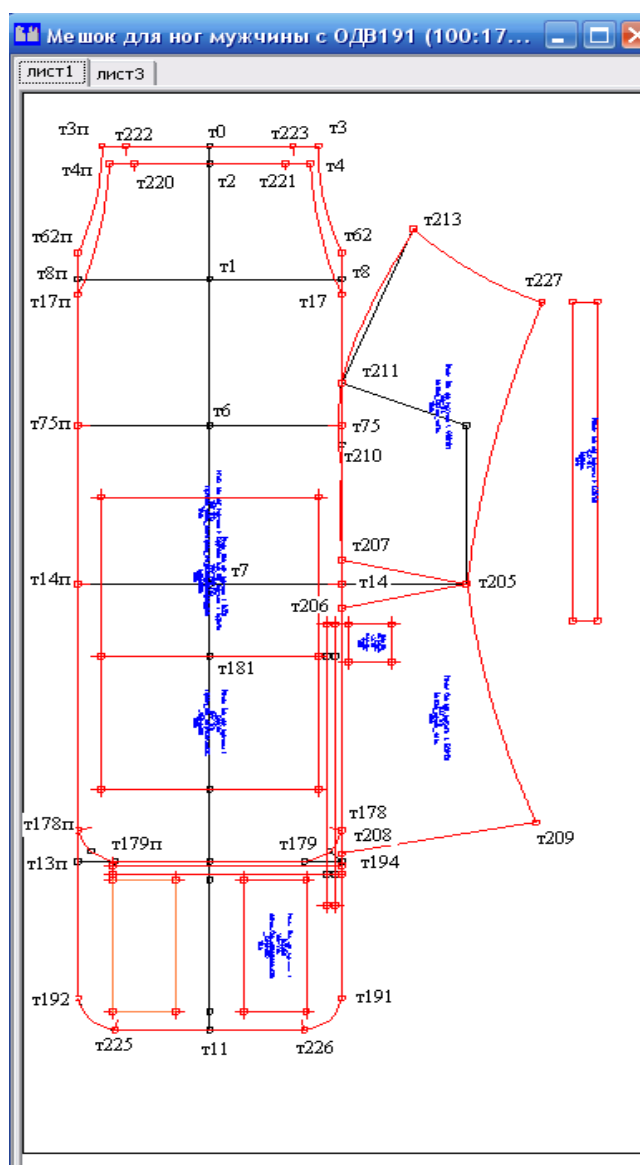


Рисунок 4.9 – Чертёж МК мешка для ног, разработанный для ЛОДВ в условиях функционирования САПР «Грация» (версия 401)

4.3 Выбор методов обработки специфичных узлов теплозащитных изделий с системой управления тепловым комфортом

Применяемые при изготовлении изделия методы обработки определяют эффективность производства, а также определяют уровень качества изделия и его экономическую целесообразность.

Анализ конструктивного устройства адаптационных изделий для ЛОДВ показал, что методы обработки данного вида одежды могут быть разделены на 2 группы:

- обработка типовых узлов, общих как для ассортимента одежды здоровых людей, так и для людей с инвалидностью;
- обработка специфических узлов адаптационной одежды, характерных только для людей, имеющих ограниченные двигательные возможности и передвигающихся при помощи кресел-колясок, и других технических средств передвижения (трости, костыли, ходунки и т.д.)

Особенность технологии, применяемой при производстве курточных материалов данной группы [125], состоит в использовании полиэстеровых волокон, что позволяет производить ткани легкие, плотного плетения, с приятными тактильными ощущениями. Структура плетения волокон обуславливает высокую сопротивляемость разрывам, трению, многократным изгибам. Основным материал не предусматривает ВТО.

Выбранный пакет материалов определяет подбор режимов технологической обработки, выбор толщины ниток и игл.

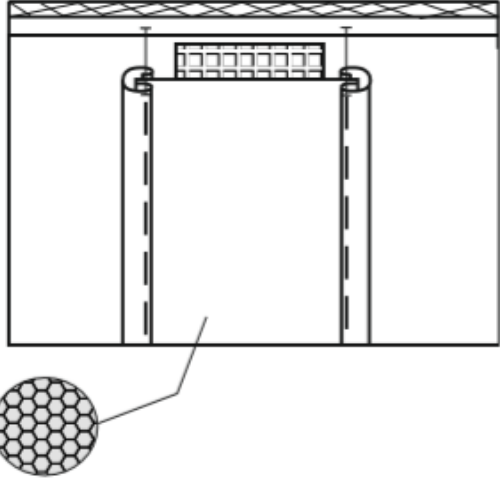
В соответствии с таблицей 4.2 представлены функциональные конструктивные и технологические решения теплозащитных изделий для ЛОДВ с СУТК.

Особенность технологической обработки теплозащитного изделия заключается в обработке карманов и кабель-менеджеров для использования нагревательных элементов, СУТК и её элементов. Предложенная конструкция и материалы (сетчатый неопрен) повышают эргономические требования, такие как размещение / удаление нагревательных элементов и СУТК.

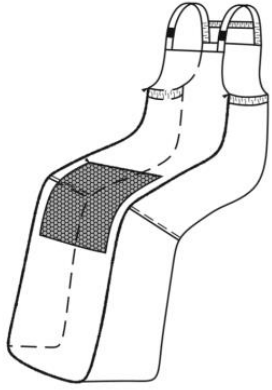

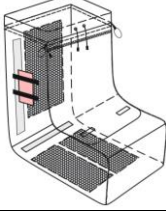
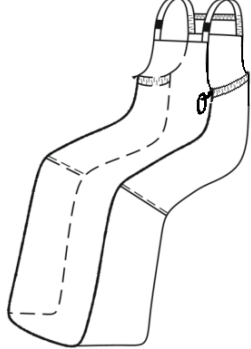
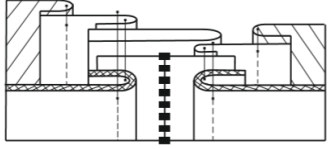
Для эксплуатации изделия в условиях низких температур окружающей среды (ниже минус 5°C) рекомендовано использовать дополнительный изоляционный слой из фольгированного материала пенофол. Данный слой является отражателем тепла и должен располагаться между нагревательным элементом и подкладочным материалом.

Также на базе конструкции теплозащитного мешка для ног в качестве дополнительного источника теплозащиты, предложено изделие по типу муфты для ног для ЛОДВ, покрывающее нижние конечности на уровне коленей (таблица 4.3).

Таблица 4.3 – Функциональные конструктивные и технологические решения теплозащитных изделий для ЛОДВ с СУТК

Наименование функционально-конструктивного элемента, удовлетворяющего требованиям	Эскиз функционально-конструктивного элемента
1	2
Защитные требования от неблагоприятных климатических условий (отрицательная температура воздуха)	
Карман для вложения нагревательных элементов системы локального обогрева	

Продолжение таблицы 4.3

<p>Накладной карман в области коленей для вложения дополнительного слоя материала утеплителя</p>	
<p>Дополнительные вкладыши из теплоотражающего материала в карманы для нагревательных элементов системы локального обогрева</p>	
<p>Использование дополнительного изделия – муфты для ног в качестве дополнительного источника теплозащиты</p>	
<p>Антропометрические требования</p>	
<p>Эргономически функциональная конфигурация боковой части мешка с внутренним членением детали в области линии колена и удлинение детали задней части на 8см относительно детали передней части</p>	
<p>Корректировка габарита «Ширина мешка» в зависимости от полнотных особенностей телосложения ЛОДВ за счёт использования коэффициента конструктивной прибавки при расчёте ширины боковой детали вверху.</p>	<p>$K = \{0,4...0.8\}$</p>
<p>Эргономические требования</p>	
<p>Разъёмная тесьма-молния для удобства самостоятельного снятия / надевания</p>	
<p>Защитная планка под разъёмную молнию</p>	

Окончание таблицы 4.3

Дополнительная фиксация изделия на фигуре человека при помощи бретелей с креплением «фастекс»	
Вложение эластичной тесьмы в детали бретелей	
Специальные кольца-захватники обеспечивающие удобство захвата бегунков молнии при снятии / надевании изделия	
Вложение эластичной тесьмы в верхние срезы боковых деталей	
Требования к безопасности	
Кабель-менеджеры для изоляции излишек проводов внутри изделия	
Использование в качестве безопасного источника энергии «Power bank»	
Ширина деталей передней и задней частей соответствующих ширине сидения кресла-коляски	

Таким образом, внешний вид конструктивного устройства теплозащитного изделия с использованием СУТК представлен в соответствии с рисунком 4.10.

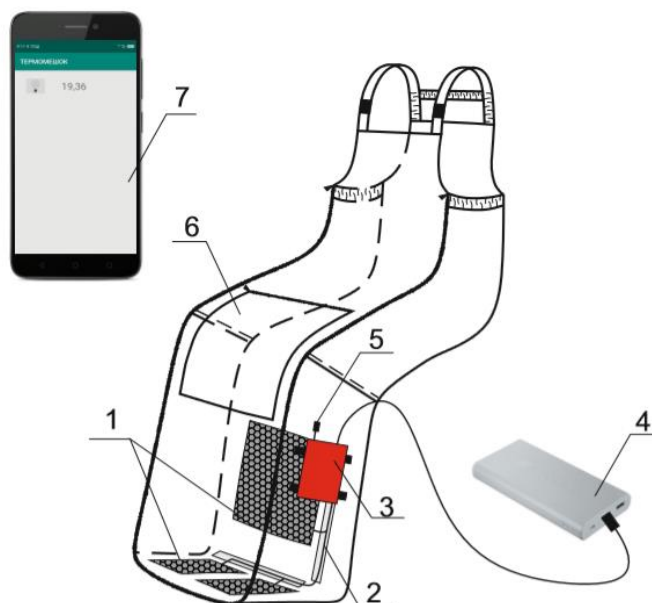


Рисунок 4.10 – Внешний вид теплозащитного изделия с СУТК: 1 – нагревательные элементы; 2 – провода; 3 – система управления тепловым комфортом; 4 – адаптер-аккумулятор; 5 – термодатчик, 6 – карман для вложения дополнительного слоя утеплителя; 7 – смартфон с приложением

Предложенное конструктивное устройство позволит максимально сберечь тепловой поток при низких температурах окружающей среды и позволит создать и поддерживать комфортную температуру пододежного пространства.

4.4 Апробация конструктивного устройства теплозащитного изделия для ЛОДВ с системой управления тепловым комфортом

Апробация опытного образца теплозащитного изделия с СУТК проводилась по методике, аналогичной приведенной в п. 2.2.1. В качестве исходного выбрано теплозащитное изделие, состоящее из основного материала – мембранная ткань, прокладочного утеплительного материала – Тинсулейт® и подкладочного материала – флис. Для изготовления карманов для локальной системы и элементов СУТК использован сетчатый неопрен. Элементы дополнительного изоляционного слоя выполнены из фольгированного материала пенофол.

Испытания проводились в лабораторных условиях при искусственно заданных параметрах, в исходном состоянии испытуемых в положении сидя, (при имитации температурного режима воздуха минус 15°C как крайней температуры заявленного диапазона), относительной влажности воздуха (60-65%) и подвижности воздуха не более 0,2-0,4м/с) с участием шести мужчин, (при доверительной вероятности 0,95 и допустимой ошибкой в 5%) передвигающихся при помощи инвалидных кресел-колясок и относящихся ко второй группе ограничения двигательной активности по классификации ЛОДВ (с поражениями спинного мозга на уровне поясничного отдела позвоночника), в возрасте от 45 до 60 лет, имеющих 2 группу инвалидности. Общий стаж инвалидности испытуемых составил более 10 лет. Все испытуемые были одеты в бытовую одежду: нательное бельё, термобельё, верхнюю сорочку, тёплые брюки, свитер, тёплые носки, утеплённую куртку, шапку и перчатки.

Все исследования проводились под контролем и непосредственном участии работников медицинских учреждений, о чём свидетельствует акт о проведении совместных исследований на базе ГБУСОН РО «Шахтинского ПШИ» (г. Шахты Ростовской области), представленный в соответствии с Приложением С.

В табличных данных приведены усредненные (среднеарифметические) данные по экспериментам. На рисунке 4.11 приведены фотографии до проведения эксперимента (10 минут отдыха перед началом эксперимента).



Рисунок 4.11 – Проведение экспериментальных исследований опытного образца теплозащитного изделия с СУТК

Результаты исследований (средние значения по 6 испытуемым) приведены в таблице Т.1 Приложения Т.

Результатирующий график средней температуры поверхности кожи нижних конечностей ЛОДВ, находящихся в теплозащитном изделии с СУТК при температуре воздуха окружающей среды, принятой минус 15°C и заданной температуре пододёжного пространства равной 42°C , приведён в соответствии с рисунком 4.12.

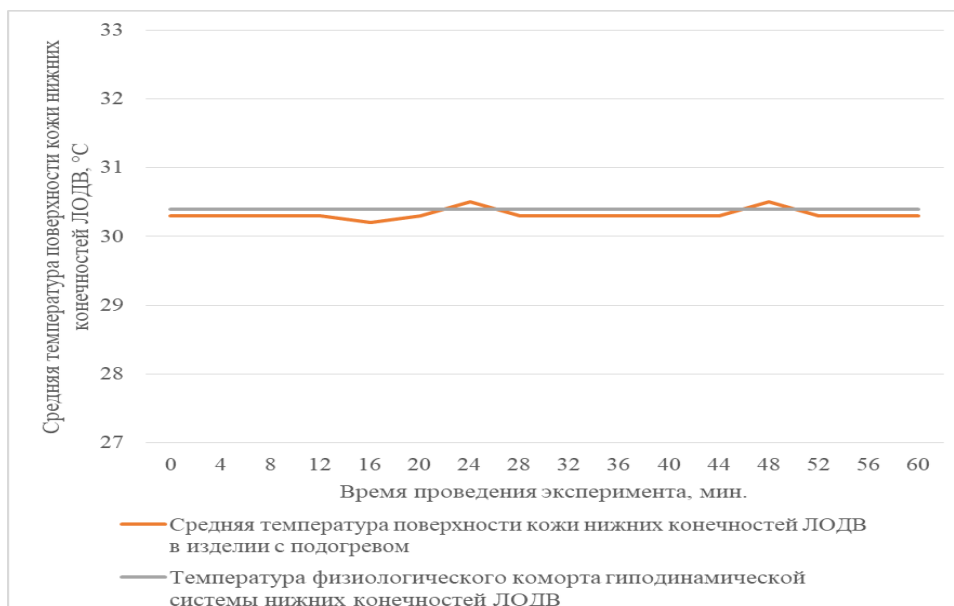


Рисунок 4.12 – График средней температуры поверхности кожи ЛОДВ, находящихся в теплозащитном изделии с СУТК при температуре окружающей среды минус 15°C

Как видно из графика, средняя температура поверхности кожи нижних конечностей ЛОДВ в теплозащитном изделии с СУТК находится в зоне физиологического комфорта для ЛОДВ.

Результаты экспериментальной носки в течение пяти дней (с учётом длительности прогулки не более 1 часа) показали высокую степень статодинамического соответствия изделия и теплового комфорта. Дополнительно зафиксировано улучшение эмоционального состояния испытуемых во время и после прогулки.

При этом и сами испытуемые отметили, что комплексное теплозащитное изделие удобно при самостоятельном надевании и снятии. Повышение степени самообслуживания, комфорт и безопасность изделия для всех испытуемых стали основополагающими при определении «мешка для ног» в качестве приоритетного и желанного для повседневной носки в зимнее время года.

4.5 Оценка эффективности показателя социального эффекта в процессе эксплуатации теплозащитного изделия с системой управления тепловым комфортом

Важным фактором, негативно влияющим на психоэмоциональное состояние человека с ОДВ является недоступность приобретения специальной одежды по причине её высокой стоимости. На основании информации изложенной в п. 1.3. произведен сравнительный анализ стоимости предлагаемых изделий для ЛОДВ отечественных и зарубежных производителей с предполагаемой стоимостью разработанного теплозащитного изделия (таблица 4.4).
Таблица 4.4 – Сравнительный анализ стоимости моделей-аналогов с проектируемым изделием

№ п/п	Наименование изделия, фирма, страна производитель	Стоимость, руб.
1.	«Теплозащитные брюки универсальные», ООО «ЦПОСН «ОРТОМОДА»» [36], Россия	5650
2.	«Куртка универсальная», ООО «ЦПОСН «ОРТОМОДА»» [36], Россия	3100
3.	«Чехол-комбинезон», ООО «ЦПОСН «ОРТОМОДА»» [36], Россия	4200
4.	«Мешок для ног универсальный», ООО «ЦПОСН «ОРТОМОДА»» [36], Россия	3400
5.	«Дождевик», ООО «ЦПОСН «ОРТОМОДА»» [36], Россия	4200
6.	«Мешок для ног с подкладкой из искусственного меха» [37], ООО «Криптомед», Россия	13000
7.	«Мешок для ног для дождливой погоды», ООО «Криптомед» [37], Россия	17000
8.	«Куртка для передвижения в кресле-коляске», ООО «Криптомед» [37], Россия	21000
9.	«Плащ-дождевик» [37], ООО «Криптомед», Россия	5500
10.	«Джинсы для колясочников», ООО «Криптомед» [37], Россия	9500
11.	«Пончо-дождевик для мужчин» «Buck & Buck» [38], США	4343,55
12.	«Флисовая куртка с запахом» «Buck & Buck» [38], США	3273,4
13.	«Пончо из флиса с капюшоном» «Buck & Buck» [38], США	2014,4

Окончание таблицы 4.4

14.	«Водонепроницаемая куртка-плащ» «Adaptations by Adrian» [40], США	9127,75
15.	«Пончо» «Adaptations by Adrian» [40], США	4280,6
16.	«Плащ для дождливой погоды» «Adaptations by Adrian» [40], США	4532,4
17.	«Водонепроницаемая куртка для инвалидной коляски» «Able2Wear» [44], Великобритания	4859,4
18.	«Водонепроницаемый чехол для инвалидной коляски» «Able2Wear» [44], Великобритания	2742,09
19.	«Мужские утепленные водонепроницаемые брюки-коляски» «Able2Wear» [44], Великобритания	4956,5
20.	«Повседневные брюки» «Easy Access Clothing» [41], США	3773,8
21.	«Утепленные брюки» «Easy Access Clothing» [41], США	3773,8
22.	«Брюки вязанные» «Easy Access Clothing» [41], США	2703,7
Предлагаемое теплозащитное изделие для ЛОДВ «мешок для ног» с системой локального обогрева и СУТК		12934,5

В результате проведённого анализа ценовой политики специальных изделий для ЛОДВ предназначенных для эксплуатации в зимнее время года, выявлено, что у отечественных производителей одежды данного сегмента наиболее высокая стоимость по сравнению с западными образцами. Это объясняется тем, что изделия зарубежных производителей в большей степени облегченные, и не предназначены для эксплуатации при отрицательных температурах окружающей среды.

Также, важную роль в процессе жизнедеятельности ЛОДВ, в частности в их положительном психоэмоциональном состоянии, играет возможность и доступность приобретения специальной одежды.

Натурные испытания показали желанность теплозащитных изделий с системой локального обогрева и СУТК за счёт их высокого статодинамического соответствия телу ЛОДВ, удобства выполнения комплекса движений по приведению кресла-коляски в движение, созданию и поддержанию тепло-

вого комфорта и лёгкости управления при настраивании желаемой температуры внутри образца. Изделие лёгкое, пластичное и отвечает комплексу показателей качества и требованиям безопасности, обладающей высокими эстетическими показателями, способствует повышению бытовой самостоятельности и стабилизации психоэмоционального состояния. Можно предположить, что «подаренная» возможность прогулок в зимнее время года при достижении температуры окружающей среды до уровня минус 10 или 15°C позволит повысить общий эмоциональный фон, и как следствие будет способствовать сокращению времени социальной и личностной адаптации. Сохранение и поддержание теплового комфорта во время прогулок способствует созданию активной жизненной позиции, тем самым повышая качество жизни ЛОДВ.

Выводы по главе 4

1. Впервые предложено использование системы управления тепловым комфортом гиподинамической системы нижних конечностей при эксплуатации теплозащитных изделий для ЛОДВ в условиях отрицательных температур окружающей среды, позволяющей создавать и контролировать безопасную и комфортную температуру пододёжного пространства.

2. Разработано программное обеспечение для смартфона с целью контроля и мониторинга температуры пододёжного пространства.

3. Усовершенствовано функционально-конструктивное устройство теплозащитного изделия для ЛОДВ с учётом использования системы локального обогрева и СУТК. Предложена методика конструирования мешка для ног в условиях функционирования САПР «Грация».

4. Разработана база функционально-конструктивных элементов и технологических решений, удовлетворяющих предъявляемым требованиям, предложено усовершенствованное функционально-конструктивное решение теплозащитного изделия с системой локального обогрева и СУТК, повыша-

и другие показатели комфорта и безопасности нахождения ЛОДВ в условиях отрицательных температур воздуха окружающей среды.

5. Изготовленный образец модели теплозащитного мешка для ног с системами локального обогрева и СУТК в ходе лабораторных и натуральных испытаний показал соответствие прогнозируемому уровню теплового комфорта гиподинамической системы нижних конечностей ЛОДВ. Изделие получило положительную оценку как ЛОДВ, так и медицинских работников, принявших участие в лабораторных испытаниях.

6. Оригинальность функциональных конструктивно-технологических решений теплозащитного изделия с системой локального обогрева и СУТК подтверждена актами апробации и внедрения проектно-конструкторской документации в производственный цикл предприятий швейной отрасли.

Внедрение результатов диссертационных исследований

Все исследования данной диссертационной работы проведены в тесном сотрудничестве с мужчинами, имеющими ОДВ, людьми, ухаживающими за ними и работниками медицинских учреждений, специалистами в области реабилитации, проектирования и дизайна одежды, что подтверждено актом о проведении совместных исследований с Государственным бюджетным учреждением социального обслуживания населения Ростовской области «Шахтинский пансионат для престарелых и инвалидов» (г. Шахты Ростовской области). Результаты исследований регулярно докладывались, обсуждались на кафедре «Конструирование, технологии и дизайн» ИСОиП (филиала) ФГБОУ ВО ДГТУ в г. Шахты, и получали высокую оценку на конференциях, конкурсах и семинарах различного уровня, о чем имеются соответствующие сертификаты и дипломы.

В рамках работы над диссертационными исследованиями получено финансирование по программе Фонда содействия инновациям «УМНИК» с общим объемом 500 тыс. рублей, а также победой в конкурсе Грантов на по-

лучение стипендии Президента Российской Федерации на 2019 – 2021 гг. для молодых учёных и аспирантов.

Также в рамках диссертационного исследования выполнялись хозяйственные темы по заданию ООО «ЦПОСН «ОРТОМОДА» для гранта, по заявке № СОПР-14697 «Теоретические и научно-исследовательские разработки процесса проектирования специальной (реабилитационной) одежды для пожилых граждан, инвалидов, маломобильных групп населения», конкурса «СОПровождение – 15», Фонда содействия инновациям (договор от 16.06.2016г № 316ГР/22306, с общей суммой финансирования 1 млн. 400 тыс. рублей).

Научная новизна и оригинальность функционально-конструктивных решений теплозащитного изделия с системой управления тепловым комфортом подтверждена актами апробации и внедрения проектно-конструкторской документации в производственный цикл предприятий ООО «ЦПОСН «ОРТОМОДА»» (г. Москва) и ИП «Еремина Ю.В.» (г. Ставрополь), представленные в соответствии с Приложением У.

В соответствии Приложением Ф приведён расчёт затрат на изготовление изделия. Себестоимость изделия составляет 12 934, 5 тысяч рублей. Так как конечная стоимость изделия превышает размер ежемесячного пособия (пенсии) человека с ОДВ, дальнейшая работа будет направлена на включение данного вида одежды – «Теплозащитный мешок для ног с системой локального обогрева и СУТК») в перечень показаний для обеспечения инвалидов техническими средствами реабилитации, в пункте «Специальная одежда» [125].

В целом, можно сделать вывод, что разработанное в диссертационном исследовании теплозащитное изделие с использованием системы управления тепловым комфортом, в том числе с учётом использования системы локального обогрева, не имеет аналогов, и в полном объёме соответствует всем заявленным свойствам, способствует формированию привлекательного имиджа мужчины с ОДВ, следовательно, может способствовать обеспечению условий его социальной адаптации.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

На основании проведенных исследований, направленных на разработку и исследование теплозащитного изделия для ЛОДВ с системой управления тепловым комфортом можно сделать следующие выводы:

1. Разработано информационно-методическое обеспечение процесса проектирования теплозащитной одежды для ЛОДВ, позволяющие при помощи количественных показателей производить объективную оценку теплового комфорта ЛОДВ в ходе эксплуатации теплозащитных изделий при различных температурных режимах окружающей среды.

2. Исследованы теплозащитные свойства современных материалов, на основе которых разработаны рекомендации по составлению рационального пакета материалов для изготовления теплозащитного изделия ЛОДВ.

3. Определены величины и границы их изменчивости впервые предложенного критерия теплового комфорта гиподинамической системы нижних конечностей «физиологического нуля», а также границы вариабельности показателя «теплоощущение» при нахождении ЛОДВ в комфортной и некомфортной зоне как теоретического обоснования процесса проектирования теплозащитной одежды для ЛОДВ.

4. Предложено усовершенствованное конструктивное устройство теплозащитного изделия с системой локального обогрева. Впервые предложено использовать показатель экспозиционной дозы теплового облучения (ДЭО) как количественного показателя критерия безопасности нахождения ЛОДВ в теплозащитных изделиях с системой локального обогрева.

5. На основе классических краевых задач уравнения теплопроводности, разработаны адекватные математические модели процесса теплообмена и прогнозирования теплового состояния гиподинамической системы нижних конечностей в теплозащитном изделии с системой локального обогрева (с учётом его эксплуатации ЛОДВ в диапазоне отрицательных температур окружающей среды).

6. Впервые предложена система управления тепловым комфортом гиподинамической системы нижних конечностей в теплозащитных изделиях с системой локального обогрева. Разработано программное обеспечение контроля и мониторинга температуры пододежного пространства для смартфона.

7. Определен массив исходных данных и предложена методика конструирования теплозащитного адаптационного изделия «Мешок для ног», реализованная в условиях функционирования САПР «Грация» (версия 401).

8. Разработана база функционально-конструктивных элементов и технологических решений, предложено усовершенствованное функционально-конструктивное решение теплозащитного изделия с системой локального обогрева и СУТК, повышающее показатели комфорта и безопасности нахождения ЛОДВ в условиях отрицательных температур окружающей среды.

РЕКОМЕНДАЦИИ, ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

1. Результаты работы рекомендуется использовать в учебном процессе Института сферы обслуживания и предпринимательства (филиала) ФГБОУ ВО «Донской государственной технической университет» в г. Шахты Ростовской области (ИСОиП (филиал) ДГТУ в г. Шахты) при изучении дисциплин: «Особенности проектирования швейных изделий различного ассортимента», «Наукоёмкие технологии в инженерии» у обучающихся по направлению подготовки 29.03.05 Конструирование изделий легкой промышленности.

2. Разработанные элементы теории проектирования теплозащитной одежды для ЛОДВ с системой управления тепловым комфортом могут быть применены при проектировании адаптационной одежды, одежды для пожилых и / или маломобильных граждан, а также для категории здоровых людей при длительном их нахождении в условиях малой подвижности.

3. Повышение эффективности контроля теплового комфорта внутри изделия может быть достигнуто за счёт доработки интерфейса программы для смартфона.

4. Повышение теплового комфорта внутри изделия может быть достигнуто за счёт использования подкладочного материала с фольгированным покрытием в качестве отражателя и дополнительного фактора теплосбережения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Общероссийский народный фронт представит президенту Российской Федерации доклад о проблемах инвалидов. [Электронный ресурс] Официальный сайт Правительство Челябинской области. Режим доступа <http://pravmin74.ru/novosti/obshcherossiyskiy-narodnyy-front-predstavit-prezidentu-rossiyskoj-federacii-doklad-o-25647> (дата обращения 10.11.2016 г.)
2. Импортзамещение.ru. Текст Послания Президента РФ В.В. Путина Федеральному Собранию на 2016 год (полный текст) [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://importozamechenie.ru/poslanie-prezidenta-federalnomu-sobraniyu-polnyj-tekst/> (дата обращения 10.11. 2016 г.)
3. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2017 г. N 2599-р «Стратегия развития производства промышленной продукции реабилитационной направленности до 2025 года».
4. Федеральный реестр инвалидов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sfri.ru/>
5. Пат. 136300 Российская федерация, МПК51 А41D13/12. Пиджак для людей с ограниченными двигательными возможностями и/или ампутационными или врождёнными дефектами верхних конечностей на различных уровнях / Агафонова Л.П., Карабанова Н.Ю., Чашина О.В., заявитель и патентообладатель Санкт-Петербургский научно-практический центр медико-социальной экспертизы, протезирования и реабилитации инвалидов им. Г.А. Альбрехта, № 201312193/12. Заявл. 30.04.2013. Опубл. 10.01.2014.
6. Санкт-Петербургский Научно-практический центр медико-социальной экспертизы, протезирования и реабилитации инвалидов им. Г.А. Альбрехта Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации (г. Санкт-Петербург) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.center-albreht.ru/>
7. Бикбулатова, А.А. Мода без границ. Уникальные практики социокультурной адаптации людей с инвалидностью /А.А. Бикбулатова// Инклюзивное профессиональное образование. Материалы Международной научно-

практической конференции, сборник научных статей: электронный ресурс. – 2015. – С. 99-109.

8. Будеева О.Н. Рекомендации по подбору пакета материалов при проектировании швейных изделий для лиц с ОВЗ / О.Н. Будеева, З.Р. Григорьева, Т.С. Солодушенкова // Электронный научный журнал. – 2017. – № 3-1(18). – С. 59-62.

9. Заев В.А. Проектирование одежды с утяжелителями с учётом динамической устойчивости тела ребенка-инвалида / В.А. Заев, Е.Г. Панферова // Новое в технике и технологии в текстильной и лёгкой промышленности: материалы Междунар. Науч.-техн. Конференции, 25-26 ноября 2015г. (Витебск) –2015. – С. 151-153.

10. Харлова, О.Н. Типизация функционально-конструктивных решений больничной одежды / О.Н. Харлова, Е.Г. Андреева, // Швейная промышленность. – 2011. – №2. – С. 18-19.

11. Панферова, Е.Г. Использование утяжеляющих предметов в одежде для детей-инвалидов / Е.Г. Панферова // Актуальные вопросы современной науки. – 2010. – №11. – С. 27-34.

12. Лымарева Ю.В. Безбарьерная среда: к вопросу дизайна и конструирования одежды (проблемы в подготовке специалистов) / Ю.В. Лымарева // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. – 2016. № 1 (2) – С.43-46.

13. Манукян К.А. Проектирования одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями в соответствии с эргономическими и эксплуатационными требованиями / К.А. Манукян, Л.А. Сафина, Э.А. Хаматова // Вестник технологического университета. – 2017. – №6. – С. 79-82.

14. Кумпан Е.В. Анализ возможностей трехмерного автоматизированного проектирования при создании одежды для инвалидов / Е.В. Кумпан, Г.Н. Судакова // Вестник казанского технологического университета. – 2016. № 24 (19) – С.83-84.

15. Савченков, И.Е. Некоторые особенности проектирования функционально-эстетической одежды для инвалидов. / И.Е. Савченков, Е.Ю. Бахтина, Е.Я. Сурженко // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. – 2005. – №11. – С.25.

16. Коробцева Н.А. Основные положения имидждизайна для людей с ограниченными физическими возможностями / Н.А. Коробцева // Дизайн и технологии. – 2014. – №41(83). – С.37-42.

17. Андреева Е.Г., Мокеева Н.С., Глушкова Т.В., Харлова О.Н., Чулкова Э.Н. Реабилитация и профилактика инвалидности: одежда, корректирующие приспособления. – М.: МГУДТ, 2010. – 89 с.

18. Петросова И.А. 3D-проектирование внешней формы и конструкций швейных изделий с высоким антропометрическим соответствием фигуре / И.А. Петросова, М.А. Гусева, Андреева Е.Г., Тутова А.А., Гусев И.Д. // Дизайн. Материалы. Технология – 2018. – С. 114-118. – №1.

19. Савельева Н.Ю. Разработка мобильного программно-технического комплекса реконструкции изображения ЛОДВ / Н.Ю. Савельева, А.А. Савельева, В.Б. Гнездилова, С.В. Куренова. // Текстиль, одежда, обувь, средства индивидуальной защиты в XXI веке : сб. науч. тр. По итогам V Международной научно-практической конференции. – 2015. – С. 138-143.

20. Савельева, Н.Ю. К вопросу создания адаптационной, эстетически гармонизированной одежды различного назначения для людей с ограниченными двигательными возможностями / Н.Ю. Савельева. // Швейная промышленность – 2011. – С. 35-36. – №5.

21. Козлова, Е. В. Формирование требований к проектированию одежды для людей с ограниченными возможностями передвижения / Е. В. Козлова, О. М. Плешкова // Швейная промышленность. – 2007. – № 2. – с. 42-44. – Библиогр.: с. 42-43.

22. Харлова, О. Н. Функции и требования к больничной одежде / О. Н. Харлова, Е. Г. Андреева, Л. А. Шпагина, Т. В. Климчук // Швейная промышленность. – 2009. – № 2. – с. 42-45.

23. Коробцева, Н. А. Особая мода, особый дизайн: состояние вопроса, проблемы, концепция, перспективы / Н. А. Коробцева // Сборник. — Тюмень, — Изд-во ТОО ВОИ. 2008. — с.3646.
24. Панферова, Е.Г. Разработка метода проектирования одежды для детей-инвалидов с использованием компьютерных технологий [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.19.04 / Парфенова Елена Геннадьевна. — Москва, 2011. — 26 с.
25. Абрамов, А.В. Развитие научных основ и разработка методов оценки эксплуатационной эффективности теплозащитной одежды для людей с ограниченными возможностями [Текст]: автореф. дис. доктора техн. наук: 05.19.01 / Абрамов Антон Вячеславович. — Кострома, 2017. — 32 с.
26. Делль, Р. А. Гигиена одежды : учебн. пособ. для вузов / Р. А. Делль, Р. Ф. Афанасьева, З. С. Чубарова. — Изд. 2-е, перераб. и доп. — М.: Легпромбытиздат. 1991. — 160с
27. Кокеткин, П.Н. Промышленное проектирование специальной одежды/ П.Н. Кокеткин, З.С. Чубарова, Р.Ф. Афанасьева. — М.: Лёг. и пищ. Пром. 1982. — 183 с.
28. Чубарова, З. С. Методы оценки качества спецодежды [Текст] / З. С. Чубарова — М., Легпромбытиздат, 1988. — 160 с.
29. Романов, В. Е. Системный подход к проектированию специальной одежды [Текст] / В. Е. Романов. — М., Лёгкая и пищевая промышленность, 1981. — 128 с.
30. Колесников, П. А. Теплозащитные свойства одежды [Текст] / П. А. Колесников — М., Легкая индустрия, 1965. — 340 с.
31. Бринк, И.Ю. Методологические основы проектирования одежды с пуховым наполнителем [Текст]: дис. ... докт. техн. наук: 05.19.04 / Бринк Иван Юрьевич. — М., 1995. — 306 с.
32. Бекмурзаев, Л.А. Научные основы проектирования швейных изделий с объемными материалами [Текст]: дис. ... докт. техн. наук: 05.19.04/ Бекмурзаев Лема Абдулхаджиевич. — М.: 2001. — 384 с.

33. Черунова, И.В. Теоретические основы комплексного проектирования специальной теплозащитной одежды [Текст]: автореферат дис. ...докт. техн. наук: 05.19.04 / Черунова Ирина Викторовна – Шахты, 2008. – 41 с.

34. Лебедева, Е.О. Исследование и разработка пакета специальной теплозащитной одежды с повышенной устойчивостью к ветру [Текст]: автореферат дис. ...канд. техн. наук: 05.19.04 / Лебедева Елена Олеговна – Шахты, 2006. – 24 с.

35. Отделение восстановительного лечения «Феникс». «Брянский» филиал ФГУП «Московское ПрОП» Минтруда России) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://bprop32.ru/pages/podrazdeleniya-predpriyatiya/proizvodstvo>

36. ООО «ЦПОСН «ОРТОМОДА»» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.orthomoda.ru/>

37. Интернет-магазин адаптивной одежды «Криптомед» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.kriptomed.com/>

38. Интернет-магазин адаптивной одежды «Buck & Buck» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.buckandbuck.com/>

39. Интернет-магазин адаптивной одежды «ABL Denim» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://abldenim.com/>

40. Интернет-магазин адаптивной одежды «Adaptations by Adrian» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.adaptationsbyadrian.com/>

41. Интернет-магазин адаптивной одежды «Easy Access Clothing» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.easyaccessclothing.com/>

42. Интернет-магазин адаптивной одежды «Izadaptive» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://izcollection.com>

43. Интернет-магазин адаптивной одежды Silvert's [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.silverts.com/>

44. Интернет-магазин адаптивной одежды «Able2wear» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.able2wear.co.uk/>

45. Всемирная организация здравоохранения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http:// who-fic.ru/icf/](http://who-fic.ru/icf/)

46. Агентство стратегических инициатив. Социальная карта Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://asi.ru/projects/8406/>

47. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 17 декабря 2015 г. N 1024н «О классификациях и критериях, используемых при осуществлении медико-социальной экспертизы граждан федеральными государственными учреждениями медико-социальной экспертизы» (с изменениями и дополнениями).

48. Фетисова, А.В. Социальная интеграция молодых людей с ограниченными возможностями в общество посредством развития сферы культурного досуга как одно из приоритетных направлений государственной молодежной политики / А.В. Фетисова // Science Time 2014. – №10. С.365-377.

49. Леонтьев, М.А. Эпидемиология спинальной травмы и частота полного анатомического повреждения спинного мозга. / М.А. Леонтьев // Актуальные проблемы реабилитации инвалидов. – Новокузнецк, 2003. – С. 37-38.

50. Федеральный закон «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации» N 181-ФЗ: [федер. Закон: принят Гос. Думой 24 ноября 1995 г. ред. от 29.12.2015.: по состоянию на 3 янв. 2018 г.]. – М.: Рид Групп, 2011. – 31 с.

51. СП 148.13330.2012 Помещения в учреждениях социального и медицинского обслуживания. Правила проектирования (с Изменением N 1) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200102786>

52. Коновалова, А.Н. Неврология и нейрохирургия / А.Н. Коновалова, А.В. Козлова; Е.И. Гусев, А.Н. Коновалов, В.И. Скворцова : учебник : в 2 т. – т. 2. 2009. – 420 с.

53. Симонова, И.А. Клинико-статистическая характеристика позвоночно-спинномозговой травмы / И.А. Симонова, Е.Н. Кондаков // Материалы III съезда нейрохирургов России – Санкт-Петербург – 4-8 июня 2002.

54. Белова А.Н. Нейрореабилитация: Руководство для врачей. – М: Антидор, 2000. – 568 с.

55. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gks.ru/>

56. Приходченко, О.В. Разработка и исследование адаптационной одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.19.04 / Приходченко Оксана Валентиновна. – Шахты, 2007. – 28 с.

57. Международная классификация функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья, краткая версия. Санкт-Петербургский институт усовершенствования врачей-экспертов Министерства Труда и Социального развития РФ, 2003. – 223.

58. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 13 февраля 2018 г. № 86н «Об утверждении классификации технических средств реабилитации (изделий) в рамках федерального перечня реабилитационных мероприятий, технических средств реабилитации и услуг, предоставляемых инвалиду, утвержденного распоряжением Правительства Российской Федерации от 30 декабря 2005 г. N 2347-р».

59. ГОСТ Р 51083-2015 Кресла-коляски. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2016. – 22 с.

60. Мэнна ГО. Разработка технологии виртуального проектирования одежды с элементами симуляции комфортности [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.19.04 / Менна ГО. – Иваново, 2015. – 22 с.

61. Савельева, Н.Ю. Определение требований к проектированию специальной одежды для людей с ограниченными возможностями движения / Н. Ю. Савельева, О.В. Приходченко // Швейная промышленность. – 2007. – № 1. – С. 35-36.

62. Студия универсального дизайна Галины Волковой [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.studio.orthomoda.ru/company>

63. Пат. 2538513 Российская федерация, МПК51 А41D 1/06. Комбинезон для перемещения людей с ограниченными двигательными возможностями (инвалидов-колясочников) / Приходченко О.В., Приходченко Д.В., Говор Л.В. заявитель и патентообладатель Приходченко О.В., Приходченко Д.В., Говор Л.В., № 2013140845/12. Заявл. 04.09.2013. Оpubл. 10.01.2015.

64. Пат. 2528161 Российская федерация, МПК51 А41D 1/00. Костюм для людей с ограниченными двигательными возможностями (инвалидов-колясочников) / Дубатова И.В., Савельева Н.Ю., Дубатова А.А. заявитель и патентообладатель Дубатова И.В., Савельева Н.Ю., Дубатова А.А. № 2013148500/12. Заявл. 30.10.2013. Оpubл. 10.09.2014.

65. Пат. 166649 Российская федерация, МПК51 А41D 1/00. Мешок для ног для людей с ограниченными двигательными возможностями / Гусева М.А., Андреева Е.Г., Клочкова О.В., Гусев И.Д. заявитель и патентообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет дизайна и технологии», № 2016122642/12. Заявл. 08.06.2016. Оpubл. 10.12.2016.

66. Интернет-магазин фирмы «Carinthia» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.carinthia-shop.ru/page/o-kompanii>

67. Пат. 190620 Российская федерация, МПК51 А41D 13/12. Пальто зимнее для ребенка-инвалида-колясочника / Алушкина Т.С., Головчёнкова Е.В., Казанская Н.Н., Куренкова Т.Н., Капитанова Т.А. заявитель и патентообладатель Акционерное общество «МПШО-Смена», № 2018147220. Заявл. 26.12.2018. Оpubл. 04.07.2019.

68. Пат. 172880 Российская федерация, МПК51 А41D 11/00. Комбинезон для детей с ограниченными двигательными возможностями / Кобелькова Н.В. заявитель и патентообладатель Кобелькова Н.В., № 2017110555. Заявл. 29.03.2017. Оpubл. 28.07.2017.

69. Пат. 2462965 Российская федерация, МПК51 А41D 11/00. Комбинезон для детей-инвалидов / Приходченко О.В., Федосова С.А. заявитель и патентообладатель Приходченко О.В., № 2011121326/12. Заявл. 25.05.2011. Опубл. 10.10.2012.
70. Minyoung S. Critical Review on Smart Clothing Product Development / S. Minyoung, K. Carroll, N. Cassill // Journal of Textile and Apparel, Technology and Management. – 2010. – Vol. 6. Issue 4. P. 1-18
71. Kromer R. Smart clothes. Ideengenerierung, Bewertung und Markteinführung / R. Kromer // Gabler edition wissenschaft. – DE, 2008. – 320 p.
72. Интернет-магазин женской одежды «Spinali design» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.spinali-design.fr/collections>
73. Информационный сайт «умной одежды» «crunchwear» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://crunchwear.com/>
74. Интернет-магазин одежды «Columbia» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.columbia.ru/>
75. Интернет-магазин адаптивной одежды «Venture Heat» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.ventureheat.com/>
76. Новостной Интернет-портал «HI-News.ru», статья «Тканевая батарея» – новое слово в создании умной одежды и носимой электроники» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://hi-news.ru/>
77. Официальный сайт МОУ «Институт инженерной физики» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://iifrf.ru/>
78. Тимофеев, В.В. Система активного подогрева одежды. Отечественные инновации в действии / В. В. Тимофеев // Арсенал Отечества. – 2015. – № 2 (16). – С. 1-6.
79. Саргсян, С.А. Разработка обогреваемой одежды специального назначения [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.19.01 / Саргсян Самсон Айказович. – Ереван, 2015. – 22 с.
80. Интернет-магазин одежды с подогревом «RedLaika» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.redlaika.ru/>

81. Интернет-магазин одежды с подогревом «Blazewear» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.blazewear.ru/>

82. Пат. 2628968 Российская федерация, МПК51 А41D13/00. Электрическая одежда / Стивен Ю.Э. заявитель и патентообладатель Стивен Ю.Э., № 2016123181. Заявл. 10.06.2016. Оpubл. 23.08.2017.

83. Пат. 137805 Российская федерация, МПК51 А41D13/05. Утепленная куртка с нагревательным элементом / Подольхов М.И. заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Авангард-спецодежда», № 201312872312. Заявл. 25.06.2013. Оpubл. 27.02.2014.

84. Пат. 166793 Российская федерация, МПК51 А41D13/00. Одежда с подогревом / Коган А.Б. заявитель и патентообладатель Коган А.Б., № 2016106185/12. Заявл. 24.02.2016. Оpubл. 10.12.2016.

85. Пат. 110611 Российская федерация, МПК51 А41D13/005. Устройство для обеспечения теплового баланса организма / Бикбулатова А.А. заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уфимская государственная академия экономики и сервиса», № 2011112859/12. Заявл. 04.04.2011. Оpubл. 27.11.2011.

86. Пат. 166533 Российская федерация, МПК51 А41D13/00. Обогревающий жилет / Еремин Б.Г., Мартынов С.В., Смирнова О.В., Сытова А.В., Еремин Д.Б., Никитенко В.В., Назаров А.В., Удовиченко В.Б., Царьков А.Н. заявитель и патентообладатель Еремин Б.Г., Назаров А.В., Еремин Д.Б., № 2015133491/12. Заявл. 10.08.2015. Оpubл. 27.11.2016.

87. Пат. 149657 Российская федерация, МПК51 А41D13/00. Оболочка с подогревом / Бушуев В.А., Семенова И.В., Семенов А.Н., Семенов Д.Н., Земский А.В. заявитель и патентообладатель Бушуев В.А., Семенова И.В., Семенов А.Н., Семенов Д.Н., Земский А.В., № 2014123208/12. Заявл. 06.06.2014. Оpubл. 10.01.2015.

88. ГОСТ Р ИСО 7730-2009 Эргономика термальной среды. Аналитическое определение и интерпретация комфортности теплового режима с

использованием расчёта показателей PMV и PPD и критериев локального теплового комфорта. – М.: Стандартинформ, 2010. – 16 с.

89. ГОСТ Р ИСО 28803-2013 Эргономика физической среды. Применение требований стандартов к людям с особыми потребностями. – М.: Стандартинформ, 2010. – 52 с.

90. Черных И.А. Клиника и хирургическое лечение спастического и болевого синдрома после позвоночно-спинномозговой травмы [Текст]: дис. на соиск. учен. степ. канд. мед. Наук / Черных И.А. – М., 2008, 130 с.

91. Полищук, Н. Е. Повреждения позвоночника и спинного мозга / под ред. Н. Е. Полищука, Н. А. Коржа, В. Я. Фищенко. – Киев: КНИГА плюс, 2001., 89 с.

92. Бабиченко Е.И. Современные аспекты диагностики и хирургического лечения больных с закрытой травмой позвоночника и спинного мозга // М.Медицина. – 1971 – С. 16-20.

93. Древаль О.Н., Кривицкая Г. Н., Акатов О. В. Морфологическое обоснование патогенетических предпосылок к противоболевым операциям в области входных зон задних корешков // Вопр. нейрохир. – 1996. № 4. – С. 22-25.

94. Кукушкин, М.Л. Патофизиологические механизмы болевых синдромов «Боль» №1 2003

95. Морозова Л.Л. Медико-библиографические основы взаимодействия человека со средой обитания: учеб. пособие /Л.Л. Морозова; под ред. С.В. Белова. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1997. – 49 с.

96. Blanchemaison, P., Camponovo, J., Greney, P. Предисловие профессора Dzsihich С. Атлас анатомии поверхностных вен нижних конечностей [Текст]: – М: Митра-Пресс, 2002. – 48 с.

97. Чвырев, В. Г., Ажаев, А. Н., Новожилов, Г. Н. Тепловой стресс / В.Г. Чвырев. – М.: Медицина, 2000. – 296 с.

98. Rossignoli, I., Benito, P. J., Herrero, A. J. Reliability of infrared thermography in skin temperature evaluation of wheelchair users [Text] // International Spinal Cord Society All rights reserved. – 2015. Vol. 53. – P. 243-248.
99. Каталог материалов ТМ StenCom – ткани оптом. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://stencom.ru/>
100. Интернет-магазин «Объем». Розничные и оптовые продажи. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://hollowfiber-sintepuh.ru/kupit-hollofajber-sintepon-sinteshar-lebyazhij-puh/brend-khollofajber/khollofajber-soft.html>
101. Информационный сайт. Все о текстиле. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://izvolokna.ru/materialy/netkannye/tinsulejt-что-это.html>
102. Гущина, К.Г. Теплозащитные свойства материалов и пакетов одежды // К.Г. Гущина // Швейная промышленность. – 1991. – №5. – С.7.
103. ГОСТ Р ИСО 28486-90 Ткани плащевые и курточные из синтетических нитей. – М.: ИПК ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ, 1991. – 8 с.
104. Карслоу, Г. , Еге, Д. Теплопроводность твердых тел/ Г. Карлсоу, Д. Еге. – М., 1964 г., 488 стр.
105. Mosteller, R.D. (1987) Simplified Calculation of Body-Surface Area. The New England Journal of Medicine, 317, 1098.
106. Корн, Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г. Корн, Т. Корн. – М.: Наука, – 1970. – 720 с.
107. ООО «Группа промышленного развития и снабжения (Тепловичок™) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://teplovichok.com/>
108. Приказ Минтруда России от 24.01.2014 № 33н «Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению» (Зарегистрировано в Минюсте России 31.03.2014 № 31689)
109. Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача / В.В. Нащокин. – М.: Высшая школа, 1980. – 469 с.

110. Лыков А.В. Теплообмен. (Справочник). – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Энергия, 1978. – 480 с. ил.
111. Крайнов А.Ю., Моисеева К.М. Конвективный теплоперенос и теплообмен : учеб. пособие. – Томск : СГТ, 2017. – 80 с.
112. Кедров, Л.В. Сравнительная характеристика теплозащитных свойств зимней обуви [Текст] / Л. В. Кедров, А. И. Саутин, В.И. Серафонов // Кожевенно-обувная промышленность. – 1970. – №11. – С.22-27.
113. СНиП II-3-79* Строительные нормы и правила. Строительная теплотехника (с Изменениями N 1-4). – М.: 1995. – 35 с.
114. Свид. о гос. регистрации. 2019613703 Российская Федерация. Программа для расчёта теплового состояния стоп в адапционном теплозащитном мешке для ног с дополнительным обогревом для людей с ограниченными двигательными возможностями [Текст] / Михайлов А. Б., Бабенко Л. Г., Савельева Н. Ю., Кученова А. А. Михайлова И. Д. заявитель, ФГБОУ ВО «Донской государственной технической университет» правообладатель; заявл. 05.03.2019 ; опубл. 21.03.2019.
115. Свид. о гос. регистрации. 2019666325 Российская Федерация. Программа для расчёта теплового состояния системы «колени-голень» в теплозащитном изделии с дополнительным обогревом для людей с ограниченными двигательными возможностями [Текст] / Бабенко Л. Г., Михайлов А. Б., Савельева Н. Ю., Михайлова И. Д. заявитель, Бабенко Л. Г. правообладатель; заявл. 29.11.2019 ; опубл. 09.12.2019.
116. Бабенко, Л. Г. Расчёт теплового состояния человека с ограниченными двигательными возможностями в адапционном теплозащитном мешке для ног / Л. Г. Бабенко, А. Б. Михайлов, Н. Ю. Савельева, А. А. Кученова, И. Д. Михайлова // Дизайн. Материалы. Технология, 2019, № 53. – С. 42-45.
117. Бабенко, Л. Г. К вопросу разработки теплозащитной адапционной одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями / Л. Г. Бабенко, А. А. Кученова, Н. Ю. Савельева, С. В. Куренова, Г. Ю. Волкова // Дизайн и технологии, 2018, № 66. – С. 54-59.

118. Бабенко, Л. Г. Адаптационный теплозащитный мешок с дополнительной системой обогрева / Л. Г. Бабенко, Н. Ю. Савельева, Г. Ю. Волкова // Дизайн и технологии, 2018, № 67. – С. 44-48.

119. Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособие. – М.: Высш. шк., 2003. – 479 с.: ил.

120. Шерстобитова А. С. Датчики физических величин: учеб. пособие. – СПб: Университет ИМТО, 2017. – 57 с.

121. ОСТ 17-325-86. Изделия швейные, трикотажные, меховые. Фигуры мужчин типовые. Размерные признаки для проектирования одежды. – М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1987. – 74с.

122. ГОСТ Р 50602-93. Кресла-коляски. Максимальные габаритные размеры. – М.: Издательство стандартов, 1994. – 4 с.

123. Единая методика конструирования одежды СЭВ (ЕМКО СЭВ). Базовые конструкции мужской одежды. Т.1. – М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1988. – 174 с.

124. Савельева, Н. Ю. Особенности технологической обработки адаптационного изделия повышенного теплового и физиологического комфорта (мешок для ног) [Текст] / Н. Ю. Савельева, Л. Г. Бабенко // Научная весна – 2018 : сб. науч. тр. по итогам III Всероссийской (с участием граждан иностранных государств) научной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, – Шахты, – 2018. – С. 267-272. Библиогр.: с. 271-272.

125. Приказ Минтруда России от 28 декабря 2017 N 888н «Об утверждении перечня показаний и противопоказаний для обеспечения инвалидов техническими средствами реабилитации».

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

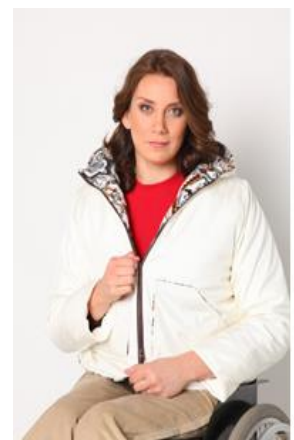
Образцы теплозащитной адаптивной одежды отечественных и зарубежных производителей**Теплозащитная одежда фирмы ООО «ЦПОСН «ОРТОМОДА»» [36]**

Рисунок А.1. – Образцы моделей теплозащитной адаптивной одежды, выпускаемые фирмой ООО «ЦПОСН «ОРТОМОДА»» [36]

Теплозащитная одежда фирмы ООО «Криптомед» [37]



Рисунок А.2. – Образцы моделей теплозащитных мешков для ног, выпускаемые фирмой ООО «Криптомед» [37]

Адаптивные куртки фирмы ООО «Криптомед» [37]



Рисунок А.3. – Адаптивные куртки фирмы ООО «Криптомед» [37]

Ассортимент одежды для ЛОДВ «Брянского» филиала ФГУП «Московское ПрОП» Минтруда России [35]



Рисунок А.4. – Ассортимент одежды для ЛОДВ «Брянского» филиала ФГУП «Московское ПрОП» Минтруда России [35]

Верхняя одежда фирмы «Silvert's» [43]



Рисунок А.5. – Образцы моделей теплозащитной верхней одежды, выпускаемые фирмой «Silvert's» [43]

Верхняя одежда фирмы «Buck & Buck» [38]



Рисунок А.6. – Верхняя одежда фирмы «Buck & Buck» [38]

Теплозащитные изделия фирмы «Adaptations by Adrian» [40]



Рисунок А.7. – Образцы моделей верхней адаптивной одежды, выпускаемые фирмой «Adaptations by Adrian» [40]



Рисунок А.8. – Образцы изделий для локального обогрева, выпускаемые фирмой «Adaptations by Adrian» [40]

Теплозащитная адаптивная одежда фирмы «Able2Wear» [44]

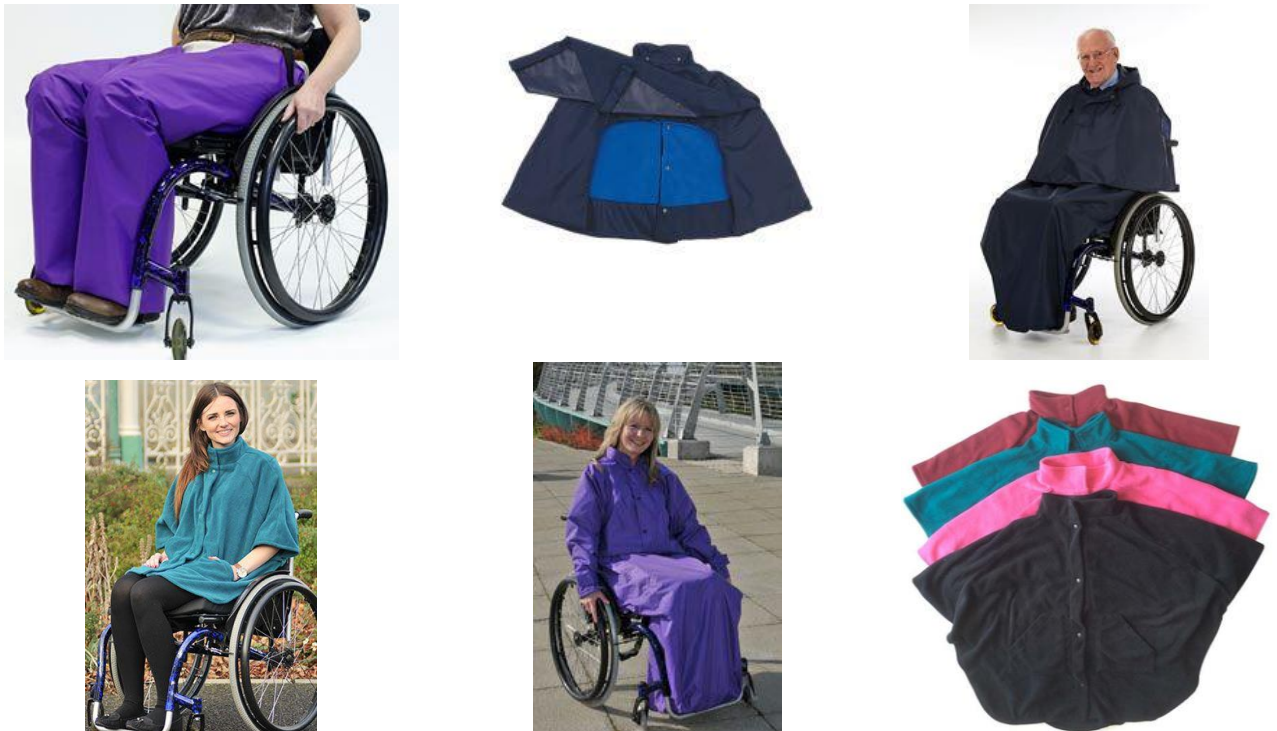


Рисунок А.9. – Образцы моделей теплозащитной адаптивной одежды, выпускаемые фирмой «Able2Wear» [44]

Верхняя адаптивная одежда фирмы «Easy Access Clothing» [41]



Рисунок А.10. – Образцы моделей верхней адаптивной одежды, выпускаемые фирмой «Easy Access Clothing» [37]

«Комбинезон для пермещения людей с ограниченными двигательными возможностями (инвалидов-колясочников)» [63]

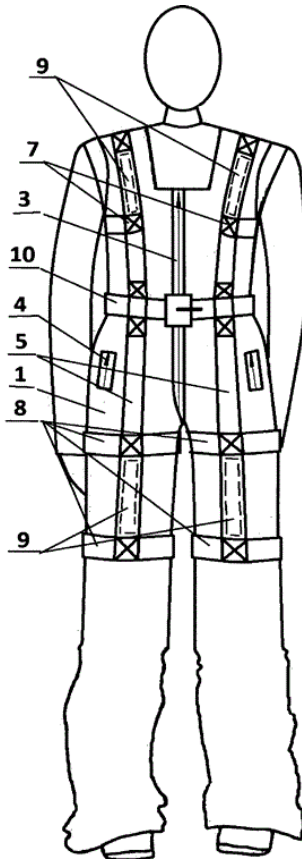


Рисунок А.11. – «Комбинезон для пермещения людей с ограниченными двигательными возможностями (инвалидов-колясочников)» [63]

**«Костюм для людей с ограниченными двигательными возможностями
(инвалидов-колясочников)» [64]**

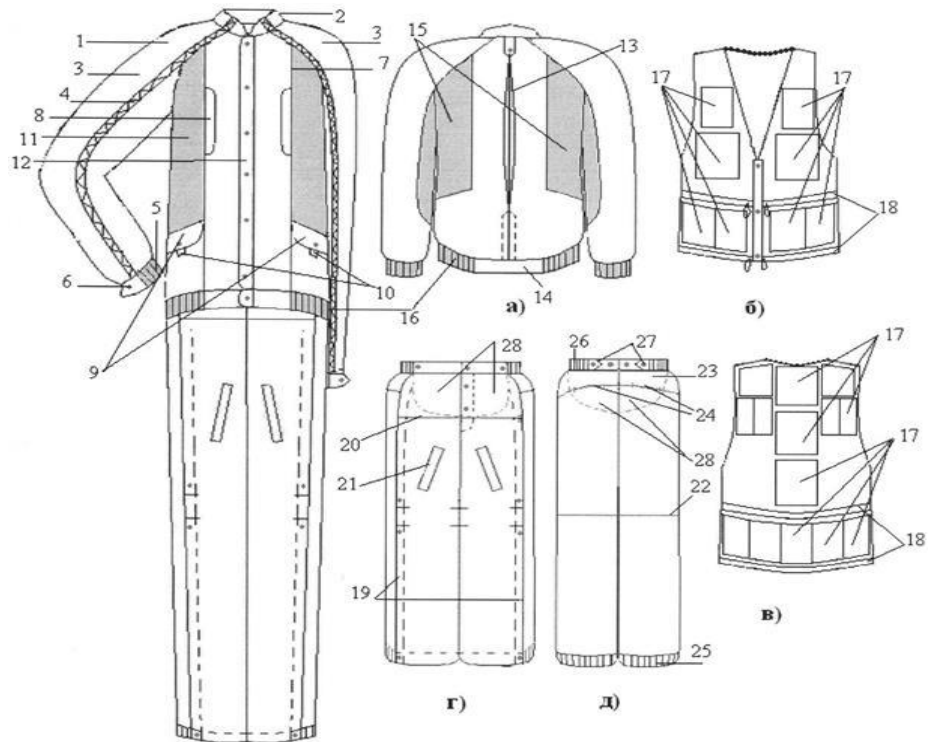
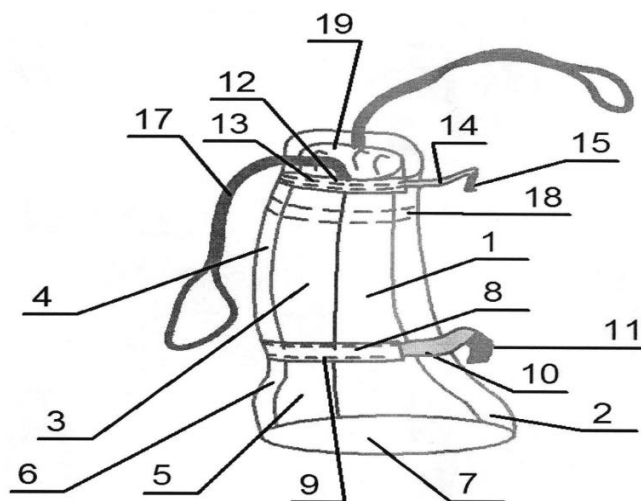


Рисунок А.12. – «Костюм для людей с ограниченными двигательными возможностями
(инвалидов-колясочников)» [64]

**«Мешок для ног для людей с ограниченными двигательными
возможностями» [65]**



Фиг. 1а

Рисунок А.13. – «Мешок для ног для людей с ограниченными двигательными
возможностями» [65]

«Пальто зимнее для ребенка-инвалида-колясочника» [67]

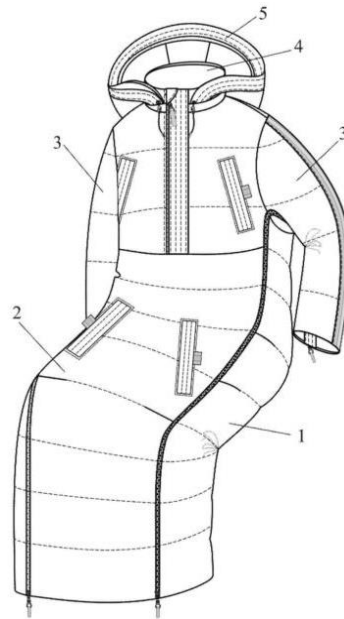


Рисунок А.14. – «Пальто зимнее для ребенка-инвалида-колясочника» [67]

«Комбинезон для детей с ограниченными двигательными возможностями» [68]

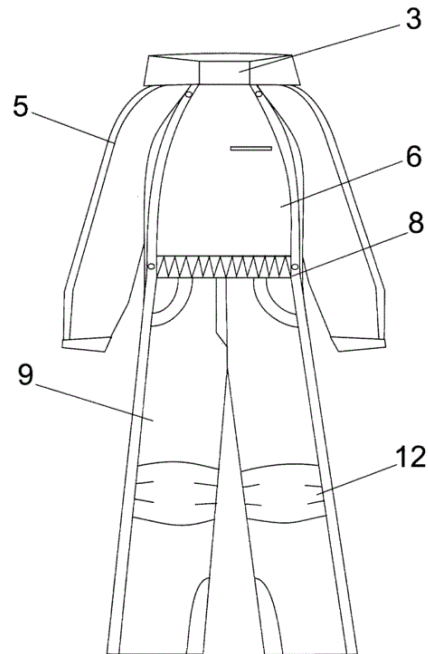


Рисунок А.15. – «Комбинезон для детей с ограниченными двигательными возможностями» [68]

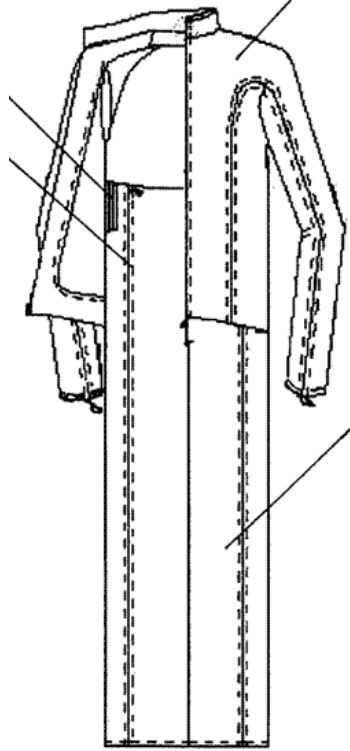
«Комбинезон для детей-инвалидов» [69]

Рисунок А.16. – «Комбинезон для детей-инвалидов» [69]

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

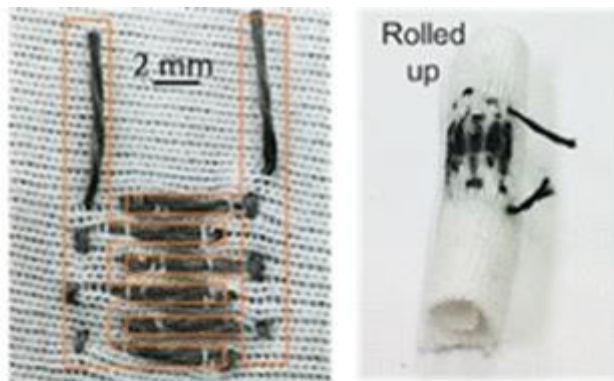
Швейные изделия и технические устройства, используемые для повышения теплового комфорта**Рубашка с подогревом фирмы «FuelWare» [73]**

Рисунок Б.1. – Рубашка с подогревом фирмы «FuelWare» [73]

Ассортимент одежды с подогревом фирмы «Venture Heat» [75]

Рисунок Б.2. – Ассортимент одежды с подогревом фирмы «Venture Heat» [75]

Образец одежды с вшитым элементом питания [76]



0.1 mWh/g

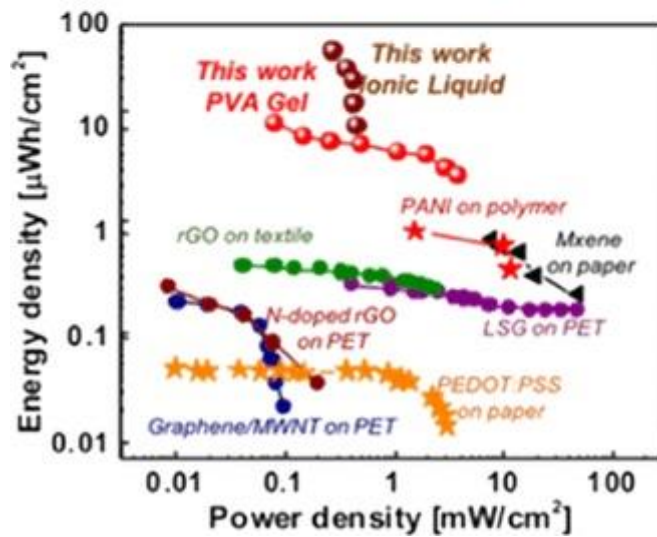


Рисунок Б.3. – Образец одежды с вшитым элементом питания [76]

Изделия, предлагаемые Институтом инженерной физики [77]



Рисунок Б.4. – Эвакуационный термомешок с электрообогревом [77]

«Жилет с электрообогревом» [78]



Рисунок Б.5. – Жилет с электрообогревом [78]

Швейные изделия фирмы «RedLaika» [80]

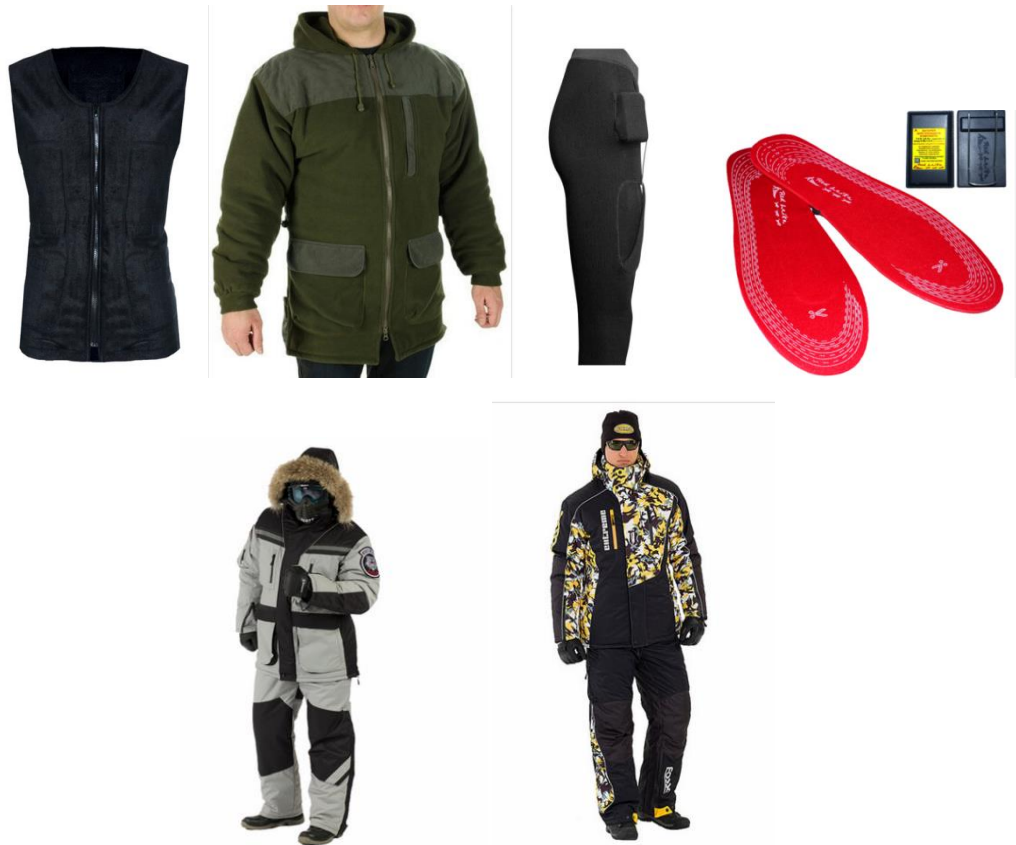


Рисунок Б.6. – Ассортимент швейных изделий фирмы «RedLaika» [80]

Швейные изделия фирмы «Blazewear» [81]





Рисунок Б.7. – Ассортимент швейных изделий фирмы «Blazewear» [81]

«Электрическая одежда» [82]

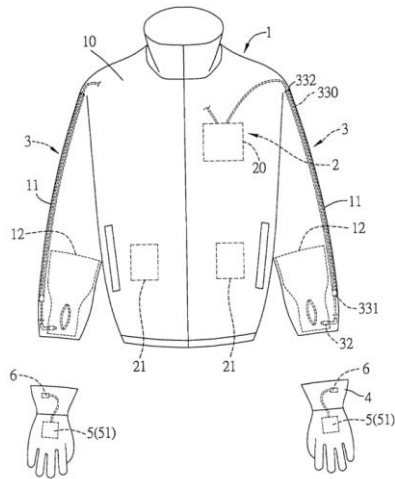


Рисунок Б.8. – Электрическая одежда [82]

«Утепленная куртка с обогревом» [83]

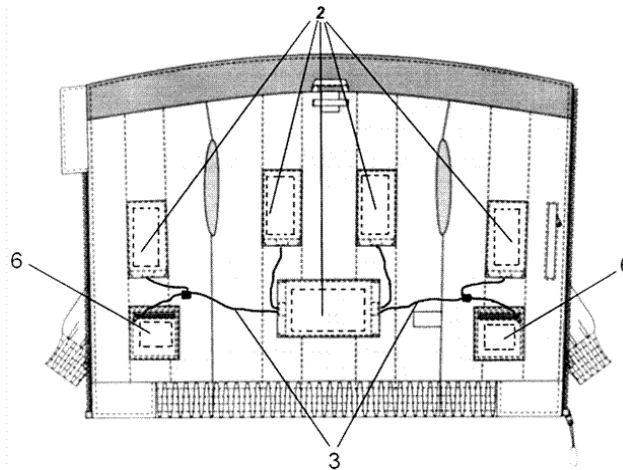


Рисунок Б.9. – Утепленная куртка с обогревом [83]

«Одежда с подогревом» [84]

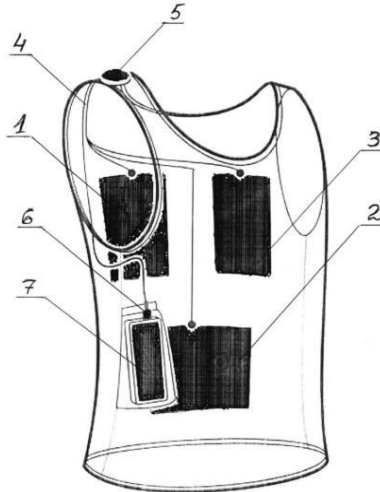


Рисунок Б.10. – Одежда с подогревом [84]

«Устройство для обеспечения теплового баланса организма» [85]

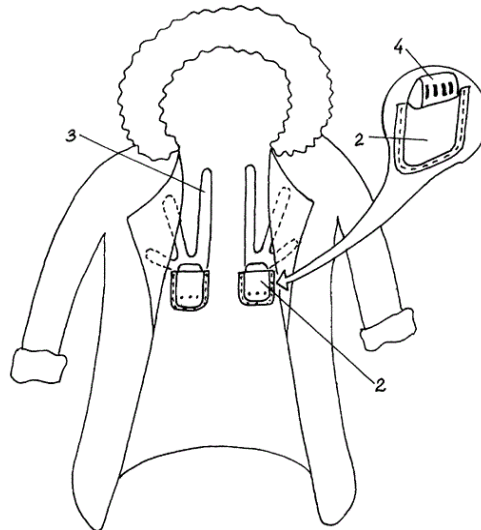


Рисунок Б.11. – Устройство для обеспечения теплового баланса организма [85]

«Обогревающий жилет» [86]

ОБОГРЕВАЮЩИЙ ЖИЛЕТ

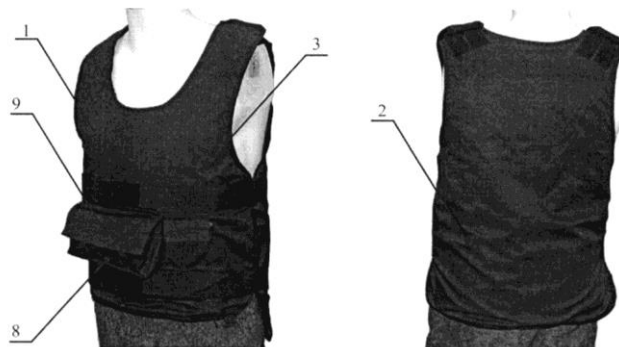


Рисунок Б.12. – Обогревающий жилет [86]

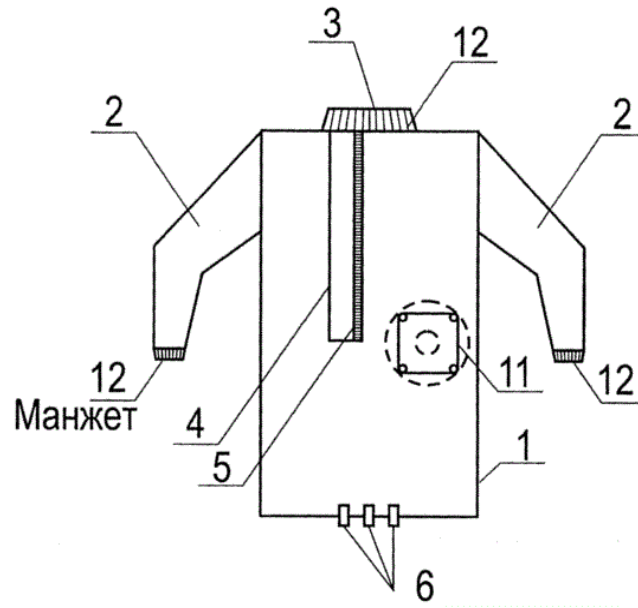
«Оболочка с подогревом» [87]

Рисунок Б.13. – Оболочка с подогревом [87]

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(обязательное)

Акт о проведении совместных исследований**АКТ**

о проведении совместных исследований в рамках кандидатской диссертационной работы
Бабенко Лианы Григорьевны

Мы, нижеподписавшиеся, представители Государственного бюджетного учреждения социального обслуживания населения Ростовской области «Шахтинский пансионат для престарелых и инвалидов» (ГБУСОН РО «Шахтинский ППИ»), директор Гринь И.С., врач-терапевт Аржанова С.А. и представители Института сферы обслуживания и предпринимательства (филиала) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный технический университет» в г. Шахты Ростовской области (ИСОиП (филиал) ДГТУ в г. Шахты), кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструирование, технологии и дизайн» Савельева Н.Ю. и аспирант кафедры «Конструирование, технологии и дизайн» Бабенко Л.Г. составили настоящий акт о проведении совместных исследований с вышеуказанным учреждением и привлечением людей с ограниченными двигательными возможностями, находящихся на момент исследований на лечении.

Задачей исследований является определение средней температуры поверхности кожи нижних конечностей у людей с ограниченными двигательными возможностями с целью наработки базы для проектирования теплозащитной адаптационной одежды. Натуральные исследования проведены по методике разработанной аспирантом Бабенко Л.Г. в присутствии и непосредственном участии врача-терапевта Аржановой С.А. при комфортных условиях окружающей среды (помещение с температурой воздуха плюс 23-24°C)

На основе данных исследований получены следующие результаты:

1. Определена средняя температура поверхности кожи нижних конечностей у людей с ограниченными двигательными возможностями.

2. Выявлена разница средней температуры кожи нижних конечностей человека с ограниченными двигательными возможностями и здоровым человеком.



Количество испытуемых составило 60 человек.

Результаты исследований подтверждены публикацией 1 совместной статьи.

Представители ФГБОУ ВО ИСОиП (филиал) ДГТУ в г. Шахты:

Доцент кафедры КТиД



Аспирант кафедры КТиД

 Н.Ю. Савельева
 Л.Г. Бабенко

Представители ГБУСОН РО «Шахтинский ППИ»:

Директор

Врач-терапевт

 И.С. Гринь
 С.А. Аржанова

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

(обязательное)

Определение необходимого числа испытаний

Для определения достоверности полученных данных и определения необходимого числа испытаний, проведена статистическая обработка первичных экспериментальных данных.

Статистическая обработка выборки

$$x_{\text{срд}} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1)$$

где, \bar{x} - выборочная средняя

n – значение выборки;

Выборочная дисперсия s^2 , определяется по формуле 2.

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{\text{срд}})^2}{n - 1} \quad (2)$$

Выборочная дисперсия s^2 и среднеквадратичное отклонение:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - x_{\text{срд}})^2}{n - 1}} \quad (3)$$

Ошибка выборочной средней $m_x = t_B (s / \sqrt{n})$

Диапазон практически возможных значений ошибки, возникающей при замене математического ожидания исследуемого выборочной средней \bar{x} , будет $\pm t_B (s / \sqrt{n})$.

Затем по формуле 4 рассчитаем величину $t_{\text{расч}}$, которую сравниваем с $t_{\text{табл}}$. Если $t_{\text{расч}} > t_{\text{табл}}$, то с вероятностью 0,95 значение x^* считается высказывающим и из дальнейших расчет исключаем. $t_{\text{табл}} = 2,508$

$$t_{\text{расч}} = \frac{|\bar{x} - x^*| \sqrt{n-1}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}} \quad (4)$$

Определение необходимого числа испытаний

$$n = t^2 \cdot s^2 / E \quad (5)$$

$$n_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^m n_i}{x_t} \quad (6)$$

X_t = количество датчиков

n_i = число испытаний по каждому датчику

Расчеты производились в MS Excel и представлены в таб. Д.1.

Таблица Д.1. – Расчет необходимого числа испытаний.

Испытуемый															
№ датчика	1	2	3	4	5	6	7	8	X _{ср.}	S ²	S	t расч.	tb	E	n
1	34,0	33,0	31,5	32,3	32,2	31,5	32,5	32,1	32,2	0,29	0,53	3,14	1,96	0,5	4
2	30,0	31,6	30,9	31,8	31,4	32,2	31,1	31,2	31,1	0,35	0,59	1,80	1,96	0,5	7
3	30,6	31,3	31,7	33,3	31,4	32,6	31,9	33,4	31,8	0,84	0,92	1,59	1,96	0,5	16
4	32,5	33,0	31,8	32,6	32,8	33,4	32,3	32,3	32,6	0,26	0,51	0,64	1,96	0,5	4
5	29,2	32,8	31,3	31,6	31,4	31,1	31,7	31,7	31,1	0,78	0,88	1,87	1,96	0,5	17
6	28	28,8	27,9	26,7	26,9	29,1	30,2	28,2	28,4	1,10	1,05	1,66	1,96	0,5	17
7	26,9	26,3	26,1	26,9	26,5	27,1	27,2	27,3	26,8	26,8	0,22	0,47	0,10	0,5	3

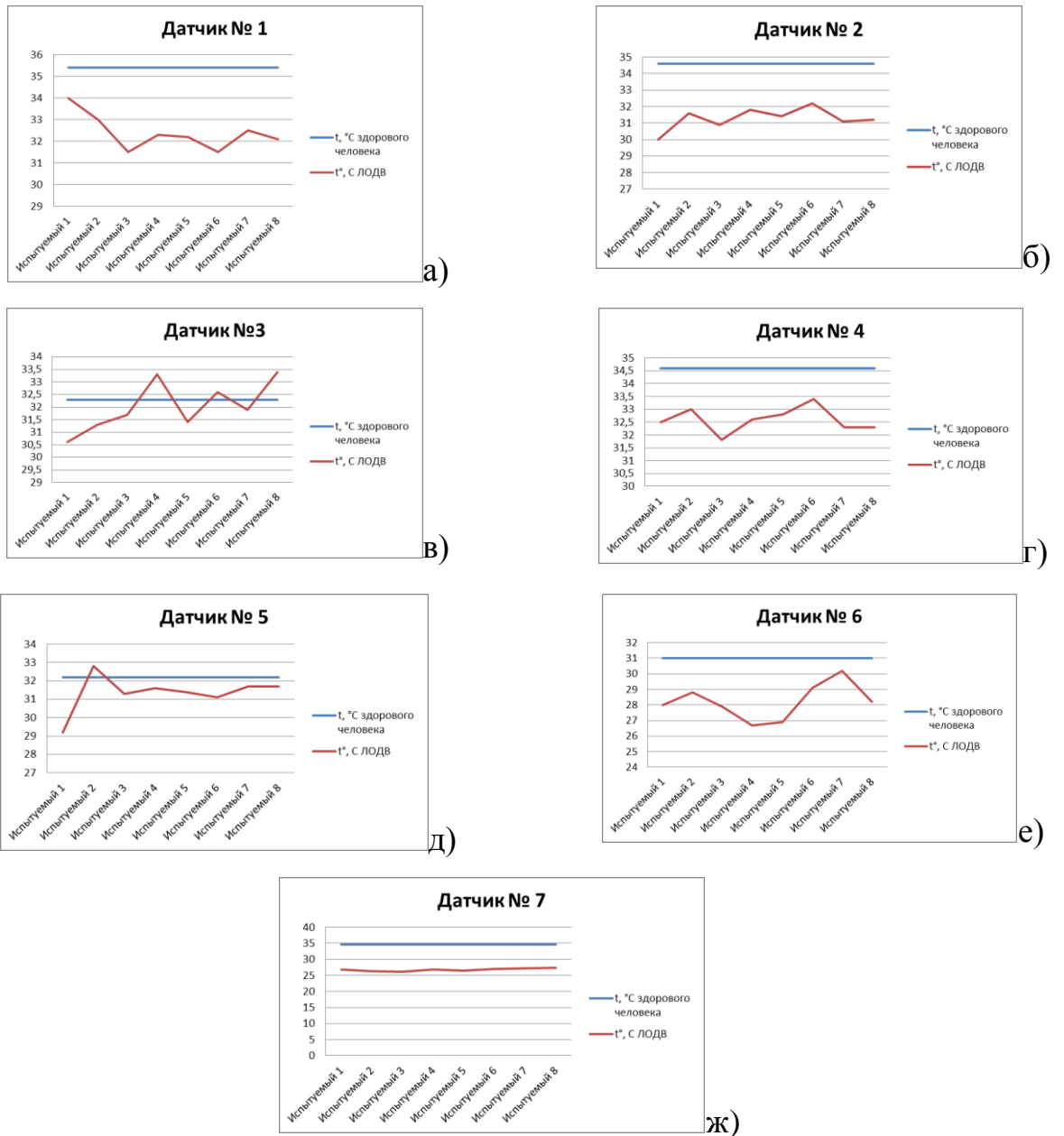


Рисунок Д.1. – Результирующие графики средней температуры поверхности кожи на локальных участках:

- а) внутренняя поверхность бедра; б) передняя поверхность бедра выше линии колена; в) передняя поверхность голени; г) задняя поверхность бедра д) задняя поверхность голени; е) нижняя часть стопы; ж) колени

Установлено, что восьми опытов недостаточно для достоверного значения изменений температур, чтобы определить среднее значение с ошибкой не более 0,5% при доверительной вероятности 0,95%. Необходимо провести еще 52 дополнительных опыта. В соответствии с таблицей Д.2. приведены

показания локальной температуры поверхности кожи нижних конечностей у 60 испытуемых с ОДВ.

Таблица Д.2. – Показания локальной температуры поверхности кожи нижних конечностей ЛОДВ

№ датчика	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7
№ испытуемого							
1.	30	30	30	30	33,2	28	32,3
2.	29,5	29,5	29,5	29,5	32,8	28,8	33,3
3.	31,1	31,1	31,1	31,1	31,3	29,7	33,7
4.	29,3	29,3	29,3	29,3	31,6	27,6	33,3
5.	28	28	30	28	31,4	28,1	33,4
6.	27,1	27	29,6	27,1	31,1	29,1	32,6
7.	31	31,5	31,5	31,5	31,7	30,1	33,2
8.	30	30	30	30	31,7	28,2	33,4
9.	30,1	30,1	30,1	30,1	30	29	33,1
10.	31	31,3	31,9	31,9	31,8	29,3	32,1
11.	29,5	29,5	29,5	29,5	31,5	28,9	32,7
12.	31	31,6	32,6	32,6	31,2	30,2	33
13.	29,5	29,5	29,5	29,5	30,4	29,2	31,9
14.	29,6	29,6	29,6	29,6	31,3	28,1	32
15.	29,2	29,2	29,2	29,2	31,7	28,3	32,4
16.	28	27	32,3	27	31,7	27,1	32,3
17.	27,3	27,3	32,7	27,3	30	28,8	32,7
18.	28,7	28,7	32,4	28,7	31,6	28,3	32,4
19.	29,5	29,5	31,9	29,5	30,7	29,1	32,1
20.	31	30	31,7	30	31,4	30,1	32,7
21.	31,1	30	31,4	30	30,4	29,9	32,7
22.	31,2	30	32,1	30	30,7	30,3	32,1
23.	30,7	30,7	31,8	30,7	31,1	29,7	32,6
24.	31,1	31,1	32,3	31,1	29,9	30,1	32,3
25.	30,2	30,2	32,4	30,2	30,3	29,1	32,4
26.	29,5	29,5	32,2	29,5	31,7	28,9	32,2
27.	28,6	28,6	31,9	28,6	31,8	28,4	31,9
28.	31	30	31,8	30	30	30,6	33,7
29.	29,9	29,9	32,6	29,9	31,7	29,3	32,6
30.	29,50	29,50	31,1	29,50	31,3	29	32,9
31.	29	29	32,5	29	31,7	28,2	32,5
32.	29,3	29,3	33	29,3	30	28,3	33
33.	29,5	29,5	31,8	29,5	31,6	28,1	31,8
34.	29	29	32,6	29	31,4	28,2	32,6
35.	30	29	32,1	31,6	30	29,1	32,1
36.	29,5	29,5	30,6	33	32,8	29	33,4
37.	29,6	29,6	31,3	32,5	29,2	28	31,7
38.	30	30	32,3	29	30,4	29,1	32,3
39.	30,1	30,1	33,2	29,3	33,4	29,6	33,2
40.	28,8	29	30,4	29,5	29,5	28,3	32,1

Окончание таблицы Д.2.


41.	28,1	27,9	31,7	29	29	27,9	32,7
42.	29,2	29,2	31,4	33	31,1	29,1	32,8
43.	28,4	28,4	32,6	29,5	31,1	28	32,6
44.	29,3	29,3	31,9	28,6	31,7	29	33,2
45.	29,1	29,1	32,4	28,1	30,4	28,6	32,4
46.	29	29	32,6	28,1	30,6	28,9	32,6
47.	29,5	29,5	33,4	29,2	31,7	29,3	33,4
48.	28,6	28,6	32,1	29,5	30,2	28,1	32,1
49.	28,1	28	30,5	28,6	31,7	28	32,5
50.	28,1	28,1	32,7	28,1	30	28	32,7
51.	31,9	31,6	31,7	28,1	31,4	30,7	32,4
52.	30,1	30,1	31,4	31,1	30,4	29,9	32,7
53.	28	29,1	30,4	28	30	27,9	33,7
54.	29,5	29,5	32,1	27,3	31,8	27,4	32,1
55.	30	28	30,7	28,7	31,5	29,6	32,7
56.	29,8	28,4	33	32,8	31,2	28	33
57.	29,4	29,4	31,9	28	30,2	29,2	33
58.	29	30	31	27,3	31,3	28,2	33,7
59.	29,3	29,3	32,4	26	31,7	29	32,4
60.	30	30	31,9	33	30,7	29,1	32,9
Средняя температура поверхности кожи нижних конечностей по всем датчикам, °С	29,5	29,3	31,5	29,5	31,1	28,9	32,7

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

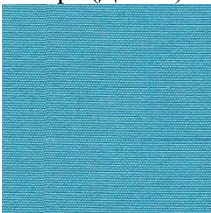

(обязательное)

Современные материалы, используемые при проектировании теплозащитной одежды




Таблица Е.1. – Современные материалы, используемые при проектировании
теплозащитной одежды

№ п/п	Наименование материала	Описание, волокнистый состав	Свойства	Структура	Применение
Поверхностные материалы					
1.	Мембранный материал (арт. 216FOR-Movement) 	Плотный, прочный, легкий материал из ПЭ волокон.	Обладает водоупорными и паропроницаемыми свойствами. Данные свойства ткани обусловлены её микропористой мембранной структурой.	Плащевой материал на мембране замечательно отталкивает жидкость (грязь) с поверхности ткани, не впитывая её, и выводит наружу испарения тела (пары, пот). Также плащевые ткани на мембране препятствуют проникновению ветра, т.е. абсолютно не продуваемы.	Пошив мужских, женских и детских курток, плащей, ветровок, спецодежды, зонтов, мешков для сменной обуви, чехлов на спортивный инвентарь, туристического снаряжения (спальные мешки, чехлы на рюкзаки, легкие тенты, одежда и снаряжения для охотников и рыбаков и др.)




Продолжение таблицы Е.1.

2.	<p>Dewspo (Дюспо)</p> 	<p>Плотный, мягкий на ощупь, легкий материал из ПЭ волокон.</p>	<p>Характеризуется отличными воздухопроницаемыми и ветрозащитными свойствами; водоупорная внутренняя отделка создает надежную защиту ткани от влаги, грязи и пуха.</p>	<p>На трикотажной основе (Dewspo Bonding) – двухслойный материал, разновидность ткани дюспо. Верхний слой – это плащевая ткань Дюспо, внутренний – трикотажное полотно. Слои надежно скреплены на PU пропитке. Благодаря, дублированию ткань Дюспо приобретает более высокую плотность и хорошие теплозащитные свойства, сохраняя индивидуальные особенности и прекрасные характеристики.</p>	<p>Применяются для производства верхней (курток, плащей, пуховиков), спортивной и детской одежды.</p>
3.	<p>Taslan (Таслан)</p> 	<p>Полиамидная ткань с необычной структурой плетения волокон и пористым водоупорным покрытием с внутренней стороны из ПЭ волокон.</p>	<p>Покрывают не только защищают ткани Таслан от воды и грязи, но и в зависимости от их вида обеспечивают стойкость к кожному жиру и поту, не пропускают пух. Ткани Таслан устойчивы к трению, многократным изгибам и воздействию ультрафиолета. Таслан легкий, приятный на ощупь материал, обладающий ценной воздухопроницаемой способностью. Практика показала, что изделия из ткани Таслан на протяжении многих лет сохраняют прекрасный внешний вид и отличные физико-химические свойства.</p>	<p>Материал может быть с PU, milky и WR отделками.</p>	<p>Применяется при производстве повседневной и верхней одежды, спортивной одежды, одежды для активного отдыха.</p>



Продолжение таблицы Е.1.

4.	<p>Jonardan (Джордан)</p> 	<p>Эффектный внешний вид ткани Джордан обусловлен гладкой, переливающейся поверхностью из синтетических волокон (100% полиэстер) с тонкой полиуретановой отделкой.</p>	<p>Верхняя одежда, пошитая из этого материала, характеризуется легкостью, не сковывает движения, имеет хорошие водоупорные свойства и одновременно с этим позволяет коже дышать (воздухопроницаемая способность). К тому же она имеет хорошие ветрозащитные характеристики и устойчива к истиранию.</p>	Не приведены.	Используется для производства верхней мужской, женской и детской одежды, спортивной одежды.
5.	<p>Ray Dewspo (Рэй Дюспо)</p> 	<p>Плотный, мягкий на ощупь, легкий материал из ПЭ волокон.</p>	<p>Особенностью ткани Рей Дюспо является перламутровый блеск.</p>	Не приведены.	<p>Применяется для производства верхней (курток, плащей, пуховиков), спортивной и детской одежды. Используется в основном для пошива детской одежды.</p>
6.	<p>Н/П Таффета (N/P Taffeta)</p> 	<p>Имеет благородный блеск. За счет переплетения двух нитей (нейлон и полиэстер) ткань приобретает эффект хамелеон.</p>	Не приведены.	Не приведены.	Используются для производства детской и молодежной и женской верхней одежды.




Продолжение таблицы Е.1.

7.	<p>Сантана (Santana)</p> 	Мягкий материал из полиэфирных волокон.	Ткань неприхотлива в стирке, быстро сохнет.	Поверхность фактурная с мелкой выпуклой полоской (расстояние между полосками 1 мм).	Используется в основном для детской одежды.
Прокладочные материалы утеплители					
1.	<p>Холлофан (силиконизированный холлофан)</p> 	Изготовлен из высокоизвитых полых волокон, скрепленных бicomпонентным (легкоплавким) волокном.	Хорошо сохраняет тепло, не выпуская его наружу; не позволяет кожному покрову перегреться при длительной носке; возвращает свою первоначальную форму, поэтому спокойно переносит многократные стирки и сушки; мгновенно выводит влагу, пот благодаря циркуляции воздуха; не создает парникового эффекта; безопасный нетоксичный состав; отлично поддается стирке в машинке; не впитывает влагу и запахи; не является причиной аллергических реакций; бюджетная стоимость готового изделия.	Синтетические нити устойчивы к разрывам, стираниям, растяжениям, что защищает материал от внешнего воздействия. Малый вес холлофана делает готовый предмет одежды легким и удобным в эксплуатации. При этом прочность его не страдает. К недостаткам можно отнести внушительный объем утеплителя.	Силиконизированный холлофан используется преимущественно при пошиве постельных принадлежностей и спальных мешков. Полотно выпускается шириной 1,5 м и 2,2 м плотностью 100-350 г./кв.м.
2.	<p>Шерстикрон – термоскрепленный</p> 	Термоскрепленный утеплитель нового поколения с содержанием натуральной шерсти.	Легкий, упругий, пластичный материал принимает очертания тела, не создает проблем при движениях человека.	Повышенная гигроскопичность шерстиерона объясняется наличием шерстяных волокон. Одежда с таким утеплителем способна поглощать пары физиологической влаги кожи. Высокие теплосберегающие качества обусловлены свойствами шерсти и полых волокон полиэстера.	Используется для изготовления покрывал, верхней одежды, одежды, спортивного снаряжения.



Продолжение таблицы Е.1.

3.	<p>Полифилл (Polyfill)</p> 	<p>Мягкий материал из полиэфирных волокон.</p>	<p>Новый высокоэффективный синтетический материал. Имеет высокую теплопроводность, повышенная устойчивость к сжатию, обеспечивает хорошую вентиляцию, лёгкий и прочный.</p>	<p>Не приведены.</p>	<p>Используется для изготовления горнолыжных комбинезонов, утепленных брюк, одежды для сноуборда и других экстремальных зимних видов спорта.</p>
4.	<p>Термор (Thermore®)</p> 	<p>Легкая и мягкая ткань, созданная специально для защиты от холода. Обладает высокими теплоизоляционными свойствами. Обычно скрыта внутри одежды, между верхней тканью и подкладкой, имеет шесть тонких слоев, которые создают воздушную прослойку и поддерживают естественный температурный баланс.</p>	<p>Мягкий термоизолирующий материал, который защищает от холода, ветра и дождя. Он гарантирует тепловую защиту даже в очень тонких вещах. В большинстве случаев он имеет водо- и грязеотталкивающую способность, а также обеспечивает комфортный температурный режим, независимо от погоды. Данный утеплитель легкий, но при очень низком весе имеет высокую термоизоляцию.</p>	<p>Теплоизоляция Thermore® имеет низкоплотную структуру – её объём достигается, в основном, при помощи воздуха.</p>	<p>Используется при производстве одежды экстра-класса для альпинизма и горнолыжного спорта, в люльках детских колясок и верхней одежды некоторых торговых марок.</p>

Продолжение таблицы Е.1.

5.	<p>Тинсулейт® «С»</p> 	<p>Мягкий материал из полиэфирных волокон.</p>	<p>Одним из лучших утеплителей на современном этапе, по своим теплоизоляционным свойствам похожий на пух. Состоит из очень тонких волокон, способный согреть при сильных морозах. Комбинезоны и куртки с утеплителем из Тинсулейта® очень легкие, тонкие и теплые. Изделия не деформируются при стирке.</p>	<p>Толщина от 0,3 до 1,75 см, плотность от 40 до 263 г./м². Флизелин – с одной стороны, с двух, двухслойный флизелин и вовсе без него. Полиолефин 65%, полиэфир 35%.</p>	<p>Используется при производстве верхней одежды, спальных мешков.</p>
6.	<p>Холлофайбер</p> 	<p>Материал, состоящий из 100% ПЭ волокон</p>	<p>Обеспечивает уникальные теплосберегающие свойства, воздухопроницаемость, терморегуляцию. Обеспечивает сохранение формы изделий. Не теряет основных свойств после длительной эксплуатации, многократных чисток и стирок.</p>	<p>Материалы повышенной мягкости, лёгкости и эластичности. Выпускаются в виде полотен, до 300 г/м².</p>	<p>Используется при изготовлении высококачественной повседневной одежды, спецодежды, униформы, туристического снаряжения, продукции для детей, домашнего текстиля.</p>
7.	<p>Синтепон (110)</p> 	<p>Материал, состоящий из 100% ПЭ волокон</p>	<p>Жидкость не впитывается. Масса материала небольшая. Хорошо сохраняет форму. Имеет отличные теплоизоляционные характеристики. Совершенно безопасен и нетоксичен. Температура плавления низкая.</p>	<p>Чаще всего в его структуре присутствуют только синтетические составляющие.</p>	<p>Синтепон 100 г/м² толщиной 1см используется для изготовления подушек, домашнего текстиля, пошива одеял, верхней одежды.</p>

Окончание таблицы Е.1.

Подкладочные материалы					
1.	<p>Флис</p> 	<p>Материал, состоящий из 100% ПЭ волокон</p>	<p>Отличается высоким уровнем теплосберегаемости и гидрофобности. Флисовая одежда способна греть за счет своей структуры, которая удерживает большое количество воздуха.</p>	<p>Не приведены.</p>	<p>Широко применяется при изготовлении спортивной и детской одежды (толстовки, комбинезоны) термобелья и аксессуаров (варежки, шапки, носки), в качестве утеплителя для верхней одежды (курток, брюк, шапок), а также предметов домашнего текстиля (халаты, одеяла, покрывала).</p>
2.	<p>Поларфлис</p> 	<p>Материал, состоящий из 100% ПЭ волокон</p>	<p>Отличается более низкой плотностью.</p>	<p>Не приведены.</p>	<p>Используется для производства термобелья, леггинсов и тонких толстовок.</p>

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

(обязательное)

Акт о проведении совместных исследований по подбору рационального пакета материалов

УТВЕРЖДАЮ

Директор ГБУСОН РО
«Шахтинский ППИ»
И.С. Гринь
« 14 / 03 / 2018 г. »**АКТ**

о проведении совместных исследований в рамках кандидатской диссертационной работы
Бабенко Лианы Григорьевны

Мы, нижеподписавшиеся, представители Государственного бюджетного учреждения социального обслуживания населения Ростовской области «Шахтинский пансионат для престарелых и инвалидов» (ГБУСОН РО «Шахтинский ППИ»), директор Гринь И.С., врач-терапевт Аржанова С.А. и представитель Института сферы обслуживания и предпринимательства (филиала) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный технический университет» в г. Шахты Ростовской области (ИСОиП (филиал) ДГТУ в г. Шахты), аспирант кафедры «Конструирование, технологии и дизайн» Бабенко Л.Г. и доцент кафедры «Конструирование, технологии и дизайн», кандидат технических наук, доцент Савельева Н.Ю. составили настоящий акт о проведении совместных исследований с вышеуказанным учреждением и привлечением людей с ограниченными двигательными возможностями, находящихся на момент исследований на лечении.

Задачей исследований является апробация макетов теплозащитных изделий (с различным сочетанием составляющих пакета материалов) для людей с ограниченными двигательными возможностями при проведении эксперимента в климатической лаборатории при условиях имитации температурного режима воздуха – 0°С, минус 5°С, минус 10°С и минус 15°С, относительной влажности воздуха (60-65%) и подвижности воздуха не более 0,4-0,6 м/с.

Исследования проведены по методике разработанной аспирантом Бабенко Л.Г. в присутствии и непосредственном участии врача-терапевта Аржановой С.А.

На основе данных исследований получены следующие результаты:

1. Проведены исследования современных материалов, используемых для изготовления теплозащитной или специальной одежды с целью разработки рекомендаций по составлению рационального пакета для изготовления теплозащитного изделия для ЛОДВ. Определено что предпочтительным является пакет материалов, с входящим в состав основным материалом – мембранный (арт. 216FOR-Movement), прокладочным материалом утеплителем – Тинсулейт® и подкладочным материалом флис.

2. Экспериментальным путем определены границы варибельности показатель «теплоощущение» комфортной и некомфортной зоны нижних конечностей ЛОДВ, а также предложен показатель – «критический оптимум охлаждения кожного покрова нижних конечностей» равный для ЛОДВ 24,4°С.

Количество испытуемых составило 6 человек (люди с ограниченными двигательными возможностями, передвигающиеся при помощи инвалидных кресел-колясок).

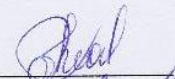
Продолжительность каждого испытания составило 1 час при температуре воздуха от минус 5°C до минус 10°C.


Продолжительность испытаний при температуре воздуха минус 15°C составило от 35 до 40 минут.

Представитель ФГБОУ ВО ИСОиП (филиал) ДГТУ в г. Шахты:

Аспирант кафедры КТиД

Доцент кафедры КТиД

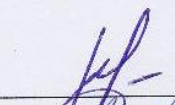

Л.Г. Бабенко


Н.Ю. Савельева

Представители ГБУСОН РО «Шахтинский ППИ»:

Директор

Врач-терапевт


И.С. Гринь


С.А. Аржанова

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

(обязательное)

Исследование теплозащитных свойств пакетов материалов

Таблица 3.1. – Пакет №1, температура окружающей среды 0°C

Мин эксп.	1 дат- чик	2 дат- чик	3 дат- чик	4 дат- чик	5 дат- чик	6 датчик	7 датчик	Средняя t, °C по всем датчи- кам	Тепло- ощуще- ния, баллы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0*	32,5	30,2	30,9	32,2	30,2	27,2	26,9	30,0	3
4	32,5	30,2	30,9	32,2	30,2	27,2	26,9	30,0	3
8	32,2	30,2	30,9	32,1	30,2	27,1	26,8	29,9	3
12	32,1	30,1	30,8	32,1	30,2	27,1	26,8	29,8	3
16	32,1	30,1	30,8	32,0	30,1	27,1	26,7	29,8	3
20	32,1	30,1	30,7	32,0	30,1	27,0	26,6	29,8	3
24	32,1	30,0	30,7	31,9	30,1	26,9	26,5	29,7	3
28	32,0	30,0	30,6	31,9	30,0	26,5	26,5	29,6	3
32	32,0	30,0	30,6	31,9	30,0	26,5	26,4	29,6	3
36	32,0	29,9	30,5	31,5	29,9	26,5	26,4	29,5	3
40	31,9	29,8	30,1	31,5	29,9	26,4	26,4	29,4	3
44	31,8	29,8	30,1	31,5	29,8	26,4	26,4	29,4	3
48	31,7	29,7	30,1	31,5	29,8	26,3	26,2	29,3	3
52	31,7	29,6	30,1	31,4	29,7	26,2	26,2	29,2	3
56	31,6	29,6	30,0	31,4	29,7	26,2	26,2	29,2	3
60	31,3	29,6	30,0	31,2	29,6	26,2	26,1	29,1	3

Таблица 3.2. – Пакет №2, температура окружающей среды 0°C

Мин эксп.	1 дат- чик	2 дат- чик	3 дат- чик	4 дат- чик	5 дат- чик	6 датчик	7 датчик	Средняя t, °C по всем датчи- кам	Тепло- ощуще- ния, баллы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0*	32,5	30,2	30,9	32,2	30,2	27,2	26,9	30,0	3
4	32,5	30,2	30,9	32,2	30,2	27,2	26,9	30,0	3
8	32,4	30,2	30,9	32,1	30,2	27,1	26,8	29,9	3
12	32,4	30,1	30,8	32,1	30,2	27,1	26,8	29,9	3
16	32,3	30,1	30,8	32,0	30,1	27,1	26,7	29,8	3
20	32,3	30,1	30,7	32,0	30,1	27,0	26,6	29,8	3
24	32,2	30,0	30,7	31,9	30,1	26,9	26,5	29,7	3
28	32,2	30,0	30,6	31,9	30,0	26,9	26,5	29,7	3
32	32,1	30,0	30,6	31,9	30,0	26,5	26,5	29,6	3
36	32,1	29,9	30,5	31,8	29,9	26,5	26,4	29,5	3

Окончание таблицы 3.2.

40	32,0	29,8	30,5	31,8	29,9	26,4	26,4	29,5	3
44	32,0	29,8	30,5	31,8	29,8	26,4	26,4	29,5	3
48	32,0	29,7	30,5	31,8	29,8	26,3	26,2	29,4	3
52	31,9	29,6	30,2	31,7	29,7	26,2	26,2	29,3	3
56	31,9	29,6	30,1	31,7	29,7	26,2	26,2	29,3	3
60	31,9	29,6	30,1	31,7	29,7	26,2	26,1	29,3	3

Таблица 3.3. – Пакет №3, температура окружающей среды 0°С

Мин эксп.	1 дат- дат- чик	2 дат- дат- чик	3 дат- дат- чик	4 дат- дат- чик	5 дат- дат- чик	6 датчик	7 датчик	Средняя t, °С по всем датчи- кам	Тепло-ощуще- ния, баллы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0*	32,5	30,2	30,9	32,2	30,2	27,2	26,9	30,0	3
4	32,5	30,2	30,9	32,2	30,2	27,2	26,9	30,0	3
8	32,4	30,2	30,9	32,1	30,2	27,1	26,8	29,9	3
12	32,4	30,1	30,8	32,1	30,2	27,1	26,8	29,9	3
16	32,3	30,1	30,8	32,0	30,1	27,1	26,7	29,8	3
20	32,3	30,1	30,7	32,0	30,1	27,0	26,6	29,8	3
24	32,2	30,0	30,7	31,9	30,1	26,9	26,5	29,7	3
28	32,2	30,0	30,6	31,9	30,0	26,9	26,4	29,7	3
32	32,1	30,0	30,6	31,6	30,0	26,5	26,4	29,6	3
36	32,0	29,9	30,5	31,6	29,9	26,5	26,4	29,5	3
40	32,0	29,8	30,5	31,5	29,8	26,4	26,4	29,4	3
44	32,0	29,8	30,5	31,5	29,8	26,4	26,4	29,4	3
48	32,0	29,7	30,5	31,5	29,8	26,3	26,2	29,4	3
52	31,8	29,4	30,2	31,5	29,7	26,2	26,2	29,2	3
56	31,8	29,4	30,1	31,5	29,7	26,2	26,2	29,2	3
60	31,7	29,4	30,1	31,5	29,7	26,2	26,1	29,2	3

Таблица 3.4. – Пакет №21, температура окружающей среды 0°С

Мин эксп.	1 дат- чик	2 дат- чик	3 дат- чик	4 дат- чик	5 дат- чик	6 датчик	7 датчик	Средняя t, °С по всем датчи- кам	Тепло-ощуще- ния, баллы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0*	32,5	30,2	30,9	32,2	30,2	27,2	26,9	30,0	3
4	32,4	30,2	30,7	32,2	30,2	27,2	26,9	29,9	3
8	32,1	30,2	30,7	32,1	30,2	27,1	26,5	29,8	3
12	32,0	30,0	30,4	32,1	30,2	27,1	26,5	29,7	3

Окончание таблицы 3.4.

16	31,9	30,0	30,4	32,0	30,1	27,1	26,2	29,6	3
20	31,9	30,0	30,4	32,0	30,1	27,0	26,2	29,6	3
24	31,8	29,9	30,2	31,4	30,1	26,6	26,2	29,4	3
28	31,7	29,8	30,2	31,4	30,0	26,6	26,2	29,4	3
32	31,7	29,7	30,2	31,4	30,0	26,6	26,2	29,4	3
36	31,6	29,7	30,2	31,4	29,7	26,6	26,2	29,3	3
40	31,6	29,5	30,1	31,4	29,7	26,4	26,2	29,2	3
44	31,5	29,5	30,1	31,3	29,7	26,4	26,2	29,2	3
48	31,4	29,5	30,1	31,3	29,7	26,3	26,2	29,2	3
52	31,2	29,4	30,1	31,3	29,5	26,2	26,1	29,1	3
56	31,1	29,3	30,0	31,3	29,5	26,2	26,1	29,0	3
60	31,0	29,3	30,0	31,2	29,3	26,2	26,1	29,0	3

Таблица 3.5. – Пакет №22, температура окружающей среды 0°С

Мин эксп.	1 дат- чик	2 дат- чик	3 дат- чик	4 дат- чик	5 дат- чик	6 датчик	7 датчик	Средняя t, °С по всем датчи- кам	Тепло- ощуще- ния, баллы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0*	32,5	30,2	30,9	32,2	30,2	27,2	26,9	30,0	3
4	32,5	30,2	30,9	32,2	30,2	27,2	26,9	30,0	3
8	32,5	30,2	30,9	32,2	30,2	27,2	26,7	29,9	3
12	32,4	30,1	30,7	32,1	30,2	27,2	26,7	29,9	3
16	32,4	30,1	30,7	32,1	30,2	27,2	26,7	29,9	3
20	32,4	30,0	30,5	32,1	30,1	27,2	26,6	29,8	3
24	32,4	29,9	30,4	31,2	30,1	27,2	26,6	29,6	3
28	32,6	29,9	30,2	31,4	30,1	27,1	26,6	29,7	3
32	31,7	29,9	30,2	31,4	30,0	27,1	26,2	29,5	3
36	31,6	29,9	30,2	31,4	29,7	26,6	26,2	29,3	3
40	31,6	29,9	30,1	31,4	29,7	26,4	26,2	29,3	3
44	31,5	29,5	30,1	31,3	29,7	26,4	26,2	29,2	3
48	31,4	29,5	30,1	31,3	29,7	26,3	26,2	29,2	3
52	31,2	29,4	30,1	31,3	29,5	26,2	26,1	29,1	3
56	31,1	29,3	30,0	31,3	29,5	26,2	26,1	29,0	3
60	31,0	29,3	30,0	31,2	29,3	26,2	26,1	29,0	3

Таблица 3.6. – Пакет №23, температура окружающей среды 0°С

Мин эксп.	1 датчик	2 датчик	3 датчик	4 датчик	5 датчик	6 датчик	7 датчик	Средняя t, °С по всем датчикам	Теплоощущения, баллы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0*	32,5	30,2	30,9	32,2	30,2	27,2	26,9	30,0	3
4	32,4	30,2	30,7	32,2	30,2	27,2	26,9	29,9	3
8	32,1	30,2	30,7	32,1	30,2	27,1	26,5	29,8	3
12	32,0	30,0	30,4	32,1	30,2	27,1	26,5	29,7	3
16	31,7	30,0	30,4	32,0	30,1	27,1	26,2	29,6	3
20	31,7	30,0	30,4	32,0	30,1	27,0	26,2	29,6	3
24	31,7	29,5	30,2	31,4	30,1	26,6	26,2	29,3	3
28	31,7	29,5	30,2	31,4	30,0	26,6	26,2	29,3	3
32	31,7	29,4	30,2	31,4	30,0	26,6	26,2	29,3	3
36	31,6	29,4	30,2	31,4	29,7	26,5	26,2	29,2	3
40	31,6	29,4	30,1	31,4	29,7	26,4	26,2	29,2	3
44	31,5	29,4	30,1	31,3	29,7	26,4	26,1	29,2	3
48	31,4	29,4	30,1	31,3	29,7	26,3	26,1	29,1	3
52	31,2	29,4	30,1	31,3	29,5	26,2	26,1	29,1	3
56	31,1	29,3	30,0	31,3	29,5	26,2	26,1	29,0	3
60	31,0	29,3	30,0	31,2	29,3	26,2	26,1	29,0	3

Таблица 3.7. – Пакет №1, температура окружающей среды минус 5°С

Мин эксп.	1 датчик	2 датчик	3 датчик	4 датчик	5 датчик	6 датчик	7 датчик	Средняя t, °С по всем датчикам	Теплоощущения, баллы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0*	32,5	30,2	30,9	32,2	30,2	27,2	26,9	30,0	3
4	32,2	30,2	30,9	32,2	30,2	27,2	26,9	30,0	3
8	32,1	30,2	30,9	32,1	30,2	27,1	26,8	29,9	3
12	32,1	30,2	30,8	32,0	30,1	27,1	26,7	29,8	3
16	32,0	30,1	30,8	32,0	30,1	27,1	26,7	29,8	2
20	31,7	29,7	30,4	31,7	29,8	27,0	26,5	29,5	2
24	31,6	29,7	30,4	31,7	29,8	26,8	26,4	29,4	2
28	31,4	29,7	30,2	31,4	29,7	26,7	26,4	29,3	2
32	31,4	29,4	30,0	31,2	29,7	26,7	26,1	29,2	2
36	31,0	29,1	29,7	31,2	29,7	25,9	26,1	28,9	2
40	31,0	29,1	29,5	31,2	29,4	25,8	26,0	28,8	2

Окончание таблицы 3.7.

44	30,9	29,0	29,4	31,2	29,1	25,7	25,9	28,7	2
48	30,9	29,0	29,4	31,2	29,1	25,7	25,8	28,7	2
52	30,7	28,8	29,2	31,1	28,4	25,4	25,8	28,4	2
56	30,7	28,8	29,1	30,9	28,4	25,4	25,8	28,4	2
60	30,7	28,4	29,1	30,8	28,4	25,2	25,2	28,2	2

Таблица 3.8. – Пакет №2, температура окружающей среды минус 5°C

Мин эксп.	1 дат- чик	2 дат- чик	3 дат- чик	4 дат- чик	5 дат- чик	6 датчик	7 датчик	Средняя t, °С по всем датчи- кам	Тепло- ощуще- ния, баллы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0*	32,5	30,2	30,9	32,2	30,2	27,2	26,9	30,0	3
4	32,5	30,2	30,9	32,2	30,2	27,2	26,9	30,0	3
8	32,2	30,2	30,9	32,1	30,2	27,1	26,8	29,9	3
12	32,2	30,1	30,8	32,1	30,2	27,1	26,8	29,9	3
16	32,2	30,1	30,8	32,0	30,1	27,1	26,7	29,8	3
20	32,2	30,1	30,7	32,0	30,1	27,0	26,6	29,8	3
24	32,2	30,0	30,7	31,9	30,1	26,9	26,5	29,7	3
28	32,2	30,0	30,6	31,9	30,0	26,9	26,5	29,7	3
32	32,1	30,0	30,6	31,9	30,0	26,5	26,5	29,6	3
36	32,1	29,6	30,5	31,8	29,9	26,5	26,4	29,5	3
40	32,0	29,6	30,5	31,8	29,9	26,4	26,4	29,5	3
44	32,0	29,6	30,2	31,4	29,8	26,4	26,4	29,4	2
48	32,0	29,6	30,2	31,4	29,8	26,3	26,2	29,3	2
52	31,7	29,6	30,2	31,4	29,7	26,2	26,2	29,2	2
56	31,7	29,6	30,1	31,4	29,7	26,2	26,2	29,2	2
60	31,7	29,6	30,1	31,4	29,7	26,2	26,1	29,2	2

Таблица 3.9. – Пакет №3, температура окружающей среды минус 5°С

Мин эксп.	1 датчик	2 датчик	3 датчик	4 датчик	5 датчик	6 датчик	7 датчик	Средняя t, °С по всем датчикам	Теплоощущения, баллы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0*	32,5	30,2	30,9	32,2	30,2	27,2	26,9	30,0	3
4	32,5	30,2	30,9	32,2	30,2	27,2	26,9	30,0	3
8	32,2	30,2	30,9	32,1	30,2	27,1	26,8	29,9	3
12	32,2	30,1	30,8	32,1	30,2	27,1	26,8	29,9	3
16	32,2	30,1	30,8	32,0	30,1	27,1	26,7	29,8	3
20	32,2	30,1	30,7	32,0	30,1	27,0	26,6	29,8	2
24	32,2	30,0	30,7	31,9	30,1	26,9	26,5	29,7	2
28	32,2	30,0	30,6	31,9	30,0	26,9	26,5	29,7	2
32	32,1	30,0	30,6	31,9	30,0	26,5	26,5	29,6	2
36	32,1	29,6	30,5	31,8	29,9	26,5	26,4	29,5	2
40	32,0	29,6	30,5	31,8	29,9	26,4	26,4	29,5	2
44	32,0	29,6	30,2	31,4	29,8	26,4	26,4	29,4	2
48	32,0	29,6	30,2	31,4	29,8	26,3	26,2	29,3	2
52	31,0	29,2	30,2	31,4	29,7	26,2	26,2	29,1	2
56	31,0	29,2	30,1	31,2	29,7	26,0	26,0	29,0	2
60	31,0	29,2	30,0	31,0	29,2	26,0	26,0	28,9	2

Таблица 3.10. – Пакет №21, температура окружающей среды минус 5°С

Мин эксп.	1 датчик	2 датчик	3 датчик	4 датчик	5 датчик	6 датчик	7 датчик	Средняя t, °С по всем датчикам	Теплоощущения, баллы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0*	32,5	30,2	30,9	32,2	30,2	27,2	26,9	30,0	3
4	32,4	30,1	30,7	32,1	30,1	27,2	26,7	29,9	3
8	32,4	30,1	30,5	32,0	30,1	27,2	26,7	29,8	3
12	32,1	30,0	30,5	32,0	30,1	27,1	26,4	29,7	3
16	32,1	30,0	30,2	31,8	30,0	27,1	26,4	29,6	3
20	31,8	29,9	30,1	31,7	30,0	27,1	26,4	29,5	2
24	31,8	29,7	29,8	31,4	29,9	27,1	26,4	29,4	2
28	31,5	29,6	29,8	31,2	29,9	27,0	26,2	29,3	2
32	31,2	29,5	29,7	31,2	29,7	26,9	26,2	29,2	2

Окончание таблицы 3.10.

36	31,2	29,4	29,6	31,1	29,7	26,4	26,2	29,0	2
40	31,1	29,2	29,4	31,1	29,7	26,4	26,2	29,0	2
44	31,1	29,2	29,3	30,0	29,6	26,4	26,2	28,8	2
48	31,1	29,1	29,1	30,0	29,6	26,1	26,2	28,7	2
52	31,1	29,1	28,7	30,0	29,4	26,1	26,2	28,6	1
56	31,1	28,8	28,4	29,7	29,4	26,1	26,2	28,5	1
60	31,1	28,4	28,2	29,5	29,2	26,1	26,2	28,3	1

Таблица 3.11. – Пакет №22, температура окружающей среды минус 5°C

Мин эксп.	1 дат- чик	2 дат- чик	3 дат- чик	4 дат- чик	5 дат- чик	6 датчик	7 датчик	Средняя t, °C по всем датчи- кам	Тепло- ощуще- ния, баллы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0*	32,5	30,2	30,9	32,2	30,2	27,2	26,9	30,0	3
4	32,5	30,2	30,7	32,1	30,1	27,2	26,7	29,9	3
8	32,5	30,2	30,7	32,0	30,1	27,2	26,7	29,9	3
12	32,5	30,0	30,7	32,0	30,1	27,1	26,4	29,8	3
16	32,5	30,0	30,2	31,8	30,0	27,1	26,4	29,7	3
20	31,9	30,0	30,1	31,7	30,0	27,1	26,4	29,6	2
24	31,8	30,0	29,8	31,7	29,9	27,1	26,4	29,5	2
28	31,5	29,9	29,8	31,7	29,9	27,0	26,2	29,4	2
32	31,2	29,9	29,7	31,7	29,7	26,9	26,2	29,3	2
36	31,2	29,4	29,6	31,7	29,7	26,4	26,2	29,1	2
40	31,2	29,2	29,4	31,7	29,7	26,4	26,2	29,1142 8571	2
44	31,2	29,2	29,3	31,7	29,6	26,4	26,2	29,0	2
48	31,1	29,1	29,1	31,7	29,6	26,1	26,2	28,9	2
52	31,1	29,1	28,7	31,7	29,4	26,1	26,2	28,9	2
56	31,1	28,8	28,4	31,7	29,4	26,1	26,2	28,8142 8571	2
60	31,1	28,4	28,2	31,5	29,2	26,1	26,2	28,6	2

Таблица 3.12. – Пакет №23, температура окружающей среды минус 5°C

Мин эксп.	1 датчик	2 датчик	3 датчик	4 датчик	5 датчик	6 датчик	7 датчик	Средняя t, °С по всем датчикам	Теплоощущения, баллы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0*	32,5	30,2	30,9	32,2	30,2	27,2	26,9	30,0	3
4	32,4	30,1	30,7	32,1	30,1	27,2	26,7	29,9	3
8	32,4	30,1	30,5	32,0	30,1	27,2	26,7	29,8	3
12	32,1	30,0	30,5	32,0	30,1	27,1	26,4	29,7	3
16	32,1	30,0	30,2	31,8	30,0	27,1	26,4	29,6	3
20	31,8	29,9	30,1	31,7	30,0	27,1	26,4	29,5	2
24	31,8	29,7	29,8	31,4	29,9	27,1	26,4	29,4	2
28	31,5	29,6	29,8	31,2	29,9	27,0	26,2	29,3	2
32	31,2	29,5	29,7	31,2	29,7	26,9	26,2	29,2	2
36	31,2	29,4	29,6	31,1	29,7	26,4	26,2	29,0	2
40	31,1	29,2	29,4	31,1	29,7	26,4	26,2	29,0	2
44	31,1	29,2	29,3	30,0	29,6	26,4	26,2	28,8	2
48	31,1	29,1	29,1	30,0	29,6	26,1	26,2	28,7	2
52	31,1	29,1	28,7	30,0	29,4	26,1	26,2	28,6	2
56	31,1	28,8	28,4	29,7	29,4	26,1	26,2	28,5	2
60	31,1	28,4	28,2	29,5	29,2	26,1	26,2	28,3	2

Таблица 3.13. – Пакет №1, температура окружающей среды минус 10°C

Мин эксп.	1 датчик	2 датчик	3 датчик	4 датчик	5 датчик	6 датчик	7 датчик	Средняя t, °С по всем датчикам	Теплоощущения, баллы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0*	32,5	30,2	30,9	32,2	30,2	27,2	26,9	30,0	3
4	32,2	30,2	30,7	32,2	30,2	27,2	26,9	29,9	3
8	32,2	30,0	30,7	32,1	30,2	27,1	26,8	29,8	3
12	32,1	30,0	30,7	32,0	30,1	27,1	26,7	29,8	3
16	31,8	30,0	30,7	32,0	30,1	27,1	26,7	29,7	2
20	31,7	29,2	30,4	31,7	29,8	27,0	26,5	29,4	2
24	31,6	29,2	30,4	31,7	29,8	26,8	26,4	29,4	2
28	31,4	29,2	30,2	31,4	29,7	26,7	26,4	29,2	2

Окончание таблицы 3.13.

32	31,4	29,1	30,0	31,2	29,7	26,7	26,1	29,1	2
36	31,0	29,1	29,7	31,2	29,7	25,9	26,1	28,9	2
40	31,0	29,1	29,5	31,2	29,4	25,8	26,0	28,8	2
44	29,8	29,0	29,4	31,2	29,0	25,7	25,8	28,5	2
48	29,8	29,0	29,0	31,0	29,1	25,7	25,4	28,4	2
52	29,4	28,5	29,2	31,1	28,4	25,4	25,4	28,2	2
56	29,4	28,5	29,1	30,9	28,4	25,4	25,4	28,1	2
60	29,7	28,4	29,1	30,8	28,4	25,2	25,2	28,1	2

Таблица 3.14. – Пакет №2, температура окружающей среды минус 10°C

Мин эсп.	1 дат- чик	2 дат- чик	3 дат- чик	4 дат- чик	5 дат- чик	6 датчик	7 датчик	Средняя t, °С по всем датчи- кам	Тепло- ощуще- ния, баллы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0*	32,5	30,2	30,9	32,2	30,2	27,2	26,9	30,0	3
4	32,5	30,2	30,9	32,2	30,2	27,2	26,9	30,0	3
8	32,5	30,2	30,9	32,1	30,2	27,1	26,8	29,9	3
12	32,5	30,2	30,8	32,1	30,2	27,1	26,8	29,9	3
16	32,4	30,2	30,8	32,0	30,1	27,1	26,7	29,9	3
20	32,4	30,2	30,7	32,0	30,1	27,0	26,6	29,8	3
24	32,4	30,0	30,7	31,9	30,1	26,9	26,5	29,7	3
28	32,2	30,0	30,6	31,9	30,0	26,9	26,5	29,7	3
32	32,1	30,0	30,6	31,9	30,0	26,5	26,5	29,6	3
36	32,1	29,2	30,5	31,8	29,9	26,5	26,4	29,4	3
40	32,0	29,2	30,5	31,8	29,9	26,4	26,4	29,4	3
44	32,0	29,6	30,2	31,4	29,8	26,4	26,4	29,4	2
48	32,0	29,6	30,2	31,4	29,8	26,3	26,2	29,3	2
52	31,9	29,6	30,2	31,4	29,7	26,2	26,2	29,3	2
56	31,9	29,6	30,1	31,4	29,7	26,2	26,2	29,3	2
60	31,9	29,6	30,1	31,4	29,7	26,2	26,1	29,2	2

Таблица 3.15. – Пакет №3, температура окружающей среды минус 10°C

Мин эксп.	1 датчик	2 датчик	3 датчик	4 датчик	5 датчик	6 датчик	7 датчик	Средняя t, °С по всем датчикам	Теплоощущения, баллы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0*	32,5	30,2	30,9	32,2	30,2	27,2	26,9	30,0	3
4	32,5	30,2	30,9	32,2	30,2	27,2	26,9	30,0	3
8	32,2	30,2	30,9	32,1	30,2	27,1	26,8	29,9	3
12	32,1	30,1	30,8	32,1	30,2	27,1	26,8	29,8	3
16	32,1	30,1	30,8	32,0	30,1	27,1	26,7	29,8	3
20	32,1	30,1	30,7	32,0	30,1	27,0	26,6	29,8	2
24	32,0	30,0	30,7	31,9	30,1	26,9	26,5	29,7	2
28	32,0	30,0	30,6	31,9	30,0	26,9	26,5	29,7	2
32	29,9	30,0	30,6	31,9	30,0	26,5	26,5	29,3	2
36	29,9	30,0	30,2	31,8	29,9	26,5	26,4	29,2	2
40	29,8	30,0	30,2	31,8	29,9	26,4	26,4	29,2	2
44	29,8	30,0	30,0	31,4	29,8	26,4	26,4	29,1	2
48	29,7	30,0	30,0	31,4	29,8	26,3	26,2	29,0	2
52	29,7	30,0	30,0	31,4	29,7	26,0	26,2	29	1
56	29,6	30,0	29,7	31,2	29,7	25,9	26,0	28,8	1
60	29,4	30,0	29,4	31,0	29,2	25,9	26,0	28,7	1

Таблица 3.16. – Пакет №21, температура окружающей среды минус 10°C

Мин эксп.	1 датчик	2 датчик	3 датчик	4 датчик	5 датчик	6 датчик	7 датчик	Средняя t, °С по всем датчикам	Теплоощущения, баллы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0*	32,5	30,2	30,9	32,2	30,2	27,2	26,9	30,0	3
4	32,4	30,0	30,7	32,1	30,1	27,2	26,7	29,8	3
8	32,4	30,0	30,5	32,0	30,1	27,2	26,7	29,8	3
12	32,0	30,0	30,5	32,0	30,1	27,1	26,4	29,7	3
16	32,0	30,0	30,2	31,8	30,0	27,1	26,4	29,6	3
20	31,2	29,4	30,1	31,7	30,0	27,1	26,4	29,4	2
24	31,2	29,4	29,8	31,4	29,9	27,0	26,0	29,2	2
28	31,2	29,4	29,4	31,2	29,9	27,0	26,0	29,1	2

Окончание таблицы 3.16.

32	31,2	29,4	29,4	31,2	29,7	26,9	26,0	29,1	2
36	31,2	29,4	29,4	31,1	29,4	26,4	26,2	29,0	2
40	31,0	29,1	29,4	31,1	29,4	26,4	26,2	28,9	2
44	31,0	29,1	29,3	30,0	29,4	26,4	26,2	28,7	2
48	31,0	29,1	29,1	30,0	29,4	26,1	26,2	28,7	2
52	31,0	29,1	28,2	30,0	29,4	26,1	26,2	28,5	1
56	31,0	28,2	28,2	29,4	29,4	26,1	26,2	28,3	1
60	29,8	28,2	28,2	29,2	29,2	26,1	26,2	28,1	1

Таблица 3.17. – Пакет №22, температура окружающей среды минус 10°C

Мин эксп.	1 дат- чик	2 дат- чик	3 дат- чик	4 дат- чик	5 дат- чик	6 датчик	7 датчик	Средняя t, °С по всем датчи- кам	Тепло- ощуще- ния, баллы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0*	32,5	30,2	30,9	32,2	30,2	27,2	26,9	30,0	3
4	32,5	30,2	30,7	32,1	30,1	27,2	26,7	29,9	3
8	32,5	30,2	30,7	32,0	30,1	27,2	26,7	29,9	3
12	32,5	30,0	30,7	32,0	30,1	27,1	26,4	29,8	3
16	32,5	30,0	30,2	31,8	30,0	27,1	26,4	29,7	3
20	31,9	30,0	30,1	31,7	30,0	27,1	26,4	29,6	2
24	31,9	30,0	29,8	31,7	29,9	27,1	26,4	29,5	2
28	31,9	29,9	29,8	31,7	29,9	27,0	26,4	29,5	2
32	31,9	29,9	29,7	31,7	29,7	26,9	26,4	29,4	2
36	31,9	29,5	29,6	31,7	29,7	26,4	26,2	29,2	2
40	31,4	29,5	29,6	31,7	29,7	26,4	26,2	29,2	2
44	31,4	29,5	29,6	31,7	29,7	26,4	26,2	29,2	2
48	31,4	29,5	29,6	31,7	29,7	26,4	26,2	29,2	2
52	31,4	29,1	28,7	31,7	29,7	26,4	26,2	29,0285 7143	2
56	31,4	29,1	28,7	31,7	29,4	26,1	26,2	28,9	2
60	31,2	28,4	28,2	31,5	29,2	26,1	26,2	28,6	2

Таблица 3.18. – Пакет №23, температура окружающей среды минус 10°C

Мин эксп.	1 датчик	2 датчик	3 датчик	4 датчик	5 датчик	6 датчик	7 датчик	Средняя t, °С по всем датчикам	Теплоощущения, баллы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0*	32,5	30,2	30,9	32,2	30,2	27,2	26,9	30,0	3
4	32,4	30,1	30,7	32,1	30,1	27,2	26,7	29,9	3
8	32,0	30,1	30,5	32,0	30,1	27,2	26,7	29,8	3
12	32,0	30,0	30,5	32,0	30,1	27,1	26,4	29,7	3
16	32,0	30,0	30,2	31,8	30,0	27,1	26,4	29,6	3
20	31,8	29,9	30,1	31,5	30,0	27,1	26,4	29,5	2
24	31,5	29,7	29,7	31,4	29,4	27,1	26,4	29,3	2
28	31,5	29,2	29,7	31,2	29,4	27,0	26,2	29,1	2
32	31,0	29,2	29,7	31,2	29,4	26,4	26,2	29,0	2
36	31,0	29,2	29,6	31,1	29,4	26,4	26,2	28,9	2
40	31,0	29,2	29,4	31,1	29,4	26,4	26,2	28,9	2
44	31,0	29,2	29,3	30,0	29,4	26,4	26,2	28,7	2
48	31,0	29,1	29,1	30,0	29,4	26,1	26,2	28,7	2
52	31,0	29,1	28,7	30,0	29,4	26,1	26,1	28,6	1
56	31,0	28,8	28,4	29,7	29,4	26,1	26,2	28,5	1
60	29,8	28,2	28,2	29,5	29,2	26,1	26,2	28,1	1

Таблица 3.19. – Пакет №1, температура окружающей среды минус 15°C

Мин эксп.	1 датчик	2 датчик	3 датчик	4 датчик	5 датчик	6 датчик	7 датчик	Средняя t, °С по всем датчикам	Теплоощущения, баллы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0*	32,5	30,2	30,9	32,2	30,2	27,2	26,9	30,0	3
4	31,9	30,2	30,7	32,2	30,2	27,2	26,9	29,9	3
8	31,8	30,0	30,7	32,1	30,2	27,1	26,8	29,8	3
12	31,8	30,0	30,7	32,0	30,1	27,1	26,7	29,7	3
16	31,8	30,0	30,7	32,0	30,1	27,1	26,7	29,7	2
20	31,2	29,1	30,4	31,7	29,8	27,0	26,5	29,3	2
24	31,2	29,1	30,4	31,7	29,8	26,8	26,4	29,3	2
28	31,2	29,1	30,2	31,4	29,7	26,7	26,4	29,2	2
32	31,2	29,1	30,0	31,2	29,7	26,7	26,1	29,1	2

Окончание таблицы 3.19.

36	31,0	29,1	29,4	31,2	29,7	25,9	26,1	28,9	2
40	31,0	29,0	29,5	31,2	29,4	25,8	26,0	28,8	2
44	29,8	29,0	29,4	31,2	29,0	25,7	25,8	28,5	2
48	29,8	29,0	29,0	31,0	29,1	25,0	25,4	28,3	1
52	29,4	28,5	29,2	31,1	27,4	25,0	25,1	27,9	1
56	29,4	28,5	29,1	30,9	27,4	25,0	25,1	27,9	1
60	29,7	28,4	29,1	30,8	28,4	25,0	25,1	28,0	1

Таблица 3.20. – Пакет №2, температура окружающей среды минус 15°C

Мин эксп.	1 дат- чик	2 дат- чик	3 дат- чик	4 дат- чик	5 дат- чик	6 датчик	7 датчик	Средняя t, °C по всем датчи- кам	Тепло- ощуще- ния, баллы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0*	32,5	30,2	30,9	32,2	30,2	27,2	26,9	30,0	3
4	32,5	30,2	30,9	32,2	30,2	27,2	26,9	30,0	3
8	32,5	30,2	30,9	32,1	30,2	27,1	26,8	29,9	3
12	32,5	30,2	30,8	32,1	30,2	27,1	26,8	29,9	3
16	31,9	30,2	30,8	32,0	30,1	27,1	26,7	29,8	3
20	31,9	30,2	30,7	32,0	30,1	27,0	26,6	29,7	3
24	31,9	30,0	30,7	31,9	30,1	26,9	26,5	29,7	3
28	31,9	30,0	30,6	31,9	30,0	26,9	26,5	29,6	3
32	31,9	30,0	30,6	31,9	30,0	26,5	26,5	29,6	3
36	31,9	29,2	30,5	31,8	29,9	26,5	26,4	29,4	3
40	31,9	29,2	30,5	31,2	29,9	26,4	26,4	29,3	3
44	31,9	29,6	30,2	31,4	29,8	26,4	26,4	29,3	2
48	31,9	29,6	30,2	31,4	29,8	26,3	26,2	29,3	2
52	31,9	29,6	30,2	31,4	29,7	26,2	26,2	29,3	2
56	31,9	29,6	30,1	31,4	29,7	26,2	26,2	29,3	2
60	31,9	29,6	30,1	31,4	29,2	26,2	26,1	29,2	1

Таблица 3.21. – Пакет №3, температура окружающей среды минус 15°C

Мин эксп.	1 датчик	2 датчик	3 датчик	4 датчик	5 датчик	6 датчик	7 датчик	Средняя t, °С по всем датчикам	Теплоощущения, баллы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0*	32,5	30,2	30,9	32,2	30,2	27,2	26,9	30,0	3
4	32,5	30,2	30,9	32,2	30,2	27,2	26,9	30,0	3
8	32,2	30,2	30,9	32,1	30,2	27,1	26,8	29,9	3
12	32,1	30,1	30,8	32,1	30,2	27,1	26,8	29,8	3
16	32,1	30,1	30,8	32,0	30,1	27,1	26,7	29,8	3
20	32,1	30,1	30,7	32,0	30,1	27,0	26,6	29,8	2
24	32,0	30,0	30,7	31,9	30,1	26,9	26,5	29,7	2
28	32,0	30,0	30,6	31,9	30,0	26,9	26,5	29,7	2
32	29,9	30,0	30,6	31,9	30,0	26,5	26,5	29,3	2
36	29,9	30,0	30,2	31,8	29,9	26,5	26,4	29,2	2
40	29,8	30,0	30,2	31,8	29,9	26,4	26,4	29,2	2
44	27,2	30,0	30,0	31,4	29,8	26,4	26,4	28,7	2
48	27,2	29,7	30,0	31,4	29,8	26,3	26,0	28,6	2
52	27,2	29,7	30,0	31,4	29,7	26,0	26,0	28,5	1
56	27,2	29,7	29,2	31,0	29,7	25,4	26,0	28,3	1
60	27,2	29,7	29,2	29,7	29,2	25,4	26,0	28,0	1

Таблица 3.22. – Пакет №21, температура окружающей среды минус 15°C

Мин эксп.	1 датчик	2 датчик	3 датчик	4 датчик	5 датчик	6 датчик	7 датчик	Средняя t, °С по всем датчикам	Теплоощущения, баллы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0*	32,5	30,2	30,9	32,2	30,2	27,2	26,9	30,0	3
4	32,4	30,0	30,7	32,1	30,1	27,2	26,7	29,8	3
8	32,4	30,0	30,5	32,0	30,1	27,2	26,7	29,8	3
12	32,0	30,0	30,5	32,0	30,1	27,1	26,4	29,7	3
16	32,0	30,0	30,2	31,8	30,0	27,1	26,4	29,6	3
20	31,2	29,4	30,1	31,7	30,0	27,1	26,4	29,4	2
24	31,2	29,4	29,8	31,4	29,9	27,0	26,0	29,2	2
28	31,2	29,4	29,4	31,2	29,9	27,0	26,0	29,1	2
32	31,2	29,4	29,4	31,2	29,4	26,9	26,0	29,0	1

Окончание таблицы 3.22.

36	31,0	29,1	29,4	31,1	29,4	26,4	26,0	28,9	1
40	31,0	29,1	29,4	31,1	29,2	26,4	26,0	28,8	1
44	31,0	29,1	29,3	30,0	29,2	26,4	26,0	28,7	1
48	31,0	29,1	29,1	30,0	29,2	26,1	26,0	28,6	1
52	31,0	29,1	28,1	30,0	29,2	26,1	26,0	28,5	1
56	31,0	28,2	28,1	29,2	29,2	26,1	26,0	28,2	1
60	29,4	28,2	28,1	29,1	29,1	26,1	26,0	28	1

Таблица 3.23. – Пакет №22, температура окружающей среды минус 15°C

Мин эксп.	1 датчик	2 датчик	3 датчик	4 датчик	5 датчик	6 датчик	7 датчик	Средняя t, °С по всем датчикам	Теплоощущения, баллы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0*	32,5	30,2	30,9	32,2	30,2	27,2	26,9	30,0	3
4	32,5	30,2	30,7	32,1	30,1	27,2	26,7	29,9	3
8	32,5	30,2	30,7	32,0	30,1	27,2	26,7	29,9	3
12	32,5	30,2	30,7	32,0	30,1	27,1	26,4	29,8	3
16	32,5	30,2	30,2	31,8	30,0	27,1	26,4	29,7	3
20	31,9	30,0	30,1	31,8	30,0	27,1	26,4	29,6	2
24	31,9	30,0	29,8	31,7	29,9	27,1	26,4	29,5	2
28	31,9	29,9	29,8	31,7	29,9	27,0	26,4	29,5	2
32	31,9	29,9	29,8	31,7	29,7	27,0	26,4	29,4	2
36	31,9	29,5	29,8	31,7	29,7	26,4	26,2	29,3	2
40	31,4	29,5	29,8	31,7	29,7	26,4	26,2	29,2	2
44	31,4	29,5	29,8	31,7	29,7	26,4	26,2	29,2	2
48	31,4	29,5	29,8	31,7	29,7	26,4	26,2	29,2	2
52	31,4	29,1	28,8	31,7	29,7	26,4	26,2	29,0	2
56	31,4	29,1	28,8	31,7	29,4	26,1	26,2	28,9	1
60	31,2	28,4	28,2	31,5	29,2	26,1	26,2	28,6	1

Таблица 3.24. – Пакет №23, температура окружающей среды минус 15°С

Мин эксп.	1 дат- чик	2 дат- чик	3 дат- чик	4 дат- чик	5 дат- чик	6 датчик	7 датчик	Средняя t, °С по всем датчи- кам	Тепло- ощуще- ния, баллы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0*	32,5	30,2	30,9	32,2	30,2	27,2	26,9	30,0	3
4	32,4	30,1	30,7	32,1	30,1	27,2	26,7	29,9	3
8	32,0	30,1	30,5	32,0	30,1	27,2	26,7	29,8	3
12	32,0	30,0	30,5	32,0	30,1	27,1	26,4	29,7	3
16	32,0	30,0	30,2	31,8	30,0	27,1	26,4	29,6	3
20	31,8	29,2	30,1	31,5	30,0	27,1	26,4	29,4	2
24	31,5	29,2	29,7	31,4	29,4	27,1	26,4	29,2	2
28	31,5	29,2	29,7	31,2	29,4	27,0	26,2	29,1	2
32	31,0	29,2	29,7	31,2	29,4	26,4	26,2	29,0	2
36	31,0	29,2	29,6	31,1	29,4	26,4	26,2	28,9	2
40	31,0	29,2	29,4	31,1	29,4	26,2	26,2	28,9	2
44	31,0	29,2	29,3	30,0	29,4	26,2	26,2	28,7	2
48	31,0	29,1	29,1	30,0	29,4	26,1	26,2	28,7	2
52	31,0	29,1	28,7	30,0	29,4	26,1	26,1	28,6	1
56	31,0	28,2	28,4	29,2	27,4	26,1	26,2	28,0	1
60	29,8	28,2	28,2	29,5	29,2	26,1	26,2	28,1	1

ПРИЛОЖЕНИЕ И

(обязательное)

Паспорт нагревательных элементов

ГАРАНТИЙНЫЙ ТАЛОН

Размер: фасоновой 2x24+5x24+24x37
 Количество: 2 шт ОТК
 Название и адрес торгующей организации:

Дата продажи: 13 июля 2018
 Подпись продавца: _____



Копия сертификата гарантии и эксплуатации ознакомлен, претензий к изделию не имею.

Подпись покупателя: _____

Отметка о возврате или обмене товара:

Дата «__» ____ 20__ г. Подпись _____

Изготовитель:
 ООО «Группа Промышленного Развития и Снабжения»
 119331, г. Москва, ул. Кравченко, д.12, под.3А,
 Тел./факс: (495) 506-68-81/82, моб. (929) 598-01-04;
 E-mail: gpris@yandex.ru URL: http://www.teplovichok.ru



4

ТЕПЛОВИЧОК™

Изделия с инфракрасным подогревом

Гибкий нагревательный элемент «Тепловичок»

ПАСПОРТ

Код ОК 005 (ОКП) 34 6800

Госстандарт России (Система сертификации ГОСТ Р)
 Сертификат соответствия РОСС RU.АГ98.В00000
 ТУ 3468-001-82437726-2016



1

Гарантии производителя:

Гарантийный срок эксплуатации нагревательного элемента «Тепловичок» (далее элемент) 12 месяцев со дня ввода в эксплуатацию (или 14 месяцев со дня продажи). Гарантия распространяется на все дефекты, возникшие по вине изготовителя. Гарантия действительна только при наличии подписи покупателя в данном паспорте (последняя страница).

Гарантия не распространяется на следующие случаи:

- Изделие вышло из строя из-за несоблюдения правил эксплуатации указанных в настоящем паспорте;
- Изделия использовались не по назначению;
- Изделие получило механическое повреждение;
- Целостность изделия нарушена (вырезаны отверстия, обрезаны края и т.д.);
- Подключение к источнику питания имеющему напряжение и силу тока не соответствующее параметрам, указанным в паспорте изделия;
- Изделие получило повреждение путем воздействия на него открытого огня или химически агрессивных веществ.

Условия эксплуатации нагревательного элемента «Тепловичок»

Нагревательный элемент «Тепловичок» может использоваться в качестве автономного источника тепла и встраиваться в одежду, туристическое снаряжение, бытовые устройства и аксессуары. Питание элементов осуществляется от аккумуляторов, генераторов или от сети 220В через соответствующий адаптер (220В/12В или 220В/5В и пр.). Максимальное напряжение источника питания не должно превышать, указанные в паспорте более чем на 5 Вольт. В процессе эксплуатации допускается изгибание и скручивание элемента во всех плоскостях с разумными нагрузками (без усилий). Для увеличения эффективности подогрева допускается использование экранирующей теплоотражающей подложки. В процессе эксплуатации следует особо обращать внимание на состояние источников питания. Необходимо убедиться, что источник питания исправен и безопасен! В процессе эксплуатации некоторые батареи могут сами нагреваться. При необходимости следует периодически отключать питание или производить замену перегретых батарей. Продолжительность обогрева зависит от размера нагревательного элемента и используемого для него источника питания.

2

Технические характеристики изделия:

Температура нагрева, max.: □ + 45 °С; □ + ____ °С;
 Продолжительность непрерывного включения: не ограничено*
 * При открытом использовании элемента, без закрывающих поверхность покрытий и чехлов. В иных случаях необходимо контролировать температуру на ощупь или с помощью приборов).
 Предельная допустимая температура нагрева элемента +80°С.

Возможные режимы работы: включено/выключено/регулирование

Источник питания: □ 5В; □ 7,4В; 12В; 14В
 Мощность Вт.: _____

Состав изделия (материалы):

Нагревательный элемент – □ пластинчатый; гибкий (углер. волокно)
 Слой защитного покрытия – сетчатый синтетический материал

МЕРЫ ПРЕДОСТОРОЖНОСТИ:

- Запрещается тянуть за шнур при отключении элемента от питания;
- Запрещается прорезать и делать отверстия на поверхности элемента;
- Не рекомендуется прилагать чрезмерное усилие при изгибе, скручивании, растяжении и прочих действиях в процессе эксплуатации элемента;
- Запрещается длительно погружать элемент в воду (и другие жидкие среды), а так же длительно эксплуатировать при влажности более 80%;
- Запрещено подключать элементы к бытовой электросети 110/220В (380В);
- Если элемент эксплуатируется в изогнутом состоянии необходимо следить и не допускать возникновения перетирания в месте изгиба.

Комплект поставки:

- Нагревательный элемент «Тепловичок» - ____ шт.
- Батарейный отсек ____ шт. Аккумулятор (____ В ____ мАч) ____ шт.
- Паспорт изделия – 1шт
- Упаковка – 1шт.

3

ПРИЛОЖЕНИЕ К

(обязательное)

Радиометр теплового излучения «ИК-метр»



ПРИЛОЖЕНИЕ Л

(обязательное)

Акт о проведении совместных исследований по апробации макета теплозащитного изделия с использованием дополнительной системы локального обогрева**АКТ**

о проведении совместных исследований в рамках кандидатской диссертационной работы
Бабенко Лианы Григорьевны

Мы, нижеподписавшиеся, представители Государственного бюджетного учреждения социального обслуживания населения Ростовской области «Шахтинский пансионат для престарелых и инвалидов» (ГБУССОН РО «Шахтинский ППИ»), директор Гринь И.С., врач-терапевт Аржанова С.А. и представитель Института сферы обслуживания и предпринимательства (филиала) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный технический университет» в г. Шахты Ростовской области (ИСОиП (филиал) ДГТУ в г. Шахты), аспирант кафедры «Конструирование, технологии и дизайн» Бабенко Л.Г. и доцент кафедры «Конструирование, технологии и дизайн», кандидат технических наук, доцент Савельева Н.Ю. составили настоящий акт о проведении совместных исследований с вышеуказанным учреждением и привлечением людей с ограниченными двигательными возможностями, находящихся на момент исследований на лечении.

Задачей исследований является апробация макета теплозащитного изделия, состоящего из рационально обоснованного пакета материалов (основной материал – мембранный (арт. 216FOR-Movement), прокладочный материал утеплителя – Тинсулейт®, подкладочный материал – флис), дополненного системой локального обогрева для людей с ограниченными двигательными возможностями при проведении эксперимента в климатической лаборатории при условиях имитации температурного режима воздуха минус 15° С, относительной влажности воздуха (60-65%) и подвижности воздуха не более 0,4-0,6м/с.

Исследования проведены по методике разработанной аспирантом Бабенко Л.Г. в присутствии и непосредственном участии врача-терапевта Аржановой С.А.

На основе данных исследований получены следующие результаты:

1. Подтверждено ранее высказанное предположение о том, что использование системы локального обогрева в теплозащитном изделии при эксплуатации его в условиях отрицательных температур окружающей среды, позволяет поддерживать тепловой комфорт ЛОДВ и увеличивает длительность нахождения ЛОДВ в условиях отрицательных температур воздуха.

2. В ходе испытаний подтверждена безопасность использования системы локального обогрева гиподинамической системы нижних конечностей ЛОДВ в теплозащитных изделиях посредством определения показателя интенсивности теплового облучения поверхности тела ЛОДВ.

Во время апробации макета теплозащитного изделия, опираясь на субъективный параметр комфортного самочувствия ЛОДВ – показатель «теплоощущение», были определены температурные границы нагрева элементов системы локального обогрева для создания и поддержания комфортного уровня пододежного пространства и для различных температур окружающей среды:

– при температуре воздуха окружающей среды 0 минус 3°С, комфортной температурой нагревательных элементов (при равномерном распространении ее в пододежном пространстве теплозащитного изделия) является от 36 до 39°С;

– при минус 10°С – от 40 до 42°С;

– при минус 15°С – от 42 до 44°С, с учетом нахождения ЛОДВ на воздухе не более одного часа.

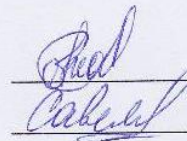
Испытания проведены с участием шести мужчин, передвигающихся при помощи инвалидных кресел-колясок, колясок и относящихся ко второй группе ограничения двигательной активности по классификации ЛОДВ (с поражениями спинного мозга на уровне поясничного отдела позвоночника), в возрасте от 45 до 60 лет, имеющих 1 или 2 группы инвалидности. Общий стаж инвалидности которых составляет более 10 лет.

Продолжительность испытаний при температуре воздуха минус 15°С составило от 35 до 40 минут.

Представитель ФГБОУ ВО ИСОиП (филиал) ДГТУ в г. Шахты:

Аспирант кафедры КТиД

Доцент кафедры КТиД



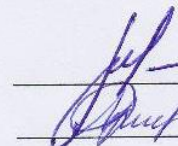
Л.Г. Бабенко

Н.Ю. Савельева

Представители ГБУСОН РО «Шахтинский ППИ»:

Директор

Врач-терапевт



И.С. Гринь

С.А. Аржанова

ПРИЛОЖЕНИЕ М

(обязательное)

**Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ
«Программа для расчёта теплового состояния стоп в адаптационном
теплозащитном мешке для ног с дополнительным обогревом для людей с
ограниченными двигательными возможностями»**

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО
о государственной регистрации программы для ЭВМ
№ 2019613703

**Программа для расчёта теплового состояния стоп в
адаптационном теплозащитном мешке для ног с
дополнительным обогревом для людей с ограниченными
двигательными возможностями**

Правообладатель: *федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования «Донской
государственный технический университет» (ДГТУ) (RU)*

Авторы: *см. на обороте*

Заявка № **2019612150**
Дата поступления **05 марта 2019 г.**
Дата государственной регистрации
в Реестре программ для ЭВМ **21 марта 2019 г.**

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*



Г.П. Ивлиев

ПРИЛОЖЕНИЕ Н

(обязательное)

**Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ
«Программа для расчёта теплового состояния системы «колени-голень»
в теплозащитном изделии с дополнительным обогревом для ЛОДВ лю-
дей с ограниченными двигательными возможностями»**

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО
о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2019666325

**Программа для расчёта теплового состояния системы
"колени-голень" в теплозащитном изделии с
дополнительным обогревом для людей с ограниченными
двигательными возможностями**

Правообладатель: **Бабенко Лиана Григорьевна (RU)**

Авторы: **Бабенко Лиана Григорьевна (RU), Михайлов Андрей
Борисович (RU), Савельева Наталья Юрьевна (RU), Михайлова
Инна Дмитриевна (RU)**

Заявка № **2019665583**
Дата поступления **29 ноября 2019 г.**
Дата государственной регистрации
в Реестре программ для ЭВМ **09 декабря 2019 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности



 **Г.П. Ислюев**

ПРИЛОЖЕНИЕ О

(обязательное)

Графики зависимости температуры поверхности кожи нижних конечностей на различных участках при отрицательных температурах окружающей среды

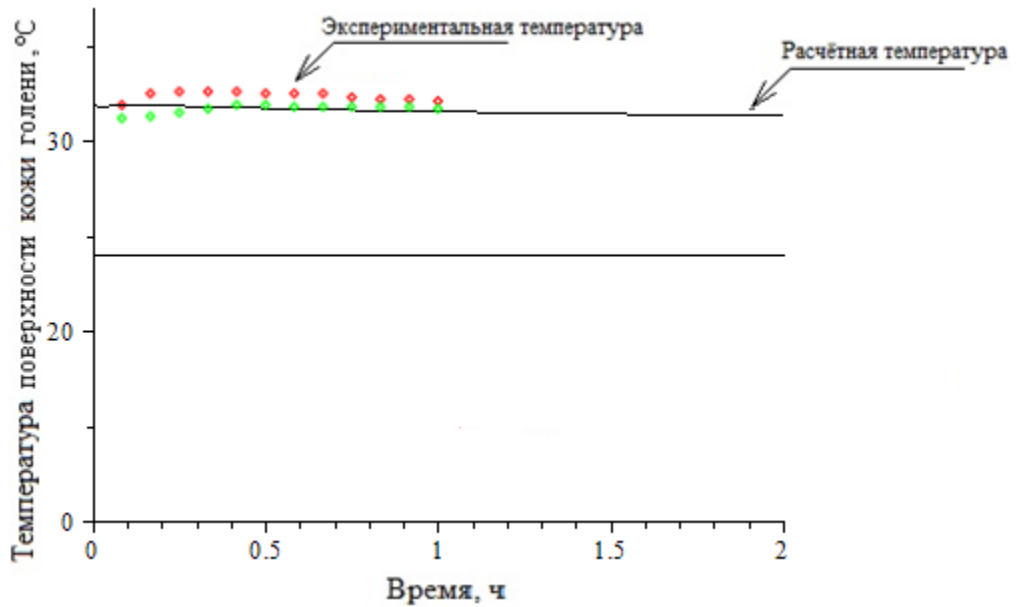


Рисунок О.1. – График зависимости температуры поверхности кожи голени при температуре окружающей среды минус 1°C

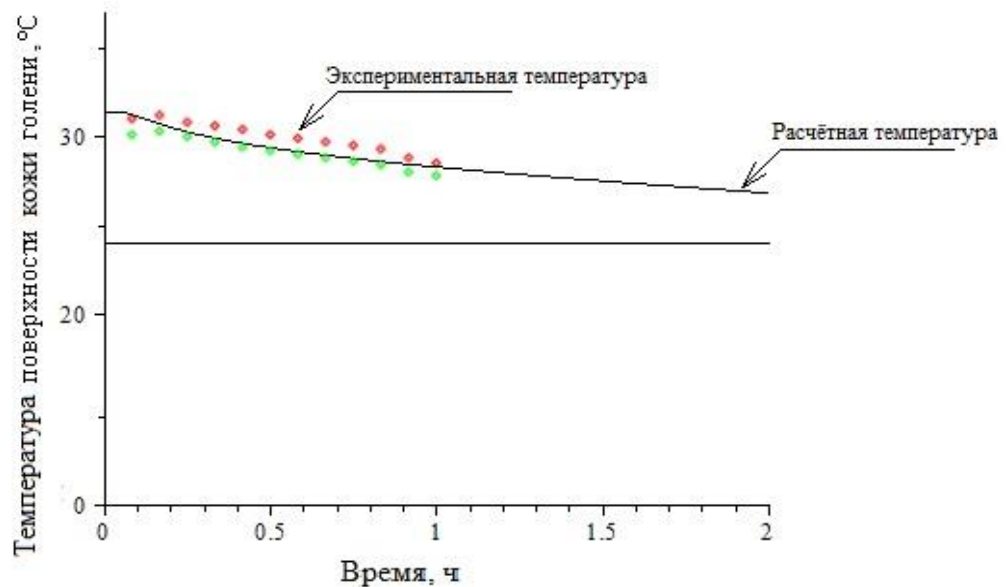


Рисунок О.2. – График зависимости температуры поверхности кожи голени при температуре окружающей среды минус 10°C

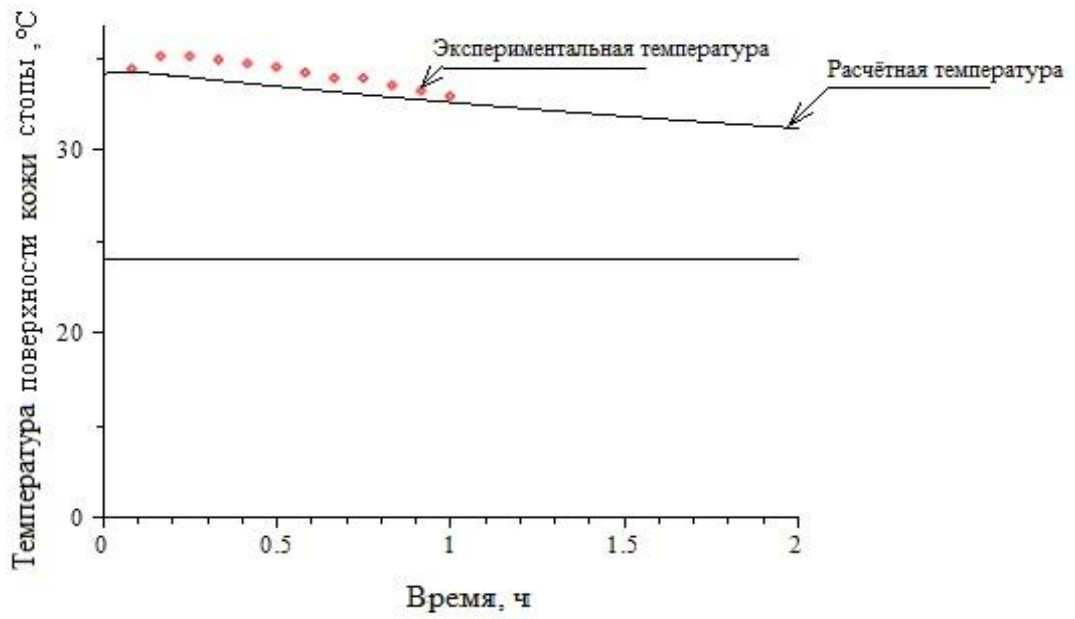


Рисунок 0.3. – График зависимости температуры поверхности кожи стопы при температуре окружающей среды минус 1°C

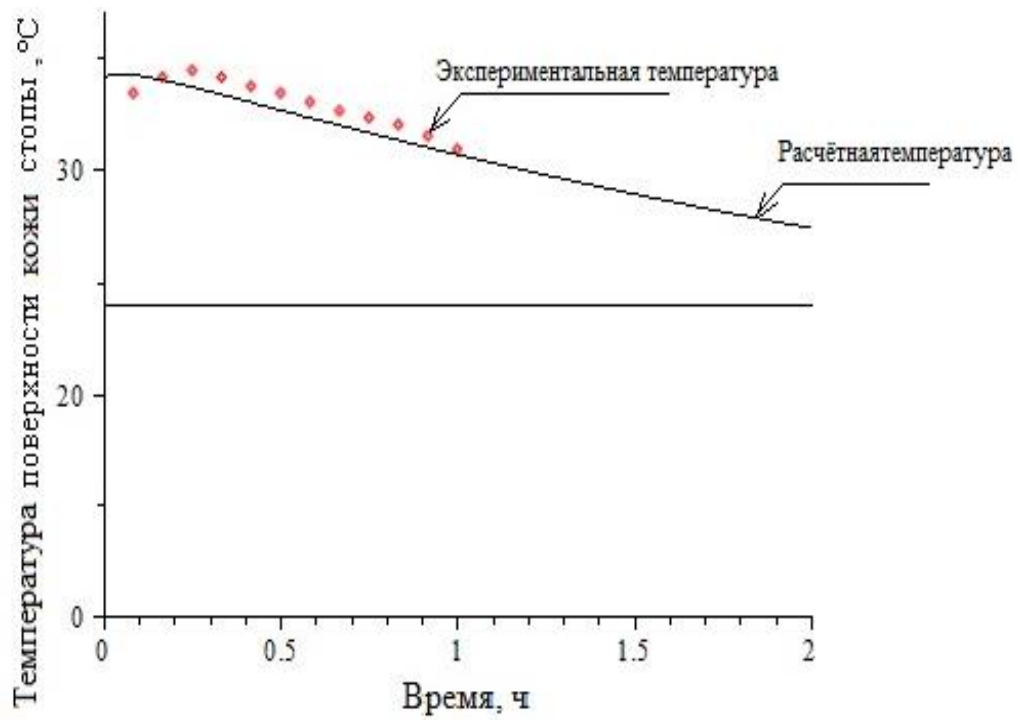


Рисунок 0.4. – График зависимости температуры поверхности кожи стопы при температуре окружающей среды минус 10°C

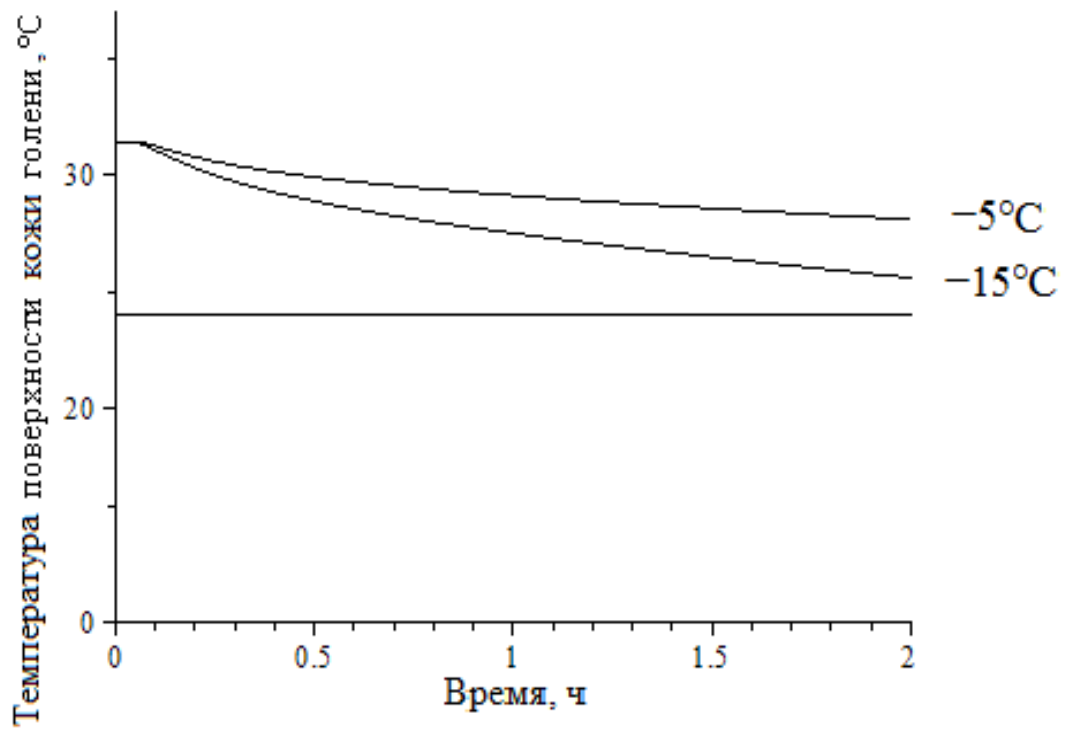


Рисунок 0.5. – Расчетная температура поверхности кожи голени при температуре окружающей среды минус 5°C , минус 15°C

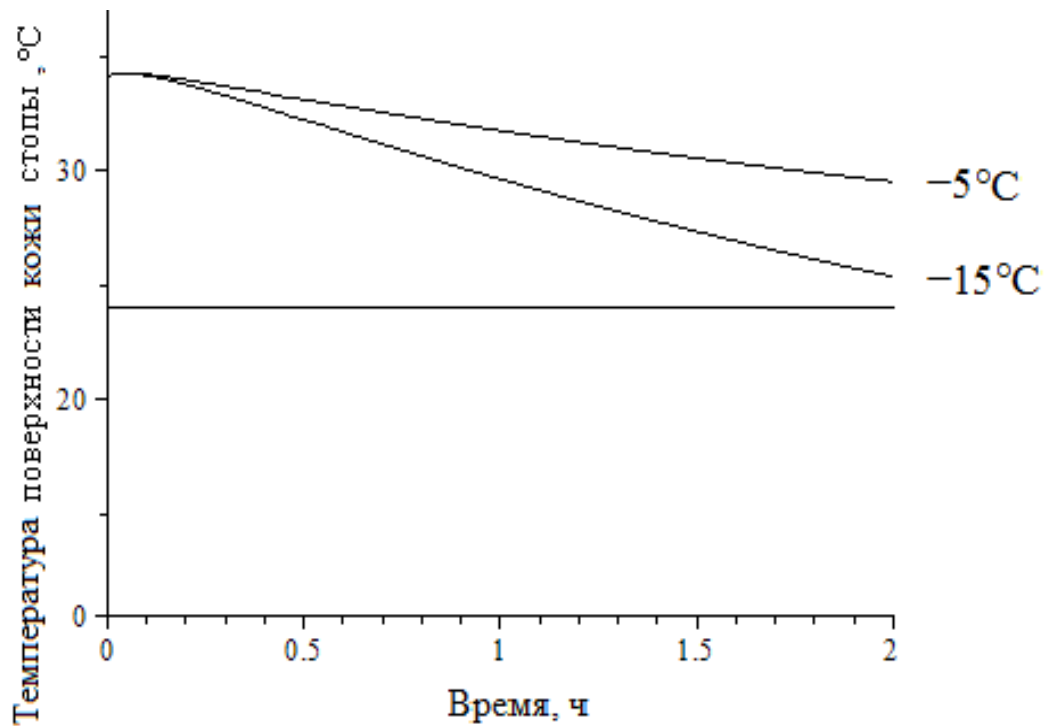


Рисунок 0.6. – Расчетная температура поверхности кожи стопы при температуре окружающей среды минус 5°C , минус 15°C

ПРИЛОЖЕНИЕ П

(обязательное)

Проверка гипотезы о нормальном распределении отклонений расчётных и экспериментальных значений температуры поверхности кожи нижних конечностей ЛОДВ при отрицательной температуре окружающей среды

При проверке гипотезы, за основу были взяты экспериментальные данные температуры поверхности кожи нижних конечностей ЛОДВ, полученные при температуре окружающей среды минус 1°С. В соответствии с таблицей П.1. представлена температура на локальных участках нижних конечностей, а также отклонения расчётных и экспериментальных значений.

Таблица П.1. – Отклонения расчётных и экспериментальных значений

Время, мин.	Голень (передняя часть) эксперимент	Голень (передняя часть) расчетные данные	Отклонение	Голень (задняя часть) эксперимент	Голень (задняя часть) расчетные данные	Отклонение	Колено эксперимент	Колено расчетные данные	Отклонение	Стопа эксперимент	Стопа расчетные данные	Отклонение
5	31,9	31,9	0	31,2	31,9	-0,7	27,5	27	0,5	34,4	34,3	0,1
10	32,5	31,9	0,6	31,3	31,9	-0,6	27,0	26,5	0,5	35,1	34,1	1
15	32,6	31,9	0,7	31,5	31,9	-0,4	26,7	26	0,7	35,1	34	1,1
20	32,6	31,9	0,7	31,7	31,9	-0,2	26,3	25,6	0,7	34,9	33,8	1,1
25	32,6	31,8	0,8	31,9	31,8	0,1	25,8	25,2	0,6	34,7	33,7	1
30	32,5	31,8	0,7	31,9	31,8	0,1	25,4	24,9	0,5	34,5	33,5	1
35	32,5	31,7	0,8	31,8	31,7	0,1	25,1	24,5	0,6	34,2	33,3	0,9
40	32,5	31,7	0,8	31,8	31,7	0,1	24,9	24,2	0,7	33,9	33,2	0,7
45	32,3	31,7	0,6	31,8	31,7	0,1	24,7	23,9	0,8	33,9	33	0,9
50	32,2	31,7	0,5	31,8	31,7	0,1	24,4	23,7	0,7	33,5	32,9	0,6
55	32,2	31,6	0,6	31,8	31,6	0,2	24,1	23,4	0,7	33,2	32,8	0,4
60	32,1	31,6	0,5	31,7	31,6	0,1	23,9	23,1	0,8	32,9	32,6	0,3

Табличное значение χ^2 при уровне значимости 0,05 с двумя степенями свободы равно 6, следовательно, можно принять гипотезу о нормальном распределении отклонений расчетных и экспериментальных значений. В соответствии с таблицей П.2. представлены значения отклонений.

Таблица П.2. – Значения отклонений

	Голень (передняя часть) отклонение	Голень (задняя часть) отклонение	Колено отклонение	Стопа отклонение
χ^2	3,12	5,81	1,89	3,26

Проверка гипотезы об однородности несмещенных дисперсий отклонений расчетных и экспериментальных значений по критерию Кочрена [119] представлена в соответствии с таблицей П.3.

Таблица П.3. – Проверка гипотезы об однородности несмещенных дисперсий отклонений расчетных и экспериментальных значений [119]

	Голень (передняя часть)	Голень (задняя часть)	Колено	Стопа
Несмещенная дисперсия отклонения расчетных и экспериментальных значений.	0,048106	0,097879	0,011818	0,113561

Наблюдаемое значение критерия Кочрена

$$G = \frac{0,113561}{0,048106+0,097879+0,011818+0,113561} = 0,418481.$$

Критическое значение распределения Кочрена [119] при уровне значимости 0,05, при четырех выборках и 11 степенях свободы >0.44 , следовательно, так как $0,418481 < 0.44$, то принимаем гипотезу об однородности дисперсий отклонений. Таки образом, можем принять в качестве оценки дисперсии среднее значение дисперсий $D = \frac{0,048106+0,097879+0,011818+0,113561}{4} = 0.067841$

В качестве средней ошибки можно принять несмещенное выборочное среднеквадратическое отклонение $\sigma=0,260463^{\circ}\text{C}$.

Аналогичная проверка проводится по критерию Кочрена при минус 10° , минус 15°C .

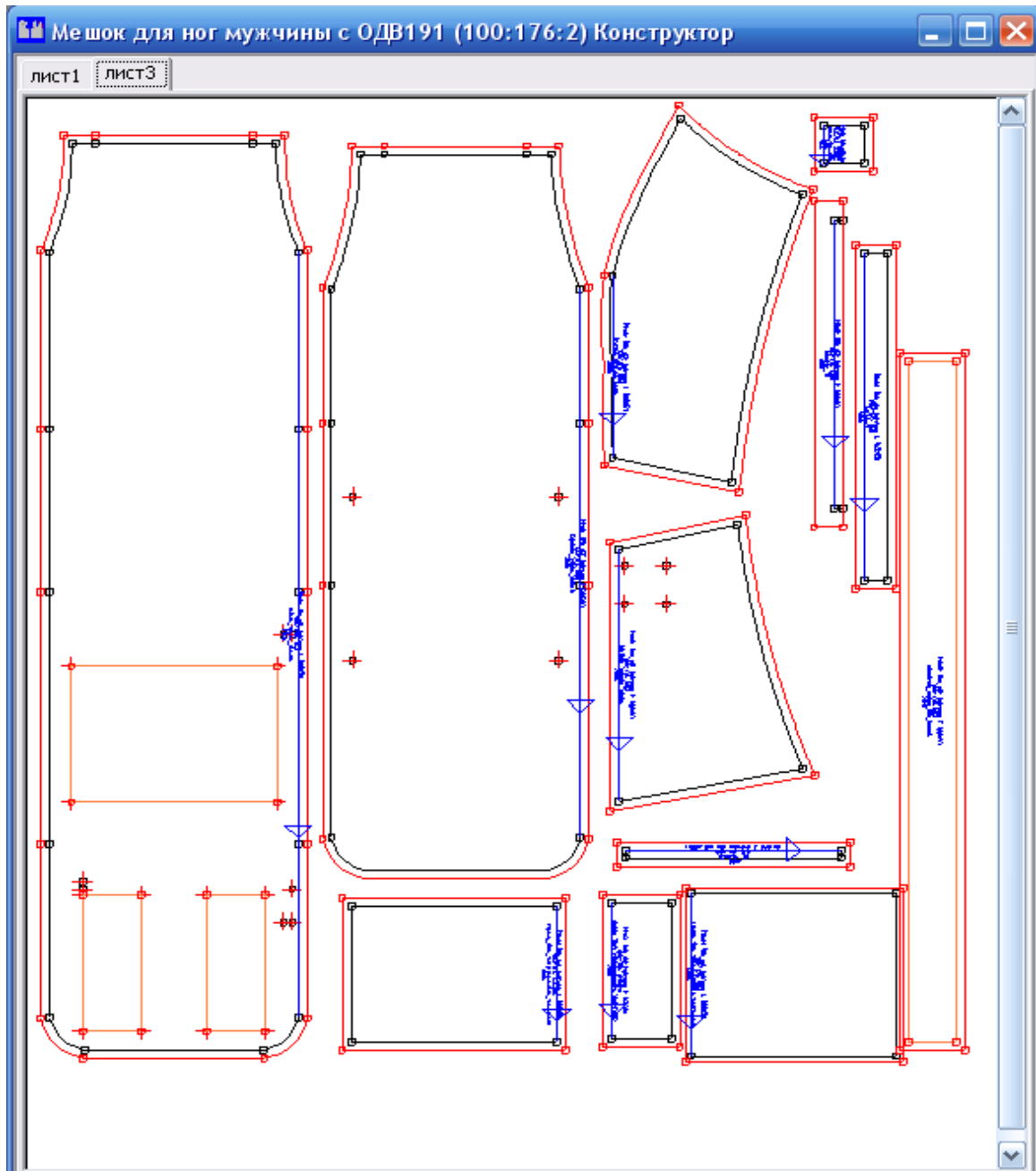
ПРИЛОЖЕНИЕ Р**(обязательное)****Лекала деталей теплозащитного изделия из подкладочного и прокладочного материалов**

Рисунок Р.1. – Шаблоны деталей теплозащитного мешка для ног из основного материала и сетчатого материала неопрен, разработанный для ЛОДВ в условиях функционирования САПР «Грация» (версия 401)

ПРИЛОЖЕНИЕ С

(обязательное)

Акт о проведении совместных исследований по апробации опытного образца теплозащитного изделия с использованием СУТК**АКТ**

о проведении совместных исследований в рамках кандидатской диссертационной работы
Бабенко Лианы Григорьевны

Мы, нижеподписавшиеся, представители Государственного бюджетного учреждения социального обслуживания населения Ростовской области «Шахтинский пансионат для престарелых и инвалидов» (ГБУССОН РО «Шахтинский ППИ»), директор Гринь И.С., врач-терапевт Аржанова С.А. и представитель Института сферы обслуживания и предпринимательства (филиала) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный технический университет» в г. Шахты Ростовской области (ИСОиП (филиал) ДГТУ в г. Шахты), аспирант кафедры «Конструирование, технологии и дизайн» Бабенко Л.Г. и доцент кафедры «Конструирование, технологии и дизайн», кандидат технических наук, доцент Савельева Н.Ю. составили настоящий акт о проведении совместных исследований с вышеуказанным учреждением и привлечением людей с ограниченными двигательными возможностями, находящихся на момент исследований на лечении.

Задачей исследований является апробация опытного образца теплозащитных изделий («мешок для ног с системой управления тепловым комфортом (СУТК)») для людей с ограниченными двигательными возможностями. Испытания проводились в лабораторных условиях при искусственно заданных параметрах, в исходном состоянии испытуемых в положении сидя, (при имитации температурного режима воздуха минус 15°C (как максимальной границы отрицательной температуры заявленного диапазона), относительной влажности воздуха (60-65%) и подвижности воздуха не более 0,2-0,4м/с) с и натуральных испытаний при температуре воздуха равной минус 15 градусов, в солнечный безветренный день.

В испытаниях приняли участие шесть мужчин, передвигающихся при помощи инвалидных кресел-колясок, колясок и относящихся ко второй группе ограничения двигательной активности по классификации ЛОДВ (с поражениями спинного мозга на уровне поясничного отдела позвоночника), в возрасте от 45 до 60 лет, имеющих 2 группу инвалидности, общий стаж инвалидности которых составляет более 10 лет.

Натурные испытания и лабораторные исследования проведены по методике разработанной аспирантом Бабенко Л.Г. в присутствии и непосредственном участии врача-терапевта Аржановой С.А.

На основе данных исследований получены следующие результаты:

1. Определено значение средней температуры поверхности кожи нижних конечностей у людей с ограниченными двигательными возможностями, а также вариабельность ее изменения (верхних и нижних границ) при эксплуатации теплозащитного изделия с СУТК в условиях отрицательных температур окружающей среды: минус 5°C, минус 10°C, минус 15°C.

2. Результаты экспериментальных исследований доказали целесообразность и безопасность конструктивного устройства теплозащитного изделия, изготовленного из пакета, состоящего из трех видов материалов: основного – мембранная (арт. 216FOR-Movement), прокладочного материала утеплителя Тинсулейт® и подкладочного материала – флис, дополненного системой контроля теплового комфорта нижних конечностей ЛОДВ.

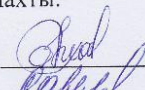

3. В ходе проведения исследований подтверждены экспериментальные значения температуры поверхности кожи нижних конечностей ЛОДВ, при помощи применения математических моделей для расчёта температуры поверхности кожи нижних конечностей, защищенных теплозащитным изделием при отрицательных температуре окружающей среды.

4. Натурные испытания показали идентичные результаты. В ходе прогулок мужчины с ОДВ отметили высокое статодинамическое соответствие изделия телу и выполняемому комплексу движений по приведению кресла-коляски в движение. Изделие способствует повышению самостоятельности и стабилизации психо-эмоционального состояния.

Продолжительность испытаний при температуре воздуха минус 15°C составило от 35 до 40 минут, при температуре минус 5 и минус 10 градусов – один час.

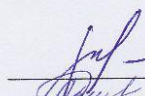
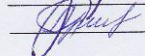
Представитель ФГБОУ ВО ИСОиП (филиал) ДГТУ в г. Шахты:

Аспирант кафедры КТиД
Доцент кафедры КТиД


Л.Г. Бабенко

Н.Ю. Савельева

Представители ГБУСОН РО «Шахтинский ППИ»:

Директор
Врач-терапевт


И.С. Гринь

С.А. Аржанова

ПРИЛОЖЕНИЕ Т

(обязательное)

Значения средней температуры поверхности кожи ЛОДВ при апробации теплозащитного изделия с системой управления тепловым комфортом

Таблица Т.1. – Пакет №2, температура окружающей среды минус 15°С

Мин эксп.	1 дат-датчик	2 дат-датчик	3 дат-датчик	4 дат-датчик	5 дат-датчик	6 датчик	7 датчик	Теплоощущения, баллы
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0*	32,5	30,2	30,9	32,2	30,2	27,2	26,9	3
4	32,4	30,2	30,9	32,2	30,2	27,2	26,9	3
8	32,4	30,0	30,4	32,1	30,2	27,2	26,9	3
12	32,4	30,0	30,4	32,1	30,0	27,1	26,4	3
16	32,2	30,0	30,4	32,0	30,0	27,1	26,4	3
20	32,0	29,8	30,1	31,7	29,7	27,1	26,4	2
24	29,9	29,7	30,0	31,2	29,4	27,1	26,2	2
28	29,9	29,4	29,2	31,2	29,1	27,1	26,5	2
32	31,9	30,1	30,2	31,9	29,9	27,1	26,5	3
36	31,9	30,1	30,2	31,9	29,9	27,1	26,5	3
40	32,0	30,1	30,2	31,9	30,0	27,1	26,5	3
44	32,0	30,1	30,2	31,9	30,0	27,1	26,5	3
48	32,0	30,1	30,2	31,9	30,0	27,1	26,5	3
52	32,0	30,1	30,2	31,9	30,0	27,1	26,5	3
56	32,0	30,1	30,2	31,9	30,0	27,1	26,5	3
60	32,0	30,1	30,2	31,9	30,0	27,1	26,5	3

ПРИЛОЖЕНИЕ У

(обязательное)

Акты внедрения в производство**УТВЕРЖДАЮ**Ген. Директор
ООО «ЦПОСН
«ОРТОМОДА»»
Волкова Г.Ю.

_____ 2017 года

**АКТ**

о внедрении в производство проектно-конструкторской документации на изготовление адаптационного изделия, повышенного теплового и физиологического комфорта (мешок для ног) с дополнительным обогревом

Мы, нижеподписавшиеся, представители ООО «ОРТОМОДА», генеральный директор Волкова Г.Ю., и представители «Института сферы обслуживания и предпринимательства» (филиала) ФГБОУВО «Донской государственный технический университет» (ДГТУ) в г. Шахты доцент кафедры «Конструирование, технологии и дизайн» Савельева Н.Ю. и аспирант Бабенко Л.Г. составили настоящий акт о том, что на вышеуказанном предприятии произведена апробация результатов диссертационных исследований и внедрена в производственный цикл проектно-конструкторская документация на изготовление адаптационного изделия повышенного теплового и физиологического комфорта (мешок для ног) с дополнительным обогревом для людей с ограниченными возможностями здоровья.

Теоретические и экспериментальные результаты диссертационной работы Бабенко Л.Г. позволили на основе исследований по определению средневзвешенной температуры кожи нижних конечностей людей с ограниченными возможностями здоровья, а также температурного комфорта в целом, разработать научно-обоснованные рекомендации по рациональному подбору пакета материалов для мешка для ног с учетом его эксплуатации в условиях температуры окружающей среды ниже 0 градусов Цельсия.

Использование полученных научных результатов, проведенных в ходе выполнения диссертационных исследований позволили разработать рациональное конструктивное устройство адаптационного изделия повышенного теплового и физиологического комфорта (мешок для ног) с дополнительным обогревом, учитывающее использование инвалидов

кресел-колясок. Мешок для ног с дополнительным обогревом в полной мере отвечает комплексу требований при проектировании адаптационной одежды.

Представители ИСОиП (филиала) ДГТУ в г. Шахты:

Доцент кафедры КТиД
Доцент кафедры КТиД
Аспирант кафедры КТиД



С.В. Куренова
Н.Ю. Савельева
Л.Г. Бабенко

Представители ООО «ЦПОСН «ОРТОМОДА»:



УТВЕРЖДАЮ

Ген. директор

ИП «Еремина Ю.В.»

Ю.В. Еремина

«4» февраля 2019 года

АКТ

о внедрении в производство проектно-конструкторской документации на изготовление теплозащитного изделия для людей с ограниченными двигательными возможностями (мешок для ног) с дополнительным обогревом

Мы, нижеподписавшиеся, представители ИП «Еремина Ю.В.», генеральный директор Еремина Ю.В., и представители Института сферы обслуживания и предпринимательства (филиала) ФГБОУВО «Донской государственный технический университет» (ДГТУ) в г. Шахты доцент кафедры «Конструирование, технологии и дизайн» Савельева Н.Ю. и аспирант Бабенко Л.Г. составили настоящий акт о том, что на вышеуказанном предприятии произведена апробация результатов диссертационных исследований и внедрена в производственный цикл проектно-конструкторская документация на изготовление теплозащитного изделия для людей с ограниченными двигательными возможностями (мешок для ног) с дополнительным обогревом.

Теоретические и экспериментальные результаты диссертационной работы Бабенко Л.Г. позволили осуществить выбор и исследовать теплозащитные свойства материалов, с целью комплектации их в пакеты для изготовления теплозащитного изделия с возможностью прогнозирования и контроля теплового и физиологического комфорта для ЛОДВ.

Использование полученных научных результатов, проведенных в ходе выполнения диссертационных исследований позволили разработать рациональное конструктивное устройство теплозащитного изделия для людей с ограниченными двигательными возможностями (мешок для ног) с дополнительным обогревом, учитывающее использование инвалидных кресел-колясок. Мешок для ног с дополнительным обогревом в полной мере отвечает комплексу требований при проектировании адаптационной одежды.

Представители ИСОиП (филиала) ДГТУ в г. Шахты:

Доцент кафедры КТиД

Доцент кафедры КТиД

Аспирант кафедры КТиД

С.В. Куренова

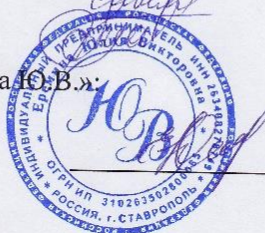
Н.Ю. Савельева

Л.Г. Бабенко

Представители ИП «Еремина Ю.В.»:

Ген. директор

Ю.В. Еремина



ПРИЛОЖЕНИЕ Ф

(обязательное)

**Расчёт затрат на изготовление теплозащитного изделия
(«мешок для ног»)**

Наименование	Расход	Цена за единицу, руб.	Стоимость, руб.
Устройство обогрева			
Нагревательные элементы	1 комплект	3500,00	3500,00
Аккумулятор	1 шт	2300,00	2300,00
Термоконтроль	1 комплект	1200,00	1200,00
		Цена за метр (за шт.)	
Стоимость материалов			
Материал верха мембранная	3,078м	241,00	741,80
Материал прокладочный утепляющий Тинсулейт®	3,078м	750	2 308,50
Материал подкладочный флис	3,080м	120	369,60
Разъёмная молния	2 шт.	31	62,00
Фастексы	2 шт.	50	100,00
Нитки	3 шт.	40	120,00
Эластичная тесьма	1м	38	38,00
Сетчатый материал для фиксации нагревательных элементов	0,28м	186	52,02
Лента «велькро»	2м	16	32,00
Итого, стоимость материалов, руб.			8515,42
Стоимость пошива 1 изделия, руб.			1083,00
Основная заработная плата, руб.			369,08
Дополнительная заработная плата, руб.			41,63
Начисленные страховые взносы, руб.			123,21
Накладные расходы, руб.			258,37
Производственная себестоимость			9307,71
Коммерческие расходы, руб.			186,15
Общая стоимость затрат на единицу изделия, руб.			10576,86
Цена изделия, руб.			12934,50